AICTE ଅନୁମୋଦିତ ମଡେଲ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଅନୁସାରେ

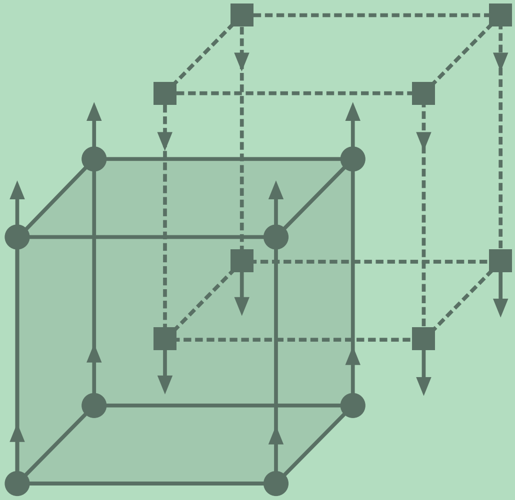
ପରିଣାମ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ

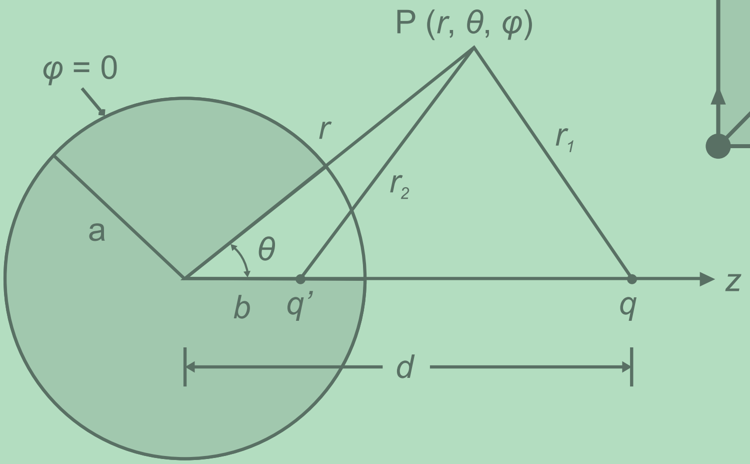
ଜାତୀୟ ଶିକ୍ଷାନୀତି -୨୦୨୦

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପରିଚୟ

ପ୍ରୟୋଗଶାଳା ନିୟମାବଳି ସହିତ





UNDERGRADUATE COURSE BOOK

ମୂଳ ଇଂରାଜୀ ରଚନା
ଏ.ବି. ଭଟ୍ଟାଚାର୍ଯ୍ୟ ଅତନୁ ନାଗ

ଓଡ଼ିଆ ଅନୁବାଦ
ସୁଶାନ୍ତ କୁମାର ଷଡଙ୍ଗୀ ଦିଲ୍ଲିପ କୁମାର ପଟ୍ଟନାୟକ

UNDERGRADUATE COURSE BOOK

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପରିଚୟ

ମୂଳ ଇଂରାଜୀ ରଚନା:

ଏବି ଭଟ୍ଟାଚାର୍ଯ୍ୟ | ଅତନୁ ନାଗ

ଓଡିଆ ଅନୁବାଦ:

ସୁଶାନ୍ତ କୁମାର ଷଡ଼ଙ୍ଗୀ
ଦିଲ୍ଲିପ କୁମାର ପଟ୍ଟନାୟକ

Published by:
Institute of Odia Studies and Research.
3R9, BJB Nagar, Bhubaneswar, Odisha

ISBN: 978-93-91638-16-0

Book Code: UG006OD

Physics (Introduction to Electromagnetic Theory)

by

[English Edition]
A. B. Bhattacharya,
Atanu Nag

[Odia Edition]

Padartha Bigyana (Bidyut chumbakiya Sidhanta Parichaya)

by

Dr. Susanta Kumar sarangi,
Dr. Dillip Kumar Patnalk

First Edition: 2022

Published by:
Institute of Odia Studies and Research.
3 R 9, BJB Nagar, Bhubaneswar, Odisha
Email: iosrodishaaicte@gmail.com
Phone: 0674-3574404, Mob: 9090465758

ଓଡିଆ ଅନୁବାଦ:

ଡକ୍ଟର ସୁଶାନ୍ତ କୁମାର ଷଡ଼ଙ୍ଗୀ
ସହଯୋଗୀ ଅଧ୍ୟାପକ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ଏବଂ ଦୁରଯୋଗାଯୋଗ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ
ବିଭାଗ, ଶିକ୍ଷା ଓ ଅନୁସନ୍ଧାନ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ, ଭୁବନେଶ୍ୱର

ଡକ୍ଟର. ଦିଲ୍ଲିପ କୁମାର ପଟ୍ଟନାୟକ
ସହଯୋଗୀ ଅଧ୍ୟାପକ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ବିଭାଗ
ଜିଂ.ଆଇ.ଇ.ଟି ବିଶ୍‌ବବିଦ୍ୟାଳୟ, ଗୁଣୁପୁର, ରାୟଗଡ଼ା, ଓଡ଼ିଶା

ଓଡିଆ ଭାଷା ବିଶେଷଜ୍ଞ:

ଡକ୍ଟର ସୁବ୍ରତ କୁମାର ପୃଷ୍ଟି
ସଦସ୍ୟ ସଚିବ, ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥା, ଭୁବନେଶ୍ୱର, ଓଡିଶା

ବିଷୟ ସମୀକ୍ଷକ:

ପ୍ରଫେସର ବିମଳ କୃଷ୍ଣ ଦାସ
ଅବସରପ୍ରାପ୍ତ ଅଧ୍ୟକ୍ଷ, ସ୍ୱାମୀ ବିବେକାନନ୍ଦ ସ୍ମାରକ ସ୍ୱୟଂଶାସିତ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟ,
ଜଗତସିଂହପୁର, ଓଡ଼ିଶା

ଓଡିଆ ଭାଷା ସମୀକ୍ଷକ:

ଡକ୍ଟର ଅନନ୍ତ କିଶୋର ଜେନା
ଆସୋସିଏଟ ପ୍ରଫେସର, ଜାତୀୟ କବି ବୀରକିଶୋର ସରକାରୀ
ମହାବିଦ୍ୟାଳୟ, କଟକ, ଓଡ଼ିଶା

Printed in India by: BK Publications Pvt.Ltd, Bhubaneswar,

Copyright © Reserved by AICTE

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior permission of the publisher.

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade, be lent, re-sold, hired out or otherwise disposed of without the publisher's consent, in any form of binding or cover other than that in which it is published.

Disclaimer: The website links provided by the author in this book are placed for informational, educational & reference purpose only. The Publisher do not endorse these website links or the views of the speaker/ content of the said weblinks. In case of any dispute, all legal matters to be settled under New Delhi Jurisdiction only.

ISBN 978-93-91638-16-0
9 789391 638160

प्रो. अनिल डी. सहस्रबुद्धे
अध्यक्ष
Prof. Anil D. Sahasrabudhe
Chairman

सत्यमेव जयते

अखिल भारतीय तकनीकी शिक्षा परिषद्
(भारत सरकार का एक सांविधिक निकाय)
(शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार)
नेल्सन मंडेला मार्ग, वसंत कुंज, नई दिल्ली-110070
दूरभाष : 011-26131498
ई-मेल : chairman@aicte-india.org

ALL INDIA COUNCIL FOR TECHNICAL EDUCATION
(A STATUTORY BODY OF THE GOVT. OF INDIA)
(Ministry of Education, Govt. of India)
Nelson Mandela Marg, Vasant Kunj, New Delhi-110070
Phone : 011-26131498
E-mail : chairman@aicte-india.org

ପ୍ରାକ୍‌କଥନ

ଶହଶହ ବର୍ଷ ଧରି ମାନବଜାତି ଓ ସମାଜର ଅଗ୍ରଗତି ଏବଂ ବିସ୍ତାରରେ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରିଛି। ଭାରତୀୟ ଉପମହାଦେଶରେ ସୃଷ୍ଟ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଚିନ୍ତାଧାରା ଜଗତ ଉପରେ ଏକ ଚିନ୍ତାଶୀଳ ପ୍ରଭାବ ପକାଇଛି।

ଅଖିଳ ଭାରତୀୟ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷା ପରିଷଦ [All India Council for technical Education (AICTE)] 1987ରେ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପରଠାରୁ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷାର ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କୁ ସାହାଯ୍ୟ କରିବାରେ ସର୍ବଦା ଅଗ୍ରଣୀ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରି ଆସିଛି। AICTEର ଲକ୍ଷ୍ୟ ହେଉଛି ଗୁଣାତ୍ମକ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷାକୁ ପ୍ରୋତ୍ସାହିତ କରିବା ଏବଂ ଏହା ମାଧ୍ୟମରେ ଶିଳ୍ପ ଜଗତକୁ ଶୀର୍ଷ ସ୍ଥାନରେ ପହଞ୍ଚାଇବା। ସର୍ବୋପରି ଆମର ପ୍ରିୟ ମାତୃଭୂମି ଭାରତକୁ ଏକ ଆଧୁନିକ ବିକଶିତ ରାଷ୍ଟ୍ରରେ ପରିଣତ କରିବା। ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରିବା ଅନୁଚିତ ହେବ ନାହିଁ ଯେ ଯନ୍ତ୍ରୀମାନେ ଆଧୁନିକ ସମାଜର ମେରୁଦଣ୍ଡ। ଉତ୍ତମ ଯନ୍ତ୍ରୀ ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ତମ ଶିଳ୍ପ ଏବଂ ଉତ୍ତମ ରାଷ୍ଟ୍ର।

ଜାତୀୟ ଶିକ୍ଷାନୀତି-୨୦୨୦ର ପରିକଳ୍ପନା ହେଉଛି ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀଙ୍କୁ ଭାରତର ସାମ୍ବିଧାନିକ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅନୁଯାୟୀ ନିଜ ଭାଷାରେ ଶିକ୍ଷା ପ୍ରଦାନ କରିବା, ଯାହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟେକ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ଜ୍ଞାନାର୍ଜନରେ ଯଥେଷ୍ଟ ସମର୍ଥ ଓ ଦକ୍ଷ ହୋଇପାରିବେ ଏବଂ ଜାତୀୟ ଅଭିବୃଦ୍ଧି ତଥା ବିକାଶ ଦିଗରେ ସହଯୋଗ କରିପାରିବେ।

ଗତ କିଛି ବର୍ଷରୁ AICTE ନିରନ୍ତର ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ହେଉଛି ଏହାର ସମସ୍ତ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀଙ୍କୁ ଭାରତୀୟ ଭାଷାରେ ଉଚ୍ଚମାନ ତଥା ଉଚିତ ମୂଲ୍ୟର ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଦାନ କରିବା। ଏହି ପୁସ୍ତକଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ସହଜ ଭାଷା, ବାସ୍ତବ ଜୀବନ ସମ୍ବଳିତ ଉଦାହରଣ, ସମୃଦ୍ଧ ବିଷୟବସ୍ତୁକୁ ଧ୍ୟାନରେ ରଖି ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇନାହିଁ ବରଂ ଏହି ନିତିଦିନିଆ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଦୁନିଆରେ ଶିଳ୍ପର ଆବଶ୍ୟକତାକୁ ମଧ୍ୟ ଦୃଷ୍ଟିରେ ରଖାଯାଇ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି। ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି- 2018ର AICTE ମଡେଲ୍ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଅନୁଯାୟୀ ଏହି ପୁସ୍ତକଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଛି।

ବହୁ ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଅଭିଜ୍ଞତା ଥିବା ସମଗ୍ର ଭାରତବର୍ଷର କୋଣ ଅନୁକୋଣର ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରଫେସରମାନେ ଶିକ୍ଷାବ୍ୟବସ୍ଥାର ସୁଲଭତା ଓ ସୁଗମତାପାଇଁ ଏହି ପୁସ୍ତକଗୁଡ଼ିକ ଲେଖିଛନ୍ତି। AICTE ନିଶ୍ଚିତ ଯେ ସମୃଦ୍ଧ ବିଷୟବସ୍ତୁ ସହିତ ଏହି ପୁସ୍ତକଗୁଡ଼ିକ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷାର ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀମାନଙ୍କୁ ସହଜରେ ଗୁଣାତ୍ମକ ଜ୍ଞାନ ପ୍ରଦାନରେ ସହାୟକ ହେବ।

ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକୁ ଅଧିକ ପ୍ରାଞ୍ଜଳ କରିବାରେ ପ୍ରୟାସ କରିଥିବା ମୂଳ ଲେଖକ, ସଂଯୋଜକ ଏବଂ ଅନୁବାଦକଙ୍କ କଠିନ ପରିଶ୍ରମକୁ AICTE ପ୍ରଶଂସା କରୁଛି।

(Anil D. Sahasrabudhe)

ଅନୁବାଦକଙ୍କ କଲମରୁ...

ସାରା ଭାରତବର୍ଷରେ **"ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ -1"** ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ସମସ୍ତ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଭାଗର ପ୍ରଥମ ବର୍ଷରେ ପ୍ରଚଳିତ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ କାରଣ ଆମ ସମସ୍ତଙ୍କର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ମୌଳିକ ବିଷୟଗୁଡିକର ଆବଶ୍ୟକତା ରହିଛି । ଆମେ ସମସ୍ତେ ଅବଗତ ଯେ ଜାତୀୟ ଶିକ୍ଷାନୀତି ୨୦୨୦ରେ ଭାରତୀୟ ଭାଷାରେ ଶିକ୍ଷାଦାନକୁ ଅଧିକ ଗୁରୁତ୍ୱ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ ସମସ୍ତ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପୁସ୍ତକକୁ ଭାରତୀୟ ଭାଷାରେ ଅନୁବାଦ କରିବାପାଇଁ ଅଖିଳ ଭାରତୀୟ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷା ପରିଷଦର ଅଭିନବ ପ୍ରୟାସ ଅତ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରଶଂସନୀୟ। " ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ -1" ପାଠ୍ୟକ୍ରମକୁ ଓଡିଆ ଭାଷାରେ ଅନୁବାଦ କରିବାପାଇଁ ଆମକୁ ସୁଯୋଗ ଦେଇଥିବାରୁ ଆମେ ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥା (IOSR)ଙ୍କୁ ଅଶେଷ ଧନ୍ୟବାଦ ଜ୍ଞାପନ କରୁଛୁ। ବିଶେଷ କରି ଅଖିଳ ଭାରତୀୟ ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷା ପରିଷଦର ଅଧ୍ୟକ୍ଷ ପ୍ରଫେସର ଅନିଲ ଡି. ସହସ୍ରବୁଧେ, ଉପାଧ୍ୟକ୍ଷ ପ୍ରଫେସର ଏମ୍. ପି. ପୁନିଆ, ସଦସ୍ୟ-ସଚିବ ପ୍ରଫେସର ରାଜୀବ କୁମାର, ମୁଖ୍ୟ ସମନ୍ୱୟ ଅଧିକାରୀ ବୁଦ୍ଧ ଚନ୍ଦ୍ରଶେଖର, ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ କର୍ଣ୍ଣେଲ ବି ଭେଙ୍କଟ ଏବଂ ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥାର ଅଧ୍ୟକ୍ଷ ଅବସର ବେଉରିଆ, ଉପାଧ୍ୟକ୍ଷ ନଟବର ଶତପଥୀ (ଶିକ୍ଷା ଓ ଗବେଷଣା), ଉପାଧ୍ୟକ୍ଷ ଡକ୍ଟର ସିପ୍ରା ମଲ୍ଲିକ (ପରିଚାଳନା), ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ପ୍ରଫେସର ବ୍ରଜେନ୍ଦ୍ର ପ୍ରସାଦ ଦାସ ଏବଂ ଏହି କାର୍ଯକ୍ରମର ମୁଖ୍ୟ ସୂତ୍ରଧର ତଥା ସଦସ୍ୟ ସଚିବ ଡକ୍ଟର ସୁବ୍ରତ କୁମାର ପୃଷ୍ଟିଙ୍କୁ ଆମେ ହାର୍ଦ୍ଦିକ କୃତଜ୍ଞତା ଜଣାଉଛୁ।

ମୂଳ ଇଂରାଜୀ ପୁସ୍ତକର ଓଡିଆ ଅନୁବାଦପାଇଁ ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥା ପକ୍ଷରୁ ଆୟୋଜିତ ସାକ୍ଷାତକାରଦ୍ୱାରା ମନୋନୀତ ହେବା ପରେ ଏହି ପୁସ୍ତକକୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟସୀମା ଭିତରେ ଓଡିଆ ଭାଷାରେ ଅନୁବାଦ କରିବା ଆମପାଇଁ ଏକ ଆହ୍ୱାନ ଥିଲା। ଏହା ପୂର୍ବରୁ ଓଡିଆରେ କୌଣସି ଇଂଜିନିୟରିଂ ବହି ନ ଥିଲା କିମ୍ବା ଆମେମାନେ ଓଡିଆରେ ଶିକ୍ଷାଦାନ କରୁ ନ ଥିଲୁ। ଓଡିଆଭାଷରେ ବୈଷୟିକ ପୁସ୍ତକ ରଚନା କରିବାରେ ଆମର ଅଭିଜ୍ଞତା ନ ଥିଲା ଏବଂ ଏହା ଆମପାଇଁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂଆ ଥିଲା। ଅଧିକନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାକ୍ୟର ଶବ୍ଦରୁ ଶବ୍ଦ ଆକ୍ଷରିକ ଅନୁବାଦ ନୁହେଁ ବରଂ ବିଷୟବସ୍ତୁକୁ ଭଲ ଭାବରେ ବୁଝିବା ସହିତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାକ୍ୟ ଯେମିତି ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅର୍ଥକୁ ପ୍ରତିପାଦନ କରିବ, ସେଥିପାଇଁ ଅଧିକ ଯତ୍ନବାନ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଥିଲା। ଆମେ ବହୁ ପ୍ରତିକୂଳ ପରିସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟରେ ଗତିକରି ଏହି ଗୁରୁଦାୟିତ୍ୱକୁ ସଫଳତାର ସହିତ ଯଥା ସମୟରେ ସମ୍ପାଦନ କରିପାରିଛୁ। ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥାର ସଦସ୍ୟ-ସଚିବ ଡକ୍ଟର ସୁବ୍ରତ କୁମାର ପୃଷ୍ଟିଙ୍କ ଉଚିତ୍ ମାର୍ଗଦର୍ଶନ ଏବଂ ବିଷୟ ସମୀକ୍ଷକ ଅବସର ପ୍ରାପ୍ତ ବରିଷ୍ଠ ପ୍ରାଧ୍ୟାପକ ଏବଂ ସ୍ୱାମୀ ବିବେକାନନ୍ଦ ସ୍ମୃତି ସ୍ୱୟଂ ଶାସିତ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟ ପ୍ରାକ୍ତନ ଅଧ୍ୟକ୍ଷ ପ୍ରଫେସର ଡକ୍ଟର ବିମଳକୃଷ୍ଣ ଦାସ ଏବଂ ଭାଷା ସମୀକ୍ଷକ ଡକ୍ଟର ଅନନ୍ତ କିଶୋର ଜେନାଙ୍କ ଉଚ୍ଚକୋଟୀର ସମୀକ୍ଷା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ଏହି ଅନୁବାଦ କାର୍ଯ୍ୟକୁ ଋଦ୍ଧିମନ୍ତ ଏବଂ ସୁଚାରୁ ରୂପେ ସମ୍ପାଦନ କରିବାରେ ବିଶେଷ ସହାୟକ ହୋଇଛି। ସେଥିପାଇଁ ଆମେ ସେମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ଚିରକୃତଜ୍ଞ। ନିଜ ଅନୁଷ୍ଠାନ ଶିକ୍ଷା ଓ ଅନୁସନ୍ଧାନ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ, ଭୁବନେଶ୍ୱର ଏବଂ ଜିଂ.ଆଇ.ଇ.ଟି ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଗୁଣୁପୁର, ରାୟଗଡ଼ାର କର୍ତ୍ତୃପକ୍ଷଙ୍କ ସହଯୋଗପାଇଁ ସେମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ଚିର ଋଣୀ। ପରିଶେଷରେ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟର ସଫଳ ରୂପାୟନପାଇଁ ପରିବାରବର୍ଗଙ୍କ ଅଯାଚିତ ଏବଂ ଅକୁଣ୍ଠ ସମର୍ଥନ ଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କ ପ୍ରତି ବିଶେଷ କୃତଜ୍ଞତା ଜ୍ଞାପନ କରୁଛନ୍ତି।

ସମଗ୍ର ଅନୁବାଦ କାର୍ଯ୍ୟ ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥା ପକ୍ଷରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଓ ପ୍ରଦତ୍ତ 'ପଥିସୂତ୍ର' ସଫ୍ଟଓ୍ୱାୟାର ସାହାଯ୍ୟରେ ଓଡିଆରେ ଟାଇପ କରାଯାଇଛି। ଅନୁବାଦ କରିବା ସମୟରେ ମୂଳ ଲେଖକଙ୍କ ରଚନାକୁ ଅକ୍ଷୁର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖି ସମସ୍ତ ବିଷୟବସ୍ତୁର ଭାବାର୍ଥକୁ ସଠିକ ଭାବରେ ଓଡିଆ ଭାଷାରେ ଉପସ୍ଥାପନ କରିବାପାଇଁ ଆମେ ଯଥାସମ୍ଭବ ଚେଷ୍ଟା କରିଛୁ। ସର୍ବାପେକ୍ଷା ସମଗ୍ର ବିଷୟକୁ ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀ ଅନୁକୂଳ, ସୁବୋଧ ଏବଂ ସୁଗମ କରିବାପାଇଁ ସରଳ ଭାଷାର ପ୍ରୟୋଗ ପୂର୍ବକ ପାଠ୍ୟକୁ ଓଡିଆ ଭାଷାରେ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ଏବଂ ପ୍ରାଞ୍ଜଳ ଭାବରେ ଉପସ୍ଥାପନ କରିବାପାଇଁ ଅନୁବାଦକ ସମସ୍ତ ଉଦ୍ୟମ କରିଛନ୍ତି। ଏଥିପାଇଁ ଭାଷା ବିଶେଷଜ୍ଞ ଭାବରେ ପ୍ରଫେସର ନଟବର ଶତପଥିଙ୍କ ଅବଦାନ ଅତୁଳନୀୟ ଅନୁବାଦକଙ୍କ ଆଶା ତଥା ବିଶ୍ୱାସ ଯେ " ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ-1" ପାଠ୍ୟକ୍ରମର ଏହି ଅନୁବାଦିତ ପୁସ୍ତକ ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀ ଏବଂ ଶିକ୍ଷକଙ୍କ ଗହଣରେ ଅଧିକ ଆଦୃତ ହେବା ସହିତ ଏହାର ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ପୂରଣ କରିବାରେ ସମର୍ଥ ହେବ।

ଅନୁବାଦକୁ ତ୍ରୁଟି ବିହୀନ କରିବାପାଇଁ ଯଥାସମ୍ଭବ ଦୃଷ୍ଟି ଦେଇଛୁ। ତଥାପି ଯଦି ପାଠକଙ୍କଦ୍ୱାରା କିଛି ତ୍ରୁଟି ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ତା'ହେଲେ ଅନୁବାଦକଙ୍କ ଦୃଷ୍ଟି ଆକର୍ଷଣ ଏକାନ୍ତ କାମ୍ୟ। ସର୍ବୋପରି ଏହି ଅନୁବାଦିତ ପୁସ୍ତକର ଉନ୍ନତି ତଥା ସ୍ଥଳ ବିଶେଷରେ ସରଳ ଶବ୍ଦ ସଂଯୋଜନାପାଇଁ ଆପଣଙ୍କ ପରାମର୍ଶ ଅତ୍ୟନ୍ତ ସ୍ୱାଗତଯୋଗ୍ୟ।

ଡକ୍ଟର ସୁଶାନ୍ତ କୁମାର ଷଡ଼ଙ୍ଗୀ
ଡକ୍ଟର ଦିଲ୍ଲିପ କୁମାର ପଟ୍ଟନାୟକ

କୃତଜ୍ଞତା

ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବିଷୟ ଉପରେ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନ କରିବାକୁ ଯୋଜନା କରିଥିବାରୁ ଉଭୟ ଲେଖକ ଏଆଇସିଟିଇର କର୍ତ୍ତୃପକ୍ଷ, ବିଶେଷ କରି ଅଧ୍ୟକ୍ଷ ପ୍ରଫେସର ଅନିଲ ଡି ସହସ୍ରବୁଧେ, ପ୍ରଫେସର ମହାବୀର ପ୍ରସାଦ ପୁନିଆ, ଉପାଧ୍ୟକ୍ଷ; ସଦସ୍ୟ-ସଚିବ ପ୍ରଫେସର ରାଜୀବ କୁମାର, ଏବଂ ଅଧ୍ୟାପକ ବିକାଶ ସେଲର ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ କର୍ଣ୍ଣେଲ ବି ଭେଙ୍କଟଙ୍କ ନିକଟରେ କୃତଜ୍ଞ। ଏହାକୁ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କ ବନ୍ଧୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବା ଏବଂ କଳାତ୍ମକ ଢଙ୍ଗରେ ଏକ ଉତ୍ତମରୂପ ଦେବାପାଇଁ ଆମେ ପୁସ୍ତକର ସମୀକ୍ଷକ ଆଡଜଣ୍ଟ ପ୍ରଫେସର, ଏନଏସୟୁଟିର ପୂର୍ବତନ ପ୍ରଫେସର, ଆଇଆଇଟି ଦିଲ୍ଲୀ, ଏମଏନଆଇଟିର ପୂର୍ବତନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଏବଂ ସିଡିଏଲ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଏବଂ ଡିସିଆର ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପ୍ରଯୁକ୍ତି ବିଦ୍ୟା ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ପୂର୍ବତନ କୁଳପତି ପ୍ରଫେସର ଆର ପି ଡାହିଆଙ୍କ ମୂଲ୍ୟବାନ ଅବଦାନକୁ ଆନ୍ତରିକତାର ସହ ସ୍ୱୀକାର କରୁଛୁ। ବାସ୍ତବରେ, ସେ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଚାରୋଟି ପୁସ୍ତକର ସମୀକ୍ଷକ ଭାବରେ ଆରମ୍ଭରୁ ଆମକୁ ମାର୍ଗଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ, ଯେଉଁଠାରେ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ସେଠାରେ ଅନେକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପରାମର୍ଶ ପ୍ରଦାନ କରିଥିଲେ। ଏହି ପୁସ୍ତକ ଏଆଇସିଟିଇ ସଦସ୍ୟ, ବିଶେଷଜ୍ଞ ଏବଂ ଲେଖକଙ୍କ ବିଭିନ୍ନ ପରାମର୍ଶର ଫଳାଫଳ, ଯେଉଁମାନେ ସେମାନଙ୍କର ମତାମତ ବାଣ୍ଟିଥିଲେ ଏବଂ ଆମ ଦେଶରେ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଶିକ୍ଷାକୁ ଆହୁରି ବିକଶିତ କରିବାକୁ ଚିନ୍ତା କରିଥିଲେ।

ଏହି ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାଶିତ ପୁସ୍ତକ, ସମୀକ୍ଷା ପ୍ରବନ୍ଧ, କାଗଜପତ୍ର, ଫଟୋଗ୍ରାଫ୍, ଫୁଟନୋଟ୍, ରେଫରେନ୍ସ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ମୂଲ୍ୟବାନ ସୂଚନା, ଯାହା ପୁସ୍ତକ ଲେଖିବା ସମୟରେ ଆମକୁ ସମୃଦ୍ଧ କରିଥିଲା; ସେହି ସବୁର ଲେଖକ ଓ ସମକର୍ମୀଙ୍କ ନିକଟରେ ଲେଖକଦ୍ୱୟ କୃତଜ୍ଞ। ଶେଷରେ, ଆମେ ନୂଆଦିଲ୍ଲୀର ଖାନ୍ନା ପବ୍ଲିସିଂ ହାଉସର ପ୍ରକାଶକ ଶ୍ରୀ ମୁକୁଲ ସେଠଙ୍କୁ ଆନ୍ତରିକ ଧନ୍ୟବାଦ ଜଣାଇବାକୁ ଚାହୁଁଛୁ, ଯିଏ ଏହାକୁ ଏକ ଚମତ୍କାର ପୁସ୍ତକ ରୂପ ଦେବାପାଇଁ ପ୍ରକାଶନର ସମସ୍ତ ଦିଗରେ ସହଯୋଗ କରିଥିଲେ ।

ଲେଖକ

ମୁଖବନ୍ଧ

"ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ" ଶୀର୍ଷକ ପୁସ୍ତକ ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ପାଠ୍ୟକ୍ରମର ଆମର ଶିକ୍ଷାଦାନର ସମୃଦ୍ଧ ଅଭିଜ୍ଞତାର ଏକ ଫଳାଫଳ। ଏହି ପୁସ୍ତକ ଲେଖିବାର ଆରମ୍ଭ ହେଉଛି ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କପାଇଁ ମୌଳିକ ବିଜ୍ଞାନ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ମୌଳିକତାକୁ ଉନ୍ମୋଚନ କରିବା ସହିତ ସେମାନଙ୍କୁ ବିଷୟର ଅନ୍ତର୍ଦୃଷ୍ଟି ପାଇବାକୁ ସକ୍ଷମ କରିବା। ବିଷୟବସ୍ତୁର ବ୍ୟାପକତାକୁ ଦୃଷ୍ଟିରେ ରଖି ତଥା ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ସୂଚନା ପ୍ରଦାନ କରିବା ସହିତ, ଆମେ ଏଆଇସିଟିଇଦ୍ୱାରା ସୁପାରିଶ କରାଯାଇଥିବା ବିଷୟଗୁଡ଼ିକୁ ପୁସ୍ତକରେ ଅତ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଶୃଙ୍ଖଳିତ ଢଙ୍ଗରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରିଛୁ। ବିଷୟର ମୌଳିକ ଧାରଣାକୁ ସରଳ ଉପାୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାକୁ ପ୍ରୟାସ କରାଯାଇଛି।

ପାଣ୍ଡୁଲିପି ପ୍ରସ୍ତୁତି ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମୟରେ, ଆମେ ବିଭିନ୍ନ ମାନକ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ଉପରେ ବିଚାର କରିଛୁ ଏବଂ ସେହି ଅନୁଯାୟୀ ଆମେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରଶ୍ନ, ସମାଧାନ ଏବଂ ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସମସ୍ୟା ଇତ୍ୟାଦି ପରି ବିଭାଗ ବିକଶିତ କରିଛୁ। ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ସମୟରେ ସଂଜ୍ଞା ଏବଂ ନିୟମ ଉପରେ ଏବଂ ମୌଳିକ ନୀତିଗୁଡ଼ିକର ଶୀଘ୍ର ସଂଶୋଧନପାଇଁ ସୂତ୍ରର ବ୍ୟାପକ ସିନୋପିସ୍ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ଗୁରୁତ୍ୱ ଦିଆଯାଇଛି। ଏହି ପୁସ୍ତକ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାରର ମଧ୍ୟମ ଏବଂ ଉନ୍ନତ ସ୍ତରର ସମସ୍ୟାକୁ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରେ ଏବଂ ଏଗୁଡିକ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତ ଏବଂ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ଢଙ୍ଗରେ ଉପସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି। ସେହି ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ଗ୍ରେଡେସନ୍ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଶିକ୍ଷାଦାନର ଅନେକ ବର୍ଷ ଧରି ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଛି।

ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ ଚିତ୍ର ଏବଂ ଉଦାହରଣ ବ୍ୟତୀତ, ଆମେ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ସଠିକ୍ ବୁଝାମଣାପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ୟୁନିଟରେ ଅନେକ ସମାଧାନ ହୋଇଥିବା ସମସ୍ୟା ସହିତ ପୁସ୍ତକକୁ ସମୃଦ୍ଧ କରିଛୁ। ସାଧାରଣ ଶୀର୍ଷକ "ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ" ଅଧୀନରେ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂରେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ବିଭିନ୍ନ ଦିଗ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରି ଚାରୋଟି ପୁସ୍ତକର ଏକ ସେଟ୍ ଅଛି। ସେଥିମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରଥମଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟକୁ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରେ; ଦ୍ୱିତୀୟଟି ମେକାନିକ୍ସର ପରିଚୟ ଉପରେ ଆଧାରିତ; ତୃତୀୟଟି ଇଞ୍ଜିନିୟରମାନଙ୍କପାଇଁ କ୍ୱାଣ୍ଟମ୍ ମେକାନିକ୍ସ ସହିତ ଜଡିତ ଏବଂ ଚତୁର୍ଥଟି ଦୋହଲିବା, ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ଅପ୍ଟିକ୍ସ ଉପରେ ଆଧାରିତ। ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ସମସ୍ତ ପୁସ୍ତକରେ, ଆମେ ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ପରୀକ୍ଷାଗାର ବ୍ୟବହାରିକକୁ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରିଛୁ। ଏହା ବ୍ୟତୀତ, "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ଶୀର୍ଷକରେ ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀଙ୍କପାଇଁ କିଛି ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ସୂଚନା ବ୍ୟତୀତ ଆମେ ଆପେଣ୍ଡିକ୍ସ ଏବଂ ଆନେକ୍ସଚର୍ ବିଭାଗରେ କିଛି ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ମୌଳିକ ସୂଚନା ସ୍ପଷ୍ଟ କରିଛୁ।

ବର୍ତ୍ତମାନର ପୁସ୍ତକ ବିଷୟରେ, "ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ" ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ପ୍ରଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ପର୍କିତ ପୁଙ୍ଖାନୁପୁଙ୍ଖ ଜ୍ଞାନ ପ୍ରଦାନ କରିବାପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ। ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଏହି ଅଂଶ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଏକବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀ ଏବଂ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଚ୍ୟାଲେଞ୍ଜର ମୁକାବିଲା ଏବଂ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପ୍ରଶ୍ନର ସମାଧାନପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମେଗ୍ନେଟିକ୍ ଥିଓରୀର ଜ୍ଞାନ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବ। ବିଷୟବସ୍ତୁକୁ ଗଠନମୂଳକ ଢଙ୍ଗରେ ଉପସ୍ଥାପିତ କରାଯାଇଛି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଡିଗ୍ରୀ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ବିଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ କିମ୍ବା ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଟେକ୍ନୋଲୋଜିର ଅଗ୍ରଭାଗରେ କାମ କରିବାକୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରେ।

ଆମେ ଆଶା କରୁଛୁ ଯେ ଏହି ପୁସ୍ତକ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ମୌଳିକ ନୀତି ପଛରେ ଥିବା ଚିନ୍ତାଧାରା ଶିଖିବାକୁ ଏବଂ ଆଲୋଚନା କରିବାକୁ ପ୍ରେରଣା ଦେବ ଏବଂ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ବିଷୟର ଏକ ଦୃଢ ମୂଳଦୁଆ ବିକାଶରେ ଯୋଗଦାନ କରିବ। ଆମେ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାରର ମନ୍ତବ୍ୟ ଏବଂ ପରାମର୍ଶପାଇଁ କୃତଜ୍ଞ ହେବୁ, ଯାହା ପୁସ୍ତକର ଭବିଷ୍ୟତ ସଂସ୍କରଣର ଉନ୍ନତିରେ ଯୋଗଦାନ କରିବ। ଏହି ପୁସ୍ତକକୁ ଶିକ୍ଷକ ଏବଂ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କ ହାତରେ ରଖିବା ଆମକୁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଆନନ୍ଦ ଦେଇଥାଏ। ପୁସ୍ତକରେ ଥିବା ବିଷୟଗୁଡିକର ବିଭିନ୍ନ ଦିଗ ଉପରେ କାମ କରିବା ପ୍ରକୃତରେ ଏକ ବଡ଼ ଆନନ୍ଦ ଥିଲା।

ଲେଖକ

ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା

ଏକ ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା(outcome based education)ର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତାପାଇଁ ପ୍ରାଥମିକ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଉଛି, ଏକ ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ(outcome based curriculum)ର ବିକଶିତ କରିବା ଏବଂ ଶିକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଏକ ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ(outcome based assessment) ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରିବା। ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ମାଧ୍ୟମରେ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନକାରୀମାନେ(evaluators) ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କରିବାକୁ ସକ୍ଷମ ହେବେ ଯେ, ଛାତ୍ରମାନେ ନିଶ୍ଚିତ ମାନକ, ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଏବଂ ପରିମାପଯୋଗ୍ୟ ଫଳାଫଳ ହାସଲ କରିଛନ୍ତି କି ନାହିଁ। ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷାର ଉପଯୁକ୍ତ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତୀକରଣ ସହିତ କୌଣସି ସ୍ତରରେ ସମର୍ପଣ ନକରି, ସମସ୍ତ ଶିକ୍ଷାର୍ଥୀଙ୍କପାଇଁ ସର୍ବନିମ୍ନ ମାନକ ହାସଲ କରିବାକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରତିବଦ୍ଧତା ରହିବ। ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା ସହାୟତାରେ ଚାଲୁଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଶେଷରେ, ଜଣେ ଛାତ୍ର ନିମ୍ନଲିଖିତ ଫଳାଫଳରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ସକ୍ଷମ ହେବ:

PO-1: ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଜ୍ଞାନ(Engineering knowledge): ଜଟିଳ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ଗଣିତ, ବିଜ୍ଞାନ, ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ମୌଳିକତା ଏବଂ ଏକ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଶେଷତା ବିଷୟରେ ଜ୍ଞାନ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତୁ।

PO-2: ସମସ୍ୟା ବିଶ୍ଳେଷଣ(Problem analysis): ଗଣିତ, ପ୍ରାକୃତିକ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଜ୍ଞାନର ପ୍ରଥମ ନୀତି ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରମାଣିତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବାପାଇଁ ଚିହ୍ନଟ, ସୂତ୍ରପ୍ରସ୍ତୁତ, ଅନୁସନ୍ଧାନ ସାହିତ୍ୟ ସମୀକ୍ଷା ଏବଂ ଜଟିଳ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ସମସ୍ୟାଗୁଡ଼ିକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରନ୍ତୁ ।

PO-3: ସମାଧାନର ପରିକଳ୍ପନା / ବିକାଶ(Design/development of solutions): ଜଟିଳ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ସମସ୍ୟାର ପରିକଳ୍ପନା ଏବଂ ସିଷ୍ଟମ୍ ଉପାଦାନର ପରିକଳ୍ପନା କିମ୍ବା ପ୍ରକ୍ରିୟା ଯାହା ଜନସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ଓ ନିରାପତ୍ତା ଏବଂ ସାଂସ୍କୃତିକ, ସାମାଜିକ ଏବଂ ପରିବେଶ ବିଚାରପାଇଁ ଉପଯୁକ୍ତ ବିଚାର ସହିତ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବଶ୍ୟକତାପୂରଣ କରିବାର ପରିକଳ୍ପନା।

PO-4: ଜଟିଳ ସମସ୍ୟାର ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିବା(Conduct investigations of complex problems): ବିଧିମାନ୍ୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପ୍ରଦାନ କରିବାପାଇଁ, ପରୀକ୍ଷଣର ପରିକଳ୍ପନା, ବ୍ୟାଖ୍ୟା , ଡାଟାର ବିଶ୍ଳେଷଣ ଏବଂ ସୂଚନାର ସଂଶ୍ଳେଷଣ ସହିତ ଗବେଷଣା-ଆଧାରିତ ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଗବେଷଣା ପଦ୍ଧତିର ବ୍ୟବହାର।

PO-5: ଆଧୁନିକ ଉପକରଣ ବ୍ୟବହାର(Modern tool usage): ସୀମିତତାର ବୁଝାମଣା ସହିତ, ଜଟିଳ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପଗୁଡ଼ିକୁ, ପ୍ରାକ୍ ଉକ୍ତି ଏବଂ ପ୍ରତିରୂପାୟଣ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରି, ଉପଯୁକ୍ତ କୌଶଳ, ଉତ୍ସ, ଏବଂ ଆଧୁନିକ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ଆଇଟି ଉପକରଣର ସୃଷ୍ଟି, ଚୟନ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତୁ।

PO-6 : ଇଞ୍ଜିନିୟର ଏବଂ ସମାଜ(The engineer and society): ସାମାଜିକ, ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ, ନିରାପତ୍ତା, ଆଇନଗତ ଏବଂ ସାଂସ୍କୃତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ଏବଂ ବୃତ୍ତିଗତ ବୈଷୟିକ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଦାୟିତ୍ୱଆକଳନ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଜ୍ଞାନ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ଯୁକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତୁ।

PO-7: ପରିବେଶ ଏବଂ ସ୍ଥାୟୀତ୍ୱ(Environment and sustainability): ସାମାଜିକ ଏବଂ ପରିବେଶ ପ୍ରସଙ୍ଗରେ ବୃତ୍ତିଗତ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ସମାଧାନର ପ୍ରଭାବକୁ ବୁଝନ୍ତୁ ଏବଂ ଜ୍ଞାନର ଏବଂ ନିରନ୍ତର ବିକାଶର ଆବଶ୍ୟକତାକୁ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତୁ।

PO-8 : ନୈତିକତା(Ethics): ନୈତିକ ନୀତି ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ବୃତ୍ତିଗତ ନୈତିକତା ଏବଂ ଦାୟିତ୍ୱ ଏବଂ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଅଭ୍ୟାସର ମାନଦଣ୍ଡ ପ୍ରତି ପ୍ରତିବଦ୍ଧ ହୁଅନ୍ତୁ।

PO-9: ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ଏବଂ ଦଳଗତ କାର୍ଯ୍ୟ(Individual and team work): ବିବିଧ ଦଳରେ ଏବଂ ବହୁମୁଖୀ ପୃଷ୍ଠଭୂମିରେ, ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ଭାବରେ, ଏବଂ ସଦସ୍ୟ ଭାବରେ କିମ୍ବା ମୁଖ୍ୟ ଭାବରେ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତୁ ।

PO-10: ଯୋଗାଯୋଗ(Communication): ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ସମ୍ପ୍ରଦାୟ ଏବଂ ସମାଜ ସହିତ ଜଟିଳ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ ଉପରେ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଭାବରେ ଯୋଗାଯୋଗ କରନ୍ତୁ, ଯେପରିକି, ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବିବୃତି ଲେଖିବା ଏବଂ ଦସ୍ତାବିଜ ରୂପରେଖ କରିବା ଏବଂ ବୁଝିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବା, ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଉପସ୍ଥାପନା କରିବା, ଏବଂ ସ୍ପଷ୍ଟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ ଦେବା ଏବଂ ଗ୍ରହଣ କରିବା।

PO-11 : ପ୍ରକଳ୍ପ ପରିଚାଳନା ଏବଂ ଅର୍ଥ(Project management and finance): ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ପରିଚାଳନା ନୀତିବିଷୟରେ ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ବୁଝାମଣା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଏଗୁଡିକୁ ଜଣଙ୍କର ନିଜକାର୍ଯ୍ୟରେ, ପ୍ରକଳ୍ପ ପରିଚାଳନା କରିବାକୁ ଏବଂ ବହୁମୁଖୀ ପରିବେଶରେ ଏକ ଦଳର ସଦସ୍ୟଭାବେ ଏବଂ ମୁଖ୍ୟଭାବେ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତୁ।

PO-12: ଜୀବନବ୍ୟାପୀ ଶିକ୍ଷା(Life-long learning): ଆବଶ୍ୟକତାକୁ ଚିହ୍ନନ୍ତୁ ଏବଂ ବୈଷୟିକ ପରିବର୍ତ୍ତନର ବ୍ୟାପକ ପରିପ୍ରେକ୍ଷୀରେ ସ୍ୱାଧୀନଭାବେ ଏବଂ ଜୀବନବ୍ୟାପି ଶିକ୍ଷାରେ ଜଡିତ ହେବାର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଏବଂ ଦକ୍ଷତାକୁ ଅର୍ଜନ କରନ୍ତୁ ।

ପାଠ୍ୟକ୍ରମ

ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ଟେକ୍ନୋଲୋଜିରେ ପ୍ରଥମ ବର୍ଷର ସ୍ନାତକ ଡିଗ୍ରୀ ପାଠ୍ୟକ୍ରମପାଇଁ ଏଆଇସିଟିଇ ମଡେଲ୍ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ

କୋର୍ସ କୋଡ୍	ବିଏସସି101				
ବର୍ଗ	ମୌଳିକ ବିଜ୍ଞାନ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ				
ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଶୀର୍ଷକ	ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ (ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏବଂ ପରୀକ୍ଷାଗାର)				
ଯୋଜନା ଏବଂ କ୍ରେଡିଟ୍	L	T	P	କ୍ରେଡିଟ୍	ସେମିଷ୍ଟାର-୧
	3	1	3	5.5	
	ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ବିଷୟବସ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ				

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ: ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ [ଏଲ୍ : 3; ଟି : 1; ପି : 0 (4 କ୍ରେଡିଟ୍)]

ବିସ୍ତୃତ ବିଷୟବସ୍ତୁ:

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 1: ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (୫ ବକ୍ତୃତା)

ଚାର୍ଜ ବିତରଣପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଫିଲ୍ଡ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମ୍ଭାବନାର ଗଣନା; ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ବିଚ୍ଛିନ୍ନତା ଏବଂ କର୍ଲ୍; ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମ୍ଭାବନା ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ସମାଧାନର ସ୍ୱତନ୍ତ୍ରତା ଏବଂ ସ୍ଥିର ରାଜ୍ୟ ଡିଫ୍ୟୁଜନ୍ ଏବଂ ଥର୍ମାଲ୍ କଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ସହିତ ସଂଯୋଗପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସ୍ ଏବଂ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ; ଫାରାଡେଙ୍କ ବ୍ୟବହାରିକ ଉଦାହରଣ; ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମ୍ଭାବନାର ସୀମା ସ୍ଥିତି; ପ୍ରତିଛବିଗୁଡିକର ପଦ୍ଧତି; ଚାର୍ଜ ବିତରଣର ଶକ୍ତି ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହାର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 2: ଏକ ରୈଖିକ ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (4 ବକ୍ତୃତା)

ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଏକ ଡିପୋଲର ସମ୍ଭାବନା। ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ ବନ୍ଧା ଦେୟ; ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ; ବିସ୍ଥାପନ ଉପରେ ସୀମା ସ୍ଥିତି; ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ସ ଉପସ୍ଥିତିରେ ସରଳ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ - ଏକ ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ପଏଣ୍ଟ ଚାର୍ଜ, ୟୁନିଫର୍ମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଫିଲ୍ଡରେ ଏକ ଡାଇଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଲାବ୍, ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଲାବ୍ ଏବଂ ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଲାବ୍ ସାମ୍ନାରେ ଚାର୍ଜ।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 3: ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (6 ବକ୍ତୃତା)

ବାୟୋ-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମ, ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ବିଚ୍ଛିନ୍ନତା ଏବଂ କୁଞ୍ଚନ; ଭେକ୍ଟର ସମ୍ଭାବନା ଏବଂ ଷ୍ଟୋକ୍ସଙ୍କ ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଏହାକୁ ଗଣନା କରିବା; ଭେକ୍ଟର ସମ୍ଭାବନାପାଇଁ ସମୀକରଣ ଏବଂ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଘନତାପାଇଁ ଏହାର ସମାଧାନ।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 4: ଏକ ରୈଖିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (3 ବକ୍ତୃତା)

ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଏବଂ ଜଡିତ ବନ୍ଧା ସ୍ରୋତ; ସହାୟକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର; ସୀମା ସ୍ଥିତି ଏବଂ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକ ପରି ସରଳ

ଚୁମ୍ବକ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ସମାଧାନ; ଚୁମ୍ବକୀୟ ସମ୍ବେଦନଶୀଳତା ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ଏବଂ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥ; ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଗୁଣାତ୍ମକ ଆଲୋଚନା।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 5: ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ (4 ବକ୍ତୃତା)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଉତ୍ପାଦିତ ଇଏମଏଫ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ; ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଗତିଶୀଳ ଇଏମଏଫର ସମାନତା; ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ; ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାଙ୍ଗିବା ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରୟୋଗ; ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସମୟ-ଡେରିଭେଟିଭ୍ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମର ଭିନ୍ନ ରୂପ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର କୁଞ୍ଚନ ପ୍ରକାଶ କରିବା ଏବଂ ଅର୍ଦ୍ଧ-ସ୍ଥିର ଆନୁମାନିକରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଗଣନା; ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 6: ସମୟ-ନିର୍ଭରଶୀଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ (5 ବକ୍ତୃତା) ହେତୁ ବିସ୍ଥାପନ କରେଣ୍ଟ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଘନତାପାଇଁ ନିରନ୍ତରସମୀକରଣ; ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରିବାପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର କୁଞ୍ଚନପାଇଁ ସମୀକରଣକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା; ସମୟ ନିର୍ଭରଶୀଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରନ୍ତୁ; ଅର୍ଦ୍ଧସ୍ଥିର ଆନୁମାନିକରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଗଣନା କରିବା। ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ଏବଂ ଅଣ-ପରିଚାଳନା ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ; ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି; ଉଦାହରଣ ସହିତ ଶକ୍ତି ର ପ୍ରବାହ ଏବଂ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର। ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତିର ଗୁଣାତ୍ମକ ଆଲୋଚନା।

ମଡ୍ୟୁଲ୍ 7: ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ (8 ବକ୍ତୃତା)

ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ; ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ବିମାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ, ସେମାନଙ୍କର ଟ୍ରାନ୍ସଭର୍ସ ପ୍ରକୃତି ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ; ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ; ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ଉଦାହରଣ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ଶକ୍ତି। ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ଫଳାଫଳ ଚାପ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ଗତି। ସାଧାରଣ ଘଟଣାପାଇଁ ଏକ ଅଣ-ପରିଚାଳନା ମଧ୍ୟମ-ଭାକ୍ୟୁମ୍ ଇଣ୍ଟରଫେସ୍ ରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଂକ୍ରମଣ।

ଲାବୋରେଟୋରୀ: ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ [ଏଲ୍: 0; ଟି: 0 ; ପି : 3 (1.5 କ୍ରେଡିଟ୍)]

ପରୀକ୍ଷଣଗୁଡିକର ପ୍ରସ୍ତାବିତ ତାଲିକା:

ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାଙ୍ଗିବା ଉପରେ ପରୀକ୍ଷଣ;

ଏଲସି ସର୍କିଟ୍ ଏବଂ ଏଲସିଆର ସର୍କିଟ୍;

ଏଲସିଆର ସର୍କିଟରେ ରେଜୋନାନ୍ସ ଘଟଣା;

ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କଏଲ୍ ରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର;

ଏକ ଭ୍ୟାକ୍ୟୁମ୍ ଟ୍ୟୁବ୍ ରେ ଲୋରେଣ୍ଟଜ୍ ଫୋର୍ସର ପରିମାପ।

କେତେକ ୟୁନିଟରେ କିଛି ଅତିରିକ୍ତ ପରୀକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ପରାମର୍ଶ ଦିଆଯାଇଛି।

ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ

ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ସମାପ୍ତ ହେବା ପରେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟ ଶିକ୍ଷାରେ ସକ୍ଷମ ହେବେ:

CO-1: ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ବିଭିନ୍ନ ଭୌତିକ ଧାରଣା ବର୍ଣ୍ଣନା।

CO-2: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ସମ୍ଭାବନାପାଇଁ ସୀମା ସ୍ଥିତି ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବାକୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକର ନୀତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା|

CO-3: ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ନିୟମ ସହିତ ଜଡିତ ଧାରଣା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା।

CO-4: ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରଚାର ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ପ୍ରୟୋଗ।

CO-5: ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣ ବିଶ୍ଳେଷଣ।

CO-6: ବିଭିନ୍ନ ଗଣମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରଚାରକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ।

ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (CO)	ପ୍ରୋଗ୍ରାମ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ (PO) ସହ ଆଶା କରାଯାଉଥିବା ମ୍ୟାପିଂ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଦୃଢ ସହବନ୍ଧନ)											
	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	PO-6	PO-7	PO-8	PO-9	PO-10	PO-11	PO-12
CO-1	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO-2	3	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-
CO-3	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
CO-4	3	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-
CO-5	3	1	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-
CO-6	3	3	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-

ସଂକ୍ଷେପଣ ଓ ପ୍ରତୀକ

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ନାମର ତାଲିକା

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ନାମ	ବିସ୍ତୃତ ନାମ	ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ନାମ	ବିସ୍ତୃତ ନାମ
A	ଆମ୍ପେର୍	mH	ମିଲି ହେନେରୀ
AC	ଅଲଟରନେଟିଂ କରେଣ୍ଟ	mmf	ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମୋଟିଭ୍ ଫୋର୍ସ
BW	ବ୍ୟାଣ୍ଡ ଓସାର	nA	ନାନୋ ଆମ୍ପେର୍
C	କୁଲମ	nC	ନାନୋ କୁଲମ
CO	ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ	nF	ନାନୋ ଫାରାଡ୍
CRO	କାଥୋଡରେ ଓସିଲୋସ୍କୋପ୍	Oe	ଓରଷ୍ଟଡେ୍
CRT	କାଥୋଡ୍ ରେ ଟ୍ୟୁବ୍	PO	କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ
DC	ସିଧାସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ	Q-factor	Q- କାରକ
EM	ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ	T	ଟସ୍‌ଲା
emf	ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମୋଟିଭ୍ ଫୋର୍ସ (ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ)	UO	ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳ
G	ଗାଉସ୍	V	ଭୋଲ୍ଟ
Ge	ଜର୍ମାନିୟମ୍	W	ୱାଟ୍
GHz	ଗିଗାହର୍ଟଜ୍	Wb	ୱେବେର
Hz	ହର୍ଟଜ୍	μA	ମାଇକ୍ରୋ ଆମ୍ପେର୍
kHz	କିଲୋ ହର୍ଟଜ୍	μC	ମାଇକ୍ରୋ କୁଲମ
LCR	ଇଣ୍ଡକ୍ଟର-କାପାସିଟର-ରେଜିଷ୍ଟର	μF	ମାଇକ୍ରୋ ଫାରାଡ୍

ପ୍ରତୀକଗୁଡିକର ତାଲିକା

ପ୍ରତୀକ	ବର୍ଣ୍ଣନା	ପ୍ରତୀକ	ବର୍ଣ୍ଣନା
A	ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଦିଶ ସମ୍ଭାବନା	K	କପଲିଂର ସହ-ଦକ୍ଷ
B	ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ	l	ରୈଖିକ ଆବେଶ ଘନତା
C	ଏକ କ୍ୟାପାସିଟରର କ୍ୟାପାସିଟେନ୍ସ	L	ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରଣାଙ୍କ
D	ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ	M	ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣାଙ୍କ
e	ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଆବେଶ	M_s	ସାଚୁରେସନ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟକରଣ
E	ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା	P	ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର
f ରିସ୍	ଅନୁନାଦିତ ଆବୃତି	p	ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନର ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ସଂଖ୍ୟା
g	ଗାଇରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ଅନୁପାତ	-	-
H	ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା	r	ଆୟତନ ଆବେଶ ଘନତା
I_d	ବିସ୍ଥାପନ ଧାରା	r	ପ୍ରତିଫଳନ ଗୁଣାଙ୍କ
J	ଧାରା ଘନତା	R_H	ହଲ୍ ଗୁଣାଙ୍କ
J_d	ବିସ୍ଥାପନ ଧାରା ଘନତା	s	ଭୂପୃଷ୍ଠ ଆବେଶ ଘନତା
S	ଅନିଚ୍ଛା	δ	ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା
t	ସଂଚରଣ ଗୁଣାଙ୍କ	ε_0	ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ଅନୁମୋଦିତତା
TN	ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା	ε_r ,କେ	ଆପେକ୍ଷିକ ଅନୁମତି
U	ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା	μ_0	ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପାରଗମ୍ୟତା
VH	ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍	φ_m	ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଦିଶ ସମ୍ଭାବନା
Z	ଏକ ମାଧ୍ୟମର ବାଧା	ψ	ତରଙ୍ଗ ଫଳନ
α	କ୍ଷୀଣନ ସ୍ଥିରାଙ୍କ	ω_L	ଲାର୍ମର୍ ଆବୃତି
β	ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସ୍ଥିରାଙ୍କ	φ	ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିଓ୍ୱାହ
γ	ପ୍ରଚାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ	-	-

ଚିତ୍ର ସୂଚୀ

ଚିତ୍ର କ୍ରମାଙ୍କ ଶିରୋନାମା	ପୃଷ୍ଠା ସଂଖ୍ୟା
ଚିତ୍ର . 1.1: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ	4
ଚିତ୍ର . 1.2: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ଭେକ୍ଟର ଚିତ୍ରଣ	6
ଚିତ୍ର . 1.3: ବଣ୍ଟନ ହୋଇଥିବା ଚାର୍ଜପାଇଁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ	6
ଚିତ୍ର . 1.4: ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ନୀତିର ଚିତ୍ରଣ	7
ଚିତ୍ର . 1.5: ଏକ ସମୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା	8
ଚିତ୍ର .. 1.6 : ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ	14
ଚିତ୍ର .. 1.7 : ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଚିତ୍ରଣ	15
ଚିତ୍ର . 1.8: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡର ଚାରିପାଖରେ ଗାଉସିଆନ୍ କ୍ଷେତ୍ର	17
ଚିତ୍ର . 1.9: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା (a) ଫାଙ୍କା ଏବଂ (b) କଠିନ ସିଲିଣ୍ଡର ଚାରିପାଖରେ E ର r ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ	18
ଚିତ୍ର . 1.10: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ (a) ଭିତରେ ଏବଂ (b) ବାହାରେ ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ	19
ଚିତ୍ର . 1.11: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ r ସହ E ର ପରିବର୍ତ୍ତନ	19
ଚିତ୍ର . 1.12: ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଟ୍	21
ଚିତ୍ର . 1.13: ଗାଉସ ନିୟମରୁ କୁଲୋମଙ୍କ ନିୟମ	22
ଚିତ୍ର . 1.14: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା	23
ଚିତ୍ର . 1.15: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ	24
ଚିତ୍ର . 1.16: ଏକ କାରଣରୁ ସମ୍ଭାବନା ଉତ୍ପତ୍ତିରେ ଚାର୍ଜ ନୁହେଁ	25
ଚିତ୍ର . 1.17: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି(a) ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ତନ୍ତ୍ର ଏବଂ (b) ତିନୋଟି ଚାର୍ଜ ତନ୍ତ୍ରପାଇଁ	29
ଚିତ୍ର . 1.18: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ	29
ଚିତ୍ର . 1.19: ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର	33
ଚିତ୍ର . 1.20: ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ସହିତ ଦୁଇଟି ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ତର	36
ଚିତ୍ର . 1.21: ଗୋଲାକାର କାପାସିଟର	37
ଚିତ୍ର . 1.22: ସାଇଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ କାପାସିଟର	38
ଚିତ୍ର . 1.23: ଅନନ୍ୟତା ଥିଓରେମ୍	41
ଚିତ୍ର . 1.24: ଏକ ପରିବାହୀ ସମତଳ ସମ୍ମୁଖରେ ପଏଣ୍ଟ ଚାର୍ଜ	41
ଚିତ୍ର . 1.25: ଏକ ଗ୍ରାଉଣ୍ଡ୍ ପରିଚାଳନା କ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ମୁଖରେ ପଏଣ୍ଟ ଚାର୍ଜ	42

ୟୁନିଟ୍ 2 ଏକ ଲିନିୟର ଡିଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ଚିତ୍ର . 2.1: (a) ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ (b) ଅଣ- ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକ 63

ଚିତ୍ର . 2.2: (a) ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ (b) ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଅଣ- ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକ 64

ଚିତ୍ର . 2.3: ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାରାବୈଦୁତିକ ପଦାର୍ଥ 68

ଚିତ୍ର . 2.4: V-I ପର୍ଯ୍ୟାୟ ନିର୍ଭରଶୀଳତା (a) ଆଦର୍ଶ, (b) ପ୍ରକୃତ ପାରାବୈଦୁତି 68

ଚିତ୍ର . 2.5: ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ ଚାର୍ଜଧାରକ (a) କୌଣସି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ନାହିଁ ଏବଂ (b) ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦିଆଯାଏ 70

ଚିତ୍ର . 2.6: (a) ନିରପେକ୍ଷ ପରମାଣୁ (E = 0) ଏବଂ (b) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 75

ଚିତ୍ର . 2.7: (a) କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (E =0), (b) ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର (E≠0) 77

ଚିତ୍ର . 2.8: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଦ୍ୱିମେରୁର ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ 77

ଚିତ୍ର . 2.9: ଆୟୋନିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (a) କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର ନାହିଁ (E=0), (b) ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର (E≠0) 78

ଚିତ୍ର . 2.10: ଆବୃତି ସହିତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କର ସମ୍ପର୍କ 79

ଚିତ୍ର . 2.11: ଗୋଲାକାର ଗଭୀରତା 80

ଚିତ୍ର . 2.12: ପୋଲାର କୋର୍ଡିନେଟ୍ ର ଧାରଣା 81

ଚିତ୍ର . 2.13: ଏକ ପାରାବୈଦୁତିକ ଗୋଲକକୁ ସମବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଅଛି 83

ୟୁନିଟ୍ 3 ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ଚିତ୍ର . 3.1: ଏକ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ର ଡ୍ରିଫ୍ଟ 106

ଚିତ୍ର .. 3.2 : ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମର ଚିତ୍ରଣ 110

ଚିତ୍ର . 3.3: ଦୀର୍ଘ ସିଧା ସଳଖ କରେଣ୍ଟ ବହନ କରୁଥିବା କଣ୍ଡକ୍ଟର 111

ଚିତ୍ର . 3.4: ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ 113

ଚିତ୍ର . 3.5: ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ 115

ଚିତ୍ର . 3.6: ହେକ୍ସାଗୋନାଲ ଲୁପ୍ 118

ଚିତ୍ର . 3.7: ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ସୁପରିବାହୀ 119

ଚିତ୍ର . 3.8: ଆମ୍ପିଆନ୍ ଲୁପ୍: ଲମ୍ବା ସିଧା କଣ୍ଡକ୍ଟର 122

ଚିତ୍ର . 3.9: ଦୀର୍ଘ ସିଧା ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ ପରିବାହକ ହେତୁ ବିର ଭିନ୍ନତା 122

ଚିତ୍ର . 3.10: ଦୁଇଟି ଲମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଥିଲେ 123

ଚିତ୍ର . 3.11: କୋକ୍ସିଆଲ୍ କେବୁଲ୍ 125

ଚିତ୍ର . 3.12: ଆମ୍ପେରିଆନ୍ ଲୁପ୍: ଲଙ୍ଗ ସୋଲେନୋଇଡ୍ 125
ଚିତ୍ର . 3.13: ଟୋରୋଇଡ୍ 127
ଚିତ୍ର . 3.14: ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରି ପରିବାହକ 128
ଚିତ୍ର . 3.15: ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ 129

ୟୁନିଟ୍ 4 ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଲିନିୟର ଡିଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ମାଧ୍ୟମରେ

ଚିତ୍ର . 4.1: ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥପାଇଁ (a) M -H ଏବଂ (b) χ -T ଲେଖଚିତ୍ର 160
ଚିତ୍ର . 4.2: ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥପାଇଁ (a) M -H ଏବଂ (b) χ –T ଲେଖଚିତ୍ର 161
ଚିତ୍ର . 4.3: ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥପାଇଁ (a) M -H ଏବଂ (b) χ -T ଲେଖଚିତ୍ର 162
ଚିତ୍ର . 4.4: r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ କକ୍ଷପଥ 166
ଚିତ୍ର . 4.5: ଲାର୍ମର୍ ଫ୍ରିକ୍ୱେନ୍ସି ସହିତ H ବିଷୟରେ L ପ୍ରିସେସଂ 166
ଚିତ୍ର . 4.6: BJ (y) - y ଲେଖଚିତ୍ର 172
ଚିତ୍ର . 4.7: μ-H (ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍) ଲେଖଚିତ୍ର ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥପାଇଁ 175
ଚିତ୍ର . 4.8: ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପରିସର 175
ଚିତ୍ର . 4.9: M-y ଲେଖଚିତ୍ର (a)T < θ, (b) T = θ_f ଏବଂ (c) T > θ_fପାଇଁ 177
ଚିତ୍ର . 4.10: J ବିଭିନ୍ନ ମୂଲ୍ୟପାଇଁ Ms /Mm - T/ θ_f ଲେଖଚିତ୍ର 178
ଚିତ୍ର . 4.11: ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର B-H ଲେଖଚିତ୍ର 180
ଚିତ୍ର . 4.12: (a) ଆଇରନ୍ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଚକ୍ରର ଅଧୀନରେ ଏବଂ (b) ଏହାର B-H ଲେଖଚିତ୍ର 182
ଚିତ୍ର . 4.13: ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍ କ୍ଷତି 183
ଚିତ୍ର . 4.14: ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଲେଖଚିତ୍ର (a)ସିଲିକନ୍ ଷ୍ଟିଲ୍, (b)କଠିନ ଇସ୍ପାତ ଏବଂ(c) ଲୁହା ତିଆରିପାଇଁ 184
ଚିତ୍ର . 4.15: χ - T ଲେଖଚିତ୍ର ଆଣ୍ଟି-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀପାଇଁ 186
ଚିତ୍ର . 4.16: ଦୁଇଟି ସବଲାଟିସ୍ ମଡେଲ୍: ନୀଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 186
ଚିତ୍ର . 4.17: 1/ χ -T ଲେଖଚିତ୍ର (a) ଆଣ୍ଟି-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ଏବଂ (c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ପଦାର୍ଥପାଇଁ 187
ଚିତ୍ର . 4.18: (a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (c) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ଏବଂ (d) ଆଣ୍ଟିଫେରୋପାଇଁ ସ୍ପିନ୍ ଆଲାଇନ୍ମେଣ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ 188
ଚିତ୍ର . 4.19: M-H ଲେଖଚିତ୍ର (a) ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍, (d) ଆଣ୍ଟି-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ (e) ଫେରୀଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥପାଇଁ 188

ୟୁନିଟ୍ 5 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ

ଚିତ୍ର . 5.1: ଫାରାଡେଙ୍କ e.m ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଚିତ୍ରଣ 210

ଚିତ୍ର . 5.2: ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମର ଯାଞ୍ଚ 212

ଚିତ୍ର . 5.3: ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମର ଯାଞ୍ଚ 212

ଚିତ୍ର . 5.4: ଗତିଶୀଳ ପ୍ରେରିତ e.m.f. 213

ଚିତ୍ର . 5.5: ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ 219

ଚିତ୍ର . 5.6: ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ 219

ଚିତ୍ର . 5.7: ଏକ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ର ବିଭାଗ 223

ଚିତ୍ର . 5.8: ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ Aଏବଂ B ପରସ୍ପରକୁ ଲାଗି ରଖାଯାଇଛି 225

ଚିତ୍ର . 5.9: ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାବରେ ଯୋଡି ହୋଇ A ଏବଂ B କୁଣ୍ଡଳୀ 226

ଚିତ୍ର . 5.10: (a) ଏକ ଡିସି ଉତ୍ସ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ଅନୁକରଣାତ୍ମକ,
(b) ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି 230

ଚିତ୍ର . 5.11: (a) ଉଚ୍ଚ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହିତ ଏକ ପରିଚାଳନା ବ୍ଲକ୍ ଏବଂ
(b) କମ୍ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହିତ ଏକ ଲାମିନେଟେଡ୍ ବ୍ଲକ୍। 233

ୟୁନିଟ୍ 6 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ

ଚିତ୍ର . 6.1: ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା 252

ଚିତ୍ର . 6.2: ପୋଏଣ୍ଟିଙ୍ଗଙ୍କ ଥିଓରେମର ଚିତ୍ର 264

ୟୁନିଟ୍ 7 ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ

ଚିତ୍ର . 7.1: EM ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତି 283

ଚିତ୍ର . 7.2: EM ତରଙ୍ଗର କ୍ଷୀଣନ 290

ଚିତ୍ର . 7.3: ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତାର ଧାରଣା 290

ଚିତ୍ର . 7.4: D ଏବଂ Bପାଇଁ ସୀମା ସ୍ଥିତି 292

ଚିତ୍ର . 7.5: E ଏବଂ Hପାଇଁ ସୀମା ସ୍ଥିତି 293

ଶିକ୍ଷକମାନଙ୍କପାଇଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ

ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା(Outcome Based Education - OBE)ର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ପାଇଁ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଦକ୍ଷତାର ସ୍ତରକୁ ବୃଦ୍ଧି କରାଯିବା ଉଚିତ୍। ଏହାର ଉପଯୁକ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତାପାଇଁ ଶିକ୍ଷକବୃନ୍ଦ ପ୍ରମୁଖ ଦାୟିତ୍ୱ ବହନ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ। ଏହି OBE ପ୍ରଣାଳୀରେ ଶିକ୍ଷକମାନଙ୍କର ଦାୟିତ୍ୱ ମଧ୍ୟରୁ ନିମ୍ନରେ କିଛି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଅଛି:

- ସମସ୍ତ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀଙ୍କ ସର୍ବୋତ୍ତମ ସୁବିଧାପାଇଁ ସୀମିତ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନେ ସମୟର ଉପଯୋଗ କରିବା ଉଚିତ୍।
- ସେମାନେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଅନ୍ୟ କୌଣସି ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଅଯୋଗ୍ୟତାକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ ଭେଦଭାବ ନ କରି କେବଳ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନଦଣ୍ଡ ଉପରେ ଆକଳନ କରିବା ଉଚିତ୍।
- ସେମାନେ ଅନୁଷ୍ଠାନ ଛାଡିବା ପୂର୍ବରୁ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ଶିକ୍ଷଣ ଦକ୍ଷତାକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ତରକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବା ଉଚିତ୍।
- ସମସ୍ତ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ସେମାନଙ୍କର ଶିକ୍ଷା ସମାପ୍ତ କରିବା ପରେ ଗୁଣାତ୍ମକ ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରିପାରୁଥିବାର ସେମାନେ ନିଶ୍ଚିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ।
- ସେମାନେ ସର୍ବଦା ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ଚରମ କାର୍ଯ୍ୟଦକ୍ଷତା କ୍ଷମତାକୁ ବିକଶିତ କରିବାରେ ଉତ୍ସାହିତ କରିବା ଉଚିତ୍।
- ନୂତନ ଆଭିମୁଖ୍ୟକୁ ଏକତ୍ର କରିବାପାଇଁ ସେମାନେ ଗୋଷ୍ଠୀ କାର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ଦଳ କାର୍ଯ୍ୟକୁ ସୁଗମ ଏବଂ ଉତ୍ସାହିତ କରିବା ଉଚିତ୍।
- ସେମାନେ ବ୍ଲୁମଙ୍କ ଟ୍ୟାକ୍ସୋନୋମିକୁ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନର ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅନୁସରଣ କରିବା ଉଚିତ୍।

ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ:

ବ୍ଲୁମଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣ(Bloom's Taxonomy)

ସ୍ତର	ଶିକ୍ଷକ ଯାଞ୍ଚ କରିବା ଉଚିତ	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ସକ୍ଷମ ହେବା ଉଚିତ	ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନର ସମ୍ଭାବ୍ୟ ମୋଡ୍
ସୃଷ୍ଟି କରିବା Creating	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ସୃଷ୍ଟି କରିବାର ଦକ୍ଷତା	ଡିଜାଇନ୍ କିମ୍ବା ସୃଷ୍ଟି କରିବା	କ୍ଷୁଦ୍ର ପ୍ରକଳ୍ପ
ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କରିବା Evaluating	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଯଥାର୍ଥତା ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କରିବାର ଦକ୍ଷତା	ଯୁକ୍ତି କିମ୍ବା ରକ୍ଷା କରିବା	ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାର୍ଯ୍ୟ
ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା Analyzing	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଭିନ୍ନ କରିବାର ଦକ୍ଷତା	ଭିନ୍ନ କିମ୍ବା ଅଲଗା କରିବା	ପ୍ରକଳ୍ପ / ଲ୍ୟାବ୍ ପଦ୍ଧତି
ଆବେଦନ କରିବା Applying	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ସୂଚନା ବ୍ୟବହାର କରିବାର ଦକ୍ଷତା	ସଞ୍ଚାଳନ କିମ୍ବା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବା	ବୈଷୟିକ ଉପସ୍ଥାପନା / ପ୍ରଦର୍ଶନ
ବୁଝାମଣା Understanding	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଧାରଣାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାର ଦକ୍ଷତା	ବ୍ୟାଖ୍ୟା କିମ୍ବା ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିବା	ଉପସ୍ଥାପନା / ସେମିନାର
ସ୍ମରଣ କରିବା Remembering	ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ମନେ ପକାଇବାର ଦକ୍ଷତା	ବ୍ୟାଖ୍ୟା କିମ୍ବା ମନେ ରଖିବା	ପ୍ରଶ୍ନୋତ୍ତରୀ

ଛାତ୍ରମାନଙ୍କପାଇଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ

ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ମଧ୍ଧ OBE କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କରିବାପାଇଁ ସମାନ ଭାବେ ଦାୟିତ୍ୱ ନେବା ଉଚିତ। ସେମାନଙ୍କ ଦାୟିତ୍ୱଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରୁ ନିମ୍ନରେ କିଛି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଅଛି:

- ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାଠ୍ୟକ୍ରମରେ ଏକ ଅଧ୍ୟାୟ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଧ୍ୟାୟ ଫଳାଫଳ (Unit Outcome - UO) ବିଷୟରେ ଭଲ ଭାବରେ ଅବଗତ ହେବା ଉଚିତ୍।
- ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (Course Outcome - CO) ବିଷୟରେ ଭଲ ଭାବରେ ଅବଗତ ହେବା ଉଚିତ୍।
- କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (Programme Outcome - PO) ବିଷୟରେ ଭଲ ଭାବରେ ଅବଗତ ହେବା ଉଚିତ୍।
- ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ଉପଯୁକ୍ତ ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାଲୋଚନା ଏବଂ ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତ ଭାବରେ ଚିନ୍ତା କରିବା ଉଚିତ୍।
- ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ଶିକ୍ଷାଗ୍ରହଣ ଦୈନନ୍ଦିନ ଏବଂ ବାସ୍ତବିକ ଜୀବନର ପରିଣାମସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏକୀକୃତ ହେବା ଉଚିତ୍।
- ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ OBEର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ତରରେ ସେମାନଙ୍କର ଦକ୍ଷତା ବିଷୟରେ ଭଲ ଭାବରେ ଅବଗତ ହେବା ଉଚିତ୍।

ବିଷୟ ସୂଚୀ

ପ୍ରାକ୍‌କଥନ	iii
ଅନୁବାଦକଙ୍କ କଲମରୁ	v
ସ୍ୱୀକୃତି	vii
ମୁଖବନ୍ଧ	ix
ଫଳାଫଳ ଆଧାରିତ ଶିକ୍ଷା	xi
ପାଠ୍ୟକ୍ରମ	xiii
ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ	xv
ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ନାମ ଏବଂ ପ୍ରତୀକଗୁଡ଼ିକ	xvii
ଚିତ୍ର ସୂଚୀ	xix
ଶିକ୍ଷକଙ୍କପାଇଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ	xxiii
ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କପାଇଁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ	xxv
ୟୁନିଟ୍ 1: ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ	**1-58**
ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ	1
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା	2
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା	2
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡ଼ିକ	2
1.1 ଉପକ୍ରମ	3
1.2 ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକର କ୍ୱାଣ୍ଟିଜେସନ	3
1.3 ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ	4
1.4 କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ	4
1.4.1 କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ସଦିଶ ପ୍ରକାର	6
1.5 ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ନୀତି	7
1.6 ଚାର୍ଜର ଘନତ୍ୱ	8
1.7 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଏହାର ତୀବ୍ରତା	9
1.8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସଂରକ୍ଷଣ	13
1.9 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ	14
1.10 ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ	14
1.10.1 ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ	15

1.10.2	ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ	15
1.10.3	ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ	16
1.11	ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ବ୍ୟବହାର	17
1.11.1	ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡରପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର	17
1.11.2	ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର	18
1.11.3	ଏକ ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ସିଟ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର	21
1.12	ଗାଉସ୍ ନିୟମରୁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରାପ୍ତ	22
1.13	ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ	22
1.14	ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ	23
1.15	ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବର ହିସାବ	25
1.15.1	ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜପାଇଁ	25
1.15.2	ଚାର୍ଜ ବିତରଣପାଇଁ	25
1.16	ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ	26
1.17	ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି	28
1.18	ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ	29
1.19	ପୋଇସନ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ	31
1.19.1	ଲାପ୍ଲାସିଆନ୍ ଅପରେଟର	32
1.20	ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟ	33
1.21	କାର୍ଟେସିଆନ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ରେ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ	34
1.22	ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣର ବ୍ୟବହାର	35
1.22.1	ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରକ	35
1.22.2	ଗୋଲାକାର ଚାର୍ଜ ଧାରକ	37
1.22.3	ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ ଚାର୍ଜ ଧାରକ	38
1.23	ଫାରାଡେ କେଜ୍	39
1.24	କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ	40
1.25	ପ୍ରତିବିମ୍ବ ପଦ୍ଧତି	41
1.25.1	ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଏକ ପରିବାହୀ ସମତଳ ସମ୍ମୁଖରେ	41
1.25.2	ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଏକ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହ ଯୋଡି ହୋଇଥିବା ଗୋଲକ ସମ୍ମୁଖରେ	42
ଏକକ ସାରାଂଶ		44
ଅନୁଶୀଳନୀ		46
ବ୍ୟବହାରିକ		53

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 55
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 58

ୟୁନିଟ୍ 2: ଏକ ରୈଖିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ 59-101

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 59
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 59
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 60
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡ଼ିକ 60
2.1 ଉପକ୍ରମ 61
2.2 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ 61
2.2.1 ପ୍ରକାରଭେଦ 63
2.3 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 64
2.4 ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 65
2.5 ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ 65
2.6 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା 66
2.7 ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 66
2.8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ 67
2.9 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ର ଅଧୀନରେ 68
2.10 ସମାନତା, ରୈଖିକତା ଏବଂ ସମଦିଶୀୟତା 69
2.11 ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା, ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ସମ୍ପର୍କ 70
2.12 ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତାଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ 71
2.13 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକତାରେ ଗାଉସ୍ ନିୟମ 71
2.14 ଗାଠନିକ ସମ୍ପର୍କ 71
2.14.1 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ 72
2.14.2 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଏବଂ ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ 72
2.14.3 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ 73
2.15 ଧ୍ରୁବୀକରଣର ପ୍ରକାରଭେଦ 74
2.15.1 ପ୍ରେରିତ (ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍) ଧ୍ରୁବୀକରଣ 74
2.15.2 ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 76
2.15.3 ଦ୍ୱିମେରୁ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 77
2.15.4 ଇଣ୍ଟରଫେସିଆଲ୍ (ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ) ଧ୍ରୁବୀକରଣ 78
2.16 ଏକ ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ 79

2.17 ବହୁପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ 79
2.18 କ୍ଲୋସିୟସ୍ ମୋସୋଟି ସମ୍ପର୍କ 80
2.19 ଏକ ସମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗୋଲକ 83
2.20 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ ଏବଂ ବିଭଙ୍ଗ 86
2.21 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରୟୋଗ 86
ଏକକ ସାରାଂଶ 86
ଅନୁଶୀଳନୀ 89
ବ୍ୟବହାରିକ 94
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 97
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 101

ୟୁନିଟ୍ 3 : ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ 103-152

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 103
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 104
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 104
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ 104
3.1 ଉପକ୍ରମ 105
3.2 ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଘନତା 105
3.3 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା 106
3.4 ନିରନ୍ତର ସମୀକରଣ 107
3.5 ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ 108
3.6 ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ 108
3.7 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମ 109
3.7.1 ବ୍ୟବହାର 110
3.8 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ (ସୁପରିବାହୀ) 119
3.9 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ 120
3.10 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ 120
3.10.1 ଅବକଳ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ 121
3.10.2 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମର ବ୍ୟବହାର 122
3.11 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ 127
3.12 ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍ ଙ୍କ ନିୟମ 128
3.13 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ 130

3.14 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ 131
3.15 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୁଳନା 133
ଏକକ ସାରାଂଶ 134
ଅନୁଶୀଳନୀ 135
ବ୍ୟବହାରିକ 142
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 149
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 152

ୟୁନିଟ୍ 4 : ଏକ ରୈଖିକ ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ 153-204

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 153
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 154
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 154
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ 154
4.1 ଉପକ୍ରମ 155
4.2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଏବଂ ତୀବ୍ରତା 155
4.3 ଚୁମ୍ବକୀୟତା 156
4.4 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା 156
4.5 B, H ଏବଂ M ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ 159
4.6 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀର ବର୍ଗୀକରଣ 160
4.6.1 ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ 160
4.6.2 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ 161
4.6.3 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ 162
4.6.4 ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ 162
4.6.5 ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ 163
4.7 ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ 164
4.8 ହୁଣ୍ଡଙ୍କ ନିୟମ 165
4.9 ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 166
4.10 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମପାଇଁ ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 169
4.11 କ୍ୟୁରି-ୱିସ୍ ନିୟମ 174
4.12 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ 174
4.12.1 ପରିସର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 175
4.13 ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 176

4.14 ତିନୋଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ପାର୍ଥକ୍ୟ 180
4.15 ବି-ଏଚ୍ କର୍ଭ୍ 180
4.15.1 ବି-ଏଚ୍ କର୍ଭରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗଣନା 181
4.16 ଚୁମ୍ବକୀୟ ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍ 181
4.16.1 ହାଇଷ୍ଟେରେସିସ୍ ପାଶ 181
4.16.2 ହାଇଷ୍ଟେରେସିସ୍ କ୍ଷତି 182
4.17 ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ 185
4.18 ନୀଲଙ୍କ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 185
4.19 ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ 188
4.20 ଫେରାଇଟ 188
4.20.1 ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ 189
4.20.2 କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ 190
ଏକକ ସାରାଂଶ 190
ଅନୁଶୀଳନୀ 193
ବ୍ୟବହାରିକ 199
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 201
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 204

ୟୁନିଟ୍ 5: ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ 205-248

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 205
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 206
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 206
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ 206
5.1 ଉପକ୍ରମ 207
5.2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିପ୍ରବାହ 207
5.3 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିପ୍ରବାହ ଘନତା 208
5.3.1 ଏକକ ଏବଂ ପରିସର 208
5.4 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ 208
5.4.1 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ 210
5.4.2 ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 211
5.5 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ 212
5.5.1 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ 212

5.6 ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ 212
5.7 ପ୍ରେରିତ e.m.f. 213
5.8 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 219
5.8.1 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରଣର ସହଗ 220
5.9 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 224
5.9.1 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣର ସହଗ 225
5.10 କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ 229
5.11 ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି 230
5.12 ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 232
5.13 ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ 233
ଏକକ ସାରାଂଶ 234
ଅନୁଶୀଳନୀ 235
ବ୍ୟବହାରିକ 240
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 246
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 248

ୟୁନିଟ୍ 6: ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ 249-278

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 249
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 250
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 250
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ 250
6.1 ଉପକ୍ରମ 251
6.2 ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 251
6.2.1 ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବନାମ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 255
6.3 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ 255
6.3.1 ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ପରାବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ 255
6.3.2 ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ 256
6.3.3 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ 257
6.3.4 ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ 257
6.4 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ 259
6.4.1 ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣ 259
6.4.2 ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣ 260

6.4.3 ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ 260
6.4.4 ଚତୁର୍ଥ ସମୀକରଣ 260
6.5 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ (EM) ଶକ୍ତି ଘନତା 261
6.6 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର 261
6.7 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମ୍ 263
6.8 ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ 264
6.9 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସଂବେଗ ଏବଂ ଚାପ 266
ଏକକ ସାରାଂଶ 267
ଅନୁଶୀଳନୀ 269
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 274
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 278

ୟୁନିଟ୍ 7: ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ 279-306

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ 279
ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା 280
ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକତା 280
ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ 280
7.1 ଉପକ୍ରମ 281
7.2 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ 281
7.3 EM ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତି 283
7.4 EM ତରଙ୍ଗ କୁପରିବାହୀ (ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ) ମାଧ୍ୟମରେ 286
7.5 ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ 287
7.6 ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର କ୍ଷୀଣନ 288
7.6.1 ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା 290
7.7 EM ତରଙ୍ଗପାଇଁ ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ 291
7.8 EM ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ 294
ଏକକ ସାରାଂଶ 297
ଅନୁଶୀଳନୀ 299
ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ 303
ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶମୂଳକ ପଠନ 306

ଭୌତିକ ସ୍ଥିରତାର ଟେବୁଲ୍

ଟେବୁଲ୍ I : 20 ବର୍ଷବୟସରେ ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ମୋଲାର ସମ୍ବେଦନଶୀଳତାoC 307

ଟେବୁଲ୍ II : ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ପର୍ମେବିଲିଟି ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପର୍ମେବିଲିଟି 308

ଟେବୁଲ୍ II : ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଥିରତା 308

ପରିଶିଷ୍ଟ

ପରିଶିଷ୍ଟ - A : ପ୍ରାକ୍ଟିକାଲପାଇଁ ସୂଚକ ଟେମ୍ପଲେଟ୍ 310

ପରିଶିଷ୍ଟ-B: ଗୋଷ୍ଠୀରେ ପ୍ରାକ୍ଟିକାଲ/ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ/କାର୍ଯ୍ୟକଳାପପାଇଁ ସୂଚକ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ 311

ପରିଶିଷ୍ଟ - C : ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ବ୍ଲୁମର ସ୍ତର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ 312

ପରିଶିଷ୍ଟ - D : ପ୍ରାକ୍ଟିକାଲ୍ପାଇଁ ରେକର୍ଡ 312

ଆନେକ୍ସଚର୍

ଆନେକ୍ସଚର୍ -I : କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅର୍ଡର ଆଂଶିକ ଭିନ୍ନସମୀକରଣ 313

ଆନେକ୍ସୟୁର-II : ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣର ସମାଧାନ 314

ଆନେକ୍ସୟୁର-III: ସିରିଜ୍ ଆରଏଲସି ସର୍କଟ୍ ପର୍ଯ୍ୟାୟ କୋଣ 315

ଆନେକ୍ସଚର୍-IV: କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ପଲିନୋମିଆଲ୍ 316

ଆନେକ୍ସଚର୍-V : ପରିମାପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ତ୍ରୁଟି 318

ଆନେକ୍ସଚର୍-VI: ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ କାମ କରିବା ସମୟରେ କିଛି ସାଧାରଣ ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ 325

ଅଧିକ ଶିକ୍ଷାପାଇଁ ସନ୍ଦର୍ଭ 326

CO ଏବଂ PO ପ୍ରାପ୍ତି ଟେବୁଲ୍ 328

1 ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଏହି ୟୁନିଟ୍‌ରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟଗୁଡିକ ବିଷୟରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି:

- କ୍ୱାଣ୍ଟିଟାଇଜେସନ୍ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ;
- କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଏହାର ଭେକ୍ଟର ଫର୍ମ;
- ସୁପରପୋଜିସନ୍ ନୀତି;
- ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ଗାଉସ୍ ନିୟମ, ଏହାର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ;
- ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଏହାର କର୍ଲ୍;
- ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ;
- ପୋଇସନ୍ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣ;
- ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ପାଇଁ କାର୍ଟେସିଆନ୍, ସ୍ଫେରିକାଲ୍ ଏବଂ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ ସିଷ୍ଟମକୁ ପୋଇସନ୍ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣର ପ୍ରୟୋଗ

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକରେ ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳ ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବା ପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ବ୍ଲୁମର ବର୍ଗୀକରଣର ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ କ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନ ଦେବା ବ୍ୟତୀତ । 'ଟ୍ୟାକ୍ସୋନୋମି, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସ ର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଠନ, ଏହି ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସ ପାଇଁ ସୁଯୋଗ ପାଇ ପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ଆଗ୍ରହର ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି, ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ବ୍ୟବହାରିକ (Practical) ପ୍ରାକ୍ଟିକାଲ ପରେ, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି । ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା

ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା ପୁସ୍ତକର ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ । ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ, ବିଷୟର ବିକାଶର ଇତିହାସ, ମୁଖ୍ୟତଃ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସମୟସୀମା, ଆମର ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ କିମ୍ବା ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଯାହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ, ଏବଂ ଶେଷରେ ୟୁନିଟର ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ ରଖାଯାଇଛି ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଉପରେ ଏହି ମୌଳିକ ୟୁନିଟ୍ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କୁ କ୍ୱାଣ୍ଟିଟାଇଜେସନ୍ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ ବିଷୟରେ ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକକ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ସମ୍ଭାବନାର ଧାରଣାକୁ ପରିଚିତ କରାଏ ଏବଂ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସର ମୌଳିକ ସମୀକରଣ ପାଇବାକୁ ପ୍ରାଥମିକତା ଦେଇଛି । ଏହା ବ୍ୟତୀତ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟକ, ଗାଉସ୍ ନିୟମ ସହିତ ପୋଇସନ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରୟୋଗ ପରି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସର କିଛି ମୌଳିକ ନିୟମ, ବିଶେଷ କରି କାର୍ଟେସିଆନ୍, ସ୍ଫେରିକାଲ୍ ଏବଂ ସାଇଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ସିମେଟ୍ରିକ୍ ତନ୍ତ୍ରରେ, ବ୍ୟବହାରିକ ଅଂଶ ଭୌତିକ ଧାରଣା ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଦର୍ଶାଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ଘଟଣାର ଏକ ଭଲ ସଂଖ୍ୟକ ଉଦାହରଣ ଅଛି । ଭୌତିକ ନୀତିର ଏକ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣ ସେଟ୍ ଠାରୁ ଅଧିକ ଆଲେଶଚନା ସାଧାରଣ ପରିସ୍ଥିତିରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲେ ଏହି ୟୁନିଟ୍‌ପାଇଁ ସମନ୍ୱିତ ଧାରଣାର ଅଭ୍ୟାସଠାରୁ ଆକର୍ଷଣୀୟ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ତେଣୁ ଗତିଶୀଳତାର ପ୍ରାସଙ୍ଗିକତା ଆସେ ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ସମନ୍ୱୟ ପ୍ରଣାଳୀ, ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳ

ଏହି ୟୁନିଟ୍ ର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U1-O1: ପରିମାପ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ ବିଷୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର

U1-O2: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ, ଏହାର ଭେକ୍ଟର ଫର୍ମ ଏବଂ ସୁପରପୋଜିସନ୍ ନୀତି ବିଷୟରେ ବାଖ୍ୟା କର

U1-O3: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ଗାଉସ୍ ଆଇନ, ଏହାର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଭିନ୍ନ ରୂପ ବିଷୟରେ ବାଖ୍ୟା କର

U1-O4: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ଫିଲ୍ଡ ଏବଂ ଏହାର କର୍ଲ୍, ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଫିଲ୍ଡ ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ବିଭବ ବିଷୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର

U1-O5: ପୋଇସନ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣ ବିଷୟରେ ବାଖ୍ୟା କର

U1-O6: ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ପାଇଁ କାର୍ଟେସିଆନ୍, ସ୍ଫେରିକାଲି ଏବଂ ସାଇଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲି ସିମେଟ୍ରିକ୍ ସିଷ୍ଟମକୁ ବିଷୟରେ ବାଖ୍ୟା କର

ୟୁନିଟ -1 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U1-O1	3	–	1	–	–	–
U1-O2	3	1	–	–	–	–
U1-O3	3	2	–	2	–	–
U1-O4	3	2	1	–	–	1
U1-O5	2	2	–	1	–	1
U1-O6	1	1	–	–	–	–

1.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତବଳ ପାଇଁ ଦାୟୀ ଯାହା, ପରମାଣୁ ସଂରଚନାର ମୂଳ କାରଣ । ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ ଅଛି ଯଥା- ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ(negative charge)ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ(positivecharge) । ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ (negative charge)ଏବଂ ସକରାତ୍ମକଚାର୍ଜ(positivecharge)ଥିବା ମୌଳିକ କଣିକାଗୁଡିକ ଯଥାକ୍ରମେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ସମାନ ପୋଲାରିଟିର ଏହି ଚାର୍ଜଗୁଡିକ ସମାନ ଦୂରତାଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ରଖାଯାଇଥିବାବେଳେ, ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ୍‌ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଉଥିବା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ସମାନ ଏବଂ ପ୍ରକୃତିରେ ଅଲଗା । ଅପରପକ୍ଷରେ, ସମାନ ଦୂରତାରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ ପରି ଦୁଇଟି ଅସମାନ ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ପ୍ରକୃତିରେ ଅଲଗା ।ଏକ ବସ୍ତୁରେ ଉପସ୍ଥିତ ଚାର୍ଜକୁ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ର ଚାର୍ଜ ସହିତ ତୁଳନା କରି ମାପ କରାଯାଇପାରିବ । ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସମାନ, ଯାହାର ମୂଲ୍ୟ 1.602×10^{-19} C । ଏକମାତ୍ର ପାର୍ଥକ୍ୟ ହେଉଛି ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ପାଇଁ ଏହା ନକାରାତ୍ମକ (negative) ହୋଇଥିବାବେଳେ ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ ପାଇଁ ଏହା ପ୍ରକୃତିରେ ସକରାତ୍ମକ(positive) ।

1.2 ଚାର୍ଜ ଗୁଡିକର କ୍ୱାଣ୍ଟିଜେସନ୍ (Quantization of Charges)

ଯଦି ଆମେ ପ୍ରାଥମିକ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟାବୁଝିବାକୁ ଚାହୁଁ, ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ କ୍ୱାଣ୍ଟିଟାଇଜେସନ୍ ର ଏକ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ବୁଝାମଣା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ଅବଶ୍ୟ ପ୍ରାଥମିକ କଣିକାଗୁଡିକର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟାକୁ ବୁଝିବା ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଏକ ପ୍ରମୁଖ ଲକ୍ଷ୍ୟ ।ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜକୁ କାହିଁକି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଏ ତାହା ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ଜଣାପଡିନାହିଁ ।କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତିରେ ଉପଲବ୍ଧ ସମସ୍ତ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଚାର୍ଜ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ କିମ୍ବା ପ୍ରୋଟନ୍ ଚାର୍ଜର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଗୁଣଦ୍ୱାରା ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରିବ । ଯେପରିକି ଏକ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜ q ସର୍ବଦା

$$q=ne \tag{1.1}$$

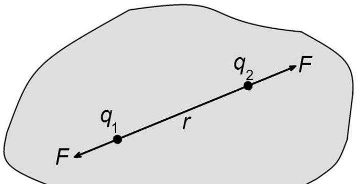
ଯେଉଁଠାରେ $e = 1.602 \times 10^{-19}$C ଏବଂ n = କୌଣସି ସକରାତ୍ମକ (positive) କିମ୍ବା ନକାରାତ୍ମକ (negative) ଚାର୍ଜର ଗୁଣିତକ । ସମୀକରଣ (1.1) ଚାର୍ଜଗୁଡିକର ପରିମାଣୀକରଣର ମୌଳିକ ଧାରଣାକୁ ଦର୍ଶାଏ । ଯାହା ଫଳରେ କୁହାଯାଇପାରେ 'ଏକ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜ ସର୍ବଦା ପ୍ରକାଶ କରିବାକୁ e ର ଆବଶ୍ୟକ ଗୁଣିତକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟାରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

1.3 ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of Charge)

ସମସ୍ତ ପରମାଣୁ ସର୍ବଦା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଭାବରେ ନିରପେକ୍ଷ, ଯାହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି, ସେମାନେ ସମାନ ପରିମାଣର ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବହନ କରନ୍ତି । ତେଣୁ ସେଗୁଡିକର ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ ଶୂନ । ଯେହେତୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ନକାରାତ୍ମକ(negative),ପରମାଣୁର ଅନ୍ୟ କିଛି ଅଂଶରେ ସକରାତ୍ମକ (positive) ଚାର୍ଜ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯେହେତୁ ମୌଳିକ ସକରାତ୍ମକ (positive) ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ(negative) ଏକକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରୋଟନ୍ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବହନ କରିଥାଏ । ଆମେ ଆଶା କରିବୁ ଯେ ଆମେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରୁଥିବା କୌଣସି ତନ୍ତ୍ରରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ।ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ସମୟରେ ଯଦି କୌଣସି ବସ୍ତୁ (କିମ୍ବା ଏକ ବସ୍ତୁର ଅଂଶ) ଚାର୍ଜ ଲାଭ କରେ, ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁ (କିମ୍ବା ଏହାର କିଛି ଅଂଶ) ଚାର୍ଜ ହରାଇବା ଆବଶ୍ୟକ । ଅନ୍ୟ ଶବ୍ଦରେ, ଚାର୍ଜ ସୃଷ୍ଟି କିମ୍ବା ନଷ୍ଟ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ, ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ପୃଥକ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ମୋଟ ଚାର୍ଜ ସର୍ବଦା ସଂରକ୍ଷିତ । ଯଦି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ଘଷି ହୁଏ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ହାସଲ କରି ନକାରାତ୍ମକ(negative) ଭାବରେ ଚାର୍ଜ ହେବ ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି ସେହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ହରାଇ ସକରାତ୍ମକ(positive) ଭାବରେ ଚାର୍ଜ ହୋଇଯାଏ ।

1.4 କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

କୁଲୋମ୍ବ (1736-1806) ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବା କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ଉପରେ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ବଳର ନିର୍ଭରଶୀଳତାର ପ୍ରକୃତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସହିତ ସେଗୁଡିକ ଦ୍ୱାରା ଧାରଣ କରାଯାଇଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳତାର ପରୀକ୍ଷଣ କରିଥିଲେ । ସେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ ଯେ ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରନ୍ତି ଏବଂ ସେଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା କମ୍ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳର ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଏକ ନିୟମର ପ୍ରସ୍ତାବ ଦିଅନ୍ତି । ଯାହା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ସର୍ବଦା ପରସ୍ପର ଉପରେ ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।ଏହି ବଳ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସହିତ ସମାନୁପାତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ବିଲୋମପାତି ।



ଚିତ୍ର.1.1: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

ଏହି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ, ଚାର୍ଜ କୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ଦିଗରେ ରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ, ଯଦି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହୁଏ q_1 ଏବଂ q_2 ଏବଂ r ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ରୁହନ୍ତି (ଚିତ୍ର1.1), କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ q_1 ଚାର୍ଜ କାରଣରୁ q_2 ଉପରେ

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \tag{1.2}$$

ε_0କୁ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏସଆଇ ପଦ୍ଧତିରେ ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ହେବ $8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}\ m^{-2}$ ଏବଂ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\ \ Nm^2C^{-2}$

ଏସଆଇ ଏକକରେ ଓ ସିଜିଏସ୍ ପଦ୍ଧତିରେ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 1$

ଉଦାହରଣ 1-1

ଉଦାହରଣ 1-1 ଯଦି ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ କୁ d ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ରଖାଯାଏ ଓ ସେଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ହେଉଛି F । ଯଦି ସେଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବଳ ହ୍ରାସ ହୋଇ F/3 ହୁଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଯଦି ଚାର୍ଜ ଗୁଡିକ ଅଛି q_1 ଏବଂ q_2 ପ୍ରାରମ୍ଭରେ, $F = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$

\ $$\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0} = Fd^2$$

ଶେଷରେ, ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ଦୂରତା ହେଉ x, ଯେତେବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବଳ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ $F/3$. ଏହିପରି,

$$\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{F}{3} \Rightarrow 3Fd^2 = Fx^2 \Rightarrow x = \sqrt{3}d.$$

ଉଦାହରଣ 1-2

ଉଦାହରଣ 1-2 ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପରମାଣୁରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ତୁଳନା କରନ୍ତୁ । (ଦିଆଯାଇଛି, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $m_p = 1.7 \times 10^{-27}$ kg ଏବଂ $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2 kg^2)

ସମାଧାନ:

ଯଦି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ଅଛି r, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ହେବ, $F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = 9\times10^9 \cdot \frac{e^2}{r^2}$

ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ହେବ, $F_g = G\frac{m_e m_p}{r^2}$

\ $$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9\times10^9}{G}\cdot\frac{e^2}{m_e m_p} = 2.26\times10^{39}$$

ଯାହା ମଧ୍ୟରେ ଅନୁପାତ ଅଟେ F_e ଏବଂ F_g

ଉଦାହରଣ 1-3

ଉଦାହରଣ 1-3 ଏକ ଥର୍ମୋକୋଲ୍ ବଲ୍ ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 9×10^{-5} କିଲୋଗ୍ରାମ ଏବଂ ଏହା 5 μC ଚାର୍ଜ ବହନ କରେ । ଅନ୍ୟ ଏକ ସମାନ ପ୍ରକାରର ବଲ୍ କେବଳ ଏହାର ଶୀର୍ଷରେ 2 cm ଦୂରତାରେ ରଖାଯାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ବଲ୍‌ର ଚାର୍ଜ ଗଣନା କରନ୍ତୁ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ସିଷ୍ଟମ୍ ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିବ ।

ସମାଧାନ:

ଦୁଇଟି ବଲ୍ ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିବ, ଯେତେବେଳେ ବଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ଓ ଓଜନ ସନ୍ତୁଳିତ ହେବ ।

\ ସନ୍ତୁଳନରେ $\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = mg$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $mg = 9 \times 10^{-5} \times 9.8$ N; $r = 2 \times 10^{-2} m$; $q_1 = 5 \times 10^{-6}$ C

ଉଦାହରଣ 1-3

ଏବଂ $4\pi\varepsilon_0 = \frac{1}{9}\times 10^9.$

\ $q_2 = \frac{9\times10^{-5}\times 9.8\times(2\times10^{-2})^2}{5\times10^{-6}\times 9}\times10^{-9} = \frac{9.8\times4}{5}\times10^{-12} = 7.84\times12^{-12}\,\text{C}$

ଯାହା ଦ୍ୱିତୀୟ ବଲ୍ ର ଚାର୍ଜ ଦେଇଥାଏ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତ ପଦ୍ଧତିରେ ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିବ ।

ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ (Dielectric constant): ଆପେକ୍ଷିକ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକତା (e_r) କୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଓ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାଧ୍ୟମରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳର ଅନୁପାତ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ ।

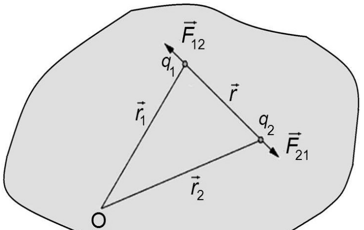
ଅର୍ଥାତ୍ $$e_r = \frac{F_{vac}}{F_{med}} = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} / \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon r^2} \qquad (1.3)$$

କିମ୍ବା, $$e_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \qquad (1.4)$$

ଏଠାରେ e_0= ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ, e= ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାଧ୍ୟମର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଏବଂ e_r ଆପେକ୍ଷିତ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକାଙ୍କ

1.4.1 କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ସଦିଶ ପ୍ରକାର (Vector form of Coulomb's Law)

ଚାର୍ଜ କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳର ଦିଗକୁ ବିଚାର କରି କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମକୁ ତର୍ଜମା କରିବା ସମୟରେ ସଦିଶ ସଂକେତ ବ୍ୟବହାର କରିବା । ଦୁଇଟି ସମାନ ଚାର୍ଜ q_1 ଏବଂ q_2 ଯାହାକି r ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ଅଛି (ଚିତ୍ର1.2) । q_1 ଚାର୍ଜ କାରଣରୁ q_2 ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବଳର ପରିମାଣ,



ଚିତ୍ର.1.2: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ସଦିଶ ଚିତ୍ର

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}_{21} \qquad (1.5)$$

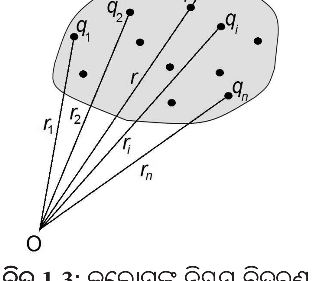
ଯେଉଁଠାରେ $\hat{r}_{21}$ ଏକକ ସଦିଶ q_1 ଠାରୁ q_2 ଦିଗରେ ।

ଯେପରି, $$\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$$

$$= -\frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} = -\hat{r}_{21}$$

$$r = |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|$$

\ $$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \qquad (1.7)$$



ଚିତ୍ର.1.3: କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ବିତରଣ ହୋଇଥିବା ଚାର୍ଜ ପାଇଁ

ସମୀକରଣ(1.7)ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଚାର୍ଜ 2 କାରଣରୁ ଚାର୍ଜ 1 ରେ ଥିବା ବଳ ସର୍ବଦା ଚାର୍ଜ 1 କାରଣରୁ ଚାର୍ଜ 2 ରେ ଥିବା ବଳ ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ । ସେହିଭଳି,

$$\vec{F}_{ij} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_i q_j}{r^2}\hat{r}_{ji} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_i q_j\left(\vec{r}_j - \vec{r}_i\right)}{\left|\vec{r}_j - \vec{r}_i\right|^3} \qquad (1.8)$$

ସିଜିଏସ୍ ପଦ୍ଧତିରେ,

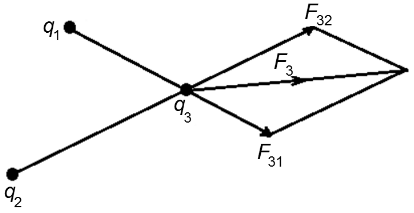
$$\vec{F}_{ij} = \frac{q_i q_j}{r^2}\hat{r}_{ji} = \frac{q_i q_j\left(\vec{r}_j - \vec{r}_i\right)}{\left|\vec{r}_j - \vec{r}_i\right|^3} \qquad (1.9)$$

ଯଦି n ସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ $q_1, q_2, q_3, \ldots\ldots, q_n$ ଚାର୍ଜ ନିଜ ନିଜ ସ୍ଥାନରେ $\vec{r_1}, \vec{r_2}, \vec{r_3}, \ldots\ldots, \vec{r_n}$ ରେ ଅବସ୍ଥିତ (ଫିଗ୍. 1.3), ତେବେ q($\vec{r}$)ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ ବାକି ଚାର୍ଜ କାରଣରୁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଭାବେ ପ୍ରକାଶ କରାଯିବ ।

$$\vec{F} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i\left(\vec{r} - \vec{r}_i\right)}{\left|\vec{r} - \vec{r}_i\right|^3} \qquad (1.10)$$

1.5 ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ନୀତି (Superposition Principle)

ଯଦି ଏକ ବଳ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅନେକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଥାଏ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବଳ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବାକୁ ଆମେ ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ନୀତି ପ୍ରୟୋଗ କରିପାରିବା ।ଏହି ନୀତି ଅନୁଯାୟୀ, ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_3 (ଚିତ୍ର1.4) ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବଳ $\vec{F}_3$ ଯାହାକି q_1 ଏବଂ q_2 ଦ୍ୱାରା ପଡୁଥିବା ବଳର ସଦିଶ ଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।



ଚିତ୍ର.1.4: ଅଧ୍ୟାରୋପଣ ନୀତି

ଅର୍ଥାତ୍,

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \frac{q_2 q_3}{r_{32}^2}\hat{r}_{32}\right]$$

ସାଧାରଣତଃ, n ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥାର j ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳ, ଅବଶିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ କାରଣରୁ ସେହି j ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବଳର ସମଷ୍ଟି ।

ଯଥା:

$$\vec{F}_{ij} = \frac{q_j}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{\substack{i=1\\ i\neq j}}^{n}\frac{q_i}{r_{ij}^2}\hat{r}_{ij} \qquad (1.11)$$

ଉଦାହରଣ 1-4 ଚାର୍ଜ Q, q, Q ଓ q $ABCD$ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବର୍ଗ କୋଣରେ ରଖାଯାଇଛି । ଯଦି C ରେ ସମୁଦାୟ ବଳ ଶୂନ, ତେବେ Q ଓ q ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ବାହାର କର ।

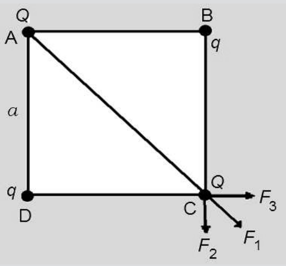
ସମାଧାନ

ଚିତ୍ରରେ, C ଠାରେ ଥିବା Q ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସମସ୍ତ ବଳ ଚିତ୍ରଣ କରାଯାଇଛି ।ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସମୁଦାୟ ବଳ ଶୂନ ହେବା ପାଇଁ ଆମର ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ,

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

କିମ୍ବା, $F_1 \cos 45° \hat{i} - F_1 \sin 45° \hat{j} - F_2 \hat{j} + F_3 \hat{i} = 0$

କିମ୍ବା, $(F_1 \cos 45° + F_3)\hat{i} + (-F_1 \sin 45° - F_2)\hat{j} = 0$



\ $F_1 \cos 45° + F_3 = 0 \Rightarrow F_1 \cos 45° = -F_3$

ଏବଂ $F_1 \sin 45° + F_2 = 0 \Rightarrow F_1 \sin 45° = -F_2$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $F_1 = k\dfrac{Q^2}{2a^2}$ and $F_3 = k\dfrac{Q_q}{a^2}$

ଏହିପରି, $k\dfrac{Q^2}{2a^2} \cdot \dfrac{1}{\sqrt{2}} = -k\dfrac{Qq}{a^2}$

କିମ୍ବା, $Q = -2\sqrt{2}q$

ଯାହା ହେଉଛି ଆବଶ୍ୟକ ସମ୍ପର୍କ ।

ଉଦାହରଣ 1-4

1.6 ଚାର୍ଜର ଘନତା (Charge Densities)

ଚାର୍ଜ କ୍ୱାଣ୍ଟାଇଜେସନ ଅନୁଯାୟୀ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଚାର୍ଜର (e) ଗୁଣିତକ ଭାବରେ ଏକ ବସ୍ତୁରେ ଚାର୍ଜ ବିଦ୍ୟମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ତଥାପି, ଯେହେତୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଚାର୍ଜ ବହୁତ କ୍ଷୁଦ୍ର, କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜ ବିତରଣରେ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଚାର୍ଜ ଥାଏ । ତେଣୁ, ଏକ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜକୁ ଚାର୍ଜ ଘନତର ଫଳନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ । ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଚାର୍ଜ କଣିକା (ଉଦାହରଣ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ସକରାତ୍ମକ ଆୟନ) ଯେକୌଣସି ଆୟତନରେ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେହି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଆମେ ଏହାକୁ ଆୟତନ ଚାର୍ଜର ଘନତା ରୂପେ ବିବେଚନା କରିପାରିବା । ଅନ୍ୟ ଏକ ସମ୍ଭାବନା ହେଉଛି ଯଦି ଚାର୍ଜ କିଛି ପୃଷ୍ଠରେ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାନ୍ତି ତେବେ ସେହି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଆମେ ଏହାକୁ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା ରୂପେ ବିବେଚନା କରିପାରିବା, ଆଉ ଏକ ମାମଲା ମଧ୍ୟ ହୋଇପାରେ ଯେଉଁଠାରେ ସୁପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଉପରେ ଚାର୍ଜ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାଏ ।ସେହି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଆମେ ଏହାକୁ ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ର ଘନତାକୁ ରୂପେ ବିବେଚନା କରିବା ।

ଯଦି Dq ଚାର୍ଜ ଏକ ସୁପରିବାହୀର DV ଅୟତନରେ ବଣ୍ଟନ କରାଯାଇଥାଏ ତେବେ ଅୟତନ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେବ,

$$r = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} \qquad (1.12)$$

ଅପରପକ୍ଷରେ, ଯଦି Dq ଚାର୍ଜ ଏକ ସୁପରିବାହୀର Ds ପୃଷ୍ଠରେ ବଣ୍ଟନ କରାଯାଇଥିଏ ତେବେ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେବ,

$$\sigma = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} \tag{1.13}$$

ପୁନର୍ବାର, ଯଦି Dq ସୁପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଭାଗରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାଏ,ତେବେ ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେବ,

$$\lambda = \lim_{\Delta l \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta l} \tag{1.14}$$

ସାଧାରଣତଃ $\vec{r}$ ଅବସ୍ଥିତିରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ଉପରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳର ପରିମାଣ, ଆୟତନ ଘନତ୍ୱ $\rho(\vec{r}_0)$, ପୃଷ୍ଠତଳ ଘନତ୍ୱ $\sigma(\vec{r}_0)$ ଏବଂ ରୈଖିକ ଘନତ୍ୱ $\lambda(\vec{r}_0)$ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ।

ଯଥା

$$\vec{F} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\int_V \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\rho dV_0 + \int_S \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\sigma dS_0 + \int_l \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\lambda dl_0\right] \tag{1.15}$$

$\vec{r}_0$ ଶୂନ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥିତି, ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ ଯେଉଁଠାରେ ଚାର୍ଜ ଗୁଡିକ ବିତରିତ ହୋଇଥିବା ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ଓ ସମୀକରଣ (1.15) ଦ୍ୱାରା ବଳର ହିସାବ କରାଯାଏ ।

1.7 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଏହାର ତୀବ୍ରତା (Electric Field and Field Intensity)

ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ଚାରିପାଖରେ ଥିବା ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଅନୁଭୂତ ହୋଇପାରିବ ଯେତେବେଳେ ଆଉ ଏକ ଚାର୍ଜକୁ ଏହାର ନିକଟତର କରାଯିବ,ସେହି ଅଞ୍ଚଳକୁ ଉକ୍ତ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯିବ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଥିବା ଭୌତିକ ମାଧ୍ୟମ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏସଆଇ ୟୁନିଟରେ (S.I) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ର ଏକକ N/C ଓ V/m ।

ଯେକୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସାମର୍ଥ୍ୟ । ଯେକୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା, ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜରେ ପଡୁଥିବା ବଳ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରିବ ।

ଯଦି $\vec{F}$ ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ q ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣ, ଯାହାକି $\vec{r}$ ବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଯାଇଛି ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେବ,

$$\vec{E}(r) = \lim_{q \to 0} \frac{\vec{F}}{q} \tag{1.16}$$

କିଛି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ଉତ୍ସ ବିନ୍ଦୁ $\vec{r}'$ ଦୂରତା ରେ ରହିଲେ (ଚିତ୍ର1.5) $\vec{r}$ ଦୂରତାରେ ସ୍ଥିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $\vec{E}$ (1.16) ସମୀକରଣକୁ ସାଧାରଣି କରଣ କରି ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{r}-\vec{r}'}{\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|^3} \tag{1.17}$$

ଯଦି n ସଂଖ୍ୟକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ $q_1, q_2, q_3, \ldots\ldots, q_n$ ଯଥାକ୍ରମେ $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \ldots\ldots, \vec{r}_n$ ଦୂରତାରେ ସ୍ଥାନିତ ହୁଅନ୍ତି, ଯାହାପାଇଁ ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ଘନତା $\rho(\vec{r}_0)$, ପୃଷ୍ଠତଳ ଚାର୍ଜ ଘନତା $\sigma(\vec{r}_0)$ ଏବଂ ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ଘନତା $\lambda(\vec{r}_0)$

ହୁଏ ତେବେ $\vec{r}$ ଦୂରତାରେ ସ୍ଥିତ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ q ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଏହି ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$\vec{F} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\sum_{i=1}^{n} q_i \frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{\left|\vec{r}-\vec{r}_i\right|^3} + \int_V \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\rho dV_0 + \int_S \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\sigma dS_0 + \int_l \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\lambda dl_0\right] \tag{1.18}$$

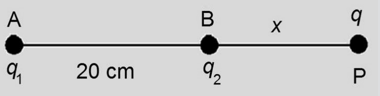
ଏବଂ $\vec{r}$ ଦୂରତାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (1.16) ସମୀକରଣରୁ ଏହିପରି ପ୍ରାପ୍ତ ହେବ

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\sum_{i=1}^{n} q_i \frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{\left|\vec{r}-\vec{r}_i\right|^3} + \int_V \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\rho dV_0 + \int_S \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\sigma dS_0 + \int_l \frac{\vec{r}-\vec{r}_0}{\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|^3}\lambda dl_0\right] \tag{1.19}$$

ଉଦାହରଣ 1-5 ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ +3 C ଏବଂ -5 C x-ଅକ୍ଷରେ ଯଥାକ୍ରମେ $x = 0$ ସେମି ଏବଂ $x = 40$ ସେମିରେ ରଖାଯାଇଛି । ବାହାର କରନ୍ତୁ, କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଶୂନ ହେବ?

ସମାଧାନ:

ଆସନ୍ତୁ, ଯଦି P ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଶୂନ ଅର୍ଥାତ୍, P ରେ ଥିବା ଏକକ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳର ପରିମାଣ ଶୂନ $OP = x$



\ $$k\frac{3}{(OP)^2} = k\frac{5}{(AP)^2}$$

କିମ୍ବା, $$\frac{3}{x^2} = \frac{5}{(40+x)^2} \Rightarrow \frac{40+x}{x} = \sqrt{\frac{5}{3}} = 1.29$$

କିମ୍ବା, $40 + x = 1.29\,x$

କିମ୍ବା, $x = 137.91$ cm.

ତେଣୁ, P ଠାରୁ 137.91 ସେମି ଦୂରତାରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଶୂନ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ 1-5

ଉଦାହରଣ 1-6 ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ 5×10^{-11} C ଏବଂ -2.7×10^{-11} C କୁ 20 ସେମି ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ରଖାଯାଇଛି । ସେମାନଙ୍କୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ଏକ ସରଳରେଖାର କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ତୃତୀୟ ଚାର୍ଜ ରଖାଯାଇପାରିବ ଯାହାଦ୍ୱାରା ଉକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପୂର୍ବ ଚାର୍ଜ ହେତୁ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ନାହିଁ ।

ସମାଧାନ:

ଚାର୍ଜ 5×10^{-11} C ଏବଂ -2.7×10^{-11} C ଯଥାକ୍ରମେ A ଏବଂ B ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ । ତୃତୀୟ ଚାର୍ଜ q କୁ B ଠାରୁ x ଦୂରରେ ରଖାଯିବ ବୋଲି ବିଚାର କରାଯାଉ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, q ଚାର୍ଜ ଉପରେ A ଠାରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବଳର ପରିମାଣ

$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{5q\times10^{-11}}{(0.2+x)^2}$$

ଏବଂ ଏହା AB ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ଉଦାହରଣ 1-6

ଉଦାହରଣ 1-6

ସେହିପରି q ଚାର୍ଜ ଉପରେ B ଠାରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବଳର ପରିମାଣ

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{2.7q \times 10^{-11}}{x^2}$$

ଏବଂ ଏହା AB ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ

ଏଠାରେ, $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$

କିମ୍ବା, $$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{5q\times10^{-11}}{(0.2+x)^2} - \frac{2.7q\times10^{-11}}{x^2}\right] = 0$$

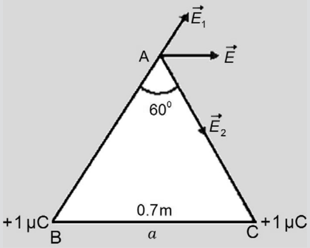
କିମ୍ବା, $5x^2 = 2.7\ (0.2 + x)^2$

\ $x = 55.6$ cm.

ଉଦାହରଣ 1-7

ଉଦାହରଣ 1-7 ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ +1 μC ଏବଂ −1 μC, 0.7 ମିଟର ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜର ମୂଳର ଦୁଇଟି μC କୋଣରେ ରଖାଯାଏ । ତ୍ରିଭୁଜର ତୃତୀୟ କୋଣରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଗଣନା କର ।

ସମାଧାନ:



ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ +1 μC ଏବଂ −1 μC B ଏବଂ C ରେ ରଖାଯାଇଛି ।

ଯଦି E ସେମାନଙ୍କ କାରଣରୁ A ରେ ତୀବ୍ରତା ହୁଏ,

ତେବେ $E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos120° = 2E_1^2 - E_1^2 = E_1^2$

ଏଠାରେ $$E_1 = E_2 = \frac{kq_1}{a^2}$$

\ $$E = 9\times10^9 \times \frac{10^{-6}}{(0.7)^2} = 18.37\times10^3\,NC^{-1}.$$

ଉଦାହରଣ 1-8

ଉଦାହରଣ 1-8 ଚାରୋଟି ଚାର୍ଜ $Q_1 = +2$ μC, $Q_2 = +2$ μC, $Q_3 = +5$ μC ଏବଂ $Q_4 = -5$ μC ଏକ ବର୍ଗ ଖତ୍ର ର ଚାରି କୋଣରେ ରଖାଯାଇଛି (ଯେପରି ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି) । ଯଦି କର୍ଣ୍ଣର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 2 ମିଟର, ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ଛେଦ ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଗଣନା କର ।

ସମାଧାନ:

କର୍ଣ୍ଣର ଛେଦ ବିନ୍ଦୁ O ହେଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ, O ବିନ୍ଦୁ ରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରତୀବ୍ରତା ଯାହାକି A ଠାରେ ଥୀବା $Q1$ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ହେଉଛି,

$$E_1 = 9\times10^9 \times \frac{Q_1}{(OA)^2} = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-6}}{(1)^2} = 18\times10^3\,NC^{-1}$$

B ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହେତୁ O ରେ କ୍ଷେତ୍ରତୀବ୍ରତା ହେଉଛି

$$E_3 = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^6}{(1)^2} = 45\times10^3\,NC^{-1}$$

C ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହେତୁ O ରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି,

$$E_3 = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^6}{(1)^2} = 45\times10^3\,\text{NC}^{-1}$$

D ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହେତୁ O ରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି,

$$E_4 = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^6}{(1)^2} = 45\times10^3\,\text{NC}^{-1}.$$

ତେଣୁ, ଯଦି ସମୁଦାୟ ତୀବ୍ରତା OA ଦଗରେ E" ହେଉଛି

$$E' = E_3 - E_1 = (45 - 18) \times 10^3 = 2.3 \times 10^4\ \text{NC}^{-1}$$

ସେହିପରି ଯଦି ସମୁଦାୟ ତୀବ୍ରତା OD ଦଗରେ E" ହେଉଛି

$$E'' = E_2 - E_4 = (45 - 18) \times 10^3 = 6.3 \times 10^4\ \text{NC}^{-1}$$

ତେଣୁ O ରେ ଫଳାଫଳ ତୀବ୍ରତା, $E = \sqrt{(E')^2 + (E'')^2}$

\ $$E = 10^4\sqrt{(2.3)^2 + (6.3)^2} = 6.71\times10^4\,\text{NC}^{-1}.$$

ଉଦାହରଣ 1-8

ଉଦାହରଣ 1-9 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ର ତୀବ୍ରତା $x = 0$ ଗଣନା କରନ୍ତୁ, ଯଦି ସମାନ ଚାର୍ଜ ବିଶିଟ ଅସୀମ ଚାର୍ଜ q $x = 1, x = 2, x = 4, x = 8, \ldots\ldots$, X-ଅକ୍ଷ ରେ ବଣ୍ଟନ କରାଯାଇଛି ।

ସମାଧାନ

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{1^2}+\frac{q}{2^2}+\frac{q}{4^2}+\frac{q}{8^2}\right] = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{1^2}+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{4^2}+\frac{1}{8^2}+\ldots\right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[1+\frac{1}{4}+\frac{1}{16}+\frac{1}{64}+\ldots\right] = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{1-\frac{1}{4}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4q}{3}\ \text{units.}$$

ଉଦାହରଣ 1-9

ଉଦାହରଣ 1-10 ପୃଥିବୀର 3 V/m ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ପରି ସମାନ ଚାର୍ଜ ଥିବା ଏକ ବୁନ୍ଦା ଜଳ ସନ୍ତୁଳନରେ ଝୁଲୁଛି । ଯଦି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଚାର୍ଜ ହେଉଛି $e = 4.805 \times 10^{-10}$ esu ଜଳ ବୁନ୍ଦା ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଗଣନା କର ।

ସମାଧାନ

ସନ୍ତୁଳନରେ, $mg = eE \Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \times 1\times g = eE$ (ଜଳର ଘନତା = 1 ଗ୍ରାମ୍ /ସିସି)

କିମ୍ବା, $$r^3 = \frac{3eE}{4\pi g} = \frac{3\times4.805\times10^{-10}}{4\times3.14\times980}\times\frac{3}{300\times100}$$

\ $r = 0.1054$ cm

ଯାହା ଜଳ ହ୍ରାସର ଆବଶ୍ୟକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ।

ଉଦାହରଣ 1-10

1.8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ର ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation Of Electrostatic Field)

ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ସଦିଶ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ୍ ଉକ୍ତ ସଦିଶ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଭଉଁରି ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପ୍ରବୃତ୍ତି ମାପ କରେ । ଏହା ଶୂନ୍ୟ, ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ଉକ୍ତ ବଳ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଏକ ରକ୍ଷଣଶୀଳ ବଳ କ୍ଷେତ୍ର ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରିବ । ଏହି ବିଭାଗରେ ଆମେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର କର୍ଲ୍ ଗଣନା କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବା ଏବଂ ଏହା ଏକ ରକ୍ଷଣଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ର କି ନୁହେଁ, ତାହା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା । ଏହା କରିବା ପାଇଁ ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ n ସଂଖ୍ୟକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_1, q_2, q_3, ……, q_n ଯଥାକ୍ରମେ $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, ..., \vec{r}_n$ ଦୂରତାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ ଆମେ ବିଚାରକୁ ନେବା । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷତ୍ରରେ $\vec{r}$ ଦୂରତାରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ q ପରିକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ରଖାଗଲେ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏହିପରି ଗଣନା କରାଯିବ,

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i \frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ସଦିଶ ଅଭେଦ, $\vec{\nabla}\times\psi\vec{A} = \vec{\nabla}\psi\times\vec{A} + \psi\vec{\nabla}\times\vec{A}$ ବ୍ୟବହାର କରି

ଆମେ ପାଇବା।, $\vec{\nabla}\times\frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3} = \vec{\nabla}\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3}\times(\vec{r}-\vec{r}_i) + \frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3}\vec{\nabla}\times(\vec{r}-\vec{r}_i)$

ଉପରୋକ୍ତ ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ ଶୂନ, ଯେହେତୁ $\vec{\nabla}\times(\vec{r}-\vec{r}_i) = 0$

ଏବଂ ସଦିଶ କାଲକୁଲସରୁ, $\vec{\nabla}\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3} = -\frac{3(\vec{r}-\vec{r}_i)}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^5}$

\ $\vec{\nabla}\times\frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3} = -\frac{3(\vec{r}-\vec{r}_i)}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^5}\times(\vec{r}-\vec{r}_i) = 0$

\ $\vec{\nabla}\times\vec{E}(\vec{r}) = 0$

ଯେହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ୍ ଶୂନ ତେଣୁ ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବା ଯେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷଣଶୀଳ ।ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ଏକ ରକ୍ଷଣଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ପଥଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜକୁ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଦ୍ୱାରା ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ସେହି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥିତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, କିନ୍ତୁ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ 1-11

ଉଦାହରଣ 1-11 ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ $\vec{E} = axy^2(y\hat{i} + x\hat{j})$ ରକ୍ଷଣଶୀଳ କି ନୁହେଁ ।

ସମାଧାନ:

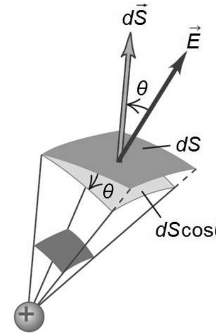
ଆମର ଅଛି $\vec{E} = axy^2(y\hat{i} + x\hat{j})$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $$\vec{\nabla}\times\vec{E} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ axy^3 & ax^2y^2 & 0 \end{vmatrix} = \left(2axy^2 - 3axy^2\right)\hat{k} = -axy^2\hat{k}$$

ତେଣୁ, ଦିଆଯାଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷଣଶୀଳ ନୁହେଁ ।

1.9 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ (Electric Flux)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହକୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ମୋଟ ସଂଖ୍ୟକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖା ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ । ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ଛାଡି ଯାଉଥିବା ଅଭିବାହ ସକରାତ୍ମକ ଓ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠରେ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ଅଭିବାହ ନକାରାତ୍ମକ ଅଟେ । ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ସମୁଦାୟ ଅଭିବାହ ଶୂନ ଯଦି ପୃଷ୍ଠରେ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟା ପୃଷ୍ଠଛାଡିଥିବା ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ ।ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$ ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ, ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $d\vec{S}$ ଉପରେ (ଚିତ୍ର1.6) ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,



ଚିତ୍ର.1.6: ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ

$$d\phi = \vec{E}.d\vec{S} \qquad (1.20)$$

ଏବଂ, ସମୁଦାୟ ଅଭିବାହ, j ϕଯାହାକି ସମୁଦାୟ ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ S ଯୋଗୁ ଏହିପରି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ,

$$\phi = \int d\varphi = \oiint_S \vec{E}.d\vec{S} = \oiint_S EdS\cos\theta \qquad (1.21)$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{E}$ ଏବଂ $d\vec{S}$ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ ହେଉଛି φ

ଯେକୌଣସି ରୈଖିକ ସମଦିଶୀ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଅଭିବାହ ଘନତା କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ; ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$\overline{D} = \varepsilon\vec{E} \quad \text{[ଯେଉଁଠାରେ } \varepsilon \text{ ମାଧ୍ୟମର ଅନୁମତିଅଟେ]} \qquad (1.22)$$

ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ φ ଏହିପରି ଏକ ପ୍ରକାର ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ପୁନଃ-ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ

$$\phi \qquad \varphi = \oint_S \overline{D}.d\overline{S} \qquad (1.23)$$

ଉଦାହରଣ 1-12 ମହାକାଶର ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଯଦି $\vec{E} = 8\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$ ହୁଏ,ତେବେ Y-Z ଅୟରେ 100 ଏକକ ଅଞ୍ଚଳ ର ଯେକୌଣସି ପୃଷ୍ଠତଳ ଦେଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ, $\varphi = \oiint \vec{E}d\vec{S}$

ଏଠାରେ, $\vec{E} = 8\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$ and $d\vec{S} = 100\hat{i}$

ତେଣୁ, $\varphi = (8\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}).100\hat{i} = 800$

ଉଦାହରଣ 1-12

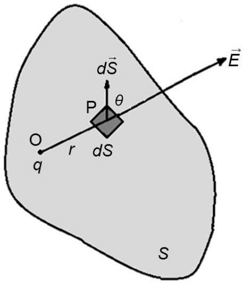
1.10 ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ (Gauss Law)

ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ଏକ ବିକଳ୍ପ । କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ସହିତ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ ଥିବାବେଳେ, ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରକାଶ କରିବାର ଏକ ଭିନ୍ନ ଉପାୟ ପ୍ରଦାନ କରେ ।

ଏହା କାର୍ଲ ଫ୍ରିଡରିକ୍ ଗାଉସଙ୍କ (1777-1855) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥିଲା । ଗାଉସ ହେଉଛନ୍ତି ସର୍ବକାଳୀନ ସର୍ବଶ୍ରେଷ୍ଠ ଗଣିତଜ୍ଞମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଜଣେ ।ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠଉପରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ମୋଟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ଉକ୍ତ ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜର ଗୁଣ ସହ ସମାନ ।

ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ଏହା କୁହାଯାଇପାରେ,

$$\varphi = \oiint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (1\text{-}24)$$



ଚିତ୍ର 1.7: ଗାଉସର ନିୟମର ଚିତ୍ର

ଯେଉଁଠାରେ ε_0 ଶୂନ ସ୍ଥାନର ଅନୁମତି ।

ପ୍ରମାଣ: ମନେକର +q ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ O ରେ ରଖାଯାଇଛି ଏବଂ ଏହା S ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ହୋଇଛି ଯାହାକି ଚିତ୍ର 1.7. ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ମନେକର $d\vec{S}$ P ବିନ୍ଦୁ ଚାରିପାଖରେ ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ଅଞ୍ଚଳ । ଯଦି $+q$ ଚାର୍ଜ ହେତୁ P ଠାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $\vec{E}$ ହୁଏ

ତେବେ $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

ଯଦି $\vec{E}$ ଏବଂ $d\vec{S}$ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ θ ହୁଏ

$$\varphi = \oiint_S \vec{E}.d\vec{S} = \oiint_S E dS\cos\theta = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\oiint_S \frac{dS\cos\theta}{r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\int d\omega$$

ଯେଉଁଠାରେ $\int d\omega = \int_S \frac{dS\cos\theta}{r^2}$

ତେଣୁ, $$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}.4\pi = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (1\text{-}25)$$

ଏହା ଗାଉସଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ।

1.10.1 ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ (Gaussian Surface)

ଏହା ଏକ କାଳ୍ପନିକ ପୃଷ୍ଠ, ଯହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସମାନ ପରିମାଣ ଥାଏ ଓ ଏହା ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ପୃଷ୍ଠ ସହ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଥାଏ ।

1.10.2 ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ଗାଉସ୍ଙ୍କ ନିୟମ (Gauss's Law in Dielectric Medium)

ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଯେକୌଣସି ଏକ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ φ ର ପରିମାଣ ସେହି ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠରେ ଆବଦ୍ଧ ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ q ର ଗୁଣ ସହ ସମାନ ।

ତେଣୁ, $$\varphi = \oiint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$\oiint_S \vec{D}.d\vec{S} = q$$

ଯେଉଁଠାରେ, $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ କିମ୍ବା ଅଭିବାହ ଘନତା ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

1.10.3 ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ (Differential form of Gauss's Law)

ଯଦି ଏକ ଚାର୍ଜ q, V ଆୟତନ ଉପରେ ହୋଇଥାଏ ଯାହାକି S ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ଏବଂ r ଆୟତନ୍ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହୁଏ, ତେବେ

$$q = \int_V \rho dV$$

ପୁନର୍ବାର ଆମେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମରୁ ଜାଣିଛୁ,

$$\oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଗାଉସଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ଏପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{E} dV = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0}\int_V \rho dV$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଉଭୟ ସମୀକରଣ ସମାନ ହୁଏ,

ତେବେ $$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (1\text{-}26)$$

ଏହା ହେଉଛି ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ।ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ଅପସରଣ ସେହି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଥିବା ଚର୍ଗ ଘନତ୍ୱର $1/e_0$ ଗୁଣ ସହ ସମାନ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ଦୃଷ୍ଟିରୁ $\vec{\nabla}.(\varepsilon_0 \vec{E}) = \rho$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}.\vec{D} = \rho \qquad (1\text{-}27)$$

ଯେକୌଣସି ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ଏହା ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ।

ଉଦାହରଣ 1-13 ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}(x\hat{i} + y\hat{j} - 2z\hat{k})$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚାର୍ଜ ଘନତା ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ

ଆମର ଜାଣିଛୁ $\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

ଏଠାରେ, $\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}(1+1-2) = 0$

ତେଣୁ, r = 0, ଯାହା ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚାର୍ଜ ଘନତା ।

ଉଦାହରଣ 1-13

1.11 ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ (Application of Gauss's Law)

ଯେକୌଣସି ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ଏବଂ ଯେକୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ଗାଉସର ନିୟମ ବୈଧ ଅଟେ। ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଦୁଇଟି ଉପାୟରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରିବ। ଯଦି ଆମେ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଜାଣୁ, ଏବଂ ଏହାର ଯଥେଷ୍ଟ ପ୍ରତିସାମ୍ୟ ଅଛି, ତେବେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ସମାକଳ ଅଂଶ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ଦ୍ୱାରା ଆମେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇପାରିବା ।କିମ୍ବା ଯଦି ଆମେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଜାଣିଥାଉ, ତେବେ ଆମେ ଏକ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା। ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ଗଣନା ଏବଂ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଚାର୍ଜର ସମାନ ବିତରଣ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ବହାର କରିପାରିବା। ଏହି ବିଭାଗରେ ଆମେ ଉଭୟ ପ୍ରକାରର ପ୍ରୟୋଗର ଉଦାହରଣମାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରିବା।

ସେଗୁଡିକର ଅଧ୍ୟୟନ କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦ୍ଧତିର ପ୍ରତିମାସ ଗୁଣ ଦ୍ୱାରା ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଥିବା ଭୂମିକା ସମ୍ପର୍କରେ ଜାଣିପାରିବା। ଅନେକ ସରଳ ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରଗଣନା କରିବା ପାଇଁ ଆମେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା।

1.11.1 ଏକ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡରପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field for a Charged Cylinder)

ଆସନ୍ତୁ a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡର ବିଚାର କରିବା, ଯାହା ଉପରେକି ଚାର୍ଜ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଛି। ଏହାକୁ ଏକ ଅସୀମ ଲାଇନ୍ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରିବ। ମନେକରାଯାଉ ସିଲିଣ୍ଡରର ୟୁନିଟ୍ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ଚାର୍ଜ l। ଏହିପରି ବିତରଣ ଯୋଗୁଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଗଣନା କରିବା ପାଇଁ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରିବ। ଧରାଯାଉ ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷରୁ r ଦୂରରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଗଣନା କରିବା ପାଇ ଏକ କୋକ୍ସିଆଲ୍ ଗାଉସିଆନ୍ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ପୃଷ୍ଠ ଅଙ୍କନ କରିବା ଯାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ L ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r (ଚିତ୍ର1.8)

ସେହି ଗାଉସିଆନ୍ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ପୃଷ୍ଠର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସମାନ ଏବଂ ଏହା ବାହ୍ୟମୂଖୀ। ଏଥିରେ ଆବଦ୍ଧ ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ ହେବ, q = lL

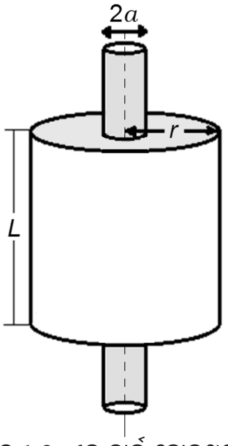
ବର୍ତ୍ତମାନ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଆମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ହେଉଛି

$$\varphi = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \oint_S EdS = E\oint_S dS = E.2\pi rL$$

କିମ୍ବା, $$\frac{q}{\varepsilon_0} = E.2\pi rL$$

କିମ୍ବା, $$E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 rL} = \frac{\lambda L}{2\pi\varepsilon_0 rL}$$

କିମ୍ବା, $$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \quad [\text{for } r > a] \qquad (1.28)$$



ଚିତ୍ର.1.8: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡର ଚାରିପାଖରେ ଗାଉସିଆନ୍ କ୍ଷେତ୍ର

ବର୍ତ୍ତମାନ ସିଲିଣ୍ଡର ଭିତରେ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହିସାବ କରିବା

i) ଯଦି ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ ସିଲିଣ୍ଡର ପୃଷ୍ଠରେ ରହିଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଯଦି ସିଲିଣ୍ଡର

ଫମ୍ପା,ତେବେ ସିଲିଣ୍ଡର ଭିତରେ ଚାର୍ଜ ଶୂନ ହେବ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ହେବ

$$\varphi = \int E.dS = E.2\pi rL = 0$$

\ $E = 0$ (1.29)

ii) ଯଦି ଚାର୍ଜକୁ ସିଲିଣ୍ଡରସାରା ସମାନ ଭାବରେ ବଣ୍ଟନ କରାଯାଏ, ତେବେ r < a, ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ ଆବଦ୍ଧ ଚାର୍ଜ ହେବ

$$q' = \frac{q}{\pi a^2}.\pi r^2$$

କିମ୍ବା, $q' = \frac{\lambda L r^2}{a^2}$

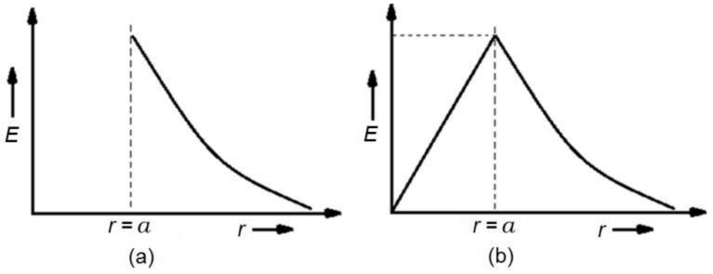
ତେଣୁ, ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ପୃଷ୍ଠଉପରେ ଅଭିବାହର ପରିମାଣ ହେବ,

$$E.2\pi rL = \frac{q'}{\varepsilon_0}$$

\ $E = \frac{q'}{2\pi\varepsilon_0 rL}$.

କିମ୍ବା, $E = \frac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 a^2}$ [for $r < a$] (1.30)

ଦୂରତା r ସହ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର E ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଉଭୟ ଫାଙ୍କା ଓ କଠିନ ସିଲିଣ୍ଡର ପାଇଁ ଯଥାକ୍ରମେ ସହିତ ର ସ୍କେଚ୍ପ୍ରକ ଫାଙ୍କା ଏବଂ କଠିନ ଯଥାକ୍ରମେ ଚିତ୍ର 1.9 (a) ଓ ଚିତ୍ର 1.9 (b) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

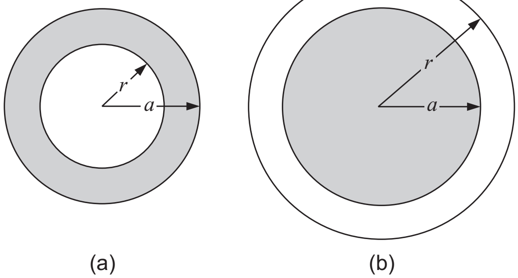


ଚିତ୍ର.1.9: r ସହ E ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଚିତ୍ର (a) ଫାଙ୍କା ଏବଂ (b) କଠିନ ସିଲିଣ୍ଡର ଚାରିପାଖରେ

1.11.2 ଏକ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field Due to a Charged Solid Sphere)

ମନେକର a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ କଠିନ ଗୋଲକ ଉପରେ q ଚାର୍ଜ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରିତ ହୋଇଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ନିମ୍ନରେ ଥିବା ମାମଲା ଗୁଡିକ ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କରାଯାଇପାରିବ ।

a) ଗୋଲକ ଭିତରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ (*r* < *a*): ଏଠାରେ ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ q ଗୋଲକର ଆୟତନ [ଚିତ୍ର 1.10(a)] ଭିତରେ ସମଭାବରେ ବିତରିତ ହୋଇଅଛି ଏବଂ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗାଉସିଆନ ଗୋଲକ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ଚାର୍ଜ ର ପରିମାଣ



ଚିତ୍ର.1.10: ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ ବାହାରେ ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ (a) ଭିତରେ ଏବଂ (b)

$$q' = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi a^3}\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{qr^3}{a^3}$$

ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଗୋଲକ ଭିତରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି,

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{q'}{\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $E = \frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{qr^3}{4\pi\varepsilon_0 r^2 a^3} = \frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 a^3} = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}$ [ଯେଉଁଠାରେ $\rho = q / \frac{4}{3}\pi a^3$]

$$\therefore \quad E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0} \quad [\text{for } r < a] \tag{1.31}$$

b) ଗୋଲକ ବାହାରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ($r > a$): ଆମେ ଯଦି r > a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ ଅଙ୍କନ କରୁ ଯାହାକି [ଚିତ୍ର 1.10 (b)]ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି, ତେବେ ଏହି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ହେଉଛି,

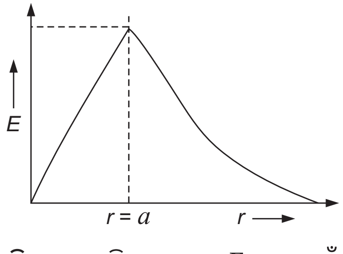
$$\varphi = \int_S \vec{E}.d\vec{S} = \int_S E.dS = E\int_S dS$$

କିମ୍ବା, $\varphi = E \cdot 4\pi r^2$

କିମ୍ବା, $\frac{q}{\varepsilon_0} = E \cdot 4\pi r^2$

କିମ୍ବା, $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ [for $r < a$] (1.32)

ସମୀକରଣ (1.31) ଏବଂ ସମୀକରଣ (1.32) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ $r < a$ ପାଇଁ $E \propto r$ ଏବଂ $r > a$ ପାଇଁ $E \propto 1/r^2$ r ସହ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତିବ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଚିତ୍ର 1.11 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 1.11: ଭିନ୍ନତା r ସହ E ଏକ ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ

ଉଦାହରଣ 1-14 ଏକ ସ୍ଫେରିକାଲି ସିମେଟ୍ରିକ୍ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଦିଆଯାଇଛି ଯେପରିକି

$$\rho(r) = \rho_0\left(1-\frac{r^3}{a^3}\right) \quad ;\text{fn } 0 < r < a$$

ଏବଂ r(r) = 0 ;fn $r > a$

ତେବେ ଗଣନା କରନ୍ତୁ (କ) ମୋଟ ଚାର୍ଜ (ଖ) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଯେତେବେଳେ r < a ଏବଂ r > a.

ସମାଧାନ:

a) ମୋଟ ଚାର୍ଜ ହେବ $Q = \int_V \rho dV = \rho_0 \int_{r=0}^{a}\int_{\theta=0}^{\pi}\int_{\varphi=0}^{2\pi}\left(1-\frac{r^3}{a^3}\right) r^2 \sin\theta d\theta d\varphi dr$

$$= 4\pi\rho_0\left(\frac{a^3}{3}-\frac{a^3}{6}\right) = \frac{2\pi\rho_0}{3}a^3.$$

b) ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\oint_S \vec{E}.\vec{dS} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

ଯେତେବେଳେ $0 < r < a$, $E \times 4\pi r^2 = \frac{2\pi\rho_0}{3\varepsilon_0}a^3$

କିମ୍ବା, $E = \frac{\rho_0 a^3}{6\varepsilon_0 r^2}$.

$r = a$, ପାଇଁ, $E = \frac{\rho_0 a}{6\varepsilon_0}$.

$r > a$, ପାଇଁ, $E = 0$

ଉଦାହରଣ 1-14

ଉଦାହରଣ 1-15 ଏକ ସ୍ଫେରିକାଲି ସିମେଟ୍ରିକ୍ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ଗଣନା କରନ୍ତୁ $\rho(r) = \rho_0\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)$ ଚାର୍ଜ ବିତରଣକୁ ଦର୍ଶାଉଛି ।

ସମାଧାନ

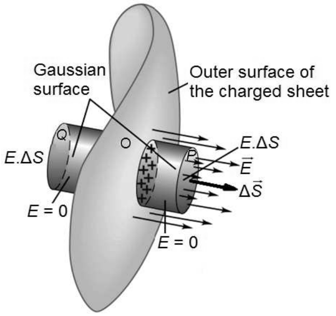
ମୋଟ ଚାର୍ଜ ହେବ, $Q = \int_V \rho dV = \rho_0 \int_{r=0}^{a}\int_{\theta=0}^{\pi}\int_{\varphi=0}^{2\pi}\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right) r^2 \sin\theta d\theta d\varphi dr$

$$= 4\pi\rho_0\left(\frac{a^3}{3}-\frac{a^3}{5}\right) = \frac{8\pi\rho_0}{15}a^3.$$

ଉଦାହରଣ 1-15

1.11.3 ଏକ ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ସିଟ୍ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field Due to an Infinite Charged Sheet)

ଚାର୍ଜର ଘନତ୍ୱ ଏକ ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ସିଟ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ ଅବସ୍ଥିତ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ହୋଇଥାଏ ।ବର୍ତ୍ତମାନ, P ରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କରିବ ପାଇଁ (ଚିତ୍ର 1.12)ର Q ବିନ୍ଦୁକୁ ବିଚାର କରିବା, ଯାହା O ଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତାରେ ଅଛି ଅର୍ଥାତ୍ OP = OQ । ଏଠାରେ ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଗାଉସିଆନ୍ ପୃଷ୍ଠ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ହେବ ଏବଂ ଏହାର ବିପରୀତ ଭାଗରେ P ଏବଂ Q ବିନ୍ଦୁ ରହିବ । ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଅଭିବାହ ଶୂନ ହୁଏ, ଯେହେତୁ ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠ ସହ ବୈଦ୍ୟୁତିକ



ଚିତ୍ର.1.12: ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଟ୍

ଏହିପରି ସମୁଦାୟ ଅଭିବାହ,

$$j = 2\vec{E}.\Delta\vec{S} = 2E.\Delta S \qquad [\text{ଯେହେତୁ } E \,||\, \text{D}S]$$

ଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭାଗର କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି DS ।

ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇବା,

$$2E.\text{D}S = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma.\Delta S}{\varepsilon_0}$$

ଯେଉଁଠାରେ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେଉଛି s ।

\ $$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad (1.33)\ (a)$$

ସଦିଶ ରୂପରେ, $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{n}$ [$\hat{n}$ ଏକକ ସଦିଶ] (1.33) (b)

ଉଦାହରଣ 1-16 ଦୁଇଟି ଅସୀମ ବିସ୍ତାରିତ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର, ଯାହାର ଚାର୍ଜ ଘନତା s ଓ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପୃଥକତା

ସମାଧାନ:

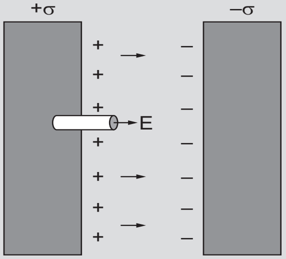
ଆସନ୍ତୁ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ଉପରେ ବିଚାର କରିବା । ଆସନ୍ତୁ ଦୁଇଟି ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଯେକୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନରେ ପଡ଼ିଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ବିଚାର କରିବା ଯାହାର ଚାର୍ଜ ଘନତା +s ଏବଂ -s

ଆମେ କ୍ରସ୍ ସେକ୍ସନାଲ୍ ଅଞ୍ଚଳର ଏକ ସାଧାରଣ ସିଲିଣ୍ଡର୍ ଅଙ୍କନ କରୁ S ପରିଚାଳନା ପ୍ଲେଟରେ P ର ଗୋଟିଏ ଶେଷ ଅଛି । ତା'ପରେ ଆମର ଗାଉସ୍ଙ୍କ ନିୟମରୁ ଅଛି (ଅସୀମ ବିମାନ ସିଟ୍ ପରି) ।

$$\int_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad (\text{e}_0 \text{ ଅନୁମୋଦିତତା ହେଉଛି})$$

କିମ୍ବା, $$ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

ତେଣୁ $$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$



ଉଦାହରଣ 1-16

ତେଣୁ, ଦୁଇଟି ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସମାନ ଭାବରେ ରହେ ଏବଂ ଏହା ସେମାନଙ୍କର ଅଲଗା ହେବାର ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହି । କିନ୍ତୁ ଗାଉସ୍ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ଲେଟ୍ ଫିଲ୍ଡ ବାହାରେ ପଡ଼ିଥିବା ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଶୂନ ହେବ (ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ଆବଦ୍ଧ ନାହିଁ) ।

1.12 ଗାଉସ୍ ନିୟମରୁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରାପ୍ତ (Coulomb's Law From Gauss's Law)

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତରେ, କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ପରସ୍ପର ସହିତ ଜଡିତ ଏବଂ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ୟଟିରୁ ଉପପାଦିତ ହୋଇପାରିବ । ଗାଉସ୍ଙ୍କ ନିୟମରୁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ପାଇବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା ।ସେମାନେ ହେଲେ q_1 ଏବଂ q_2 ଯାହାକି ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଅଞ୍ଚଳରେ r ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇରହିଛନ୍ତି । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା E ହିସାବ କରିବାକୁ ଆସନ୍ତୁ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗାଉସିଆନ୍ ଗୋଲକ ଅଙ୍କନ କରିବା ଯାହାର କେନ୍ଦ୍ର O ବିନ୍ଦୁରେ q_1 ରହିଛି (ଚିତ୍ର । 1.13) । ଗାଉସ୍ଙ୍କ ଥିଓରେମ୍ରୁ ଗୋଲାକ ମଧ୍ୟରେ ଅଭିବାହ ହେଉଛି,

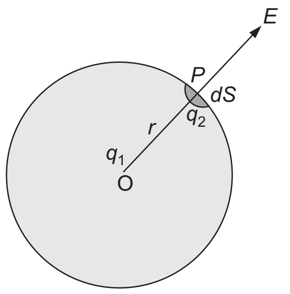
$$\iint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q_1}{\varepsilon_0}$$

ଗୋଲକ ପୃଷ୍ଠରେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସମାନ ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ ବାହ୍ୟ ମୂଖୀ ।

ତେଣୁ, $$\iint_S \vec{E}.d\vec{S} = \iint_S E.dS = \frac{q_1}{\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$E.4\pi r^2 = \frac{q_1}{\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$E = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



ଚିତ୍ର 1.13: ଗାଉସ୍ ଆଇନରୁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

ଏହିପରି q_1 ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ q_2 ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଅନୁଭୁତ ହେଉଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ହେବ,

$$F = q_2 E = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$ ଯାହା କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ।

1.13 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ (Electrostatic Potential)

ଯେତେବେଳେ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି କରେ, କ୍ଷେତ୍ର ଏହା ଉପରେ ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ, ଯାହାକି ଚାର୍ଜ କଣିକା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରିବ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ତେଣୁ ଏକ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସେହି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ସ୍ଥାନରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିସ୍ଥାପନ ଯୋଗୁ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ କୁ ବୁଝାଏ । ଅନ୍ୟ ଶବ୍ଦରେ, ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବିଭବ, ଉକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରେର ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜକୁ ଅସୀମତାରୁ ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ସହ ସମାନ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ହେଉଛି ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁର ଧର୍ମ ଏବଂ ଏହା କେବଳ ଉତ୍ସ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଯଦି ଏକ ସକରାତ୍ମକ ପରୀକ୍ଷା ଚାର୍ଜ $+q$ କୁ $d\vec{r}$ ଦୂରତା ଘୁଞ୍ଚାଇବାକୁ ହୁଏ ତେବେ, ଏକ ବାହ୍ୟ ପ୍ରତିନିଧି ଦ୍ୱାରା କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ର ପରିମାଣ,

$$dW = -q\vec{E}.d\vec{r}$$

ନକାରାତ୍ମକ ସଙ୍କେତ ବାହ୍ୟ ପ୍ରତିନିଧି ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟବସ୍ଥା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଥିବା କାରଣରୁ ଦିଆଯାଏ । ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ q ଚାର୍ଜକୁ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ଥିତି i ରୁଏକ ଅନ୍ତିମ ସ୍ଥିତି f କୁ, ଘୁଞ୍ଚାଇବା ପାଇଁ କରାଯାଇଥିବା ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ ର ପରିମାଣ

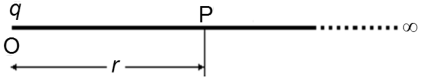
$$W = -q\int_i^f \vec{E}.d\vec{r}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ,ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ, ଯେହେତୁ ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜକୁ ଅସୀମତାରୁ ସେହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ, ତେଣୁ q ଚାର୍ଜରୁ r ଦୂରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାଇଁ $i = \infty$¥ ଏବଂ $f = r$ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ,

$$V = -\int_\infty^r \vec{E}.d\vec{r}$$

\

$$= -\int_\infty^r \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr$$



ଚିତ୍ର 1.14: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା

କିମ୍ବା,
$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (1.34)$$

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ରଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି J/C କିମ୍ବା ଭୋଲ୍ଟ (V) ।

1.14 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ (Electric Potential Difference)

ଯେତେବେଳେ ଚାର୍ଜର ଏକ କୁଲୋମ୍ବ (କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ) ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ପରିମାଣର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଧାରଣ କରେ, ତେବେ ସେହି ସ୍ଥାନକୁ ଉଚ୍ଚ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ସ୍ଥାନ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।ସେହିଭଳି, ଯଦି ଏକ କୁଲମ୍ବ ଚାର୍ଜ (କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ) ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ପରିମାଣର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଧାରଣ କରେ, ତେବେ ସେହି ଅବସ୍ଥାନ କୁ କମ୍ ବୈଦୁ୍ୟତିକ ବିଭବର ସ୍ଥାନ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ (A ଏବଂ B) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଉକ୍ତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜକୁ A ବିନ୍ଦୁରୁ B ବିନ୍ଦୁକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଭାବରେ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଏ । ଯାହାକି q ଚାର୍ଜର କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ ହୋଇଥାଏ (ଫିଗ୍ । 1.15) ।

ତେଣୁ, A ଏବଂ B ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ,

$$V_{AB} = \frac{W}{q} = \int_A^B dV = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{r}$$

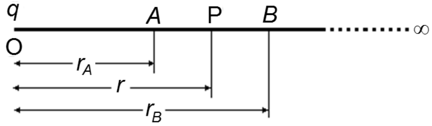
\

$$V_{AB} = V_A - V_B = -\int_{r_A}^{r_B} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right] \quad (1.35)$$

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ପାର୍ଥକ୍ୟ କୁ ମଧ୍ୟ J/C କିମ୍ବା ଭୋଲ୍ଟ ରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

ଆହୁରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ର ସଂଜ୍ଞାରୁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା



ଚିତ୍ର 1.15: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x}dx + \frac{\partial V}{\partial y}dy + \frac{\partial V}{\partial z}dz = -\vec{E}.d\vec{l}$$

କିମ୍ବା, $$\left(\hat{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial V}{\partial z}\right).\left(\hat{i}dx + \hat{j}dy + \hat{k}dz\right) = -\vec{E}.d\vec{l}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}V.d\vec{l} = -\vec{E}.d\vec{l}$$

ଯେଉଁଠାରୁ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad (1.36)$$

ତେଣୁ, ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି ସେହି ବିନ୍ଦୁ ରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ନକାରାତ୍ମକ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ସହ ସମାନ । ନକାରାତ୍ମକ ସଙ୍କେତ ସୂଚିତ କରେ ଯେ $\vec{E}$ ଉଚ୍ଚ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ରୁ କମ୍ ବିଭବ ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ

i) ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ସକରାତ୍ମକ ହୁଏ, ତେବେ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଚାର୍ଜ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ବେଳେ, ସେହି ଗତିବିଧି ହେତୁ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିରେ ବୃଦ୍ଧି ହେବ ଏବଂ ବାହ୍ୟ ପ୍ରତିନିଧି, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା । ଅପରପକ୍ଷରେ, ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନକାରାତ୍ମକ ହୁଏ, ତେବେ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏ ଏବଂ ସ୍ଥିତିକ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ ହୁଏ ।

ii) ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ପାର୍ଥକ୍ୟ କେବଳ ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥିତିଗତ ସମନ୍ୱୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏବଂ ଏହାକୁ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଫଳନ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ ।

iii) ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ପଥଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । କିମ୍ବା ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ନୁହେଁ । ଯେହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ପଥ ଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ, ବନ୍ଦ ପଥକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ ଆମେ କହି ପାରିବା, $V_{AB} = -V_{BA}$, ଯେକୌଣସି ବନ୍ଦ ପଥ ପାଇଁ,

ଅର୍ଥାତ୍,

$$V_{BA} + V_{AB} = \oint_c \vec{E}.d\vec{r} = 0 \quad (1.37)$$

ଷ୍ଟୋକଙ୍କ ଥିଓରେମ୍ ପ୍ରୟୋଗ କରି, ଆମେ ଲେଖିପାରିବା:

$$\oint_c \vec{E}.d\vec{r} = \iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} = 0 \tag{1.38}$$

ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଲେଖିପାରିବାଯେ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = 0 \tag{1.39}$$

ପୁନଶ୍ଚ ଯେକୌଣସି ସଦିଶ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{A}$ ଯଦି *(irrotational field)* $\vec{\nabla}\times\vec{A} = 0$ କୁ ଅନୁସରଣ କରେ ଏହାକୁ ଏକ ଅଘୂର୍ଣ୍ଣନ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ଅଘୂର୍ଣ୍ଣନ କ୍ଷେତ୍ର ଅଟେ ।

1.15 ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବର ହିସାବ (Electric Potential Calculations)

1.15.1 ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ (For a Point Charge)

ଆସନ୍ତୁ ଚିତ୍ର1.15ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ A ଏବଂ B କୁ ବିଚାର କରିବା । ଯଦି ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ଚାର୍ଜ q କୁ B ବିନ୍ଦୁରୁ A ବିନ୍ଦୁକୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରାଯିବ, ତାହାହେଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯିବ ।

$$V_{AB} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{r} = -\int_{r_A}^{r_B} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_B}\right] = V_A - V_B$$

ସାଧାରଣତଃ ଅସୀମତାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଶୂନ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ତେଣୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ ହେଉଛି ଅସୀମତାରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁକୁ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ।

ତେଣୁ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ $r_A = r$ ଏବଂ $r_B = \infty$ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇବା,

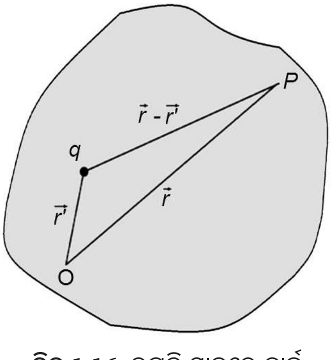
$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

ଏହା O ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା q ଚାର୍ଜ କାରଣରୁ r ଠାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ କୁ ସୂଚାଇ ଥାଏ । ଆମେ ବୈକଳ୍ପିକ ଭାବରେ,ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ କୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବା,

$$V = -\int_\infty^r \vec{E}.d\vec{r} \tag{1.40}$$

ଯଦି (ଚିତ୍ର1.16) ଅନୁଯାୟୀ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ର ଅବସ୍ଥିତି O ବିନ୍ଦୁରେ ନଥିବ ତାହାହେଲେ,

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \tag{1.41}$$



ଚିତ୍ର 1.16: ଉତ୍ପତ୍ତି ସ୍ଥାନରେ ଚାର୍ଜ ନଥିବା ବେଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ

1.15.2 ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ (For Distributed Charges)

ବର୍ତ୍ତମାନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ, ଆମେ କେବଳ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ବିଚାର କରିଛୁ । ଏବେ, ବିଚାର କରିବା n ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_1, q_2, q_3, ……, q_n ଯଥାକ୍ରମେ $\vec{r}_1,\vec{r}_2,\vec{r}_3.....,\vec{r}_n$ ଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ ହେଲେ, ଯେକୌଣସି ଏକ ସ୍ଥାନ ପାଇଁ $\vec{r}$

ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବକୁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{|\vec{r}-\vec{r}_1|} + \frac{q_2}{|\vec{r}-\vec{r}_2|} + \ldots + \frac{q_n}{|\vec{r}-\vec{r}_n|}\right]$$

କିମ୍ବା,
$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=n}^{n}\frac{q_i}{|\vec{r}-\vec{r}_n|} \tag{1.42}$$

ଅବିରତ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_n ବଦଳରେ ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ldl, ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ sdS କିମ୍ବା ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ rdV ଲେଖାଯାଇପାରେ, ଯାହାକି ରୈଖିକ ପୃଷ୍ କିମ୍ବା ଏକ ଭଲ୍ୟୁମ୍ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଆମେ ସମାକାଳ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ସମାହାର ବଦଳାଇ ପାରିବା ।

ଚାର୍ଜ ପାଇଁ,

ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\lambda dl'}{|\vec{r}-\vec{r}_n|} \tag{1.43}$$

ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ,

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\sigma dS'}{|\vec{r}-\vec{r}_n|} \tag{1.44}$$

ଏବଂ ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ,

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\rho dV'}{|\vec{r}-\vec{r}_n|} \tag{1.45}$$

ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରେ, ପ୍ରାଇମ୍ ହୋଇଥିବା ସମନ୍ୱୟଗୁଡିକ ଉତ୍ସ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଯଥା $\lambda(\vec{r}')$, $\sigma(\vec{r}')$ ଓ $\rho(\vec{r}')$ ଏବଂ ଅଣପ୍ରାଇମ୍ ହୋଇଥିବା ସମନ୍ୱୟଗୁଡିକ କ୍ଷେତ୍ର କୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

1.16 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ (Relation Between Field Intensity And Potential)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ବାହାର କରିବା ପାଇଁ ମୂଳ ବିନ୍ଦୁ O ରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ $+q$ ଏବଂ ଏଥିରୁ r ଦୂରତାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସମୀକରଣ ବିଚାର କରିବା ।

$$\vec{E}(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r}\right) = \vec{\nabla}\left(x^2+y^2+z^2\right)^{-1/2}$

କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r}\right) = \hat{i}\frac{\partial}{\partial x}\left(x^2+y^2+z^2\right)^{-1/2} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y}\left(x^2+y^2+z^2\right)^{-1/2} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\left(x^2+y^2+z^2\right)^{-1/2}$$

$$= -\frac{\hat{i}x+\hat{j}y+\hat{k}z}{\left(x^2+y^2+z^2\right)^{3/2}} = -\frac{\vec{r}}{r^3}$$

\

$$\vec{E}(r) = \frac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r}\right) = -\vec{\nabla}\left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}\right) = -\vec{\nabla}V$$

ଏହିପରି, $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$

ଯାହା ସମୀକରଣ (1.36)ରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟର ସମ୍ପର୍କ ସହ ସମାନ । ଏଠାରେ ନକାରାତ୍ମକ ସଙ୍କେତ ସୂଚିତ କରେ ଯେ E ର ଦିଗ, V ର ହ୍ରାସ ଦିଗରେ ଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 1-17

ଉଦାହରଣ 1-17 ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ $V(x,y,z) = (2x^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{1}{2}}$ ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା (1, 1, -1)ରେ ବାହାର କରିଯାଉ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ $$V(x,y,z) = (2x^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{1}{2}}$$

ତେଣୁ, ଆବଶ୍ୟକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ହେବ

$$\vec{E} = \vec{\nabla}.V = \frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}$$

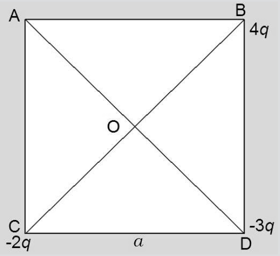
କିମ୍ବା, $$\vec{E} = \hat{i}\frac{\partial}{\partial x}\left\{(2\text{x}^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{1}{2}}\right\} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y}\left\{(2\text{x}^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{1}{2}}\right\} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\left\{(2x^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{1}{2}}\right\}$$

$$= -(2x^2+2y^2+3z^2)^{-\frac{3}{2}}\left(2x\hat{i}+2y\hat{j}+3z\hat{k}\right)$$

ତେଣୁ, ଏକ (1, 1, -1) ବିନ୍ଦୁରେ ହେଉଛି $\vec{E}\big|_{(1,1,-1)} = -(2+2+3)^{-\frac{3}{2}}\left(2\hat{i}+2\hat{j}-3z\hat{k}\right).$

ଉଦାହରଣ 1-18 1 ମିଟର ପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ ଏକ ବର୍ଗର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଗଣନା କରନ୍ତୁ ଯଦି q, $4q$, $3q$ ଏବଂ $2q$ ଚାର୍ଜଗୁଡିକ ଏହାର କୋଣରେ ରଖାଯାଇଛି (ଦିଆଯାଇଛି $q = 1\ nC$).

ସମାଧାନ:



ବର୍ଗର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱ (a) ହେଉଛି 1 ମିଟର, ଯେପରି ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, AO = BO = CD = $\frac{a}{\sqrt{2}} = x$

କେନ୍ଦ୍ରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଗଣନା କରାଯାଇପାରିବ

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{x}+\frac{4q}{x}-\frac{3q}{x}-\frac{2q}{x}\right] = 0.$$

ଉଦାହରଣ 1-18

ଉଦାହରଣ 1-19 ଯଦି ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସର୍ବଦା x -ଦିଗରେ ଥାଏ ତେବେ ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ (I) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ Y ଏବଂ Z ସମନ୍ୱୟ ଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ (I I) ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିର ଥାଏ, ତେବେ ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନାହିଁ।

ସମାଧାନ

I) ଦିଆଯାଇଥିବା ପ୍ରଶ୍ନ ଅନୁଯାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି, ଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତୀକଗୁଡ଼ିକର ସାଧାରଣ ଅର୍ଥ ଅଛି।

ପୁନର୍ବାର ଆମେ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା $\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi$ କେଉଁଠାରେ j ବିଭବ।

ତେଣୁ, $$E\hat{i} = -\hat{i}\frac{\partial\varphi}{\partial x} - \hat{j}\frac{\partial\varphi}{\partial x} - \hat{k}\frac{\partial\varphi}{\partial x}$$

ଏହାକୁ ୟୁନିଟ୍ ସଦିଶର ସହ ତୁଳନା କରିବା,

$$E = -\frac{\partial\varphi}{\partial x}$$

ଏବଂ $$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \frac{\partial\varphi}{\partial z} = 0$$

ଯାହା y ଏବଂ z ଦିଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁକୁ ଦର୍ଶାଏ।

I I) ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିର ଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍, E = ସ୍ଥିର

ତେଣୁ $$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} = -\frac{\partial E}{\partial x} = 0$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $$\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0$$

ତେଣୁ ସମୁଦାୟ ଭାବରେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା $\nabla^2 j = 0$ ଯାହା ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣ ଏବଂ ଯାହା ଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳରେ ପ୍ରଜୁଯ୍ୟ। ତେଣୁ ଏହା କୁହାଯାଇପାରେ ଯେ ଏହି ଅଞ୍ଚଳ ଚାର୍ଜ ମୁକ୍ତ ଅଟେ।

ଉଦାହରଣ 1-19

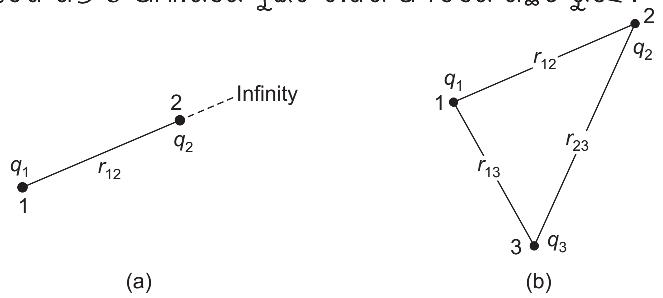
1.17 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (Electrostatic Potential Energy)

ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଯେକୌଣସି ଚାର୍ଜ ଏକ ବଳ ଅନୁଭବ କରେ, ଯେପରି ଏକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ କରିଥାଏ। ଯେପରି ଏକ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର କିଛି ସ୍ତିତିଜ ଶକ୍ତି ଅଛି, ସେହିପରି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜର ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତି ଅଛି।ଏକ ସିଷ୍ଟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ହେଉଛି ଉକ୍ତ ସିଷ୍ଟମ ଗଠନପାଇଁ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସକାରାତ୍ମକ ପରୀକ୍ଷା ଚାର୍ଜକୁ ଅସୀମତାରୁ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନକୁ ଆଣିବାପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ। ପ୍ରାରମ୍ଭରେ, ଆସନ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜର ଏକ ସିଷ୍ଟମ୍ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା ଯାହାକି q_1 ଏବଂ q_2 r_{12} ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଛି ଯେପରି 1.17 (କ)ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି।

ବର୍ତ୍ତମାନ q_2 ଚାର୍ଜ କୁ q_1 ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ ଅସୀମତାଠାରୁ ଆଣି ନିଜ ସ୍ଥିତିରେ ରଖି ସିଷ୍ଟମ୍ ଗଠନ କରିବାପାଇଁ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ନିମ୍ନରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି।

$$W = -q_2 \int_{\infty}^{r_{12}} \vec{E}.d\vec{r} = -\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0}\int_{\infty}^{r_{12}} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \quad (1\text{-}46)$$

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି U ଆକାରରେ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜର ପଦ୍ଧତିରେ ଗଚ୍ଛିତ ରୁହେ ।



ଚିତ୍ର 1.17: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (a) ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ସିଷ୍ଟମ୍ ଏବଂ (b) ତିନୋଟି ଚାର୍ଜ ସିଷ୍ଟମ୍ ପାଇଁ

ଏହିପରି, $$U = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \quad (1\text{-}46)(a)$$

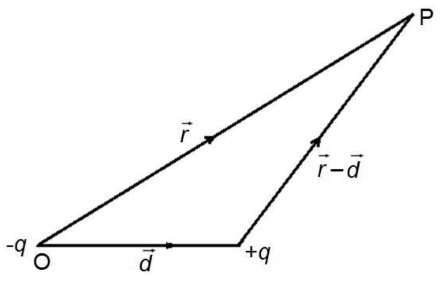
ସେହିଭଳି, 1.17 (ଖ), ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ତିନୋଟି ଚାର୍ଜର ଏକ ସିଷ୍ଟମ୍ ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ହେବ

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right] \quad (1\text{-}47)(b)$$

1.18 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ (Electric Dipole)

ଯଦି ଦୁଇଟି ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଅଳ୍ପ ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ରହେ ଯାହାକି ସେମାନଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣର ଦୂରତା ତୁଳନାରେ କମ ତେବେ ଏହାକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ କୁହାଯାଏ ।

ଡିପୋଲର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ୱଳ୍ପ ଦୂରତାର ଗୁଣନ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ ।ଏହା ଏକ ସଦିଶ ରାଶି ଯାହାକି ସର୍ବଦା ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜରୁ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ।



ଚିତ୍ର 1.18: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ

ମନେକର, ଚାର୍ଜ ଦୁଇଟି ହେଉଛି $+q$ ଏବଂ $-q$ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ୱଳ୍ପ ଦୂରତା ହେଉଛି . ଏକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଗଣନା କରିବାକୁ ସରଳତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ମନେକର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିନ୍ଦୁ O ରେ $-q$ ଚାର୍ଜ ଅଛି । ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ P ର ସ୍ଥିତି ଉତ୍ପତ୍ତି ବିନ୍ଦୁ O ରୁ $\vec{r}$ ଦୂରରେ ଅଛି ।[ଚିତ୍ର1.18] । ବର୍ତ୍ତମାନ, ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱୟ $+q$ ଏବଂ $-q$ ର ମିଶ୍ରଣ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ର ପରିମାଣ,

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\sqrt{r^2 + d^2 - 2\vec{r}.\vec{d}}} - \frac{1}{r}\right]$$

ଚିତ୍ର 1.18 ଆମେ ପାଇବା,

$$\sqrt{r^2+d^2-2\vec{r}.\vec{d}} = \frac{1}{r}\left[1-\frac{2\vec{r}.\vec{d}}{r^2}+\frac{d^2}{r^2}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad \frac{1}{r}\left[1-\frac{2\vec{r}.\vec{d}}{r^2}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad \frac{1}{r}\left[1+\frac{\vec{r}.\vec{d}}{r^2}\right]$$

ତେଣୁ,
$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r}+\frac{\vec{r}.\vec{d}}{r^3}-\frac{1}{r}\right] = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{r}.\vec{d}}{r^3} = \frac{\vec{r}.q\vec{d}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{\vec{r}.\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

ଯେଉଁଠାରେ, $\vec{p} = q\vec{d}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

ଏବଂ ଦ୍ୱିମେରୁ ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ହେଉଛି,

$$\varphi = \frac{\vec{r}.\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = -\frac{\vec{p}.\nabla\left(\frac{1}{r}\right)}{4\pi\varepsilon_0} \tag{1.48}$$

ସେହିପରି, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେବ

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi = -\vec{\nabla}\left(\frac{\vec{r}.\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\right) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\vec{\nabla}\left(\frac{\vec{r}.\vec{p}}{r^3}\right)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ,
$$\vec{\nabla}\left(\frac{\vec{r}.\vec{p}}{r^3}\right) = \frac{1}{r^3}\vec{\nabla}(\vec{r}.\vec{p}) + (\vec{r}.\vec{p})\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r^3}\right)$$

ପୁନର୍ବାର,
$$\vec{\nabla}(\vec{r}.\vec{p}) = \left[\hat{i}\frac{\partial}{\partial x}+\hat{j}\frac{\partial}{\partial y}+\hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\right](xp_x+yp_y+zp_z)$$
$$= \hat{i}p_x+\hat{j}p_y+\hat{k}p_z = \vec{p}$$

ଆହୁରି,
$$\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r^3}\right) = -\frac{3\vec{r}}{r^5}$$

ତେଣୁ,
$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r^3}\vec{\nabla}(\vec{r}.\vec{p}) + (\vec{r}.\vec{p})\vec{\nabla}\left(\frac{1}{r^3}\right)\right]$$
$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{\vec{p}}{r^3} - \vec{r}.\vec{p}\frac{3\vec{r}}{r^5}\right]$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left[\vec{p} - \frac{(\vec{p}.\vec{r})\vec{r}}{r^2}\right] = -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left[\vec{d} - \frac{(\vec{d}.\vec{r})\vec{r}}{r^2}\right] \tag{1.49}$$

1.19 ପୋଇସନ୍ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣ (Poisson's & Laplace's Equations)

ସମୀକରଣ (1.26) ରୁ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ସମୀକରଣ (1.36) ରୁ ଅଦିଶ ବିଭବକୁ ମିଶ୍ରଣ କରି ଅଦିଶ ବିଭବକୁ ପାଇଁ ଏକ ଆଂଶିକ ଅବକଳ ସମୀକରଣର ଏକ ସେଟ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ: ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ହେଉଛି, $\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$, ଯେଉଁଠାରେ r ହେଉଛି ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ଘନତ୍ୱ । ପୁନର୍ବାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି, $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$

\ $\vec{\nabla}.(-\vec{\nabla}V) = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

କିମ୍ବା, $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ (1.50) (a)

ଏହା ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତରେ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ: ଏକ ଚାର୍ଜ ମୁକ୍ତ ଅଞ୍ଚଳ ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ଘନତା, r = 0 ଏବଂ ଏହିପରି ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ,

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

ତେଣୁ ϕÑ^{2}v=0 (1.50) (b)

ଏହା ଲାପ୍ଲେସ ସମୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।ଏହି ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା, V = ସ୍ଥିର । ତେଣୁ, ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବା ଯେ ଯେକୌଣସି ସମାନ-ସମ୍ଭାବ୍ୟ ପୃଷ୍ଠ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ ।

ଉଦାହରଣ 1-20

ଉଦାହରଣ 1-20 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ $V = V_0(x^2 - 2y^2 + z^2)$ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ (V_0 ଏକ ସ୍ଥିର) ।

ସମାଧାନ

ଧରିନିୟନ୍ତୁ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କକ ଫଳନ, $V = V_0(x^2 - 2y^2 + z^2)$ gS

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେଜାଣୁ $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = V_0(2-4+2) = 0.$

ତେଣୁ, V ଲାପ୍ଲେସ୍'ସମୀକରଣ କୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ ।

ଉଦାହରଣ 1-21

ଉଦାହରଣ 1-21 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ $V = 2x^2 + 7y - 2z^2$ ଏକ ଚାର୍ଜ-ମୁକ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରେ ସମ୍ଭାବ୍ୟ କୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଛି $V = 2x^2 + 7y - 2z^2$

ତେଣୁ $\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 4 + 0 - 4 = 0$

ଯାହାକି ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ ଯାହାକି ଚାର୍ଜ ଘନତା r = 0 କୁ ପ୍ରମାଣ କରେ ।

ତେଣୁ ମହାକାଶ ଅଞ୍ଚଳ ଚାର୍ଜ-ମୁକ୍ତ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 1-22 ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ପୋଟେନସିଆଲ ଦିଆଯାଏ $\varphi = \alpha - \beta\left(x^2 + y^2\right) - \gamma \ln\sqrt{x^2 + y^2}$ କେଉଁଠାରେ a, b ଏବଂ g ସ୍ଥିର ଅଟେ ।ଏହି ଅଞ୍ଚଳର ଚାର୍ଜ ଘନତା ବାହାର କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଥିବା ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରୁ j ଆମର ଅଛି

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = -2\beta x - \frac{\gamma}{\sqrt{x^2+y^2}}\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} = -2\beta x - \frac{\gamma x}{x^2+y^2}$$

କିମ୍ବା,
$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} = -2\beta - \frac{\gamma\left[x^2+y^2-x\times 2x\right]}{x^2+y^2} = -2\beta - \gamma\frac{y^2-x^2}{x^2+y^2}$$

ସେହିଭଳି,
$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = -2\beta - \gamma\frac{x^2-y^2}{x^2+y^2}$$

ପୁନର୍ବାର,
$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0$$

ତେଣୁ,
$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = -4\beta$$

କିମ୍ବା,
$$\nabla^2\varphi = -4\beta$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିକୁ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ ସହିତ ତୁଳନା କଲେ

$$\frac{\rho}{\varepsilon_0} = 4\beta$$

କିମ୍ବା,
$$\rho = 4\beta\varepsilon_0$$

ଯାହା ଉକ୍ତ ଅଞ୍ଚଳ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚାର୍ଜ ଘନତା ।

ଉଦାହରଣ 1-22

1.19.1 ଲାପ୍ଲାସିଆନ୍ ଅପରେଟର (Laplacian Operator)

କାର୍ଟେସିଆନ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ସିଷ୍ଟମ୍ ରେ *(x, y, z)* ଏହା ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \tag{1.51}$$

ଗୋଲାକାର ପୋଲାର କୋର୍ଡିନେଟରେ (*r*, q, j) ଏହା ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2} \tag{1.52}$$

ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ସିଷ୍ଟମ୍ ରେ (r, j, *z*) ଏହା ଯେପରି ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$\nabla^2 = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\rho\frac{\partial}{\partial\rho}\right) + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \tag{1.53}$$

1.20 ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟ (Uniqueness Theorem)

ବିବୃତ୍ତି: ଯଦି ଲାପ୍ଲେସ ସମୀକରଣର ଦୁଇଟି ସମାଧାନ ସମାନ ସୀମା ସର୍ତ୍ତକୁ ମାନନ୍ତି ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବୋତ୍ତମ ଭିନ୍ନତା ହେଉଛିଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

ପ୍ରମାଣ: ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରମାଣ କରିବାକୁ ଆମେ ଅନୁମାନ କରିବାଯେ f_1 ଏବଂ f_2 ହେଉଛି V ଆୟତନରେ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣର ଦୁଇଟି ସମାଧାନ । ଯାହାକି, ବିଭିନ୍ନ ସୁପରିବାହୀ ମାନଙ୍କର ପୃଷ୍ଠତଳ $S_1, S_2, \ldots\ldots, S_n$, କୁ ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠତଳ S ଦ୍ୱାରା ବାହାରୁ ଆଛାଦିତ କରିଛି । ମନେକର f_1 ଏବଂ f_2 ଉପରୋକ୍ତ ପୃଷ୍ଠତଳ $S_1, S_2, \ldots\ldots, S_n$ ରେ ମଧ୍ୟ ସମାନ ସୀମା ସର୍ତ୍ତକୁ ପୂରଣ କରିଛି ।

ଏହି ସୀମା ସର୍ତ୍ତଗୁଡିକ ଉଭୟକୁ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରେ ଡିରିଚଲେଟଙ୍କ ସର୍ତ୍ତ ଯାହା ହେଉଛି ସୀମାପୃଷ୍ଠରେ ବିଭବର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟତା f, କିମ୍ବା ନ୍ୟୁମାନ୍ ସର୍ତ୍ତ ଯାହା f ର ସାଧାରଣ ଅବକଳନର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟତା ସୂଚିତ କରେ । ଅର୍ଥାତ୍, $\frac{\partial \phi}{\partial n}$ ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ ।

ମନେକରାଯାଉ $\quad \phi = \phi_1 - \phi_2$

ଏବଂ $\quad \nabla^2\phi = \nabla^2\phi_1 - \nabla^2\phi_2 = 0$

ଉଭୟ f_1 ଏବଂ f_2 ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରୁଥିବାରୁ, ଯଦି ଡିରିଚଲେଟ୍ ସର୍ତ୍ତ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ପାଇବା $f_1=f_2$ ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ । ଅତଏବ $f=0$ ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ ।

ଯଦି ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ, ନ୍ୟୁମାନ୍ ସର୍ତ୍ତ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୁଏ $\frac{\partial \phi_1}{\partial n} = \frac{\partial \phi_2}{\partial n}$ ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ ।

ତେଣୁ $\frac{\partial \phi}{\partial n}$ କିମ୍ବା $\hat{n}.\vec{\nabla}\phi$ ସୀମାରେ ଅଦୃଶ୍ୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, $\hat{n}$ ଦିଆଯାଇଥିବା ପୃଷ୍ଠକୁ ସାଧାରଣତଃ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଏକ ଏକକ ସଦିଶ ହେବ।

ସଦିଶ ବିଶ୍ଳେଷଣରେ $\phi\vec{\nabla}\phi$ ଗାଉସଙ୍କ ବିଚ୍ଛିନ୍ନତା ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବା,

$$\int_V \vec{\nabla}.(\phi\vec{\nabla}\phi)dV = \int_{S+S_1+S_2+\ldots S_n} \phi\vec{\nabla}\phi.\hat{n}dS$$

ଯେହେତୁ, $f=0$ ସୀମାରେ (ନ୍ୟୁମାନ୍ ସର୍ତ୍ତ), ସମୀକରଣର ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱ ଅଦୃଶ୍ୟ ହେବା ଉଚିତ୍ ।

ଆମର ସଦିଶ ଅଭେଦ (vecor identity) କୁହେ

$$\vec{\nabla}.(\phi\vec{\nabla}\phi) = \phi\nabla^2\phi + \left|\vec{\nabla}\phi\right|^2$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $\nabla^2\phi = 0$ ଆୟତନରେ ।

ତେଣୁ, $$\vec{\nabla}.(\phi\vec{\nabla}\phi) = \left|\vec{\nabla}\phi\right|^2$$

ତେଣୁ ସମୀକରଣ ଦେଇଥାଏ,

$$\int_V \left|\vec{\nabla}\phi\right|^2 dV = 0$$

ବର୍ତ୍ତମାନ $|\vec{\nabla}\phi|^2$, ଏକ ଉପଯୁକ୍ତ ବର୍ଗ ହୋଇଥିବାରୁ, ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସକରାତ୍ମକ କିମ୍ବା ଶୂନ । ଯେହେତୁ ଏହାର ସମାକଳ ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ, $\vec{\nabla}\phi^2$ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଆୟତନ V ର ବିନ୍ଦୁରେ ଶୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ତେଣୁ, $\phi = \phi_1 - \phi_2 = c$, ଯେଉଁଠାରେ c ଏକ ଧ୍ରୁବ ଅର୍ଥାତ୍, f ର ଫଳନ ଏହି ଅଞ୍ଚଳର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସମୟରେ V ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ ଏହାର ସମାନ ମୂଲ୍ୟ ରହିବ କି?

ଡିରିଚେଲ୍ଟ ସର୍ତ୍ତରୁ f = 0 ଆବଦ୍ଧ ସୀମା ପୃଷ୍ଠରେ । ଏହିପରି ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ f = 0, ସମଗ୍ର V ଆୟତନରେ,କିମ୍ବା, $f_1 = f_2$ ସମଗ୍ର V ଆୟତନରେ, ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ c = 0. ନ୍ୟୁମାନ୍ ସର୍ତ୍ତ ପାଇଁ, $\phi f.n = 0$ ସୀମାରେ ଏବଂ $\phi f = 0$ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ପାଇଁ V ଆୟତନରେ । ତେଣୁ, ଏକମାତ୍ର ସମ୍ଭାବନା ହେଉଛି f ଏକ ଧ୍ରୁବ ଅଟେ । ଏହା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟକୁ ପ୍ରମାଣ କରେ ।

1.21 କାର୍ଟେସିଆନ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍‌ରେ ଲାପ୍ଲେସ୍ ଙ୍କ ସମୀକରଣ (Laplace's Equation in Cartesian Coordinate)

ଲାପ୍ଲେସ ସମୀକରଣ ଗୁଡିକ କାର୍ଟେସିଆନ୍ ସ୍ଥାନାଙ୍କ ଲେଖିପାରିବେ,

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \tag{1.54}$$

ଆସନ୍ତୁବିଚାରକରିବା, $V(x, y, z) = X(x)\, Y(y)\, Z(z)$ (1.55)

ଯେଉଁଠାରେ $X(x)$, $Y(y)$ ଏବଂ $Z(z)$ ଯଥାକ୍ରମେ x, y ଏବଂ z ର ଫଳନ । ସମୀକରଣ (1.54)ରେ ।

ସମୀକରଣ (1.55) ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$Y(y)Z(z)\frac{\partial^2 X(x)}{\partial x^2} + Z(z)X(x)\frac{\partial^2 Y(y)}{\partial y^2} + X(x)Y(y)\frac{\partial^2 Z(z)}{\partial z^2} = 0$$

ଏହାକୁ $X(x)\ Y(y)\ Z(z)$ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜିତ କଲେ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\frac{1}{X(x)}\frac{\partial^2 X(x)}{\partial x^2} + \frac{1}{Y(y)}\frac{\partial^2 Y(y)}{\partial y^2} + \frac{1}{Z(z)}\frac{\partial^2 Z(z)}{\partial z^2} = 0$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ, ସମସ୍ତ ପଦ ଏକ ସମନ୍ୱୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ତେଣୁ ଆମେ ପୃଥକ ଭାବରେ ସେମାନଙ୍କୁ ଶୂନ୍ୟ ସହିତ ସମାନ କରି ଲେଖିପାରିବା ଏବଂ ତା'ପରେ ସେଗୁଡିକ ସଜାଇଲାପରେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\frac{\partial^2 X(x)}{\partial x^2} + k_x^2 X(x) = 0 \tag{1.56 (a)}$$

$$\frac{\partial^2 Y(y)}{\partial y^2} + k_y^2 Y(y) = 0 \tag{1.56 (b)}$$

$$\frac{\partial^2 Z(z)}{\partial z^2} + k_z^2 Z(z) = 0 \tag{1.56 (c)}$$

ଯେଉଁଠାରେ kx, ky ଏବଂ kz ପୃଥକ ଧ୍ରୁବ ଯାହାକି ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ ।

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = 0 \tag{1.57}$$

ଏକ୍ ଅବକତା ସମୀକରଣ (1.56) ର ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିତିୟ ଅର୍ଡର ପଦଗୁଡିକ ସମାନ ଫର୍ମରେ ଅଛି ।

ଆସନ୍ତୁ ସମୀକରଣ (1.56) (a) ପାଇଁ ଏକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ସମାଧାନ ଖୋଜିବା । kx, ମୂଲ୍ୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି ଆମେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ସମାଧାନକୁ ଏହିପରି ଲେଖିପାରିବା ।

vxj $k_x = 0$; $\quad X(x) = Ax + B$ (1.58)

vxj $k_x = k$; $\quad X(x) = A\sin kx + B\cos kx = Ce^{ikx} + De^{-ikx}$ (1.59)

ଏବଂ vxj $k_x = ik$; $\quad X(x) = A\sinh kx + B\cosh kx = Ce^{kx} + De^{-kx}$ (1.60)

ଯେଉଁଠାରେ A, B, C ଏବଂ D କୁ ଧୃବ ବୋଲି ଧରାଯାଇଛି । ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ମୁଲ୍ୟ ସୀମା ଅବସ୍ଥାରୁ ହିସାବ କରାଯାଇପାରିବ ।ସେହିଭଳି ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ସମୀକରଣ ପାଇଁ ଆମ ପାଖରେ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ସମାଧାନ ଅଛି । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମାଧାନ ପାଇଁ X (x), Y (y) କିମ୍ବା Z (z) ସମସ୍ୟାର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ଆଧାର କରି ବ୍ୟବହୃତ ବାହାର କରାଯାଇପାରେ ।

1.22 ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣର ବ୍ୟବହାର (Application of Laplace's Equation)

ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡିକ କେତେକ ସୀମାରେ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବର ଜଣାଶୁଣା ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ବ୍ୟବହାରିକ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ପାଇଁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଜରୁରୀ । ସୀମା ମୂଲ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି, ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡିକ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ସମଗ୍ର ଆୟତନରେ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବର ଏକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ସମାଧାନ ଖୋଜିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ସୀମା ମୂଲ୍ୟ ସମସ୍ୟା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଆମେ ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ବିଚାର କରିବା ।

1.22.1 ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରକ (Parallel Plate Capacitor)

ଆସନ୍ତୁ *Z*-ଅକ୍ଷରେ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରକ କଳ୍ପନା କରିବା,ଯେଉଁଠି $Z= 0$ ଏବଂ $z = d$ । ଧରାଯାଉ, ଉପର ପ୍ଲେଟର ବିଭବ *V1* ଏବଂ ନିମ୍ନ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହ ଯୋଗ ହୋଇଛି । ଯେହେତୁ ପ୍ଲେଟଗୁଡିକ *Z*-ଅକ୍ଷରେ ଅଛି, ତେଣୁ *X*- ଅକ୍ଷ ଏବଂ *Y*-ଅକ୍ଷ ସହିତ ବିଭବର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ଶୂନ ଏବଂ ତେଣୁ ଲାପ୍ଲେସ୍ ଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{d^2V}{dz^2} = 0$$

ପୂର୍ଣ୍ଣତା ସମ୍ପାଦନ କରି ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{dV}{dz} = A$$

ପୁନର୍ବାର ପୂର୍ଣ୍ଣତା ସମ୍ପାଦନ କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$V = Az + B \tag{1.61}$$

ଯେଉଁଠାରେ A ଏବଂ B ସମନ୍ୱୟର ଧୃବକୁ ଦର୍ଶାଏ

ବର୍ତ୍ତମାନ $z = 0$, v=0 ବ୍ୟବହାର କରି

ସମୀକରଣ (1.61) $B = 0$ ପାଇବା

\ $\quad V_1 = Ad$

ଏବଂ $z = d$ ପରେ $V = V_1$ ଧରିଲେ

\ $\quad V_1 = Ad$

କିମ୍ବା, $$A = \frac{V_1}{d}$$

ତେଣୁ $$V = \frac{V_1 z}{d} \tag{1.62}$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, $$\vec{E} = -\hat{z}\frac{\partial V}{\partial z} = -\hat{z}\frac{V_0}{d} \tag{1.63}$$

ତେଣୁ, $$\rho_s = \varepsilon_0 E = \varepsilon_0 \frac{V_0}{d} \tag{1.64}$$ (r_s = ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା)

ତେଣୁ, ଚାର୍ଜ ଧାରକର କ୍ଷେତ୍ରାଞ୍ଚଳ α ଭିତରେ ଆବଦ୍ଧ ଚାର୍ଜ ହେବ,

$$Q = -\varepsilon_0 \frac{V_0 \alpha}{d}$$

ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଧାରକତ୍ୱ ହେବ,

$$C = \frac{|Q|}{V_0} = \frac{\varepsilon_0 \alpha}{d} \tag{1.65}$$

ବିଶେଷ ମାମଲା: ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଅଞ୍ଚଳ ଯାହାକି ଦୁଇଟି ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ତରରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ

ମନେକର ଯେ X- ଅକ୍ଷ କିମ୍ବା Y-ଅକ୍ଷ ରେ କ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନାହିଁ ଏବଂ ମଧ୍ୟସ୍ଥଳରେ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ନାହିଁ (ଚିତ୍ର1.20) । ଆସନ୍ତୁ କଳ୍ପନା କରିବାଯେ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ୍ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହ ଯୋଗ ହୋଇଛି ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି V ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ରେ ରହିଛି । ଏହି ଦୁଇ ଅଞ୍ଚଳ ପାଇଁ, ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଲେଖାଯାଇପାରିବ:

$V_1 = A_1 z + B_1$ $z'' a$ ପାଇଁ (1.66)

ଏବଂ $V_2 = A_2 z + B_2$ $a'' z'' d$ ପାଇଁ (1.67)

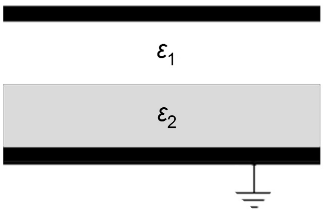
ବର୍ତ୍ତମାନ, ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ $V_2 = 0$ ଏବଂ $z = d$ ପାଇଁ $V_1 = V_0$ d ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$V_0 = A_1 d + B_1$$

ଏବଂ $$B_2 = 0$$

ତେଣୁ, $$V_1 = A_1 (z - d) + V_0$$

ଏବଂ $$V_2 = A_2 z$$



ଚିତ୍ର.1.20: ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ସହିତ ଦୁଇଟି ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ତର

ଯେହେତୁ ଉଭୟ ସମାଧାନ $z = a$ ରେ ସମାନ ବିଭବ ଦେବ

$$A_1 (a - d) + V_0 = A_2 a \tag{1.68}$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସୀମାରେ $z = a$, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ଘନତା ସଦିଶର ଧ୍ରୁବ ଅଟେ ।

ଉଲ୍ଲେଖ ଯୋଗ୍ୟ ଯେ

$\vec{D} = -\varepsilon \vec{\nabla} V$, ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$\varepsilon_1 A_1 = \varepsilon_2 A_2 \tag{1.69}$$

A_1 ଏବଂ A_2, ପାଇଁ ସମୀକରଣ(1.68) ଏବଂ (1.69) ସମାଧାନ କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$A_1 = \frac{V_0}{(a-d)+\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}a} \text{ ଏବଂ } A_2 = \frac{V_0}{(a-d)\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}+a} \quad (1.70)$$

ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିଗୁଡିକରୁ A_1 ଏବଂ A_2 ର ବ୍ୟବହାର କରି ପାଇଁ ଆମେ V_1 ଏବଂ V_2 ର ମୂଲ୍ୟ ପାଇପାରିବା ଯେପରି,

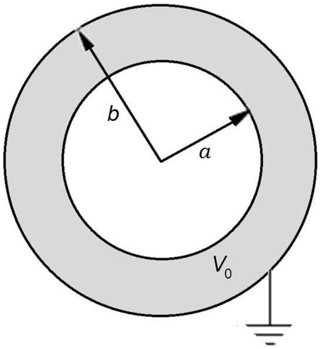
$$V_1 = \frac{V_0(z-d)}{(a-d)+\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}a} + V_0 \quad (1.71)$$

ଏବଂ

$$V_2 = \frac{V_0 z}{(a-d)\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}+a} \quad (1.72)$$

1.22.2 ଗୋଲାକାର ଚାର୍ଜ ଧାରକ (Spherical Capacitor)

ଆସନ୍ତୁ ଏକ ଗୋଲାକାର ଚାର୍ଜ ଧାରକ ବିଚାର କରିବା, ଯାହାର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଏବଂ ବାହ୍ୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ b ଯେପରି ଚିତ୍ର1.21. ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଗୋଲାକର ବିଭବ V_0 ଏବଂ ବାହ୍ୟ ଗୋଲାକଟିକୁ ଭୂମି ସହ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଅଛି । ଯେହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ କେବଳ ଗୋଲାକାର ରେଡିଆଲ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ତେଣୁ ପୋଲାର କୋର୍ଡିନେଟ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଏବଂ ସମସ୍ୟାର ସମାନତାକୁ ବିଚାର କରି ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣକୁ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,



ଚିତ୍ର 1.21: ଗୋଲାକାର କ୍ୟାପାସିଟର

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r}\right) = 0$$

ପୂର୍ଣ୍ଣତା ସମ୍ପାଦନ କଲେ $\quad r^2 \frac{\partial V}{\partial r} = A$

କିମ୍ବା, $\quad \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{A}{r^2}$

ପୁନର୍ବାର ପୂର୍ଣ୍ଣତା ସମ୍ପାଦନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (1.73)$$

ଯେଉଁଠାରେ A ଏବଂ B ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବ ବୋଲି ଧରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ $r = b,\ V = 0$

\ $\quad 0 = -\frac{A}{b} + B \Rightarrow B = \frac{A}{b}$

ତେଣୁ, $\quad V = -\frac{A}{r} + \frac{A}{b} = A\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{r}\right) \quad (1.74)$

ପୁନର୍ବାର, $r = a$ ଠାରେ $V = V_0$

\ $\quad V_0 = A\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right) \Rightarrow A = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right)}$

ଏହିପରି ସମୀକରଣ (1.74) ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$V = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a}\right)}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{r}\right) = \frac{V_0 a}{r}\frac{(r-b)}{(a-b)} = \frac{V_0 a}{r}\frac{(b-r)}{(b-a)} \quad (1.75)$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ,

$$\vec{E} = -\hat{a}_r\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{V_0 ab}{r^2(b-a)}\hat{a}_r \quad (1.76)$$

ତେଣୁ,

$$\rho_s = \varepsilon_0 E = \frac{\varepsilon_0 V_0 ab}{r^2(b-a)} \quad (r_s = \text{ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା}) \quad (1.77)$$

ତେଣୁ,

$$Q = \frac{\varepsilon_0 V_0 ab}{(b-a)}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi}\frac{r^2}{r^2}\sin\theta d\theta d\varphi$$

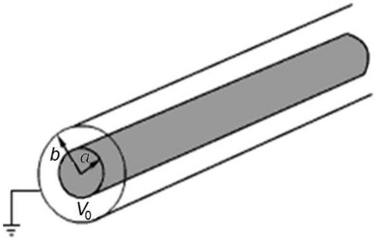
$$= \frac{4\pi\varepsilon_0 V_0 ab}{(b-a)}$$

ଏବଂ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଧାରକତ୍ୱ ହେବ,

$$C = \frac{|Q|}{V_0} = \frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{(b-a)} \quad (1.78)$$

1.22.3 ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ ଚାର୍ଜ ଧାରକ (Cylindrical Capacitor)

ଏକ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରକ ବିଚାର କରନ୍ତୁ ଯାହାର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଏବଂ ବାହ୍ୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ b ଯେପରି ଚିତ୍ର(1.22) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଧରାଯାଉ ଭିତର ସିଲିଣ୍ଡର ବିଭବ ହେଉ V_0 ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ଭୂମି ସହ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଅଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେହେତୁ ସିଲିଣ୍ଡରର ରେଡିଆଲ୍ ପ୍ରତିସାମ୍ୟ ଅଛି ତେଣୁ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ସିଷ୍ଟମ୍ ପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ, ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,



ଚିତ୍ର 1.22: ସାଇଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ କାପାସିଟର

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right) = 0$$

କିମ୍ବା,

$$r\frac{\partial V}{\partial r} = A$$

କିମ୍ବା,

$$\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{A}{r}$$

କିମ୍ବା,

$$V = A\ln r + B \quad (1.79)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ $r = b$ ଠାରେ $V = 0.$

\ $$0 = A\ln b + B$$

କିମ୍ବା,

$$B = -A\ln b$$

କିମ୍ବା,

$$V = A\ln r - A\ln b = A\ln\frac{r}{b} \quad (1.80)$$

ପୁନର୍ବାର $r = a$ ij] $V = V_0.$ ଠାରେ

\ $$V_0 = A\ln\frac{a}{b} \Rightarrow A = \frac{V_0}{\ln\frac{a}{b}}$$

ତେଣୁ, ସମୀକରଣ (1.80) ରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$V = \frac{V_0}{\ln\frac{a}{b}} \ln\frac{r}{b} = \frac{V_0}{\ln\frac{b}{a}} \ln\frac{b}{r} \qquad [a'' \; r'' \; b] \tag{1.81}$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ,

$$\vec{E} = -\hat{r}\frac{\partial V}{\partial r} = -\frac{\hat{r}}{r}\frac{V_0}{\ln\frac{b}{a}} \tag{1.82}$$

ତେଣୁ,

$$\mathrm{r}_s = \mathrm{e}_0 E_{r=a}$$

$$= \frac{\varepsilon_0}{a}\frac{V_0}{\ln\frac{b}{a}} \qquad (\mathrm{r}_s = \text{ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା}) \tag{1.83}$$

ତେଣୁ, L ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ କୋଏକ୍ସିଆଲ୍ କଣ୍ଡକ୍ଟର ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ଧାରକତ୍ୱ ହେବ

$$C = \frac{Q}{V_0} = \frac{2\pi a L}{V_0}\rho_s = \frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln\frac{b}{a}} \tag{1.84}$$

1.23 ଫାରାଡେ କେଜ୍ (Faraday Cage)

ଚାର୍ଜ, ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ ଉପରେ ଫାରାଡେଙ୍କ ପରୀକ୍ଷଣରେ, ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇଥିଲା ଯେ ଗୋଟିଏ ସୁପରିବାହୀ ଉପରେ ଚାର୍ଜ କେବଳ ବାହ୍ୟ ପୃଷ୍ଠରେ ରହିଥାଏ ଏବଂ ସେହି ପରିବାହୀ ଭିତର ସ୍ଥାନ ବାହ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ। ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ, ଫାରାଡେଙ୍କ କାର୍ଯ୍ୟରେ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ବିକଶିତ ହୋଇଥିଲା ଏବଂ ଏହା ସ୍ୱୀକାର କରାଯାଇଥିଲା ଯେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଚାର୍ଜ ବାହାରେ ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନକୁ ବିସ୍ତାର କରାଯାଇପାରିବ । ସମପ୍ରକାର ଚାର୍ଜର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିକର୍ଷଣ ହେତୁ ଗୋଟିଏ ସୁପରିବାହୀର ବାହାରେ ଚାର୍ଜର ପୁନଃବିତରଣ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।ଏଥିପାଇଁ ସୁପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଶୂନ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟିହୁଏ । ସୁପରିବାହୀ ଅର୍ଥ ସେହି ସ୍ଥାନ ଯାହା କ୍ରମାଗତ ଭାବରେ ପରିବହନ ସ୍ତର ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ । ପିଞ୍ଜରା ବାହାରେ ବିଦ୍ୟମାନ ଥିବା ଯେକୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶବ୍ଦ ସେହି ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବାତିଲ୍ ହୁଏ । ଅତ୍ୟଧିକ ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଦ୍ରବଣରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଅବମାନନା କରିବା ପାଇଁ ଏହି ମେକାନିଜିମ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।ପିଞ୍ଜରା ଭିତରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ସମସ୍ତ ଶବ୍ଦକୁ ପିଞ୍ଜରା ବାହାରକୁ ପଳାୟନ କରିବାକୁ ମଧ୍ୟ ବାରଣ କରାଯାଇଛି ।

ଏଠାରେ କିଛି ବିଷୟ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଇଛି । ପ୍ରଥମଟି ହେଉଛି, ପିଞ୍ଜରାରେ ବିହଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଫାଙ୍କ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହା ବାହ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରବେଶ ପାଇଁ ଅନୁମତି ଦିଏ ।ଏକ ଜାଲ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିକିରଣର ପ୍ରବେଶ କେବଳ ବ୍ୟସ ବିଶିଷ୍ଟ ଦ୍ୱାର, 0.02 ମିଟର ଏବଂ ଛୋଟ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ ପାଇଁ ଅନୁମତି ଦିଏ । ଯାହା 150 ଗିଗାହର୍ଜ ଆବୃତ୍ତି ସହ ସମାନ । ଦ୍ୱିତୀୟଟି ହେଉଛି, ଏକ ଲମ୍ବା ପରିବାହୀ ସାମଗ୍ରୀ । ଫାରାଡେ ପିଞ୍ଜରାର ପ୍ରବେଶ ପଥରେ ଏକ କବାଟ କିମ୍ବା ଖୋଲିବା ମାଧ୍ୟମ ନିରନ୍ତରତାରେ ବିରତି ପାଇଁ ସମ୍ଭାବନା ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱ ଅନିରନ୍ତର ହୁଏ ତେବେ ଚାର୍ଜର ପୁନଃବିତରଣ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ହୋଇନପାରେ ।ସେହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ବାତିଲ୍ ପ୍ରଭାବ ବିଦ୍ୟମାନ ହେବ ନାହିଁ ଏବଂ ପିଞ୍ଜରା ଭିତରେ ଏକ ଅଣ-ଶୂନ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟମାନ ହେବ । କମ ଆବୃତ୍ତି କାର୍ଯ୍ୟକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଧାର ସହିତ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ତାର ଦ୍ୱାରା କରାଯାଇପାରିବ । କିନ୍ତୁ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତିରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପରୀକ୍ଷଣ ପାଇଁ ଏହା ପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ନୁହେଁ । ଅନ୍ତିମ କଥା ହେଉଛି, ପିଞ୍ଜରାର ପରିବାହକତାକୁ ବିଚାର କରିବା । ଯେତେବେଳେ ପିଞ୍ଜରାର

ଆକାର ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏହା ଏକ ବୃହତ ଚିନ୍ତାରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରେ । ପରିବହନ ସ୍ତର ଯେତେ ଅଧିକ ପ୍ରତିରୋଧକ ହେବ ଚାର୍ଜ ପୁନଃବଣ୍ଟନ,ସେତେ ମନ୍ଥର ହେବ । ଯାହା ଏକ ଅଣ-ବାତିଲ୍ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରିବ ।

ବ୍ୟବହାର ଗୁଡିକ: ଫାରାଡେ କେଜ୍ ସର୍ବଦା କୋଳାହଳ ହ୍ରାସ କରେ । ବିଶେଷ କରି ଏକ ଏସି ପାୱାରଗ୍ରୀଡ୍ ସହିତ ପାୱାରଲାଇନ୍ର କୋଳାହଳ । କିଛି ପରୀକ୍ଷଣ କମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ କାରବାର କରେ । ପ୍ରାକୃତିକ ବିଦ୍ୟୁତ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ ପରବର୍ତ୍ତୀ ବର୍ଗରେ ପଡେ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ମାଇକ୍ରୋ କିମ୍ବା ନାନୋ-ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ୍ ଜଡିତ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଉଭୟଙ୍କର ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ଥାଏ । ଅବକ୍ଷୟ ହୁଏତ ଅଧିକ ସଠିକତା ଏବଂ ନିର୍ଭୁଲ ଆବଶ୍ୟକ କରିନପାରେ, କିନ୍ତୁ କ୍ଷୟ ପ୍ରତିରୋଧକ ମିଶ୍ରଧାତୁ ନାନୋ ଏମ୍ପିୟର ରେଞ୍ଜରେ ମାପ ହୋଇଥିବା ବିଦ୍ୟୁତକୁ ବୁଝାଏ, ଯେଉଁଠାରେ ଏକ ଫାରାଡେ କେଜ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ସେଲ୍ ବିଦ୍ୟୁତ 1 μA ଅତିକ୍ରମ କରେ ନାହିଁ, ଏକ ଫାରାଡେ କେଜ୍ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ।

1.24 କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ (Coffee Ring Effect)

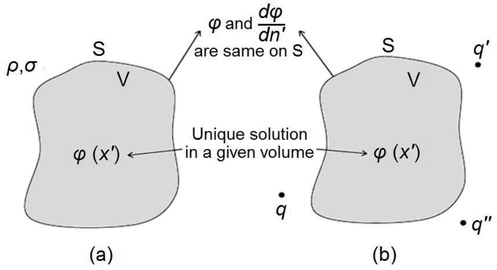
ଖାଲୁଆ ଜାଗାରୁ ଜମିଥିବା ପାଣି ବାଷ୍ପିଭୂତ ହାଲାପରେ ଯେଉଁ ନମୁନା ରହିଯାଏ,ତାହାକୁ କଫି ରିଙ୍ଗ ବା କଫିଂ ବଳୟ କୁହାଯାଏ । କଫିଂ ଢାଳି ଯାଇଥିବା ସ୍ଥାନର ପରିସୀମା ମଧ୍ୟରେ ବଳୟ ସଦୃଶ ସ୍ୱଭାବ ସିଦ୍ଧ ଜମାଟକୁ ମଧ୍ୟ କଫିଂ ବଳୟ ଭାବରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟ ନାଲି ରଙ୍ଗର ମଦ ଢାଳି ଦେଲାପରି ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ରିଙ୍ଗ ଗୁଡିକ ଗଠନ ପଛରେ ଥିବା ଯନ୍ତ୍ରଗଠନ କୌଶଳକୁ କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ କିମ୍ବା କଫି ଦାଗ ପ୍ରଭାବ, କିମ୍ବା ସରଳ ଭାବରେ ରିଙ୍ଗ ଦାଗ ପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ ।

କଫି-ରିଙ୍ଗ ଢାଞ୍ଚା କୈଶିକ ଆକର୍ଷ ଜନିତ ପ୍ରବାହରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଯାହା ବୁନ୍ଦାରେ ଭିନ୍ନ ବାଷ୍ପୀକରଣ ହାର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ । ଧାରରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବାଷ୍ପୀକରଣ ହେଲେ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣରୁ ପ୍ରବାହିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥାନଟି ପୁନଃପୂରଣ ହେଉଥାଏ । ଫଳସ୍ୱରୂପ ଉକ୍ତ ପ୍ରବାହ ସମସ୍ତ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଧାରକୁ ବହନକରେ ।

ସମୟ ସହିତ, ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଏକ ଦ୍ରୁତ-ଘଣ୍ଟା ପ୍ରଭାବ ଦେଖାଏ, ଶୁଖିବା ପ୍ରକ୍ରିୟା ବଜାୟ ରଖିବା ସମୟରେ ଅନ୍ତିମ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଧାରଆଡକୁ ପ୍ରବାହ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କରିଥାଏ । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ପ୍ରବାହ କଣିକା ଗୁଡ଼ିକୁ ବୁନ୍ଦାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ପୁନଃ ବଣ୍ଟନ କରେ । କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଧାରରେ ଜମା ହେବା ପାଇଁ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଦୁର୍ବଳ ପ୍ରବାହ କିମ୍ବା ପ୍ରବାହକୁ ବାଧା ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ହ୍ରାସ କରିବାକୁ ସର୍ଫେକ୍ଟାଣ୍ଟଗୁଡିକ ଯୋଡାଯାଇପାରିବ । ଭୂପୃଷ୍ଠ ଟେନସନ୍ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ, ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହକୁ ବ୍ୟାହତ କରେ । ଜଳର ଏକ ଦୁର୍ବଳ ପ୍ରବାହ ଅଛି, ଯାହା ପରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାକୃତିକ ସର୍ଫେକ୍ଟାଣ୍ଟଦ୍ୱାରା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ କ୍ୟାପିଲରି-ଚାଳିତ ଆସେମ୍ବ୍ଲି ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ସବ୍ ଷ୍ଟ୍ରେଟ୍ ରେ କଣିକା ଅର୍ଡର କରିବା ପାଇଁ କନଭେକ୍ଟିଭ୍ ଜମାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ଏକ ସ୍ଥିର ବୁନ୍ଦା ବଦଳାଇ । କନଭେକ୍ଟିଭ୍ ଜମା କଣିକା ଆଭିମୁଖ୍ୟକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିପାରେ, ଯାହା ଉପରେ ବାଷ୍ପୀକରଣ ହୁଏ ତାହା ଉପରେ ପତଳା ମେନିସ୍କସ୍ ସ୍ତରରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସର୍ବାଧିକ ପ୍ୟାକିଂ ଅବସ୍ଥାରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ସିଷ୍ଟମ୍ ଦ୍ୱାରା ସୁଲଭ । ଏହା ଦର୍ଶାଯାଇଥିଲା ଯେ କନଭେକ୍ଟିଭ୍ ଆସେମ୍ବ୍ଲି ବହୁ-ସ୍ତରକୁ ଏକତ୍ର କରିବାରେ କଣିକା ଆଭିମୁଖ୍ୟକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିପାରିବ, ଯାହାଫଳରେ ଡମ୍ବଲ୍ ଆକୃତିର କଣିକାରୁ ଦୀର୍ଘ ଦୂରତା 3ଡି କୋଲୋଇଡାଲ୍ ସ୍ଫଟିକ ହୋଇପାରେ । ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଅଗ୍ରଗତି କୋଲୋଇଡାଲ୍ କଣିକାରୁ ଅଜୈବିକ ସ୍ଫଟିକର ସଂଗଠିତ ଢାଞ୍ଚାପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କଫି-ରିଙ୍ଗ ଆସେମ୍ବ୍ଲିର ପ୍ରୟୋଗକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିଛି ।

1.25 ଫଟୋଗୁଡିକର ପଦ୍ଧତି (Method of Images)

ଲାପ୍ଲେସ୍ ଏବଂ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଅନେକ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ। ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସେଟ୍‌ପାଇଁ, ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ କିମ୍ବା ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣଙ୍କ ସମାଧାନ ଖୋଜିବା ପାଇଁ, ଆମକୁ ପ୍ରଥମେ ଏହି ସତ୍ୟକୁ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବାକୁ ପଡିବ ଯେ ବ୍ୟବହୃତ ପଦ୍ଧତିର ନିର୍ବିଶେଷରେ ସମାଧାନ ହେଉଛି ଏକ ଅନନ୍ୟ ସମାଧାନ। ଏହାକୁ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟ କୁହାଯାଇପାରିବ। କିମ୍ବା ସୀମା ସର୍ତ୍ତର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସେଟ୍ ରେ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଧରାଯିବ।

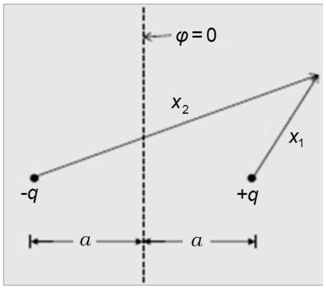


ଚିତ୍ର **1.23:** ଅନନ୍ୟତା ଥିଓରେମ୍

ଚିତ୍ର1.23 ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବାହ୍ୟ ଚାର୍ଜ ବିତରଣକୁ ତୁଳନା କରେ ଯେପରି (କ) r, s ଏବଂ (ଖ) ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରାଯାଇଛି q, q', q'',....,, କିନ୍ତୁ ସେହି ସିଷ୍ଟମଗୁଡିକର ସୀମା ସର୍ତ୍ତ ସମାନ। ତା'ପରେ, ଏହି ଅଞ୍ଚଳ ଭିତରେ ବିଭବ ସମାନ। ପ୍ରତିଛବି ଚିର୍ଜ ଗୁଡିକ ଦତ୍ତ ଆୟତନ ପାଇଁ ବାହ୍ୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ।

1.25.1 ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଏକ ପରିବାହୀ ସମତଳ ସମ୍ମୁଖରେ (Point Charge in Front of a Conducting Plane)

ମନେକର ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q କୁ ଚିତ୍ର1.24 ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ପରି ଅସୀମ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ପରିବାହୀ ସମତଳ ନିକଟରେ ରଖାଯାଇଛି। ପରିବାହୀ ସମତଳଟିକୁ YZ-ଅକ୍ଷ ସହ ସମାନ୍ତରାଳ କରାଯାଉ ଏବଂ X-ଅକ୍ଷର x = a ରେ ଚାର୍ଜ ରହେ। ବର୍ତ୍ତମାନ 2a ଦୂରତାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜର ଏକ ସିଷ୍ଟମ୍ ବିଚାର କରାଯାଉ(ଚିତ୍ର1.24)।



ଚିତ୍ର **1.24:** ଏକ ପରିଚାଳନା ସମତଳ ସମ୍ମୁଖରେ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ

ବିଭବ: (x, y, z) ରେ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବିଭବ ହେବ,

$$\varphi(x,y,z) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} + \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 r_2}$$

କିମ୍ବା,

$$\varphi(x,y,z) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\sqrt{(x-a)^2+y^2+z^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2+y^2+z^2}}\right] \qquad (1.85)$$

ଏହି ସମୀକରଣ କେବଳ (a) ପୋଇସନ୍ ସମୀକରଣ $x > 0$ ପାଇଁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ନୁହେଁ ବରଂ ଏହା (b) ଚାର୍ଜର ସୀମା ବାହାରେ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ, ଏବଂ ମୂଳ ସମସ୍ୟାର ସୀମା ସର୍ତକୁ ମଧ୍ୟ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ। ତେଣୁ ସମୀକରଣ (1.85) ହେଉଛି ବିଭବ (x > 0)ର ସଠିକ ସମୀକରଣ।

ପ୍ରେରିତ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ: ପରିବାହୀରେ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେଉଛି

$$\sigma(y,z) = \varepsilon_0 E_x\big|_{x=0} = -\varepsilon_0 \frac{\partial\varphi}{\partial x}\bigg|_{x=0}$$

$$-\frac{qa}{2\pi\left(a^2+y^2+z^2\right)^{3/2}} \tag{1.86}$$

ମୋଟ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ ହେଉଛି

$$Q = \iint \sigma(y,z)dydz$$

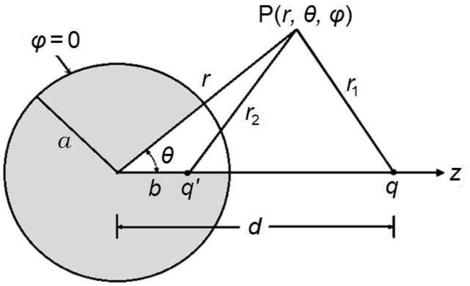
$$= -\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} \frac{qa}{2\pi\left(a^2+r^2\right)^{3/2}} rdrd\varphi$$

$$= -\frac{qa}{\sqrt{a^2+r^2}}\Bigg|_0^{\infty} = -q \tag{1.87}$$

ଯେଉଁଠାରେ $y^2 + z^2 = r^2$ q ଚାର୍ଜ ସମତଳ ଆଡକୁ ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ କାରଣ ଏହା ନକାରାତ୍ମକ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ହେବ

$$F = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(2a)^2} \tag{1.88}$$

1.25.2 ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଏକ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହ ଯୋଡି ହୋଇଥିବା ଗୋଲକ ସମ୍ମୁଖରେ (Point Charge in Front of Grounded Conducting Sphere)



ଚିତ୍ର 1.25: ଏକ ସାମ୍ନାରେ ପଏଣ୍ଟ ଚାର୍ଜ ଗ୍ରାଉଣ୍ଡ ପରିଚାଳନା କ୍ଷେତ୍ର

ଚିତ୍ର1.25 ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ କୁ ଦର୍ଶାଏ ଯାହାକି a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ସଂଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଗୋଲକର ଆଖପାଖରେ ଅଛି । ଗୋଲାକାର ସମନ୍ୱୟ ମାଧ୍ୟମରେ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ସୁବିଧାଜନକ ଯେତେବେଳେ ସମନ୍ୱୟର ଉତ୍ପତ୍ତି ସ୍ଥଳ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ରହେ ।

ବିଚାର କରାଯାଉ, ଚାର୍ଜ q z-ଅକ୍ଷର $z = d$ ରେ ଅବସ୍ଥିତ । ସୀମା ସର୍ତ୍ତ, ଗୋଲକ ଭିତରେ $(z = b)$ ଥିବାଏକ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୋଇପାରିବ ।

ବିଭବ: ଚାର୍ଜ q ଏବଂ q' କାରଣରୁ ବିଭବ ହେବ,

$$\varphi(r,\theta,\varphi) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} + \frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 r_2}$$

କିମ୍ବା,

$$\varphi(r,\theta,\varphi) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{\sqrt{r^2+d^2-2rd\cos\theta}} - \frac{q'}{\sqrt{r^2+b^2-2rb\cos\theta}}\right] \tag{1.89}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ସମସ୍ତ qପାଇଁ j$(r = a$, q, j$) = 0$

ଯଦି

$$\sqrt{\frac{a^2+b^2-2ab\cos\theta}{a^2+d^2-2ad\cos\theta}} = -\frac{q'}{q} = \text{constant}$$

ଏହା ସମ୍ଭବ

ଯଦି $$b = \frac{a^2}{d} \tag{1.90}$$

ତା'ପରେ $$\sqrt{\frac{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta}{a^2 + d^2 - 2ad\cos\theta}} = \frac{a}{d}$$

ଏବଂ $$q' = -\frac{a}{d}q \tag{1.91}$$

ଏହି ସମୀକରଣ (1.90) ଏବଂ (1.91) ଗୁଡିକ ପ୍ରତିବିମ୍ବ q' ଚାର୍ଜର ଅବସ୍ଥାନ ଏବଂ ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରନ୍ତି ।

ପ୍ରେରିତ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ: ପରିବାହୀ ରେ ପ୍ରେରିତ ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା

$$\sigma(\theta,\varphi) = -\varepsilon_0 \frac{\partial\varphi}{\partial r}\bigg|_{r=a} = -\frac{q}{4\pi a^2}\frac{a}{d}\frac{1-\frac{a^2}{d^2}}{2\pi\left(1+\frac{a^2}{d^2}-2\frac{a}{d}\cos\theta\right)^{3/2}} \tag{1.92}$$

ସମତଳରେ ସମୁଦାୟ ପ୍ରେରିତ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ହେଉଛି

$$Q = \iint \sigma(\theta,\varphi)a^2 \sin\theta d\theta d\varphi$$

$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} -\frac{qa}{2d}\frac{1-\frac{a^2}{d^2}}{\left(1+\frac{a^2}{d^2}-2\frac{a}{d}\cos\theta\right)^{3/2}}\sin\theta d\theta d\varphi \tag{1.93}$$

$$= -\frac{qa}{d} = q' \tag{1.93}$$

ଚାର୍ଜ q ଗୋଲକ ଆଡକୁ ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ କାରଣ ଗୋଲକରେ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରିତ ହୋଇଛି । ତେଣୁ, ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଆକର୍ଷଣର ବଳ ହେଉଛି

$$F = -\frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0 (d-b)^2}$$

$$= -\frac{q^2 a}{4\pi\varepsilon_0 d^3}\left(1-\frac{a^2}{d^2}\right)^{-2} \tag{1-94}$$

ଏକକ ସାରାଂଶ (UNIT SUMMARY)

- **ଚାର୍ଜର କ୍ୱାଣ୍ଟିଜେସନ୍**

$$q = ne$$

- **ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ**

ଚାର୍ଜ ସୃଷ୍ଟି କିମ୍ବା ନଷ୍ଟ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍, ଏକ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷିତ ।

- **କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ**

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$ [q_1 ଏବଂ q_2 ଚାର୍ଜ ଦୂରତା r ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଛି]

- **ସୁପରପୋଜିସନ୍ ନୀତି**

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\vec{r}_{31} + \frac{q_2 q_3}{r_{32}^2}\vec{r}_{32}\right]$$ [3-ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ବ୍ୟବସ୍ଥାପାଇଁ]

- **ଚାର୍ଜ ଘନତା**

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0}\frac{\Delta q}{\Delta V} \qquad \sigma = \lim_{\Delta S \to 0}\frac{\Delta q}{\Delta S} \qquad \lambda = \lim_{\Delta l \to 0}\frac{\Delta q}{\Delta l}$$

- **ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା**

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{r} - \vec{r}'}{\left|\vec{r} - \vec{r}'\right|^3}$$

- **ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ୍: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସଂରକ୍ଷଣ**

$$\vec{\nabla} \times \vec{E}(\vec{r}) = 0$$

- **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ**

$$\varphi = \int d\varphi = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \int_S E\,dS\cos\theta$$

- **ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ**

$$\varphi = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

- **ଗାଉସ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ**

ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ସିଲିଣ୍ଡର ଚାରିପାଖରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର: $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଠିନ ଗୋଲକ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର: $E\frac{\rho r}{3\varepsilon_0}$ [r < a ପାଇଁ]

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$ [r > a osQ fy,]

ଏକ ଅଣପରିବାହୀ ଅସୀମ ଚାର୍ଜସିଟ୍ ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

- ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମରୁ କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

$$\iint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q_1}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow F = q_2 E = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$ [ଏକ ଚାର୍ଜq ଠାରୁ r ଦୂରରେ]

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ପାର୍ଥକ୍ୟ

$$V_{AB} = V_A - V_B = -\int_{r_A}^{r_B} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right]$$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ହିସାବ

ରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, $V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\lambda(\vec{r}')dl'}{|\vec{r} - \vec{r}_n|}$

ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, $V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\sigma(\vec{r}')dS'}{|\vec{r} - \vec{r}_n|}$

ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, $V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_l \frac{\rho(\vec{r}')dV'}{|\vec{r} - \vec{r}_n|}$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right]$$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left[\vec{p} - \frac{(\vec{p}.\vec{r})\vec{r}}{r^2}\right] = -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left[\vec{d} - \frac{(\vec{d}.\vec{r})\vec{r}}{r^2}\right]$$

- ପୋଇସନ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସ ସମୀକରଣ

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad \nabla^2 V = 0$$

- ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟ

ଯଦି ଲାପ୍ଲେସ ସମୀକରଣର ଦୁଇଟି ସମାଧାନ ସମାନ ସୀମା ସ୍ଥିତିକୁ ମାନନ୍ତି ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବୋତ୍ତମ ଭିନ୍ନତା ହେଉଛିଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

- କାର୍ଟେସିଆନ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍ ପଦ୍ଧତିରେ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ

ଯଦି $k_x = 0;\quad X(x) = Ax + B$

ଯଦି $k_x = k;\quad X(x) = A\sin kx + B\cos kx = Ce^{ikx} + De^{-ikx}$

ଯଦି $k_x = ik; \quad X(x) = A\sinh kx + B\cosh kx = Ce^{kx} + De^{-kx}$

- **ପୋଇସନ୍ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସ୍ ସମୀକରଣର ପ୍ରୟୋଗ କାର୍ଟେସିଆନ୍, ସ୍ଫେରିକାଲ୍ ଏବଂ ସାଇଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ତନ୍ତ୍ରକୁ**

ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣର ସମାଧାନ: $V = \frac{V_1 z}{d}$

ଏକ ଗୋଲାକାର କ୍ୟାପାସିଟର ପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣର ସମାଧାନ $V = \frac{V_0 a}{r}\frac{(b-r)}{(b-a)}$

ଏକ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ କ୍ୟାପାସିଟର ପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣର ସମାଧାନ: $V = \frac{V_0}{\ln\frac{b}{a}}\ln\frac{b}{r} \quad [a \le r \le b]$

- **ଫାରାଡେ କେଜ୍**

ଫାରାଡେ କେଜ୍ ସର୍ବଦା ଶବ୍ଦ ହ୍ରାସ କରେ, ବିଶେଷ କରି ଏସି ପାୱାର୍ ଗ୍ରୀଡ୍ ରେ ପାୱାର୍ ଲାଇନ୍ ଶବ୍ଦ ।

- **କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ**

ଏକ କଫି ରିଙ୍ଗ ହେଉଛି କଣିକା ବୋଝେଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୋଖରୀ ଦ୍ୱାରା ଛାଡିଥିବା ଏକ ଢାଞ୍ଚା ଯାହା ବାଷ୍ପହୋଇଯାଏ । ଏହି ଘଟଣାକୁ ପରିଧି ସହିତ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ରିଙ୍ଗ (ବଳୟ) ପରି ଜମା ଭାବରେ ଜଣାଯାଏ । କଫି ର ଏକ ସ୍ପିଲ୍ । ନାଲି ମଦ ଢାଳିବା ପରେ ଏହା ମଧ୍ୟ ମିଳିଥାଏ । ପଛରେ ଥିବା ମେକାନିଜିମ୍ । ଏହି ରିଙ୍ଗଗୁଡିକର ଗଠନ କଫି ରିଙ୍ଗ ପ୍ରଭାବ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା

ପ୍ରତିଛବିଗୁଡିକର ପଦ୍ଧତି

ଏକ ପରିବାହୀ ସମ୍ମୁଖରେ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ

$$F = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(2a)^2}$$

ଏକ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସଂଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଗୋଲକ ସମ୍ମୁଖରେ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ

$$q' = -\frac{a}{d}q$$

$$F = -\frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0(d-b)^2} = -\frac{q^2 a}{4\pi\varepsilon_0 d^3}\left(1 - \frac{a^2}{d^2}\right)^{-2}$$

ଅନୁଶୀଳନୀ (EXERCISES)

ଏକାଧିକ ବିକଳ୍ପ ପ୍ରଶ୍ନ

1.1 ଯଦି (r, θ, ϕ) ଏକ ବିନ୍ଦୁର ଗୋଲାକାର ପୋଲାର ସମନ୍ୱୟକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଯେଉଁଠାରେ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଦିଆଯାଇଛି $V = k\phi^2$ ତେବେ ସେହି ଅଞ୍ଚଳ ସହିତ ଜଡିତ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେବ

(a) କେବଳ ϕ ରି ଏକ ଫଳନ (b) ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ସ୍ଥିର

(c) ସମସ୍ତ ସମନ୍ୱୟର(r, θ, ϕ) ଏକ ଫଳନ (d) କେବଳ(r, ϕ) ର ଫଳନ

1.2 ଯଦି 1 ମିଟର ପାର୍ଶ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସମଘନର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଯଦି q କୁଲମ୍ବ ଚାର୍ଜ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱ ଦେଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ହେବ

(a) $\frac{q}{4\varepsilon_0}$ (b) $4e_0q$

(c) $\frac{q}{6\varepsilon_0}$ (d) $\frac{q}{\varepsilon_0}$

1.3 ଯଦି $\vec{s}$ ସଦିଶ ବିଶିଶ୍ଚ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ମାଧ୍ୟମରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ $6\hat{j}$ ହୁଏ ଓ ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର $3\hat{i}+\hat{j}$ ହୁଏ ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ହେବ

(a) 10 Nm^2C^{-1} (b) 6 Nm^2C^{-1}

(c) 15 Nm^2C^{-1} (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

1.4 ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ ହୁଏ

(a) $\nabla^2 V = 0$ (b) $\nabla^2 V = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

(c) $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ (d) $\nabla^2 V = \infty$

1.5 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଏକ ଅଦିଶ ବିଭବର ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଭାବରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ

(a) କାରଣ ଏହା ରକ୍ଷଣଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ର

(b) କାରଣ ଏହା ସର୍ବଦା ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍

(c) ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ର x, y ଏବଂ z ସହ ଏକ ରୈଖିକ ହୋଇଥାଏ

(d) ଯେଉଁଠାରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନାହିଁ

1.6 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର E ଅଧୀନରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଦ୍ୱିମେରୁ ର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କେତେ ହେବ

(a) $\tau = p_0 E \tan\theta$ (b) $\tau = p_0 E \sin\theta$

(c) $\tau = p_0 E \cos\theta$ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

1.7 ଦୁଇଟି ଗୋଲାକାର ପରିବିହିର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧr ଓ $2r$ ଏବଂ ସେମାନେ q ଏବଂ $2q$ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରନ୍ତି । ଯଦି ଏହି ଦୁଇଟି କ୍ଷେତ୍ରର ପୃଷ୍ଠ ବାହାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ E_1 ଏବଂ E_2, ହୁଏ,ତେବେ

(a) $E_1 = E_2$ (b) $E_1 = 2E_2$

(c) $2E_1 = E_2$ (d) $E_1 = 4E_2$

1.8 ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି $(\vec{p})$ ଯଦି $\vec{E}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରହେ, ତେବେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବଳ $(\vec{\tau})$ କୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ

(a) $\vec{\tau} = -\vec{p} \times \vec{E}$ (b) $\vec{\tau} = -\vec{p}.\vec{E}$

(c) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ (d) $\vec{\tau} = \vec{p}.\vec{E}$

1.9 ସମାନ ଚାର୍ଜ ଘନତା s ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ

(a) 0 (b) $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$

(c) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ (d) $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

1.10 ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଞ୍ଚଳରେ, ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର E = 0, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ହେବ

(a) ଶୂନ (b) ସ୍ଥିର

(c) ସ୍ଥିତିର ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ (d) *infinity*

1.11 $\int_S \vec{D}.d\vec{S}$ ର ଏକକ କ'ଣ ହେବ

(a) C (b) F

(c) W (d) V

1.12 ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସିଷ୍ଟମର ଯୋଉଠି q_1 ଏବଂ q_2 r ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ପୃଥକ, ତାହାର , ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ବଳ କ'ଣ ହେବ

(a) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$ (b) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r}$

(c) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1^2 q_2}{r^2}$ (d) $\frac{\varepsilon_0}{4\pi}\frac{q_1 q_2}{r^2}$

1.13 V_1 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ P_1 ରୁ V_2 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ P_2 କୁ q ଚାର୍ଜ ବିସ୍ଥାପିତ କରିବା ପାଇଁ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି

(a) $q\,(V_1 - V_2)$ (b) $q\,(V_1 V_2)$

(c) $q\,(V_1 + V_2)$ (d) $q\,(V_1/V_2)$

1.14 ଯଦି ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଚାର୍ଜ $+q$ ଯାହାକି V ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ, ତାଉପରେ ଗତିଜ ବଳ ହେଉଛି

(a) $\frac{1}{2}qV^2$ (b) qV^2

(c) qV (d) $\frac{1}{2}qV$

1.15 ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରିଥିବା ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରାପ୍ତ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ

(a) ଲାପ୍ଲେସ୍ ସମୀକରଣ (b) ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ

(c) ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ ସମୀକରଣ (d) କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

1.16 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଫିଲ୍ଡ ସଦିଶ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ଉକ୍ତି ସଠିକ୍ ନୁହେଁ?

(a) $\oint_c \vec{E}\cdot d\vec{r} = 0$, କେଉଁଠାରେ c ଏକ ସରଳ ବନ୍ଦ ହୋଇଥିବା ବକ୍ର କ୍ଷେତ୍ର

(b) $\int_a^b \vec{E}.d\vec{r}$ ଦିଆଯାଇଥିବା ଶେଷ ବିନ୍ଦୁଗୁଡିକ a ଏବଂ b ରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ଅଟେ

(c) $\vec{E} = \vec{\nabla}\times\vec{A}$ କିଛି ସଦିଶ ପୋଟେନସିଆଲ $\vec{A}$ ପାଇଁ

(d) $\vec{E} = \vec{\nabla}\phi$ କିଛି ସ୍କାଲାର୍ କ୍ଷେତ୍ର f ପାଇଁ

1.17 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର $(\vec{E})$ ର ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ (f) ଯାହାର ପୃଷ୍ଠS

(a) $\vec{E}.d\vec{S}$

(b) $\oiint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}$

(c) $\vec{E}\times d\vec{S}$

(d) $\oiint_S \vec{E}\times d\vec{S}$

1.18 ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ r ଭଲ୍ୟୁମ୍ ଚାର୍ଜ ଘନତା ଯୋଗୁ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ କ'ଣ ହେବ

(a) $\nabla^2 V = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

(b) $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$

(c) $\nabla^2 V = 0$

(d) $\nabla^2 V = \frac{\rho^2}{\varepsilon_0}$

1.19 ସମାନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ତ୍ୱରଣର ଅନୁପାତ ହେଉଛି,

(a) 0 (b) 1 (c) $\frac{m_p}{m_e}$ (d) $\frac{m_p}{m_e}$

1.20 ଯଦି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ରୁ 0.25 ମିଟର ଦୂରତାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 2NC–1 ତେବେ,ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ର ମୂଲ୍ୟ କ'ଣ ହେବ,

(a) 1.39×10^{-5} μC (b) 1.39×10^{5} μC

(c) 13.9×10^{-5} C

(d) 10^{-6} μC

1.21 ଶୂନ୍ୟରେ ଏକ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ଧାତବ ଗୋଲକର ଭୂପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା ହେଉଛି s ଏହା ନିକଟରେ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏସଆଇ ୟୁନିଟ୍ ହେବ

(a) se_0 (b) $\frac{\varepsilon_0}{\sigma}$ (c) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ (d) $\varepsilon_0^2\sigma$

1.22 2×10^{-4} କେଜି ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ 9.8×10^{-2} mC ଚାର୍ଜ ର ଏକ ତରଳ ବୁନ୍ଦାକୁ ସନ୍ତୁଳିତ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବା

(a) 10^4 NC^{-1}

(b) 2×10^4 NC^{-1}

(c) 4×10^4 NC^{-1}

(d) 5×10^4 NC^{-1}

1.23 ଶୂନ୍ୟରେ k ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳର ଅନୁପାତ

(a) $1: k$ (b) $1: K^2$ (c) $k^2: 1$ (d) $k: 1$

1.24 ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ର ପ୍ରତିଛବି ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଯାହାକି ଏକ a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଭୂମି ସଂଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଏକ ପରିବାହୀ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରୁ d ଦୂରତାରେ ଅଛି

(a) $q' = -\frac{d}{a}q$ (b) $q' = -\frac{a}{d^2}q$

(c) $q' = -\frac{a^2}{d}q$ (d) $q' = -\frac{a}{d}q$

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର									
1.1	(*d*)	**1.2**	(*c*)	**1.3**	(*b*)	**1.4**	(*c*)	**1.5**	(*a*)
1.6	(*b*)	**1.7**	(*b*)	**1.8**	(*c*)	**1.9**	(*c*)	**1.10**	(*b*)
1.11	(*a*)	**1.12**	(*b*)	**1.13**	(*a*)	**1.14**	(*c*)	**1.15**	(*b*)
1.16	(*c*)	**1.17**	(*b*)	**1.18**	(*b*)	**1.19**	(*d*)	**1.20**	(*a*)
1.21	(*c*)	**1.22**	(*b*)	**1.23**	(*d*)	**1.24**	(*d*)		

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଲମ୍ବା ଉତ୍ତର ପ୍ରକାର ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

ବର୍ଗ- ପ୍ରଥମ

1.1 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହର ଧାରଣା ବ୍ୟବହାର କରି ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତୁ

1.2 ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ $V(x, y)$ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ କି ନାହିଁ। ଦିଆଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସହିତ ଜଡିତ ଚାର୍ଜ ଘନତା ମଧ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ।

1.3 ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଉପଯୁକ୍ତ ବ୍ୟବହାର କରି କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ବାହାର କର।

1.4 ଅନୁସନ୍ଧାନ କରନ୍ତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E} = yz\hat{i} + zx\hat{j} + xy\hat{k}$ ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍ ତଥା ରକ୍ଷଣଶୀଳ।

1.5 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳନ ରୂପ ଏହାର ଏକକୀକରଣ ରୂପରୁ ପାଇବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର।

1.6 ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ଏବଂ ଗୋଲାକାର ସ୍ଥାନାଙ୍କ ତନ୍ତ୍ରରୁ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଲାପ୍ଲେସ୍ ସମୀକରଣ ବାହାର କର।

1.7 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମରୁ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କର।

1.8 ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି s ଚାର୍ଜ ଘନତା ବହନ କରୁଥିବା ଅସୀମ ବିସ୍ତାରିତ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜ ଧାରକ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକକ୍ଷେତ୍ରର ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କରନ୍ତୁ, ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପୃଥକତା d.

1.9 ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ଫଳନ $x^2 - y^2 + z$, ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ କି ନାହିଁ।

1.10 ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସମସ୍ୟାରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଉପପାଦ୍ୟର ଉପଯୋଗିତା ଉପରେ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଗୁରୁତ୍ୱାରୋପ କର।

1.11 a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ପରିବାହୀ ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷରୁ r ଦୂରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣ ସମାଧାନ କରନ୍ତୁ, ଯାହାର ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ଘନତା s। ସିଲିଣ୍ଡରର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଶୂନ ଧରି ନିଅନ୍ତୁ।

1.12 ଯଦି ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସର୍ବଦା X- ଦିଗରେ ରହେ,ତେବେ ପ୍ରମାଣ କର,

କ) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ y ଏବଂ z ସମନ୍ୱୟ ଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ଏବଂ

ଖ) ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିର ଥାଏ, ତେବେ ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ନାହିଁ।

1.13 ମନେକରାଯାଉ ଗୋଲାକାର ସମନ୍ୱୟ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E} = \alpha r^3 \hat{r}$ (a ଏକ ସ୍ଥିର)। ଅନୁରୂପ ଚାର୍ଜ ଘନତା ଖୋଜନ୍ତୁ।

1.14 ଏକ ବହୁତ ଲମ୍ବା ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଏହାର ଅକ୍ଷ ଠାରୁ (r) ଦୂରତା ସହିତ ସମାନୁପାତି। ଯଦି ସିଲିଣ୍ଡର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଅଟେ ତେବେ ଗାଉସ୍ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ କରି $r > a$ ଏବଂ $r < a$ ଠାରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର।

1.15 ମୌଳିକତାରୁ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ ଏବଂ ଲାପ୍ଲେସର ସମୀକରଣରେ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରନ୍ତୁ।

1.16 ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତୁ। ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା 10^4 NC^{-4}। ଏହା ଦ୍ୱାରା କ'ଣ ବୁଝାଯାଏ?

1.17 *a)* ଏକ ଅଞ୍ଚଳର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ $\varphi(r) = \frac{qe^{-r/\lambda}}{4\pi\varepsilon_0 r}$. ଅନୁରୂପ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ।

b) ଚାର୍ଜ ଘନତା ମଧ୍ୟ ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ଯାହା ଉପରୋକ୍ତ ବିଭବ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ।

1.18 R ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ସମାନ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ଏକ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରୁ r $(r > R)$ ଦୂରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କର, ଯଦି ଏହାର ଚାର୍ଜ ଘନତା ରହିବା r।

1.19 ଯଦି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଦୁଇଟି ବଳ $\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k}$ ଏବଂ $3\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$ }, କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏହା $\hat{i} + 3\hat{j} + 3\hat{k}$ ବିନ୍ଦୁରୁ $4\hat{i} + 5\hat{j} + \hat{k}$ ବିନ୍ଦୁକୁ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ, ତେବେ କରାଯାଇଥିବା ସମୁଦାୟ କାର୍ଯ୍ୟ ବାହାର କରନ୍ତୁ।

ବର୍ଗ- ଦ୍ୱିତୀୟ

1.20 ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷଣଶୀଳ ନହୁଏ ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଅର୍ଥପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବ କି?

1.21 ଏକ ଉଦାହରଣ ଦିଅନ୍ତୁ ଦେଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର କିପରି ଜଡିତ ତାହା ଆଲୋଚନା କର।

1.22 ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସ୍ଥିର ରହେ, ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବଳ କ'ଣ ହେବ?

1.23 ଯଦି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଶୂନ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ଚାର୍ଜ ଘୁଞ୍ଚାଯାଇପାରିବ କି?

1.24 ଏକ ଦ୍ୱିମେରୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଗାଉସର ନିୟମ ସହାୟକ ହେବ କି? କାରଣ ଦର୍ଶାଅ?

1.25 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ ପରିବାହୀ ବାହାରେ ଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପୃଷ୍ଠ ସହ ସମକୋଣ ରେ ରହେ ।

1.26 a ଏବଂ b ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଦୁଇଟି ସମକେନ୍ଦ୍ରିକ ଗୋଲକ ଯାହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ Va ଓ Vb ଯଦି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ, ତେବେ ଉପଯୁକ୍ତ ଡିଫରେନ୍ସିଆଲ ସମୀକରଣ ଲେଖନ୍ତୁ ଯାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟଟ କରେ । ଏହି ସମୀକରଣସମାଧାନ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଭୂପୃଷ୍ଠ ବାହାରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1.1 ଯଦି ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E} = 2\hat{i} - \hat{j} + \hat{k}$ ହୁଏ ତେବେ YZ- ପୃଷ୍ଠର 40 ଏକକ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ ବାହାର କର । [ଉତ୍ତର: ୫0 ୟୁନିଟ୍]

1.2 L ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହୀ ରଡ୍‌ରେ Q ଚାର୍ଜ ସମାନ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ହୋଇଛି । ଏହାର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତରୁ a ଦୂରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଗଣନା କର । [ଉତ୍ତର: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{a(L+a)}$]

1.3 ଚାର୍ଜ *1* ଏନସି, *4* ଏନସି ସହିତ *1* ମିଟର ପାର୍ଶ୍ୱର ଏକ ବର୍ଗର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଖୋଜନ୍ତୁ, *–3* ଏନସି, ଏବଂ –ଏହାର କୋଣରେ *2* ଏନସି

1.4 ପାର୍ଶ୍ୱର ଏକ ସମାନ ତ୍ରିକୋଣର ପ୍ରତ୍ୟେକ କୋଣରେ a, ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ଅବସ୍ଥିତ । ତନ୍ତ୍ରର ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବଳ ଖୋଜନ୍ତୁ?

1.5 a ପାର୍ଶ୍ୱର ଏକ ବର୍ଗର ତିନୋଟି କୋଣରେ 3 ଟି ସମାନ ସକରାତ୍ମକ ଦେୟ ରଖାଯାଇଛି ଚତୁର୍ଥ କୋଣରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁବର୍ଗର କୋଣ ।

1.6 ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ b $(a > b)$ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଅସୀମ ଲମ୍ବ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ସୁପରିବାହୀଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜଧାରକ ନିର୍ମିତ ହୋଇଛି ଯାହାର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ମହାଶୂନ୍ୟ ଅଟେ । ଯଦି ଭିତର ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ଭୂସଲଗ୍ନ କରାଯାଏ ଏବଂ ବାହାର ସିଲିଣ୍ଡରର ଚାର୍ଜ ଘନତା s ହୁଏ ତେବେ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ ସମାଧାନ କରି ସିଲିଣ୍ଡର ଦ୍ୱୟର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

1.7 ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଦାନ କରାଯାଏ $\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}\left(x\hat{i} + y\hat{j} - 2z\hat{k}\right)$, ତା'ପରେ ଚାର୍ଜ ଘନତା ଖୋଜନ୍ତୁ ।

1.8 ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ $(1, -2, 1)$ ଠାରେ ଏକକ ସଦିଶଗୁଡ଼ିକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଯାହା $2x^2 + y^2 - 2z^2 = 100$ କୁ ଲମ୍ବ ହେଉଥିବ ।

1.9 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସମ୍ଭାବନା ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ $\varphi = \alpha - \beta(x^2 + y^2) - \gamma \ln\sqrt{x^2 + y^2}$

କେଉଁଠାରେ a, b ଏବଂ g ସ୍ଥିର ଅଟେ । ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଚାର୍ଜ ଘନତା ଖୋଜନ୍ତୁ ।

1.10 ଏକ ସ୍ଫେରିକାଲି ସିମେଟ୍ରିକ୍ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ,

$$\rho(r) = \rho_0\left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) \text{ for } 0 \le r \le a, \rho_0 \text{ is a constant}$$

$$= 0 \qquad \text{for } r > a$$

i) ମୋଟ ଚାର୍ଜ, *ii)* ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ସମ୍ଭାବନା ଗଣନା କରନ୍ତୁ V ଉଭୟ ଭିତରେ $(r < a)$ ଏବଂ ବାହାରେ $(r > a)$ ଶାସନ ।

ବ୍ୟବହାରିକ

ଜେ ଜେ ଥମସନଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ (ଇ/ଏମ୍) ନିର୍ଣ୍ଣୟ

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଯେକୌଣସି ମୌଳିକ କଣିକାର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ ହେଉଛି ଏକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟସମ୍ପତ୍ତି । ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ ୟୁନିଟ୍ ମାସ୍ ପିଛା ଏହାର ଚାର୍ଜ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି (e/m). ୟୁନିଟ୍ e/m ସି/କେଜି ଅଟେ । ଏକ କାଥୋଡ୍ ରେ ଟ୍ୟୁବ୍ (ସିଆରଟି)ରେ ବେଗ ସହିତ ଗତି କରୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବିମ୍ । v ଭୂଲମ୍ବ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ବିଭ୍ରାନ୍ତ ହୋଇଛି E.

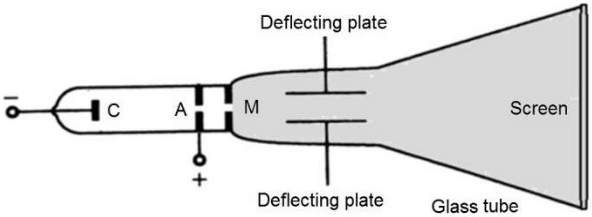


Fig. (i)

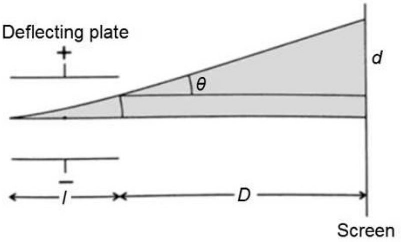


Fig. (ii)

ସ୍କ୍ରିନରେ ଆଲୋକର ସ୍ଥାନର ବିକ୍ଷେପ ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଛି,

$$\frac{d}{D} = \frac{y}{l/2} = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}\left(\frac{l}{v}\right)^2 \frac{2}{l} = \frac{eEl}{mv^2}$$

କିମ୍ବା, $$\frac{e}{m} = \frac{v^2 d}{DlE} \qquad (i)$$

ଯଦି ପ୍ରଭାବ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ବାତିଲ୍ ହୋଇପାରିବ B ତା'ପରେ,

$$e\text{n}B = eE$$

କିମ୍ବା, $$v = \frac{E}{B} \qquad (ii)$$

ସମୀକରଣରୁ (i) ଏବଂ (ii) ଆମର ଅଛି,

$$\frac{e}{m} = \frac{E^2 d}{DlEB^2} = \frac{Ed}{DlB^2}$$

ସେବେଠାରୁ, $$E = \frac{V}{h}$$

ତେଣୁ, $$\frac{e}{m} = \frac{Vd}{hlDB^2} \qquad (iii)$$

କେଉଁଠାରେ h ଦୁଇଟି ଭୂସମାନ୍ତର ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା, l ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସମ୍ପ୍ରସାରଣ ହେଉଛି, V ପ୍ରୟୋଗ

ହୋଇଥିବା ଭୋଲଟେଜ୍ ଏବଂ D ଡିଫ୍ଲେକ୍ଟିଂ ପ୍ଲେଟରୁ ସ୍କ୍ରିନର ଦୂରତା ଅଟେ ।

ଯଦି q ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥାପନ କରିବା ପାଇଁ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକଗୁଡିକ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ରଖାଗଲେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚିର କୋଣୀୟ ବିକ୍ଷେପ ହୁଅନ୍ତୁ । B ଏବଂ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକଗୁଡିକର କ୍ଷେତ୍ର ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଦାନ ପାଇଁ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର୍ । H, ତା'ପରେ ଆମର ଅଛି

$$B = H \tan q \qquad (4)$$

lehdj.k ls (*iii*) ଏବଂ (*v*) ls gekjs ikrss gSa]

$$\frac{e}{m} = \frac{d}{hlD}\frac{V}{H^2 \tan^2 \theta} \qquad (V)$$

ପଦ୍ଧତି

1. ପ୍ରଥମେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର୍ ର ବାହୁକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରିଡିଆନ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରଖନ୍ତୁ ।
2. ତା'ପରେ ସିଆରଟିର ଡିଫ୍ଲେକ୍ଟିଂ ପ୍ଲେଟ୍ ଭୂସମାନ୍ତର ରଖନ୍ତୁ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଭୋଲଟେଜ୍ ପ୍ରୟୋଗ ହେତୁ ସ୍କ୍ରିନରେ ସ୍ପଟ୍ ର ଡିଫ୍ଲେକ୍ସନ୍ ଭୂଲମ୍ବ ହେବ ।
3. ଡିଫ୍ଲେକ୍ଟିଂ ପ୍ଲେଟରେ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଭୋଲଟେଜ୍ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭୋଲଟେଜ୍ ଅନୁରୂପ ସ୍କ୍ରିନରେ ଥିବା ସ୍ଥାନର ଅର୍ଥ ବିକ୍ଷେପ ତା'ପରେ ମାପ କରାଯାଏ ।
4. ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ସ୍ଥାନର ବିକ୍ଷେପକୁ ଅସ୍ୱୀକାର କରିବା ପାଇଁ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ବାହୁରେ ଏକ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକ ରଖାଯାଏ ।
5. ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ବଳ ଗଣନା କରିବା ପାଇଁ, ସିଆରଟି ଅପସାରଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚି ଧାରଣ କରୁଥିବା ବୃତ୍ତାକାର ଡିସ୍କ ସିଆରଟି (କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଅଞ୍ଚଳ) ସ୍ଥିତିରେ ରଖାଯାଏ । ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ସ୍କେଲରେ ବାର୍ ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚିର ବିକ୍ଷେପ ଗଣନା କରାଯାଏ ।

ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଡାଟା

ଦିଆଯାଇଛି: $H = 0.37 \times 10^{-4}$ T

ଟେବୁଲ୍ 1: ଚୁମ୍ବକର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥିତି ପାଇଁ ହାଲୁକା ସ୍ଥାନ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚିର ବିକ୍ଷେପ ର ସଂକଳ୍ପ ।

ନମ୍ବର ଓବିଏସ୍ ।	ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଭୋଲଟେଜ୍	ଭୂଲମ୍ବ ବିକ୍ଷେପ ସ୍ଥାନ (ସେମି)		ସ୍ଥିତି ଚୁମ୍ବକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସନ୍ତୁଳନ କ୍ଷେତ୍ର (ସେମି)		ଡିଫ୍ଲେକ୍ସନ୍ ଛୁଞ୍ଚି ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମିଟର (ଡିଜି)		ଅର୍ଥ θ (ଡିଜି)	ଇ/ମି ନ୍ ସି/କେଜି
		y_1	y_2	x_1	x_2	q_1	q_2		
1									
2									
3									

4									
5									

ଗଣନା ଏବଂ ଫଳାଫଳ

ଅର୍ଥାତ୍ ଇ/ଏମ୍ = ... । ସି/କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ।

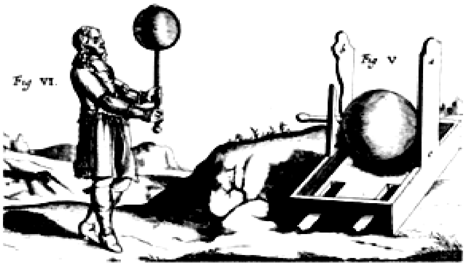
ଆଲୋଚନା

1. ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ବାହୁର ଅକ୍ଷକୁ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରିଡିଆନ୍ ବିମାନରେ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର ରଖାଯିବ ।
2. ଭୋଲଟେଜ୍ ଏକ ବୃହତ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ସୀମିତ ମୂଲ୍ୟ ପାଇବା ପାଇଁ ଏକ ଉପଯୁକ୍ତ ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ଆଡଜଷ୍ଟ କରାଯିବା ଉଚିତ୍ d.
3. ସଠିକ୍ ଫଳାଫଳ ପାଇବା ପାଇଁ ଛୁଞ୍ଚିର ଉଭୟ ମୁଣ୍ଡର ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯିବ ।

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ଚାର୍ଲ୍ସ ଅଗଷ୍ଟିନ୍ ଡି କୁଲୋମ୍ବ ତାଙ୍କ ନିୟମ (କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ) ପ୍ରମାଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଏହି ନିୟମ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବା ପାଇଁ ମୌଳିକ ନୀତି ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥିଲା । ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତସ. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶବ୍ଦ ଗ୍ରୀକ୍ 'ଏଲେକ୍ଟ୍ରନ୍' ରୁ ଆସିଥିଲା ଯାହାର ଅର୍ଥ ଆମ୍ବର । 'ଆମ୍ବର ଇଫେକ୍ଟ'କୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୁହାଯାଏ ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ



"ସ୍ପାର୍କ: ଶକ୍ ଏବଂ ଆୱେ - ବିଦ୍ୟୁତ୍ କାହାଣୀ" ଦେଖନ୍ତୁ ଏବଂ ତା'ପରେ ଏପିସୋଡରେ ଆଲୋଚନା ହୋଇଥିବା ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ଏକ ସାରାଂଶ ଲେଖ । ଜ୍ଞାନ ଆଧାରରେ "ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତସ ଏବଂ ବ୍ୟାଟେରୀ" ଉପରେ ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଡିଜାଇନ୍ କରିଥିଲେ ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ଓଟୋ ଭନ୍ ଗୁଏରିକେ (1601-1674) ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଜେନେରେଟର ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ଏଥିରେ ଏକ ସଲଫର୍ ବଲ୍ ଏକ କାଠ ଦୋଳିରେ ଘୂରି ବୁଲୁଥିଲା ଏବଂ ଏହାକୁ ହାତରେ ଘଷି ଦିଆଯାଇଥିଲା । ଏକ ଇନସୁଲେଟିଂ ରଡ୍ ଶେଷରେ ଏତେ ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା ବଲ୍ ପରିବହନ କରାଯାଇଥିଲା । ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍, ତାଙ୍କର ପ୍ରସିଦ୍ଧ କିଟ୍ ପରୀକ୍ଷଣରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ପ୍ରମୁଖ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଅବଦାନ ଦେଇଥିଲେ ।

ସାଦୃଶ୍ୟ

ଟ୍ରାଇବୋବୈଦ୍ୟୁତିକ ହେତୁ ପ୍ରଭାବ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଦେୟ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ବିଲେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ପଶମ ପୃଷ୍ଠରେ ନିର୍ମାଣ କରିବାକୁ (ଚିତ୍ରର ସନ୍ଦର୍ଭ: ଉଇକିପିଡ଼ିଆ) ।

ଇତିହାସ

ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍ (1706-1790): ସେ ଜଣେ ଶାରୀରିକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଥିଲେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉପରେ ତାଙ୍କର 1740ରେ କାର୍ଯ୍ୟ ଅସମ୍ବନ୍ଧିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ସମନ୍ୱିତ ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲା ।

ଚାର୍ଲ୍ସ କୁଲୋମ୍ବ (1736-1806): ସେ ଉଭୟ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଅଧ୍ୟୟନ କରନ୍ତି । ସେ ସାମଗ୍ରୀର ବଳ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲେ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେ ବିମ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳଚିହ୍ନଟ କରିବାକୁ ସକ୍ଷମ ହୋଇଥିଲେ ।

ସମୟସୀମା

600 ବିସି ଗ୍ରୀକ୍ ପ୍ରଥମେ ଘଷିବା ସମୟରେ ଆମ୍ବରର ଆକର୍ଷଣୀୟ ଗୁଣ ଚିହ୍ନଟ କରିଥିଲେ

1600 AAଡି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଡି ଉଭୟ ପ୍ରତିରୋଧ ଏବଂ ଆକର୍ଷିତ କରେ

1735 AA ଡୁ ଫାଏ: ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ବିଦ୍ୟୁତ୍

1750 AA ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍: ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ

1770 AA କୁଲୋମ୍ବ: "ଓଲଟା ବର୍ଗ ନିୟମ"

1890 AA ଜେ ଜେ ଥମ୍ପସନ: ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜର କ୍ୱାଣ୍ଟିଜେସନ୍ - "ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍"

ପ୍ରୟୋଗ (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ / ଶିଳ୍ପ)

ଆଜି ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଆବିଷ୍କାର ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛୁ । 1705ରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ, ବାସ୍ତବରେ, ଏକ ଆକର୍ଷଣୀୟ ଯାତ୍ରାରେ ପରିଣତ ହେଲା । ଆମେ ଫ୍ରାନ୍ସିସ୍ ହାଉକ୍ସବି ଏବଂ ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍ ଙ୍କ ପରି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ସହିତ ଆରମ୍ଭ କରିଥୋମାସ୍ ଏଡିସନ୍ ଏବଂ ନିକୋଲା ଟେସ୍ଲାଙ୍କ ସହ ଶେଷ କରିଥିଲୁ । ଆଜି ଉଭା ହୋଇଥିବା ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପାଦାନ ହେଉଛି କ୍ୟାପାସିଟର ଯାହାର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂର ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟାପକ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି । ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ହେଉଛି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋ-ମେକାନିକ୍ ବୃଷ୍ଟିପାତ କିମ୍ବା ପ୍ରୋଜେକ୍ସନ୍ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ଘଟଣା । ଏହିପରି ଟେକ୍ନୋଲୋଜିରେ, ଛୋଟ ଆକାରର ଚାର୍ଜ ହୋଇଥିବା କଣିକାଗୁଡିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟମୂଳକ

ଭାବରେ ପୃଷ୍ଠରେ ଜମା କିମ୍ବା ସଂଗ୍ରହ କରାଯାଏ । ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କୋଟିଂଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଇଙ୍କଜେଟ୍ ପ୍ରିଣ୍ଟିଂ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅନେକ ଆପ୍ଲିକେସନ୍ ଅଛି ।

କେସ୍ ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ / ସ୍ଥିରତା / ସାମାଜିକ / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ)

କିଛି ଉଦ୍ଧୃତି

"ଏବଂ ଆମେ ଦୈନିକ ଆମର ପରୀକ୍ଷଣରେ ଶରୀରକୁ ନିର୍ବାଚିତ କରୁ ଏଥିସହ କିମ୍ବା ବିଯୁକ୍ତ, ଯେପରି ଆମେ ଉପଯୁକ୍ତ ଭାବୁଛୁ । [ଏହି ସର୍ତ୍ତଗୁଡିକ ଆମେ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆପଣଙ୍କର ଦାର୍ଶନିକମାନେ ଆମକୁ ଭଲ ନ ଦିଅନ୍ତି ।] ନିର୍ବାଚିତ ହେବା ଏଥିସହ କିମ୍ବା ବିଯୁକ୍ତ, ଏହାଠାରୁ ଅଧିକ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ନୁହେଁ, ଯେ ଟ୍ୟୁବ୍ କିମ୍ବା ସ୍ଫିୟରର ଅଂଶ, ଯାହା ଘଷିଥାଏ, ଘର୍ଷଣର ତୁରନ୍ତ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଗ୍ନିକୁ ଆକର୍ଷିତ କରେ, ଏବଂ ତେଣୁ ଏହାକୁ ପତଳା ଘଷିବାରୁ ନିଅ; ସମାନ ଅଂଶତୁରନ୍ତ, ଯେହେତୁ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ ଘର୍ଷଣ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ, ସେମାନେ ପାଇଥିବା ନିଆଁକୁ କମ୍ ଥିବା ଯେକୌଣସି ଶରୀରକୁ ଦେବା ପାଇଁ ନିଷ୍କାସନ କରାଯାଏ ।

-ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍

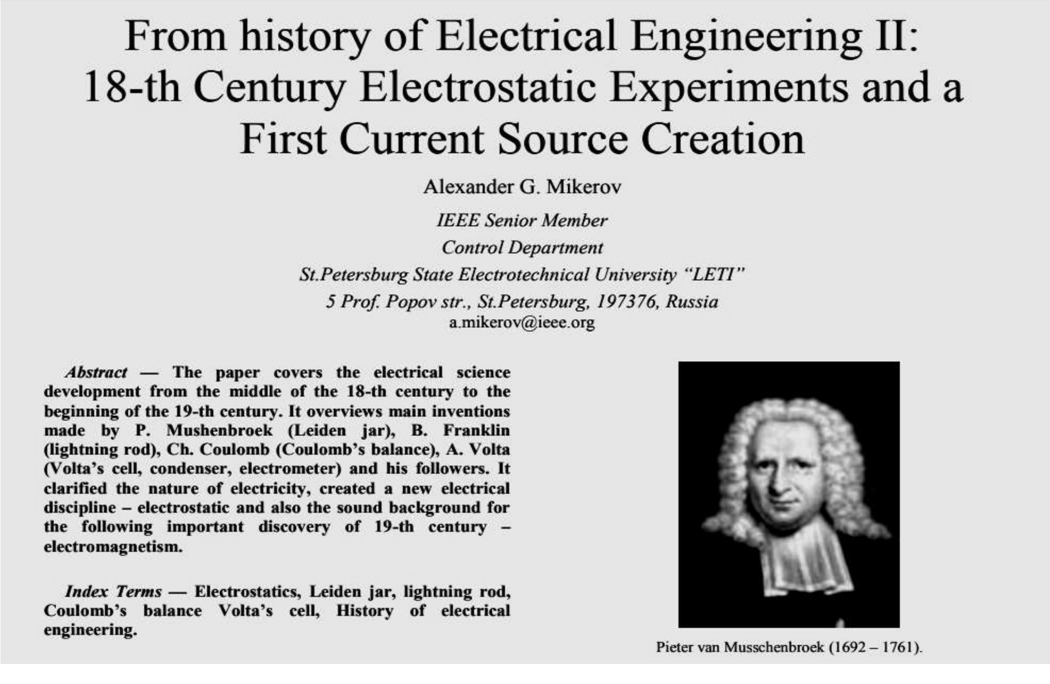
ଜିଜ୍ଞାସା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ

ଆକର୍ଷଣୀୟ ଅନୁସନ୍ଧାନ ସହିତ ଏକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାଗଜର ଶୀର୍ଷକ ଏବଂ ବିସ୍ତୃତ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି:

ସନ୍ଦର୍ଭ: ଚିଠି 25 ମେ 1747 । ଆଇ. ବର୍ନାର୍ଡ କୋହେନରେ ଉଦ୍ଧୃତ, ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍ ଏବଂ ନ୍ୟୁଟନ୍: କଳ୍ପନା ମୂଳକ ନ୍ୟୁଟନିଆନ୍ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍‌ଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କାର୍ଯ୍ୟର ଏକ ଅନୁସନ୍ଧାନ ଏହାର ଏକ ଉଦାହରଣ ଭାବରେ । (1956), 439.

"ଆମେ କଳା ବଜ୍ର-ମେଘର ସେହି ନିଆଁକୁ "ବିଦ୍ୟୁତ୍" ବୋଲି କହିଥାଉ, ଏବଂ ଏହା ବିଷୟରେ ଜାଣିଶୁଣି ବକ୍ତୃତା କରୁ, ଏବଂ କାଚ ଏବଂ ରେଶମରୁ ଏହାର ପରି ଗ୍ରାଇଣ୍ଡ କରୁ: କିନ୍ତୁ ଏହା କ'ଣ? ଏହାକୁ କ'ଣ ତିଆରି କଲା? ଏହା କେବେ ଆସେ? ହ୍ୱିଥର ଏହା ଯାଆନ୍ତି? "

– ଥୋମାସ୍ କାର୍ଲାଇଲ୍



From history of Electrical Engineering II: 18-th Century Electrostatic Experiments and a First Current Source Creation

Alexander G. Mikerov

IEEE Senior Member
Control Department
St.Petersburg State Electrotechnical University "LETI"
5 Prof. Popov str., St.Petersburg, 197376, Russia
a.mikerov@ieee.org

***Abstract* — The paper covers the electrical science development from the middle of the 18-th century to the beginning of the 19-th century. It overviews main inventions made by P. Mushenbroek (Leiden jar), B. Franklin (lightning rod), Ch. Coulomb (Coulomb's balance), A. Volta (Volta's cell, condenser, electrometer) and his followers. It clarified the nature of electricity, created a new electrical discipline – electrostatic and also the sound background for the following important discovery of 19-th century – electromagnetism.**

***Index Terms* — Electrostatics, Leiden jar, lightning rod, Coulomb's balance Volta's cell, History of electrical engineering.**

Pieter van Musschenbroek (1692 – 1761).

ସନ୍ଦର୍ଭ: କାର୍ଲାଇଲ୍ ଆନ୍ଥୋଲୋଜି (1876), 230.

"ଯେତେବେଳେ ଚେହେରା, ହାତର ପଛ ଭାଗ, କିମ୍ବା ଶରୀରର ଅନ୍ୟ ଏକ ଅଂଶ ସ୍ପର୍ଶ ଦ୍ୱାରା ଅତ୍ୟଧିକ ଦୁର୍ବଳ ହୁଏ ନାହିଁ, ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କଣ୍ଡକ୍ଟର ନିକଟରେ ଅଣାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଏକ ସତେଜ ପବନ, ହାଲୁକା ନିଶ୍ୱାସ କିମ୍ବା କୋବୱେବ୍ ର ଭାବନା ଅନୁଭବ କରାଯାଏ । *– ପିଏରେ ବର୍ଥୁଲୋନ୍*

ସନ୍ଦର୍ଭ: ଲୁଇ ଡୁଲିଉଙ୍କ ଜୀବନୀ ପ୍ରବନ୍ଧରେ, ଚାର୍ଲ୍ସ କୁଲଷ୍ଟନ୍ ଗିଲିସ୍ପିରେ, ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜୀବନୀର ଅଭିଧାନ (1980), ଭୋଲ୍ 2, 83.

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ର ଧାରଣା ଅତୀତରେ ପ୍ରଭାବ ମେସିନ୍ ନାମକ ହାଇ-ଭୋଲଟେଜ୍ ଜେନେରେଟର ନିର୍ମାଣ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିଲା । ସାମ୍ପ୍ରତିକ ବର୍ଷଗୁଡିକରେ ଦୋଳାୟମାନ ଦୂର ଦ୍ୱିମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ୍ ଉପରେ ଆଧାର କରି ଏକ ନୂତନ ୱେୟାରଲେସ୍ ପାୱାର ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି ବିକଶିତ କରାଯାଇଛି ।

ସହାୟକ ଓ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ

1. ଡି. ଗ୍ରିଫିଥ୍ସ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସର ପରିଚୟ, ପିୟରସନ, ଚତୁର୍ଥ ସଂସ୍କରଣ, 2012 ।
2. ଡି ହାଲିଡେ, ଆର ରେସନିକ୍ ଏବଂ ଜେ ୱାକର୍, ହାଲିଡେ ଏବଂ ରେସନିକ୍'ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ନୀତି, ଏକାଦଶ ସଂସ୍କରଣ, ଗ୍ଲୋବାଲ୍ ଏଡିସନ୍, 2020.
3. ଡବ୍ଲୁ ସାସ୍ଲୋ, ବିଦ୍ୟୁତ୍, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଆଲୋକ, ଏଲସେଭିୟର ସାଇନ୍ସ ପବ୍ଲିସିଂ କୋ ଇଙ୍କ, ପ୍ରଥମ ସଂସ୍କରଣ, 2002 ।
4. https://nptel.ac.in/courses/115/101/115101005/
5. https://nptel.ac.in/courses/122/101/122101002/
6. http://teacher.pas.rochester.edu/PHY217/LectureNotes/Chapter2/LectureNotesChapter2.pdf
7. http://assets.vmou.ac.in/MPH04.pdf

2 ଏକ ରୈଖିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଏହି ୟୁନିଟ ମାଧ୍ୟମରେ ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦିଗଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିଛୁ:

- ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ;
- ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ;
- ଧ୍ରୁବୀକରଣ କ୍ଷମତା ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଘନତା;
- ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ବର୍ଗୀକରଣ;
- ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ, ଆୟୋନିକ, ଅଭିବିନ୍ୟସ୍ତତା ଏବଂ ସ୍ପେସ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ; D, E ଏବଂ P ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ;
- ଗଠନମୂଳକ ସମ୍ପର୍କ;
- ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ର ଅଧୀନରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଆଚରଣ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷତି ।

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବାପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ବ୍ଲୁମରଙ୍କ ବର୍ଷୀକରଣ ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ କ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ୟୁନିଟ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି । ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି; ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ । ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ; ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ମୁଖ୍ୟତଃ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ମୂଳ ବିଷୟ ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ଏକ ଲିନିୟର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଜ୍ଞାନରେ ଥିବା ଏହି ୟୁନିଟ ଆମ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ, ଏହାର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଘନତା ସହିତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ବର୍ଗୀକରଣ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ । ଏହା କିଛି ତାତ୍ତ୍ୱିକ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରେ, ଯାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ ହେବା ସମୟରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଆଚରଣ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷତି ମଧ୍ୟ ଦର୍ଶାଏ ।

ସାଧାରଣତଃ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶବ୍ଦଦ୍ୱାରା ଆମେ ଉଚ୍ଚ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କ୍ଷମତା ଥିବା ସାମଗ୍ରୀକୁ ବୁଝିବା । ଏହା ସହିତ ଏକ ଶବ୍ଦ ଜଡିତ ଯାହା ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ କୁପରିବାହୀ ଶବ୍ଦସାଧାରଣତଃ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅବରୋଧକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଯେତେବେଳେ ଅନ୍ୟ ଅର୍ଥରେ ଏହି ଶବ୍ଦ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାମଗ୍ରୀର ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ କ୍ଷମତା ସହିତ ଜଡିତ । ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମଗ୍ରୀର ଲୋକପ୍ରିୟ ଉଦାହରଣ ହେଉଛି, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କୁପରିବାହୀ ସାମଗ୍ରୀ ଯାହା ଏକ ଚାର୍ଜ ଧାରକର ଧାତବ ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରୟୋଗ ସହିତ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସାହାଯ୍ୟରେ ଚାର୍ଜ ଧାରକର ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜକୁ ବଢାଇଥାଏ ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ ଫଳାଫଳ ତାଲିକା

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U2-O1: ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ, ଧ୍ରୁବୀକରଣ କ୍ଷମତା ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଘନତ୍ୱ ବିଷୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

U2-O2: ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ବର୍ଗୀକରଣ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

U2-O3: ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଧ୍ରୁବୀକରଣ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍, ଆୟୋନିକ୍, ଧାତିସଜିତ ଏବଂ ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ବାଖ୍ୟା କର ।

U2-O4: D, E ଏବଂ P ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କର ବାଖ୍ୟା କରିବା ।

U2-O5: ଗଠନମୂଳକ ସମ୍ପର୍କ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବା ।

U2-O6: ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ର ଅଧୀନରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଆଚରଣ ଚିହ୍ନଟ କରିବା

ୟୁନିଟ୍ -2 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U2-O1	3	1	-	1	-	-
U2-O2	3	-	-	-	-	-
U2-O3	3	-	-	-	-	-
U2-O4	2	1	-	1	-	1
U2-O5	2	-	-	1	-	-
U2-O6	1	1	-	-	-	-

2.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ସାମାନ୍ୟତମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ ପରିବାହୀମାନଙ୍କରେ, ଅନେକ ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ବାହକ ଥାଆନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ କିମ୍ବା କୁପରିବାହୀ କୁହାଯାଉଥିବା ଅନ୍ୟ ଏକ ଶ୍ରେଣୀର ପଦାର୍ଥ ସେମାନଙ୍କ ଭିତରେ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଧାରଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ ଏହି ପ୍ରକାରର ବସ୍ତୁରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ପରମାଣୁ କିମ୍ବା ପଦାର୍ଥ ସଂରଚନା କରୁଥିବା ଅଣୁସହିତ ଦୃଢଭାବରେ ବନ୍ଧା ଏବଂ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରଠାରୁ କମ (ଭଙ୍ଗ ବିଭବ) ସମ୍ପର୍ନ୍ନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ, ସାଧାରଣତଃ ସେମାନେ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବହନ କରନ୍ତି ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର କିଛି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରଭାବ ଅଛି ଯାହା ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀଠାରୁ ଭିନ୍ନ ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକାରର ପଦାର୍ଥଗୁଡିକ ଅନେକ ପରିମାଣରେ ବୈଷୟିକ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ । ତେଣୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାରାବୈଦୁତିକତାର ଅଧ୍ୟୟନ ଏକ ପରିବାହୀପରି ସମାନ ଭାବରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ।

2.2 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (Dielectrics)

ଯେଉଁ ସାମଗ୍ରୀରେ ସମସ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣୁସହିତ ବନ୍ଧା, ତାହାକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବହନ ପାଇଁ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପଲବ୍ଧ ନଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ସେମାନେ ଏକ କୁପରିବାହୀ ପରି ଆଚରଣ କରନ୍ତି । ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବରେ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆୟୋନ କିମ୍ବା ଅଣୁଗୁଡିକ ଧ୍ରୁବୀକୃତ ହୋଇପାରନ୍ତି । ଯେହେତୁ,ଏହି ପ୍ରକାରର ପଦାର୍ଥରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦୀର୍ଘ ସମୟ ପାଇଁ ରହେ, ତେଣୁ ଏମାନେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣରେ ପ୍ରମୁଖ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି । ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିରୋଧକତାର ପରିସର $10^6 \Omega m - 10^{16} \Omega m$ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ । ସାଧାରଣତଃ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ଏକ ପାରାମିଟର ଦ୍ୱାରା ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୁଏ, ଯାହାକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ । ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କକୁ ସ୍ଥାନ ସହିତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଓ ମୁକ୍ତ ଜାଗାର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କର ଅନୁପାତ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି । ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ଯାହାକି ଅପରିମେୟ ରାଶି ଅଟେ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ଏହାକୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$k = \varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \tag{2.1}$$

ଯେଉଁଠାରେ e ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଏବଂ e_0 ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଅଟେ । ଏସ୍ଆଇ ଏକକରେ, $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\,\text{Fm}^{-1}$.

ବୈକଳ୍ପିକ ଭାବରେ, ଏହାକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ଚାର୍ଜଧାରକର ଧାରକତା $(C = \varepsilon A / d)$ ଓ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଉକ୍ତ ଚାର୍ଜଧାରକର ଧାରକତା $(C_0 = \varepsilon_0 A / d)$.ର ଅନୁପାତ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ ।

ତେଣୁ,
$$k = \varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{C}{C_0} \tag{2.2}$$

ବାୟୁ, ମହମ, ଗ୍ଲାସ, ମାଇକା, କାଗଜ, ଇତ୍ୟାଦି ଏହିପରି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଉଦାହରଣ ।

ଉଦାହରଣ 2.1 ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ଚାର୍ଜଧାରକର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବକୁ 250 V ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଚାର୍ଜ ଦିଆଯାଇଛି । ଯଦି ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମ ସନ୍ନିବେଶ କରିବା ପରେ ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ 50 V କୁ ଖସିଯାଏ, ତେବେ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କେତେ?

ସମାଧାନ:

ଏକ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଛି, $k = \frac{C_2}{C_1}$

ପୁନର୍ବାର, $C \propto \frac{1}{V}$

ତେଣୁ, $k = \frac{V_1}{V_2} = \frac{250}{50} = 5.$

ଉଦାହରଣ 2.1

ଉଦାହରଣ 2.2

ଉଦାହରଣ 2.2 0.0005 ବର୍ଗ ମିଟର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକ ଏବଂ ଯାହାର ପ୍ଲେଟ ପୃଥକତା 5 ମିମି ଏବଂ ଯାହା ମଧ୍ୟରେ 0.1 nC, ଚାର୍ଜ ଅଛି, ଯଦି ପ୍ଲେଟମଧ୍ୟରେ 50 V ଏକ ବିଭବ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ । ତେବେ ଚାର୍ଜଧାରକ ଗଠନରେ ବ୍ୟବହୃତ ସାମଗ୍ରୀର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କେତେ ହେବ ।

ସମାଧାନ:

ଦିଆଯାଇଛି, ପ୍ଲେଟ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $A = 0.0005\ m^2$,

ପ୍ଲେଟ ପୃଥକତା $d = 5$ mm, ବିଭବ

$V = 500$ V, ଚାର୍ଜ $Q = 0.1\ nC = 0.1 \times 10^{-9}$ C.

ଏହିପରି, ବ୍ୟବହୃତ ସାମଗ୍ରୀର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେବ

$$k = \frac{Cd}{\varepsilon_0 A} = \frac{Qd}{\varepsilon_0 AV}$$

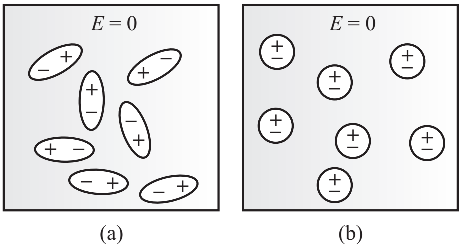
$$= \frac{0.1 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^{-3}}{8.854 \times 10^{-12} \times 0.0005 \times 50}$$

$$= \frac{0.5}{8.854 \times 0.025} = 2.26.$$

2.2.1 ପ୍ରକାରଭେଦ (Classifications)

ଏକ ପଦାର୍ଥରେ ଉପସ୍ଥିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଏବଂ ଏହାର ଚାରିପାଖରେ ଘୂରି ବୁଲୁଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନକୁ ନେଇ ଗଠିତ । ଯଦି ଆମେ ଏହାକୁ ଏକ ସମାନ ରାଶିର ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥାପିତ କରିପାରିବା, ତେବେ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥକୁ ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ଭାବରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।

ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (Polar dielectrics): ଯେତେବେଳେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଏକ ସୀମିତ ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୁଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ କୁହାଯାଏ, ଯାହାର ଏକ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଓ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି ।



ଚିତ୍ର - 2.1: (a) ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ (b) ଅଣ- ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ

H_2O, HCl ଇତ୍ୟାଦି ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଉଦାହରଣ ।

ସାଧାରଣ ଭାବରେ ଏକ ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଚାର୍ଜ (ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ) ଗୁଡ଼ିକ ଅନିୟମିତ ଭାବରେ [ଚିତ୍ର 2.1(a)] ଅବସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏକ ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଣୁର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଫଳାଫଳ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ, ଯଦିଓ ଏହାର ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି । ଏକ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ପରମାଣୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମେଘର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ସହିତ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣର କେନ୍ଦ୍ର ଏକ ସ୍ଥାନରେ

ଅବସ୍ଥାନ କରନ୍ତି,ତେଣୁ ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ୍। ତେଣୁ ଏକ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ପରମାଣୁର ସ୍ଥାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ରହିପାରିବ ନାହିଁ।

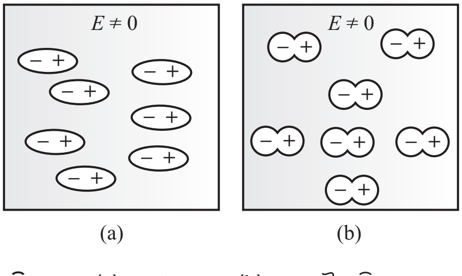
ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (Non-polar dielectrics): ଯେତେବେଳେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥାନ କରିଥାଏ। ଏହାକୁ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ଭାବରେ କୁହାଯାଏ। ଏହି ପଦାର୍ଥର କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ୍ୟ। ଏହି ପ୍ରକାର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର କୌଣସି ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନଥାଏ ଓ ସେମାନେ ପ୍ରତିସମ ଗଠନ ଧାରଣ କରନ୍ତି [ଚିତ୍ର2.1 (b)] ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି।

H_2, O_2, N_2, He, Ne, Ar, ଇତ୍ୟାଦି. ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଉଦାହରଣ।

ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମୌଳିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି।

ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକ	ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକ
a) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି। b) ଧ୍ରୁବୀକରଣ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ। c) ଉଦାହରଣ ଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି: H2O, HCl ଇତ୍ୟାଦି.	a) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ମୁହୂର୍ତ୍ତ ନାହିଁ b) ଧ୍ରୁବୀକରଣ ତାପମାତ୍ରା ଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ଅଟେ। c) ଉଦାହରଣ ଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି: H2, O2, N2 ଇତ୍ୟାଦି.

2.3 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Dielectric Polarization)



ଚିତ୍ର. 2.2: (a) ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ (b) ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଅଣ- ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକ

ପାରାବୈଦୁତିକ ପଦାର୍ଥର, ବାହ୍ୟ କକ୍ଷପଥର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ମୁକ୍ତଭାବରେ ଗତି କରିବାକୁ ସକ୍ଷମ ନୁହେଁ, କାରଣ ସେମାନେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ସହିତ କଠୋର ଭାବରେ ବନ୍ଧା। ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କୁ ଆବଦ୍ଧ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭାବରେ ଗଣନା କରାଯାଏ। ଯେତେବେଳେ ଏହି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ଏହି ଆବଦ୍ଧ ଚାର୍ଜଗୁଡିକ ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦୁତିକ ବଳ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି। ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପାଇଁ, ଅଣୁ ସହିତ ଜଡିତ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଏକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବଳ ଅନୁଭବ କରେ ଯାହା ସେମାନଙ୍କୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର [ଚିତ୍ର2.2 (a)] ଦିଗରେ ଏକ ଧାଡିରେ ରହିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତ କରେ।

ଏହାକୁ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବୋଲି କୁହାଯାଏ, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହା ଏକ ବାସ୍ତବିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରଣ କରେ। ଯେପରି ଏକ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥରେ କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇନଥିଲେ, ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ଯାହା ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି, ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥିବା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପରସ୍ପରର ଏତେ ନିକଟତର ହୁଅନ୍ତି ଯେ, ସେମାନଙ୍କର କାର୍ଯ୍ୟ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ହୋଇଯାଏ [ଚିତ୍ର.2.2 (b)]। ଯେତେବେଳେ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ, ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଟିକିଏ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଟିକିଏ ବିସ୍ଥାପିତ ହୋଇ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଗଠନ କରେ [ଚିତ୍ର 2.2 (b)]। ତେଣୁ, ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଅଣୁ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହାସଲ କରେ,ଯାହାକି ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ କାମକରେ ଏବଂ ଏହି ଘଟଣାକୁ,ଧ୍ରୁବୀକରଣ କିମ୍ବା ଅଧିକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭାବରେ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ।

2.4 ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Electric Dipole Moment)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର,ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ କିଛି ଦୂରତା ଅଲଗା ହୋଇ ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଗଠନ କରନ୍ତି। ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମୂଳତଃ,ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଅଲଗା ହୋଇଥିବା ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ଏକ ମାପକୁ ପ୍ରତିପାଦିତ କରେ। ଏହିପରି ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅଲଗା ହେବାର ଦୂରତାର ଗୁଣନ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ।

ଏହିପରି ପ୍ରେରିତ ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେବ

$$\vec{p} = q\vec{d} \tag{2.3}$$

ଏହା ଏକ ସଦିଶ ଯାହାର ଦିଗ ନକାରାତ୍ମକରୁ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ। ଏହା ତନ୍ତ୍ରର ସାମଗ୍ରିକ ଧ୍ରୁବୀୟତାକୁ ମାପ କରେ।

ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ବ୍ୟବହାରିକ ଏକକ ହେଉଛି ଡିବାୟ।

$$1 \text{ debye} = 10^{-8} \text{ stat C-cm} = 3.33 \times 10^{-30} \text{ C-m.}$$

2.5 ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ (Polarization Vector)

ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ କୁହାଯାଏ। ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ ବିକଳ୍ପ ଭାବରେ, ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କିମ୍ବା ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜକୁ ବୁଝାଯାଏ। ଏହା ଏକ ସଦିଶ ଯାହାକି, ନକାରାତ୍ମକରୁ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ।

ଯଦି ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଅଣୁସଂଖ୍ୟା n ଏବଂ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ଅଣୁର ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ, ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ,

$$\vec{P} = n\vec{p} \tag{2.4}$$

ଏକ କ୍ରମାଗତ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୋଇଥିବା ପାରାବୈଦୁତିକକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ, ଏକ ଅତିକମ୍ ଆୟତନ ପାଇଁ

$$\vec{P} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta V} = \frac{d\vec{p}}{dV} \tag{2.5}$$

2.6 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (Electric Susceptibility)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥରେ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ,ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗର ଅଭିମୁଖୀ ହୋଇ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୋଇଯାଏ । ଏକ ରୈଖିକ ଓ ସମାଗତ Homogenous ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ,ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ଯାହାକି,

$$\vec{P} \propto \vec{E}$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} \tag{2.6}$$

ଯେଉଁଠାରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ e_0 ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଅଟେ ।ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଏକ ପରିସର ହୀନ ସ୍ଥିରାଙ୍କକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ, ଯାହାକି ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଧ୍ରୁବୀକରଣର ରାଶି କୁ ସୂଚିତ କରେ । ଏହାକୁ ସମୀକରଣ (2.6) ରୁ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ । ଯେପରି,

$$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E} \tag{2.7}$$

ତେଣୁ ଏହା ପ୍ରକୃତରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଏକକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା, ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଧ୍ରୁବୀକରଣର ଅନୁପାତକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ ଏହା ଏକ ସକରାତ୍ମକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

2.7 ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Atomic Polarizability)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥରେ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗର ଅଭିମୁଖୀ ହୋଇ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୋଇଯାଏ । ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ପରମାଣୁର ସମୁଦାୟ ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ,ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନୁପାତି ଯାହାକି,

$$\vec{P} \propto \vec{E}$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{p} = \alpha \vec{E} \tag{2.8}$$

ଯେଉଁଠାରେ a ଆନୁପାତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ଏହା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଏହାକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରୟୋଗର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ । ମୂଳତଃ ଏହା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ଏକକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ପରମାଣୁର ପ୍ରେରିତ ବୈଦୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବୁଝାଏ ।

ତେଣୁ ଏହାକୁ ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$\alpha = \frac{p}{E} \tag{2.9}$$

ପାରମାଣବିକଧ୍ରୁବୀକରଣ ର ଏକକ (S.I) Fm^2

ବର୍ତ୍ତମାନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ କୁ ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,ଯେପରିକି

$$\vec{P} = n\vec{p} = n\alpha\vec{E} \tag{2.10}$$

ତେଣୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

$$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E} = \frac{n\alpha}{\varepsilon_0} \tag{2.11}$$

ସମୀକରଣ (2.11) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କକୁ ସୂଚାଏ ।

ଉଦାହରଣ 2.3 ଯଦି ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସକୁ 6000 Vcm^{-1} ର ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ ତେବେ ଏହାରଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଗଣନା କରନ୍ତୁ । ଧରାଯାଉ ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସର ପାରମାଣବିକଧ୍ରୁବୀକରଣ 0.18 ´ 10^{-40} Fm2 ଏବଂ ସାନ୍ଦ୍ରତା 2.6 ´ 10^{25} atoms/m^3

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସର ପାରମାଣବିକଧ୍ରୁବୀକରଣ α = 0.18 x 10-40 Fm^2 ସାନ୍ଦ୍ରତା

$N = 2.6 \times 10^{25}$ ଏବଂ $E = 6000\ Vcm^{-1}$

ତେଣୁ, ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$p = N\alpha E = 2.6\times10^{25}\times0.18\times10^{-40}\times6\times10^{5}$$

କିମ୍ବା, $$p = 2.81\times10^{-10}\,\mathrm{C/m^2}.$$

ଉଦାହରଣ 2.3

ଉଦାହରଣ 2.4 ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣର ରାଶି ଗଣନା କର, ଯଦି ଏହାର ଗ୍ରହଣଶୀଳତା 4×10^{-4} । ଗ୍ୟାସର ସାନ୍ଦ୍ରତାଏବଂ ଆଣବିକ ଓଜନ ଯଥାକ୍ରମେ 1.7 Kg/m^3 ଏବଂ 49 ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଥିବା, ଗ୍ୟାସର ଗ୍ରହଣଶୀଳତା = $c = 4 \times 10^{-4}$, ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 1.7 kg/m^3 ଏବଂ ଆଣବିକ ଓଜନ = 49

ତେଣୁ, ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

$$n = \frac{\text{Avogadro no.}\times\text{density}}{\text{Atomic weight}} = \frac{6.02\times10^{26}\times1.7}{49} = 2.089\times10^{25}.$$

ଏହିପରି, ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣର ରାଶି ହେବ,

$$\alpha = \frac{\varepsilon_0\chi}{n} = \frac{8.854\times10^{-12}\times4\times10^{-4}}{2.089\times10^{25}}$$

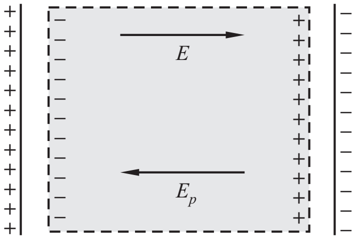
$$= 1.695\times10^{-40}\,\mathrm{Fm^2}.$$

ଉଦାହରଣ 2.4

2.8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ (Dielectric Substance In Electric Field)

ଆସନ୍ତୁ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଆଚରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କରିବା, ଯେତେବେଳେ ଏହାକୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ ।ଏଥିପାଇଁ, ଆମେ ପ୍ରଥମେ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକ କୁ ବିଚାର କରିବା, ଯାହାକୁ ଏକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବ । ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜଧାରକର ଗୋଟିଏ ପ୍ଲେଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରିବ ଏବଂ ଚାର୍ଜଧାରକର ଅନ୍ୟ ପ୍ଲେଟ୍ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରିବ (ଚିତ୍ର 2.3) ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଯଦି ଏହି ସମାନ୍ତରାଳପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକ ପ୍ଲେଟ୍‌ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ସକରାତ୍ମକ ପ୍ଲେଟ୍ ଆଡକୁ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ପ୍ଲେଟ୍ ଆଡକୁ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ସାମାନ୍ୟ ବିସ୍ଥାପନ ହେବ; ଯାହା ଦ୍ୱାରା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ସ୍ଲାବ୍‌ରେ ଆଣବିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଗଠନ ହେବା ସହ ଏହାର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୋଇଯିବ ।



ଚିତ୍ର. 2.3: ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାରାବୈଦୁତିକ ପଦାର୍ଥ

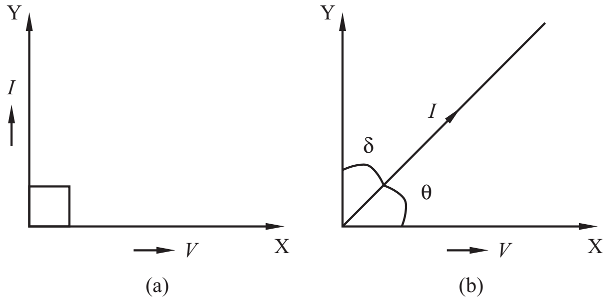
ଏହି ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ ତଥା ଦ୍ୱିମେରୁଗଠନ ଯୋଗୁଁ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁବ, ଯାହାକି ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ । ଯଦି E ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ Ep ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ଭିତରେ ଉତ୍ପାଦିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା, ତେବେ ସାମଗ୍ରିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$\overrightarrow{E'} = \vec{E} - \overrightarrow{E_P} \qquad (2.12)$$

ଏହିପରି ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥକୁ ଏକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

2.9 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ର ଅଧୀନରେ (Dielectric Under Alternating Field)

ଯେତେବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପାରାବୈଦୁତିକକୁ ରଖାଯାଏ,ସେଥିରେ ଥିବା ଦ୍ୱିମେରୁ ଗୁଡିକ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଧାଡିରେ ରୁହନ୍ତି ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତିର ଏକ ଅଂଶ କ୍ଷୟ ହୁଏ । ଏହାକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷତି କୁହାଯାଏ । ଏହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଆବୃତ୍ତି ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପଦ୍ଧତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି କ୍ଷତି ହିସାବ କରିବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକ ବିଚାର କରିବା,ଯାହାର ଚାର୍ଜଧାରକତ୍ୱ C, ପ୍ଲେଟ୍ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଏବଂ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା d.



ଚିତ୍ର 2.4: (a) ଆଦର୍ଶ ପାଇଁ ଭି-1 ପର୍ଯ୍ୟାୟ ନିର୍ଭରଶୀଳତା, (b) ପ୍ରକୃତ ପାରାବୈଦୁତିକ

ଯେତେବେଳେ ଏହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ଚାର୍ଜଧାରକ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତର ରାଶି ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତର ସମଷ୍ଟି ହେବ ।

ତେଣୁ,
$$I = I_d + I_c = \frac{q}{t} + \frac{V}{R} = \frac{CV}{t} + \frac{V}{R} = \omega CV + \frac{V}{R}$$

ଏକ ଆଦର୍ଶ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପାଇଁ $I_C = 0$ ଏବଂ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ

$$I = I_d = wCV$$

ପୁନର୍ବାର ଏକ ଚାର୍ଜଧାରକର ଧାରକତା

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \tag{2.13}$$

ତେଣୁ
$$I_d = \frac{\omega\varepsilon AV}{d} \tag{2.14}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, କ୍ଷୟ କୋଣ ହେବ,

$$\tan\delta = \frac{I_c}{I_d} \quad \text{(ଚିତ୍ର 2.4 ଖ ଅନୁସାରେ)} \tag{2.15}$$

କିମ୍ବା,
$$I_c = I_d \tan\delta = \frac{\omega\varepsilon AV}{d}\tan\delta \quad [V = Ed] \tag{2.16}$$

ଏହିପରି, ପ୍ରକୃତ କ୍ଷମତା ହ୍ରାସ ସମୀକରଣ (2.16) ବ୍ୟବହାର କରି,

$$P_a = VI_c = \omega\varepsilon AEV\tan\delta = \omega\varepsilon AE^2 d\tan\delta$$

$$= \omega\varepsilon vE^2\tan\delta = 2\pi\upsilon\varepsilon vE^2\tan\delta \tag{2.17}$$

ସମୀକରଣ (2.17) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ପ୍ରକୃତ କ୍ଷମତା ହ୍ରାସ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଆୟତନ, ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଆବୃତ୍ତି $\left(\upsilon = \frac{\omega}{2\pi}\right)$, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ (ε),ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବର୍ଗ (E) ଏବଂ କ୍ଷତି ଟାଞ୍ଜେଣ୍ଟ ସହ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ ।

2.10 ସମାଙ୍ଗତା, ରୈଖିକତା ଏବଂ ସମଦିଶୀୟତା (Homogeneity, Linearity & Isotropy)

ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମକୁ ସମାଙ୍ଗତା କୁହାଯାଏ, ଯଦି ଏହାର ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଯେପରିକି ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସାନ୍ଦ୍ରତା,ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଇତ୍ୟାଦି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ରୁହନ୍ତି, ଅର୍ଥାତ୍ ମାଧ୍ୟମର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ସମନ୍ୱୟ ପ୍ରଣାଳୀରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ।

ଅପରପକ୍ଷରେ, ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମକୁ ଅସମାଙ୍ଗତା ବୋଲି କୁହାଯାଏ, ଯଦି ଏହାର ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟଗୁଡିକ ଯେପରିକି ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସାନ୍ଦ୍ରତା, ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଇତ୍ୟାଦି ସ୍ଥିତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟଗୁଡିକ ସମନ୍ୱୟ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହୁଏ ।

ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନହୁଏ, ତେବେ ଏହି ମାଧ୍ୟମକୁ ରୈଖିକ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ଅଣ-ରୈଖିକ କୁହାଯାଏ ।

ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମକୁ ସମଦିଶୀୟତା ମାଧ୍ୟମ ଭାବରେ କୁହାଯାଏ, ଯଦି ଏହାର ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଯେପରିକି ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସାନ୍ଦ୍ରତା, ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଇତ୍ୟାଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦିଗରେ ସମାନ ରହିଥାଏ । ସେହିପରି ଯଦି ଏହାର ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟଗୁଡିକ ଯେପରିକି ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ସାନ୍ଦ୍ରତା, ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଇତ୍ୟାଦି ଦିଗ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ତେବେ ଏହାକୁ ଅସମଦିଶୀୟତା କୁହାଯାଏ ।

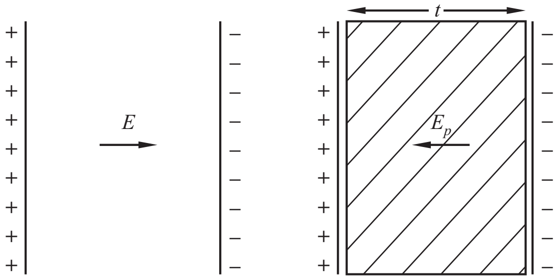
2.11 ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା, ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ସମ୍ପର୍କ (Relation of Flux Density, Intensity & Polarization)

ଏହି ବିଭାଗରେ ଆମେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା, କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ଚାହୁଁଛୁ ।ଏଥିପାଇଁ, ଆସନ୍ତୁ ଏକ ସମାଗତ ଓ ସମଦିଶୀୟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଲାବ୍ ବିଚାରକୁ ନେବା, ଯାହାର ପୃଷ୍ଠର ଆୟତନ A ମୋଟେଇ t ଏବଂ ଏହାକୁ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ଚାର୍ଜଧାରକର ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଅଛି (ଚିତ୍ର 2.5) । ବର୍ତ୍ତମାନ, ଯଦି ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକକୁ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଭାବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜଧାରକର ଗୋଟିଏ ପ୍ଲେଟ୍ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରିବ ଏବଂ ଚାର୍ଜଧାରକର ଅନ୍ୟ ପ୍ଲେଟ୍ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରିବ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଲାବ୍‌ର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେବ, ଯାହାକି ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଅଛି ।

ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ, ଏବଂ   ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ ସ୍ଲାବର ଦୁଇ ଶେଷ ପାଶ୍ୱରେ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଯାହାକି ସେମାନଙ୍କର ନିଜସ୍ୱ ତୀବ୍ରତା ସମ୍ପର୍ନ୍ନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ।ଏହିପରି, ସମଗ୍ର ସ୍ଲାବ ପାଇଁ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି ଏବଂ ଯେହେତୁ ସ୍ଲାବର ଆୟତନ tA, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ରାଶି ଏହିପରି ପାଇପାରିବା ।

$$|\vec{P}| = \frac{q_p t}{tA} = \frac{q_p}{A} = \sigma_P \tag{2.18}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\sigma_P = \frac{q_p}{A}$ ପୃଷ୍ଠତଳ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଧୃଢ଼ୀକୃତ ଚାର୍ଜରେ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଲାବ୍‌ରେ



ଚିତ୍ର.2.5: ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ ଚାର୍ଜଧାରକ (a) କୌଣସି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ନାହିଁ ଏବଂ (b) ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦିଆଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଯଦି $\vec{E}$ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ $\overrightarrow{E_P}$ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ଭିତରେ ଉତ୍ପାଦିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହୁଏ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ଭିତରେ ସାମଗ୍ରିକ ଭାବରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$\overrightarrow{E'} = \vec{E} - \overrightarrow{E_P} \tag{2.19}$$

ପୁନର୍ବାର ଯଦି σ ଏବଂ σ_P ଚାର୍ଜଧାରକ ପ୍ଲେଟରେ ଥିବା ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜର ସାନ୍ଦ୍ରତାଏବଂ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜର ସାନ୍ଦ୍ରତାହୁଏ,

$$E_P = \frac{\sigma_P}{\varepsilon_0} \tag{2.20 (a)}$$

ଏବଂ

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \tag{2.20 (b)}$$

ତେଣୁ, $$E' = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} - \frac{\sigma_P}{\varepsilon_0} \quad (2.21)$$

କିମ୍ବା, $$\sigma = \varepsilon_0 E' + \sigma_P = \varepsilon_0 E' + P \quad (2.22)$$

$e_0E' + P$ କୁ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ କୁହାଯାଏ । ଏହା ମୂଳତଃ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦେଇ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଗତି କରୁଥିବା ବଳରେଖାକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ । ଏହାକୁ ସାଧାରଣତଃ, ସଦିଶ ପରିସରରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି କରାଯାଇଛି । ଯାହାକି,

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (2.23)$$

ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନପାଇଁ ଅର୍ଥାତ ଶୂନ୍ୟତା ପାଇଁ $\vec{P} = 0$ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ହେବ,

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} \quad (2.24)\ (a)$$

2.12 ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତାଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ (Flux Density & Electric Flux)

ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଦେଇ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ବୈଦୁତିକ ବଳରେଖାର ସଂଖ୍ୟାକୁ ସୂଚାଏ ଏବଂ ବିଚାର୍ଯ୍ୟ ରୈଖିକ ତଥା ସମଦିଶୀ ମାଧ୍ୟମ, ଯାହାର ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ e ତାହାର ଅଭିବାହ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । $\vec{D} = \varepsilon \vec{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$ (2.24) (b)

ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ସହ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଥିବା ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସଦିଶର ସମାକଳକୁ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହ,

$$\varphi = \int_S \vec{D}.d\vec{S} \quad (2.25)$$

2.13 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକତାରେ ଗାଉସ୍ ନିୟମ (Gauss's Law In Dielectrics)

ଏହା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସ୍ ନିୟମ ସହ ସମାନ ଏବଂ ଯେକୌଣସି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ସମୁଦାୟ ବୈଦୁତିକ ଅଭିବାହର ପରିମାଣ, ଉକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇଥିବା ମୋଟ ଚାର୍ଜର $\frac{1}{\varepsilon_0}$ ଗୁଣ ସହ ସମାନ ।

ଏହିପରି, $$\varphi = \int_S \vec{D}.d\vec{S} = q \quad (2.26)$$

ଯେଉଁଠାରେ $$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} = \varepsilon_0 k \vec{E} \quad (2.27)$$

ବୈଦୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ । ଏଠାରେ, k ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ।

2.14 ଗାଠନିକ ସମ୍ପର୍କ (Constitutive Relations)

ବିଭିନ୍ନ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଗୁଡିକ ଯେପରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ, ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର କିଛି ସମ୍ପର୍କ ଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପର ସହିତ ଜଡିତ, ଯାହାକୁ ସାଧାରଣ ଭାବେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାଇଁ ଗଠନମୂଳକ ସମ୍ପର୍କ କୁହାଯାଏ । ପରବର୍ତ୍ତୀ ବିଭାଗରେ ଆମେ ଏପରି କିଛି ସମ୍ପର୍କ ପାଇବା ।

2.14.1 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ (Electric Susceptibility & Dielectric Constant)

ଆମେ ଜାଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ, $\vec{D} = \varepsilon\vec{E} = \varepsilon_0 k\vec{E}$ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ, $\vec{P} = \varepsilon_0\chi\vec{E}$.

ତେଣୁ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରୁ ଆମେ ପାଇଥାଉ, $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$

ତେଣୁ, $$\varepsilon_0 k\vec{E} = \varepsilon_0\vec{E} + \varepsilon_0\chi\vec{E}$$

ସରଳୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$k = 1 + \chi \qquad (2.28)$$

ଏହା ହେଉଛି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ।

ଉଦାହରଣ 2.5

ଉଦାହରଣ 2.5 ଯଦି ଏନଟିପିରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.000056, ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ:

ଏନଟିପିରେ ଗ୍ୟାସର ଡାଇବୈଦୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି 1.0000456 |

ତେଣୁ,ଏହାର ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ହେବ $\chi = \varepsilon - 1 = 1.000056 - 1 = 0.000056 = 5.6 \times 10^{-5}$.

2.14.2 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ (Electric Susceptibility & Atomic Polarizability)

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଅଛି,

$$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E} = \frac{n\alpha}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore \quad k = 1 + \chi = 1 + \frac{n\alpha}{\varepsilon_0} \qquad (2.29)$$

ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଦେଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 2.6 ଯଦି ଆର୍ଗନ୍ ର ପାରମାଣବିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ 1.43 x 10^{-40} ହୁଏ, ତେବେ କଠିନ ଆର୍ଗନ୍‌ର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ବାହାର କର । ଆର୍ଗନ୍ ର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1.8 g. cm^{-3} ଏବଂ ଆର୍ଗନ୍ ର ପାରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 39.95 G.mol^{-1}.

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଅଛି, ଏକ ଆର୍ଗନ୍ ପରମାଣୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ = 1.43 x 10^{-40} F.m^2, ଆର୍ଗନ୍ ର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 1.8 g.cm^{-3} ଏବଂ ଆର୍ଗନ୍‌ର ପାରମାଣବିକବସ୍ତୁତ୍ୱ– 39.95 G.mol^{-1}.

ତେଣୁ, ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଆର୍ଗନ୍‌ର ପରମାଣୁସଂଖ୍ୟା

$$n = \frac{\text{Avogadro no.} \times \text{density}}{\text{Atomic weight}} = \frac{6.02 \times 10^{26} \times 1.8}{39.95} = 2.7 \times 10^{25}.$$

ଏହିପରି, କଠିନ ଆର୍ଗନ୍‌ର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି

$$k = 1 + \frac{n\alpha}{\varepsilon_0} = 1 + \frac{2.7 \times 10^{25} \times 1.43 \times 10^{-40}}{8.854 \times 10^{-12}} = 1.000436.$$

ଉଦାହରଣ 2.6

2.14.3 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ (Electric Polarization and Dielectric Constant)

ଆମେ ଜାଣୁ $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

$$\varepsilon_0 k \vec{E} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{P} = (k-1)\varepsilon_0 \vec{E} \qquad (2.30)$$

ଏହା ବିଚାରଧୀନ ଏକ ମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଯଦି $\vec{E}$ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ $\vec{E_P}$ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ଭିତରେ ଉତ୍ପାଦିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହୁଏ, ତେବେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ଭିତରେ ମୋଟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$\vec{E'} = \vec{E} - \vec{E_P} = \vec{E} - \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0} = \vec{E} - \chi \vec{E'}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E'} = \frac{\vec{E}}{1+\chi} = \frac{\vec{E}}{k} \qquad (2.31)\ (a)$$

କିମ୍ବା, $$\frac{\vec{E'}}{\vec{E}} = 1 + \chi = k \qquad (2.31)\ (b)$$

ଏହିପରି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E'}$ ର ଅନୁପାତକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।

2.15 ଧ୍ରୁବୀକରଣର ପ୍ରକାରଭେଦ (Types of Polarization)

ଯଦି ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥକୁ ଏକ ସମତୁଲ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡିକ ପୁନଃ-ସଂଗଠିତ ହୁଅନ୍ତି, ଯାହା ଫଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୁଏ । ଏଗୁଡିକ ନିମ୍ନମତେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରେ ।

i. ଯେତେବେଳେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଅଣୁର ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନକୁ ବିକୃତ କରେ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଣୁରେ ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ ଏବଂ

ii. ଯେତେବେଳେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଧ୍ରୁବୀତ ଅଣୁର ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଉପରେ ଏକ ଘୂର୍ଣନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ ବିଭାଗରେ କିଛି ମୌଳିକ ପ୍ରକାରର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଧ୍ରୁବୀକରଣ ବ୍ୟାପକ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଅଛି ।

2.15.1 ପ୍ରେରିତ (ଇଲେକଟ୍ରୋନିକ) ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Induced (Electronic) Polarization)

ଯଦି ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥକୁ ବାହ୍ୟ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡିକ ଭାରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ ଠାରୁ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି ।ଏହି କାରଣରୁ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଉକ୍ତ ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ଠାରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ମାନଙ୍କର ବିସ୍ଥାପନ ହେତୁ ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

ଏହା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ କିନ୍ତୁ ପରମାଣୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଉକ୍ତ ନିର୍ଭରଶୀଳତାର ପ୍ରକୃତି ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ଏକ ପରମାଣୁ ବିଚାର କରିବା, ଯାହାର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା Z ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଏବଂ ଚାର୍ଜ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାଏ । ଯେପରି ଚିତ୍ର 2.6 (a)ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ତେଣୁ, ଚାର୍ଜ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେବ,

$$\rho = -\frac{Ze}{\frac{4}{3}\pi r^3} \tag{2.32}$$

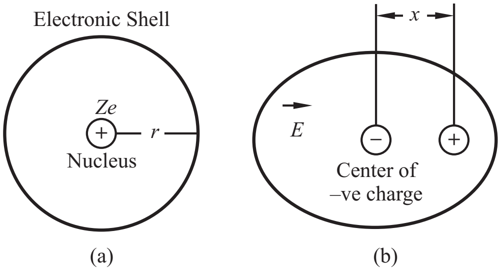
ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେତେବେଳେ ଏହି ପରମାଣୁକୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘ x ପରିମାଣଦ୍ୱାରା ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି [ଚିତ୍ର. 2.6 (b)] ।

ତେବେ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ହେବ,

$$F_L = ZeE \tag{2.33}$$

ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ହେବ,

$$F_G = \frac{Ze.\frac{4}{3}\pi x^3 \rho}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = -\frac{Z^2e^2x}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \tag{2.34}$$



ଚିତ୍ର 2.6: (a) ନିରପେକ୍ଷ ପରମାଣୁ (E = 0) ଏବଂ (b) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଧ୍ରୁବୀକରଣ

ବର୍ତ୍ତମାନ, ସନ୍ତୁଳନ ପାଇଁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଉପରେ ସମୁଦାୟ ବଳ ଶୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ। ତେଣୁ, ସମୀକରଣ (2.33) ଓ ସମୀକରଣ (2.34) ସହିତ ସମକକ୍ଷ କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$ZeE = \frac{Z^2e^2x}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

କିମ୍ବା,
$$x = \frac{4\pi\varepsilon_0 r^3 E}{Ze} \tag{2.35}$$

ତେଣୁ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘର ବିସ୍ଥାପନ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହ ସମାନୁପାତି। ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରେରିତ ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେବ,

$$p = Zex$$
$$= 4\pi\varepsilon_0 r^3 E \tag{2.36}$$

ଏହିପରି ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଆନୁପାତିକ। ପୁନର୍ବାର ଆମେ ଜାଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ,

$$\alpha = \frac{p}{E} = 4\pi\varepsilon_0 r^3 \tag{2.37}$$

ଯଦି ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା n ହୁଏ ତେବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ ହେବ,

$$P = np = naE$$
$$= 4pe_0nr^3E \tag{2.38}$$

ଏହା ହେଉଛି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ ଏବଂ ପରମାଣୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ।

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ଜାଣୁ ଏକ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି,

$$k = 1 + \frac{n\alpha}{\varepsilon_0}$$

∴
$$na = e_0 (k - 1)$$

କିମ୍ବା,
$$4pe_0r^3n = e_0 (k - 1)$$

କିମ୍ବା, $(k - 1) = 4p\ nr^3$

କିମ୍ବା, $k = 1 + 4pnr^3$ (2.39)

ସମୀକରଣ (2.39) ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପରମାଣୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ପର୍କକୁ ଦର୍ଶାଏ ।

ଉଦାହରଣ 2.7 0^0C ଏବଂ 1 ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି 1.0000684 ଏବଂ ଗ୍ୟାସରେ 2.7 ´ 10^{25} atoms/m^3 ରହିଛି । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ହିସାବ କର,ଯେତେବେଳେ ଉକ୍ତ ପରମାଣୁ ଉପରେ 106 V/m ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ = k = 1.0000684, ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା = n =2.7 1025 ପରମାଣୁ/ମିଟର3 ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର = E = 10^6 ଭି/ମି.

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମର ଅଛି, $k = 1 + 4pnr^3$

କିମ୍ବା, $$a^3 = \frac{k-1}{4\pi n} = \frac{1.0000684-1}{4\pi \times 2.7 \times 10^{25}} = 20.2 \times 10^{-36}$$

କିମ୍ବା, $a = 2.72 \times 10^{-12}$ m.

ଯାହା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦେଇଥାଏ ।

ପୁନର୍ବାର, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘର ବିସ୍ଥାପନ ହେଉଛି

$$x = \frac{4\pi\varepsilon_0 a^3 E}{Ze}$$

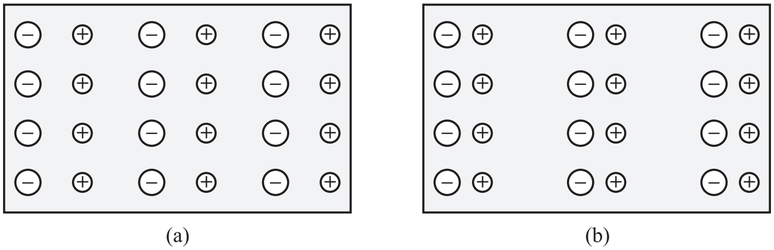
$$= \frac{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 20.2 \times 10^{-36} \times 10^6}{2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 0.7 \times 10^{-22}\text{ m.}$$

ଉଦାହରଣ 2.7

2.15.2 ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Atomic Polarization)

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ଯେଉଁମାନେ ଆୟୋନିକ୍ ବଂଧନ ଧାରଣ କରନ୍ତି (ଉଦାହରଣ NaCl, KCl ଇତ୍ୟାଦି), ସେମାନଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାରମାଣବିକ କିମ୍ବା ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।ଏହି ପ୍ରକାରର ସ୍ଫଟିକରେ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ପରମାଣୁକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ପ୍ରକାରର ସ୍ଫଟିକରେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଆୟୋନ୍ ଯଥାକ୍ରମେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର [ଚିତ୍ର2.7 (ବି)] ଦିଗରେ ଏବଂଏହାର ବିପରୀତରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି, ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆୟୋନିକ୍ ବନ୍ଧନର ବଳ ଏହାକୁ ବନ୍ଦ କରେ ନାହିଁ ।ଏହି କାରଣରୁ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଏବଂ ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ *(pi)* ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରେରିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଆୟୋନର ପାରସ୍ପରିକ ବିସ୍ଥାପନ ହେତୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ। ଆୟୋନିକ୍ ସ୍ଫଟିକର ଏହି ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନୁପାତି ।

ତେଣୁ $P_i = a_i E$ [ଯେଉଁଠାରେ a_i ଆୟୋନିକଧ୍ରୁବଣ] (2.40)



ଚିତ୍ର. 2.7: ଆୟୋନିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (a) କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର ନାହିଁ (E = 0), (b) ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର (E ≠ 0)

ଯଦି ସ୍ଫଟିକର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଦ୍ୱିମେରୁସଂଖ୍ୟା n ହୁଏ, ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏହିପରି ହେବ ଯଥା,

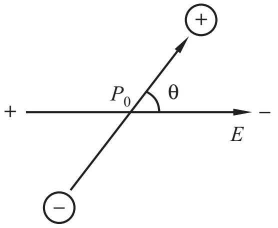
$$p_i = np_i = na_i E \tag{2.41}$$

ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବ୍ୟତୀତ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରୟୋଗ ଯୋଗୁଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘର ଗତିପାଇଁ ଏକ ଆୟୋନିକ୍ ଅଣୁ ମଧ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଧାରଣ କରେ । ତେଣୁ, ସମୁଦାୟ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଆୟୋନିକ୍ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ ।

$$P = P_e + P_i = n(a_e + a_i)E \tag{2.42}$$

2.15.3 ଦ୍ୱିମେରୁ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Dipolar Polarization)

ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସ୍ଥାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଥିବା ଧ୍ରୁବୀତ ପାରାବୈଦୁତିକରେ ଦେଖାଯାଏ (ଉଦାହରଣ HCl, NO2 ଇତ୍ୟାଦି) । ସାଧାରଣତଃ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ, ଏହି ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡିକ ଅନିୟମିତ ଭାବରେ ସଜେଇ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ହେତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ପ୍ରଭାବ ବାତିଲ୍ ହୁଏ ଓ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ଏହି ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ସଜେଇ ହୁଅନ୍ତି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏକ ସମୁଦାୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଉତ୍ପାଦନ ହେବାସହ ଏହା ଉପରେ ଏକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବଳର ପ୍ରଭାବ ପଡିଥାଏ (ଚିତ୍ର.2.8) । ଏହିପରି ବିକଶିତ ହୋଇଥିବା ଧ୍ରୁବୀକରଣକୁ ଅଭିନ୍ୟାଶ (orientational) ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବିଲୋପପାତି ହୋଇଥାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର E ଅଧୀନରେ ଥିବା ଏକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଅଣୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ବଳର ରାଶି,



ଚିତ୍ର. 2.8: ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଦ୍ୱିମେରୁର ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍

$$\tau = p_0 E \sin\theta \tag{2.43}$$

ଯେଉଁଠାରେ p_0 ଅଭିନ୍ୟାଶ ଜନିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ।ଯେତେବେଳେ ଦ୍ୱିମେରୁକୁ 180 ରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ସର୍ବାଧିକ କାର୍ଯ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ଯାହାକି ସର୍ବାଧିକ ଅଭିନ୍ୟାଶ ଦ୍ୱିମେରୁ ଶକ୍ତି ପ୍ରଦାନ କରେ ।

$$E_{max} = \int_0^{\pi} p_0 E \sin\theta = 2p_0 E \tag{2.44}$$

ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ଦ୍ୱିମେରୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ରହେ,ସେତେବେଳେ କୌଣସି କାର୍ଯ ହୁଏ ନାହିଁ । ତେଣୁ, ହାରାହାରି ଅଭିନ୍ୟାଶ ଦ୍ୱିମେରୁ ଶକ୍ତି ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ,

$$E_{av} = \frac{2p_0E}{2} = p_0E \tag{2.45}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ହେବ, ଯେତେବେଳେ ହାରାହାରି ଅଭିନ୍ୟାଶ ଦ୍ୱିମେରୁ ଶକ୍ତି ଏବଂ ହାରାହାରି ତାପଜ ଶକ୍ତିର ଅନୁପାତଏକଠାରୁ ଅଧିକ ହେବ ।

ତେଣୁ, ହାରାହାରି ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣ, $P_o \propto \dfrac{p_0E_{av}}{E_{th(av)}}$

ଏଠାରେ, $E_{th(av)} = \dfrac{5}{2}kT$

ତେଣୁ, $P_o \propto \dfrac{p_0^2E}{(5/2)kT}$

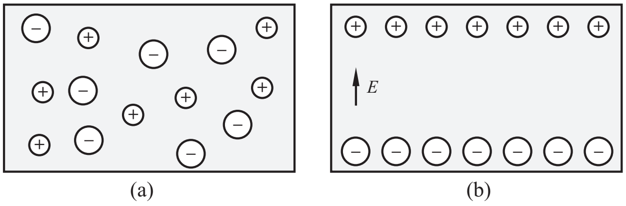
ମେକ୍ସୱାଲ-ବୋଲ୍ଜମ୍ୟାନ ପରିସଂଖ୍ୟାନ ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ହାରାହାରି ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପାଇଥାଉ,

$$P_o = \frac{n}{3}\frac{p_0^2E}{kT} = n\alpha_o E \tag{2.46}$$

ଯେଉଁଠାରେ n ସ୍ଫଟିକର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଦ୍ୱିମେରୁ ସଂଖ୍ୟା ।

ତେଣୁ ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣ $\alpha_o = \dfrac{p_0^2}{3kT}$ (2.47)

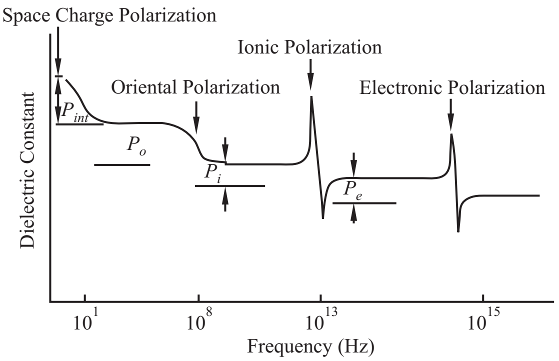
2.15.4 ଇଣ୍ଟରଫେସିଆଲ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Interfacial Polarization)



ଚିତ୍ର 2.9: (a) କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର (e = 0), (b) ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର (e) ସହିତ

ବିଭିନ୍ନ ପର୍ଯ୍ୟାୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଭିନ୍ନ ପ୍ରତିରୋଧକତା ଧାରଣ କରୁଥିବା ବହୁ-ପର୍ଯ୍ୟାୟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥରେ ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଦେଖାଯାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ଏହିଭଳି ପଦାର୍ଥର ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଅଲଗା ଅଲଗା ହୋଇନଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଏବଂ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା ଯୋଗୁଁ ସୀମାରେ ହଠାତ୍ ପରିବାହକତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ,ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଜମା ହୋଇଥାଆନ୍ତି [ଚିତ୍ର2.9 (b)] । ଆୟନର ବିସ୍ଥାପନ ହେତୁ ଏକ ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହିପରି ବିକଶିତ ଧ୍ରୁବୀକରଣକୁ ଇଣ୍ଟରଫେସିଆଲ୍ କିମ୍ବା ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଏହି ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ଦୃଢ ଭାବରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ମଧ୍ୟରୁ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେଉଛି ଦ୍ରୁତତମ ଏବଂ ସାଧାରଣ ଭାବେ ~10^{13}-10^{15} Hz ଆବୃତି ମଧ୍ୟରେଦେଖାଯାଏ । ଅପରପକ୍ଷରେ, ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ମନ୍ଥର ଏବଂ ସାଧାରଣତଃ ~10^9 -10^{13} Hz ଆବୃତି ମଧ୍ୟରେ ସଂଗଠିତ ହୁଏ । ପୁଣି ଦ୍ୱିମେରୁ କିମ୍ବା ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଅଣୁର ଗତିବିଧି ସହିତ ଜଡିତ ଯାହାକି 10^9 Hzରୁ କମ୍ ଆବୃତିରେ ଦେଖାଯାଏ ଏବଂ ଇଣ୍ଟରଫେସିଆଲ୍ କିମ୍ବା ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ 10 Hz [ଚିତ୍ର । 2.10] ଆବୃତିରୁ କମରେ ସଂଗଠିତ ହୋଇଥାଏ ।



ଚିତ୍ର 2.10: ଆବୃତି ସହିତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କର ପରିବର୍ତ୍ତନ

2.16 ଏକ ପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Polarization of Monoatomic Gas)

ଯଦି Z ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପରମାଣୁକୁ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (E)ରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ,ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର କେନ୍ଦ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବାବେଳେ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର କେନ୍ଦ୍ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ (ଚିତ୍ର. 2.6 କୁ ଦେଖ) ।ଏହିପରି ଭାବେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଅତ୍ୟଧିକ ଉଚ୍ଚ କ୍ଷେତ୍ର ଆବୃତିରେ ଜାରି ରହିପାରେ କାରଣ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିର ତରଙ୍ଗର ଅଧିକ ପ୍ରାକୃତିକ ଆବୃତି ଥାଏ । ଯେତେବେଳେ ପରମାଣୁକୁ ଏକ ବାହ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର E ରେ ରଖାଯାଏ, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରେ । ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ଗତି ସହିତ ସନ୍ତୁଳନକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଇପାରିବ । ଏହା ଅଳ୍ପ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର କେନ୍ଦ୍ର ତୁଳନାରେ ସାମାନ୍ୟ ଦୂରତା x ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ, ଯାହାକି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନୁପାତିକ । ଯାହାକୁ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$x = \frac{4\pi\varepsilon_0 r^3 E}{Ze}$$

ଫଳସ୍ୱରୂପ, ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନୁପାତିକ,ଯାହାକୁ ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$p = Zex = 4\pi\varepsilon_0 r^3 E$$

ପୁନର୍ବାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ ଏହିପରି ଦିଆଯାଇଛି,

$$\alpha = \frac{p}{E} = 4\pi\varepsilon_0 r^3$$

ଯଦି ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପରମାଣୁସଂଖ୍ୟା n ହୁଏ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ ହେବ,

$$P = np = naE = 4pe_0 nr^3 E$$

2.17 ବହୁପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ (Polarization of Polyatomic Gas)

ସାଧାରଣ ଭାବେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ପାଇଁ, ସ୍ପେସ୍ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ନୁହେଁ କାରଣ ଏହା କେବଳ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଦେଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ଏତେ ଛୋଟଯେ ଏହାକୁ ଅଣଦେଖା କରାଯାଇପାରିବ । ତେଣୁ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ସମୁଦାୟ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ପରମାଣୁ, ଆୟୋନିକ୍ ଏବଂ ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ମିଳିତ ସମାହାରର

ପ୍ରଭାବ ଭାବରେ ଅନୁମାନ କରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ, ଏକ ବହୁପରମାଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ପାଇଁ ଯାହାର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା n ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଅଛି, ପାରମାଣବିକ ତଥା ଆୟୋନିକ୍ ଏବଂ ଅଭିନ୍ୟାଶ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ପ୍ରଭାବକୁ ବିଚାର କରି ସମୁଦାୟ ଧ୍ରୁବୀକରଣ, ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$P = P_e + P_i + P_o = n\alpha_e E + na_i E + na_o E = n(a_e + a_i + a_o)\,E \qquad (2.48)$$

କିମ୍ବା,
$$\varepsilon_0 \chi E = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)E = n\left[\alpha_e + \alpha_i + \frac{p_0^{\,2}}{3kT}\right]E$$

କିମ୍ବା,
$$\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1) = n\left[\alpha_e + \alpha_i + \frac{p_0^{\,2}}{3kT}\right] = n\alpha_T \qquad (2.49)$$

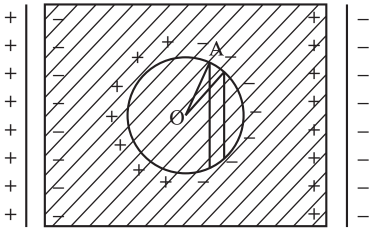
ଯେଉଁଠାରେ, ସମୁଦାୟ ଧ୍ରୁବଣ ଏହିପରି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ

$$\alpha_T = \alpha_e + \alpha_i + \frac{p_0^{\,2}}{3kT} \qquad (2.50)$$

2.18 କ୍ଲୋସିୟସ ମୋସୋଟି ସମ୍ପର୍କ (Clausius Mossotti Relation)

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଧ୍ରୁବୀକରଣପାଇଁ ଦାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ବିଭାଗରେ ଆମେ ଏହାକୁ $\vec{E}_m$ ବୋଲି ସୂଚାଇବା । ଏହା ଏକ ସ୍ଥୂଳ ରାଶି ଯାହା ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରଠାରୁ ଭିନ୍ନ ତେଣୁ ଏହାକୁ ସ୍ଥାନୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଭାବରେ ମାନିନିଆଯାଏ । ଏହାର ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ପାଇବା ପାଇଁ,ଗୋଟିଏ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଖଣ୍ଡ ବାହାର କରିନିଆଯାଉ । ଫଳରେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗୋଲାକାର ଗହ୍ୱର ରହିଯିବ,ଯାହାକି ଏକ ବିଚାରାଧୀନ ବିନ୍ଦୁକୁ ଘେରି ରହିବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆସନ୍ତୁ ଉକ୍ତ ଗହ୍ୱର ଭିତରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ପୁନଃ ସ୍ଥାପନ କରିବା । ଅଣୁ ପରେ ଅଣୁ ରଖି, କେବଳ ସେହି ଅଣୁ ବ୍ୟତିତ, ଯେଉଁଠାରେ ଆମେ $\vec{E}_m$ ଖୋଜିବାକୁ ଚାହୁଁଛୁ । ଏହି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ନିରନ୍ତର ନୁହେଁ ବରଂ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱିମେରୁ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକରେ ଥିବା ଗୋଲାକାର ଗହ୍ୱରର କେନ୍ଦ୍ର O ଧରାଯାଉ ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଅନ୍ତଃ ଆଣବିକ ଦୂରତା ତୁଳନାରେ ବଡ଼ କିନ୍ତୁ ସମଗ୍ର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ପରିସର ତୁଳନାରେ ଛୋଟ । ଆସନ୍ତୁ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ରଖିବା ।



ଚିତ୍ର. 2.11: ଗୋଲାକାର ଗଭୀରତା

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଗହ୍ୱରରଦ୍ୱାରା କେନ୍ଦ୍ରରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ଏକ ଅଣୁ ରଖାଯାଇଅଛି ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଗଲେ ଏହା ଯେଉଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଅନୁଭବ କରେ ତାହା ହେଉଛି,

$$\vec{E}_m = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

ଏଠାରେ, $\vec{E}_1$ କୌଣସି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକନଥାଇ ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ଚାର୍ଜ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର, $\vec{E}_2$ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ବାହ୍ୟ ପୃଷ୍ଠରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର, $\vec{E}_3$ ଗୋଲାକାର ଗହ୍ୱରର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପୃଷ୍ଠରେ ଚାର୍ଜ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ $\vec{E}_4$ ଗୋଲାକାର ଗହ୍ୱର ଭିତରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିମେରୁ ହେତୁ କ୍ଷେତ୍ର ।

ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ,
$$\vec{E}_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

ଯେଉଁଠାରେ s ପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜ ସାନ୍ଦ୍ରତା,

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{P}$ ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}_1$ ମଧ୍ୟରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ରଖାଯିବା ପରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେତୁ ସୃଷ୍ଟ ଧ୍ରୁବଣ ସଦିଶ ।

$$\therefore \quad \vec{E}_m = \vec{E}_1 - \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0} + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 \tag{2.51}$$

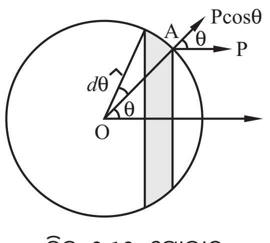
ଯଦି ଗହ୍ୱରରେ ଥିବା ଦ୍ୱିମେରୁ ଗୁଡିକ ଏକ ଘନ ସ୍ଫଟିକର ନିୟମିତ ପରମାଣୁ ସ୍ଥିତିରେ ଅବସ୍ଥିତ, $\vec{E}_4 = 0$, କିନ୍ତୁ ଅଣରୈଖିକମାଧ୍ୟମ କ୍ଷେତ୍ରରେ $\vec{E}_4 \uparrow 0.$

ଧରାଯାଉ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$, ଯେତେବେଳେ ଏହାକୁ ଏକ ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}_1$ ରେ ରଖାଯାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ $\vec{D}$ କୁ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ-ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଇଣ୍ଟରଫେସରେ କ୍ରମାଗତ ବୋଲି ବିଚାର କରାଯାଏ ଯେପରି $\vec{D}$ ପୃଷ୍ଠ ତଳକୁ ଲମ୍ବ, ତେଣୁ $\vec{D}$ ର ମୂଲ୍ୟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବାହାରେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ସମାନ ହେବା ଉଚିତ୍ । ଅର୍ଥାତ୍,

$$\varepsilon_0 \vec{E}_1 = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

ସମୀକରଣଗୁଡିକୁ ମିଶ୍ରଣ କରି ଏବଂ $\vec{E}_4 = 0$ ବ୍ୟବହାର କରାଗଲେ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{E}_m = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0} - \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0} + \vec{E}_3 + 0 = \vec{E} + \vec{E}_3 \tag{2.52}$$



ଚିତ୍ର. 2.12: ପୋଲାର କୋର୍ଡିନେଟ୍ ର ଧାରଣା

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}_3$ ଯାହାକି ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ତାହା ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସହିତ ଜଡିତ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମତୁଲ୍ୟ ।

ଯଦି ଏହି ମୂଲ୍ୟ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ସମୁଦାୟ ଆୟତନରେ ସ୍ଥିର ହୁଏ, ତେବେ

$$\rho_P = -\vec{\nabla}.\vec{P} = 0 \text{ ଏବଂ } \sigma_P = \vec{P}.\hat{r} = P\cos\theta$$

ଏହିପରି S ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଚାର୍ଜ ହେତୁ କେନ୍ଦ୍ର O ରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର A ବିନ୍ଦୁରେ ଯାହାର ଧ୍ରୁବୀତ କୋର୍ଡିନେଟ୍ (r, q) ତେବେ ଆମେ ପାଇବା,

$$dE' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma_P dS}{r^2}\hat{r}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $$dS = 2\pi r\sin\theta.rd\theta = 2\pi r^2\sin\theta d\theta$$

$$\therefore \quad dE' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{P\cos\theta.2\pi r^2\sin\theta d\theta}{r^2}\hat{r} = \frac{P\cos\theta\sin\theta d\theta}{2\varepsilon_0}\hat{r}$$

ପ୍ରତିସାମ୍ୟରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ E' ର କେବଳ ଲମ୍ବ ଭାଗ P ଦିଗର ସମୁଦାୟ କ୍ଷେତ୍ର E_3 କୁ ସହଯୋଗ କରିବ ।

∴ $$dE_3 = dE'\cos\theta = \frac{P\cos^2\theta\sin\theta d\theta}{2\varepsilon_0}$$

∴ $$E_3 = \frac{P}{2\varepsilon_0}\int_0^{\pi}\cos^2\theta\sin\theta d\theta = \frac{P}{3\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E}_3 = \frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0} \quad (2.53)$$

∴ $$\vec{E}_m = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0} \quad (2.54)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଏକ ଆଦର୍ଶ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାଇଁ $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$ ଏବଂ $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$

∴ $$\varepsilon\vec{E} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{P} = (\varepsilon - \varepsilon_0)\vec{E} = \varepsilon_0\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - 1\right)\vec{E} = \varepsilon_0(k-1)\vec{E}$$

ତେଣୁ, $$\vec{E}_m = \vec{E} + \frac{\varepsilon_0(k-1)\vec{E}}{3\varepsilon_0} = \frac{(k+2)\vec{E}}{3} \quad (2.55)$$

∴ $$\vec{E} = \frac{3\vec{E}_m}{(k+2)} \quad (2.56)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୀକରଣ (2.54)ରେ ସମୀକରଣ(2.56)ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$\vec{E}_m = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0} = \frac{3\vec{E}_m}{(k+2)} + \frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{P} = 3\varepsilon_0\vec{E}_m\left(\frac{k-1}{k+2}\right) \quad (2.57)$$

ଏକକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ଏକ ଅଣୁର ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ଆଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କୁହାଯାଏ ।ଅର୍ଥାତ୍,

$$\alpha = \frac{\vec{p}_m}{\vec{E}_m}$$

ଯଦି ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଅଣୁସଂଖ୍ୟା n ହୁଏ,ତେବେ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେବ,

$$\vec{P} = n\vec{p}_m = n\alpha\vec{E}_m$$

∴ $$n\alpha\vec{E}_m = 3\varepsilon_0\vec{E}_m\left(\frac{k-1}{k+2}\right)$$

କିମ୍ବା,
$$\frac{n\alpha}{3\varepsilon_0} = \frac{k-1}{k+2} \tag{2.58}$$

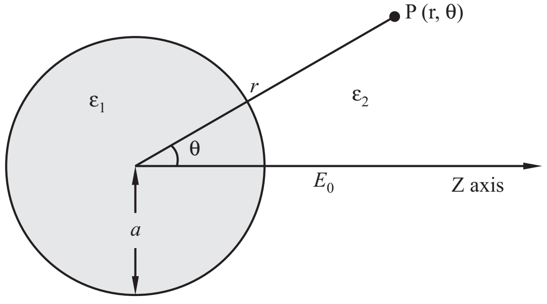
ଏହି ସମୀକରଣ କ୍ଲୋସିୟସ୍-ମୋସୋଟି ସମ୍ପର୍କ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଏହି ଫଳନ ଆୟତନ ଜନିତ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା, ଆଲୋକୀୟ ଆବୃତିରେ $k = \mu^2$, ଯେଉଁଠାରେ μ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ।

$$\therefore \quad \frac{n\alpha}{3\varepsilon_0} = \frac{\mu^2-1}{\mu^2+2} \tag{2.59}$$

ଏହି ସମୀକରଣ ଲୋରେଞ୍ଜ -ଲୋରେଞ୍ଜ ସମ୍ପର୍କ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା

2.19 ଏକ ସମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗୋଲକ (Dielectric Sphere in Uniform Electric Field)

ଯେତେବେଳେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଗୋଲକକୁ ଏକ ସମବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ଗୋଲକର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଂଚଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ବିକୃତ ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର 2.13 ଏକ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗୋଲକକୁ ସମବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଅଛି

ଧରିନିଆଯାଉ a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର, e_1 ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲାକାର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ $\overrightarrow{E_0}$ ତୀବ୍ରତାର ଏକ ସମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଅଛି । ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ର Z- ଦିଗରେ କାମକରେ । ଯେହେତୁ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜର ଅକ୍ଷ ଚାରିପାଖରେ ପ୍ରତିସାମ୍ୟତା ଥାଏ, ତେଣୁ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବକୁ ଆଂଚଳିକ ଗୁଣାବୃତିମାନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ । ଆସନ୍ତୁ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ P ବିଚାର କରିବା ଯାହାର ଧ୍ରୁବୀତ ସମନ୍ୱୟ ହେଉଛି (r, q) ଗଲକର କେନ୍ଦ୍ରବିନ୍ଦୁ ପରିପ୍ରେକ୍ଷୀରେ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ P ବିନ୍ଦୁରେ ନିମ୍ନମତେ ଲେଖାଯାଇପାରେ,]

$$\phi(r,\theta) = \sum_{n=0}^{\infty}\left[A_n r^n + B_n r^{-(n+1)}\right]p_n(\cos\theta) \tag{2.60}$$

ଯେଉଁଠାରେ, ଗୁଣାଙ୍କ A_n ଏବଂ B_n ଉପଯୁକ୍ତ ସୀମା ସର୍ତ୍ତ ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ସମୀକରଣ (2.60) ରେ p_n(cosq) ହେଉଛି ଲିଜେଣ୍ଡ୍ରେ ପଲିନୋମିଆଲ୍ (ବିବରଣୀ ପାଇଁ ଆନେକ୍ସରେ ଚତୁର୍ଥ ଦେଖନ୍ତୁ) ।

A_n ଏବଂ B_n ଗୁଣାଙ୍କ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନପାଇଁ ସୀମା ସର୍ତ୍ତ ଗୁଡିକ ହେଲା,

(i) ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ ଗୋଲକ ଭିତରେ ଏବଂ ବାହାରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍, ଗୋଲକ ଭିତରେ ଏବଂ ବାହାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ $\nabla^2\phi_1 = 0 \quad \nabla^2\phi_2 = 0$

(ii) ଗୋଲକ ଭିତରେ ଅର୍ଥାତ୍, r < a ପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ f_1 ର ମୂଲ୍ୟସୀମିତ ଅଟେ

(iii) ଯଦି $r \to a$, $f_2 \to -E_0Z = -E_0 r \cos$ q.

(iv) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ସ୍ପର୍ଶକ ଭାଗ, ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନରେ କ୍ରମାଗତ ଅଟେ । ଅର୍ଥାତ୍, r = a ଠାରେ $f_1 = f_2$

(v) ଯେହେତୁ କ୍ଷେତ୍ରର ଆଖପାଖରେ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଉପଲବ୍ଧ ନାହିଁ, ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନରେ କ୍ରମାଗତ ଅଟେ ।ଅର୍ଥାତ୍, $\varepsilon_1 \frac{\partial \phi_1}{\partial r} = \varepsilon_2 \frac{\partial \phi_2}{\partial r}$

ଦ୍ୱିତୀୟ ସୀମା ସର୍ତ୍ତରୁ ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ f_1 କୁ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\phi_1 = \sum_{n=0}^{\infty}\left[A_n r^n p_n(\cos\theta)\right] \tag{2.61}$$

ଏବଂ ବାହାର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ f_2 କୁ ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\phi_2 = \sum_{n=0}^{\infty}\left[C_n r^n + B_n r^{-(n+1)}\right] p_n(\cos\theta) \tag{2.62}$$

ଯେହେତୁ ସେଠାରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ, ତେଣୁ $\frac{1}{r}$ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କୌଣସି ପଦ f_2 ସମୀକରଣରେ ରହିବ ନାହିଁ ।

$$\therefore \quad \phi_2 = \sum_{n=0}^{\infty} C_n r^n p_n(\cos\theta) + \sum_{n=1}^{\infty} D_n r^{-(n+1)} p_n(\cos\theta) \tag{2.63}$$

ତୃତୀୟ ସୀମା ସର୍ତ୍ତରୁ, $-E_0 r\cos\theta = \sum_{n=0}^{\infty} C_n r^n p_n(\cos\theta)$

କିମ୍ବା, $$-E_0 r\cos\theta = C_0 + C_1 r\cos\theta + \ldots\ldots\ldots$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇବା, $C_0 = 0$ ଏବଂ $C_1 = -E_0$ ଏବଂ $n \geq 2$ ପାଇଁ $C_n = 0$

$$\therefore \quad \phi_2 = -E_0 r\cos\theta + \sum_{n=1}^{\infty} D_n r^{-(n+1)} p_n(\cos\theta) \tag{2.64}$$

ସୀମା ସର୍ତ୍ତ *(iv)* ଓ *(v)* ର ଏକକାଳୀନ ସନ୍ତୁଷ୍ଟିପାଇଁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା, $A_n = 0, D_n = 0, n \geq 2$ ପାଇଁ ବର୍ତ୍ତମାନ, ସମୀକରଣ (2.61) ଏବଂ (2.63) କୁ ଲେଖାଯାଇପାରିବ,]

$$\phi_1 = A_0 + A_1 r\cos\theta \tag{2.65}$$

ଏବଂ $$\phi_2 = -E_0 r\cos\theta + \frac{D_1}{r^2}\cos\theta \tag{2.66}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଚତୁର୍ଥ *(iv)* ସୀମା ସର୍ତ୍ତରୁ, $A_0 + A_1 a\cos\theta = -E_0 a\cos\theta + \frac{D_1}{a^2}\cos\theta$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ $A_1 = \frac{D_1}{a^3} - E_0$

ତେଣୁ, $$\frac{\partial \phi_1}{\partial r} = A_1\cos\theta$$

ଏବଂ $$\frac{\partial \phi_2}{\partial r} = -E_0\cos\theta - \frac{2D_1}{r^3}\cos\theta$$

ଏହିପରି, ପଞ୍ଚମ (v) ସର୍ତ୍ତରୁ $\varepsilon_1 A_1\cos\theta = \varepsilon_2(-E_0\cos\theta - \frac{2D_1}{a^3}\cos\theta)$

ଉଭୟ ପକ୍ଷକୁ ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ, $\varepsilon_1 A_1 = -\varepsilon_2(E_0 + \frac{2D_1}{a^3})$

କିମ୍ବା, $$\varepsilon_1\left(\frac{D_1}{a^3}-E_0\right)=-\varepsilon_2\left(E_0+\frac{2D_1}{a^3}\right)$$

କିମ୍ବା, $$-\varepsilon_1 E_0+\varepsilon_2 E_0=-\varepsilon_2\frac{2D_1}{a^3}-\varepsilon_1\frac{D_1}{a^3}=-\frac{1}{a^3}(2\varepsilon_2+\varepsilon_1)D_1$$

∴ $$D_1=-\frac{(-\varepsilon_1+\varepsilon_2)E_0a^3}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}$$

∴ $$A_1=\frac{(\varepsilon_1-\varepsilon_2)E_0}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}-E_0=\frac{(\varepsilon_1-\varepsilon_2-2\varepsilon_2-\varepsilon_1)E_0}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}=-\frac{3\varepsilon_2E_0}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}$$

∴ $$\phi_1=-\frac{3\varepsilon_2E_0r\cos\theta}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1} \qquad (2.67)$$

ଏବଂ $$\phi_2=-E_0r\cos\theta+\frac{(\varepsilon_1-\varepsilon_2)E_0a^3}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^2} \qquad (2.68)$$

ତେଣୁ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଗୋଲକ ଭିତରେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$\vec{E_1}=-\frac{\partial\phi_1}{\partial z}\hat{z}$$

ଯେଉଁଠାରେ, z = r cos q

∴ $$\vec{E_1}=\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{3\varepsilon_2E_0z}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\right]\hat{z}=\frac{3\varepsilon_2E_0}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\hat{z} \qquad (2.69)$$

ପୁନର୍ବାର, $$\vec{E_2}=E_{2z}\hat{z}+E_{2r}\hat{r}+E_{2\theta}\hat{\theta}$$

ଯେଉଁଠାରେ, $$E_{2z}=-\frac{\partial}{\partial z}(-E_0r\cos\theta)=E_0$$

$$E_{2r}=-\frac{\partial}{\partial r}\left[\frac{(\varepsilon_1-\varepsilon_2)E_0a^3}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^2}\right]=\frac{2E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^3}$$

ଏବଂ, $$E_{2\theta}=-\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\left[\frac{(\varepsilon_1-\varepsilon_2)E_0a^3}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^2}\right]=\frac{E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\sin\theta}{r^3}$$

ଏହିପରି, $$\vec{E_2}=E_0\hat{z}+\frac{2E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^3}\hat{r}+\frac{E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\sin\theta}{r^3}\hat{\theta}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E_2}=E_0\hat{z}+\frac{E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{(2\varepsilon_2+\varepsilon_1)r^3}\left[2\cos\theta\hat{r}+\sin\theta\hat{\theta}\right] \qquad (2.70)$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସମ୍ପର୍କିତ ଉପାଦାନ ହେଉଛି,

$$E_{2r}=\frac{2E_0a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\frac{\cos\theta}{r^3}=\frac{p\cos\theta}{2\pi\varepsilon_2r^3}$$ [ଯେଉଁଠାରେ p ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ]

କିମ୍ବା, $$\vec{p}=\frac{4\pi E_0\varepsilon_2a^3(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_2+\varepsilon_1}\hat{z} \qquad (2.71)$$

$$\vec{P} = \frac{\vec{p}}{\frac{4}{3}\pi a^3} = \frac{3\pi E_0 \varepsilon_2 (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{2\varepsilon_2 + \varepsilon_1}\hat{z} \tag{2.72}$$

2.20 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଏବଂ ବିଭଙ୍ଗ (Dielectric Strength & Breakdown)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ରାଶି ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ, ଏହା ପରିବାହକତା ଉତ୍ପାଦନପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଅଣୁରୁ ବାହାର କରିପାରେ ସେତେବେଳେ ଏବଂ ତା'ପରେ ଉକ୍ତ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବିଭଙ୍ଗ ଘଟେ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ସର୍ବାଧିକ ମୂଲ୍ୟ ଯାହା ବିନା ବିଭଙ୍ଗ ସହ୍ୟ କରାଯାଇପାରିବ ତାହାକୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବସ୍ତୁର ସାମର୍ଥ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ଏହାର ପ୍ରତିରୋଧକତାକୁ ହରାଏ ଏବଂ ଏହା ମାଧ୍ୟମରେ ଅଧିକ ରାଶି ର ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବିଭଙ୍ଗ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣତଃ, ଉଚ୍ଚ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏହିଭଳି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭଙ୍ଗପାଇଁ ଦାୟୀ ଅଟେ । ଅନ୍ୟ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାରକ ଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ଅବିଶୁଦ୍ଧତା । ଉଚ୍ଚ-ବିଭବ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରରେ ତେଲକୁ କୁପରିବାହୀ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ଏକ ଚରମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଅତିକ୍ରମ କରେ,ତେଲ ମାଧ୍ୟମରେ ପରିବାହୀ ପଥ ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ବେଗରେ ବଢିଥାଏ, ଜ୍ୱଳନ୍ତ ବୃକ୍ଷପର ତାହାକୁ ଷ୍ଟ୍ରିମର୍ କୁହାଯାଏ । ଏଗୁଡ଼ିକ ବିନାଶକାରୀ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବିଭଙ୍ଗ ର କାରଣ ହୋଇପାରେ ।

2.21 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରୟୋଗ (Applications of Dielectrics)

ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳତା, ପାରାବିଦ୍ୟୁତର ପରିସର,ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ, ଅପରିବାହିକତା ଇତ୍ୟାଦି ଭଳି ଗୁଣ ଉପରେ ଆଧାର କରି ବିଭିନ୍ନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣର ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଶିଳ୍ପ ଉଦ୍ୟୋଗରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକର ଅଧିକାଂଶ ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହାର ଗୁଡିକ ହେଲା ଚାର୍ଜଧାରକ, ପାୱାର ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର, କେବୁଲ, ସ୍ପାର୍କ ଜେନେରେଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଡୁସର, ବୈଦୁତିକ ୱାୟାରିଂ, ବୈଦୁତିକ ହିଟିଂ, ବୈଦୁତିକ ବିତରଣ ଲାଇନ ଇତ୍ୟାଦି । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭାବରେ, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରରେ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥକୁ କୁପରିବାହି ଓ ଥଣ୍ଡା କରିବା ପ୍ରତିନିଧି ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଏବଂ ଚାର୍ଜଧାରକରେ ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ଏକକ ସାରାଂଶ

- **ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ**

  ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ $k = \varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{C}{C_0}$

- **ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥରେ ଧ୍ରୁବୀକରଣ**

  ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାୟୀ

  ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି ।

  ଅଣ ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନାହିଁ ।

- **ବୈଦୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ**

$$\vec{p} = q\vec{d}$$

- **ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ**

$$\vec{P} = n\vec{p} \qquad \vec{P} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta V} = \frac{d\vec{p}}{dV}$$

- **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା**

$$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E}$$

- **ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ**

$$\alpha = \frac{p}{E}$$

- **ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଆଚରଣ**

$$\overrightarrow{E'} = \vec{E} - \overrightarrow{E_P}$$

- **ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକ୍ଷତି: ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ର ଅଧୀନରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଆଚରଣ**

$$P_a = 2\pi\upsilon\varepsilon\nu E^2 \tan\delta$$

- **ସମାଗତା, ରୈଖିକତା ଏବଂ ସମଦିଶୀୟତା**

ସମାଗତା ମାଧ୍ୟମ ଯାହାର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏନାହିଁ।

ଅସମାଗତା ମାଧ୍ୟମ- ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ।

ରୈଖିକ ମାଧ୍ୟମ- ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଏହି ମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ।

ଅଣ-ରୈଖିକ ମାଧ୍ୟମ- ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଏହି ମଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ।

ସମଦିଶୀୟ ମାଧ୍ୟମ - ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦିଗରେ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ସମାନ ରହିଥାଏ ।

ଅଣସମଦିଶୀୟ ମାଧ୍ୟମ - ଦିଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ

- **ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା, କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ**

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

- **ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅଭିବାହ**

$$\varphi = \int_S \vec{D}.d\vec{S}$$

- **ପରାବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ**

$$\varphi = \int_S \vec{D}.d\vec{S} = q$$

- **ବିଭିନ୍ନ ଭୌତିକ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ: ଗଠନମୂଳକ ସମ୍ପର୍କ**

$$\frac{\vec{E}'}{\vec{E}} = 1 + \chi = k$$

- **ଧ୍ରୁବୀକରଣର ପ୍ରକାର**

ପ୍ରେରିତ (ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍) ଧ୍ରୁବୀକରଣ: $p = Zex = 4\pi\varepsilon_0 r^3 E$

ପାରମାଣବିକ(ଆୟୋନିକ୍) ଧ୍ରୁବୀକରଣ: $P_i = np_i = n\alpha_i E$

ଦ୍ୱିମେରୁ (ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍) ଧ୍ରୁବୀକରଣ: $P_o = \frac{n}{3}\frac{{p_0}^2 E}{kT} = n\alpha_o E$

- **ଏକ ଅଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ**

$$p = Zex = 4pe_0r^3E$$

- **ବହୁ ଅଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ**

$$P = P_e + P_i + P_o$$
$$= n(a_e + a_i + a_o)E$$

- **ଗୋଲାକାର ଗୁମ୍ଫା: କ୍ଲୋସିୟସ୍ ମୋସୋଟି ସମ୍ପର୍କ**

$$\frac{n\alpha}{3\varepsilon_0} = \frac{k-1}{k+2}$$

- **ଏକ ସମ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ**

$$\vec{P} = \frac{\vec{p}}{V} = \frac{3\pi E_0\varepsilon_2(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{2\varepsilon_2 + \varepsilon_1}\hat{z}$$

- **ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବିଭଙ୍ଗ**

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମର୍ଥ୍ୟ – ସର୍ବାଧିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଯାହା ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିହଙ୍ଗବିନା ସହ୍ୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଭଙ୍ଗ – ଯଥେଷ୍ଟ ବଡ଼ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଯାହାକି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌କୁ ଅଣୁରୁ ବାହାରକୁ ଟାଣେ ।

- **ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରୟୋଗ**

ଏହି ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାର ଗୁଡିକ ଯଥା ଚାର୍ଜଧାରକ, ପାୱାର ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର, କେବୁଲ, ସ୍ପାର୍କ, ଜେନେରେଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଡୁକର୍, ବୈଦୁତିକୱାୟାରିଂ, ବୈଦୁତିକହିଟିଂ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିତରଣ ରେଖା ଇତ୍ୟାଦି ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

ବହୁବିଧ ଉତ୍ତରମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

2-1 ଯଦି $\vec{P}$ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ $\vec{\nabla}.\vec{P} = \rho$ ତାହାହେଲେ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା r ହେଉଛି –

(a) ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ (b) ବନ୍ଧା ଚାର୍ଜ

(c) ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ସୀମାରେ ଥିବା ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ (d) ମାଗଣା ଏବଂ ବନ୍ଧା ଚାର୍ଜ ର ଯୋଗ

2-2 ଏକ ଆଦର୍ଶ ପରିବାହୀ ପାଇଁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି

(a) 0 (b) 1\

(c) – 1 (d) ଇନଫାନାଇଟ

2-3 ଏକକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ (ପରମାଣୁ କିମ୍ବା ଅଣୁ) ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କୁ କଣ କୁହାଯାଏ ।

(a) ଧ୍ରୁବୀକରଣ (b) ଧ୍ରୁବଣ

(c) ସମୁଦାୟଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (d) ଗ୍ରହଣଶୀଳତା

2-4 ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବଣ (a_e) ଏକ ପରମାଣୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ଜଡିତ (R) ଯେପରିକି –

(a) $a_e \propto \mu R^3$ (b) $a_e \propto \mu R^2$

(c) $a_e \propto \mu R$ (d) $a_e \propto R^0$

2-5 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ ହେଉଛି

(a) ସେମିକଣ୍ଡକ୍ଟର (b) ପରିବାହି

(c) ଅଣପରିବାହି (d) ଉଭୟ (b) ଏବଂ (c)

2-6 କାହାର ଅନୁପସ୍ଥିତି ହେତୁ ଏକ କୁପରିବାହିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା ଶୂନ ଅଟେ

(a) ବନ୍ଧା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ (b) ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍

(c) ପ୍ରୋଟନ୍ (d) ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍

2-7 ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହେଉଛି

(a) ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ (b) ତାପମାତ୍ରା ଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ

(c) ସାନ୍ଦ୍ରତାଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ (d) ଆୟୋନର ସାନ୍ଦ୍ରତାଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ

2-8 ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E'}$ ହେବ

(a) $\vec{E'} = \vec{E} - \varepsilon_0 \vec{P}$ (b) $\vec{E'} = \vec{E} + \varepsilon_0 \vec{P}$

(c) $\vec{E'} = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0}$ (d) $\vec{E'} = \vec{E} - \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0}$

2-9 ଧ୍ରୁବଣର ଏକକ ହେଉଛି

(a) Nm^2/C^2 (b) debye

(c) Fm^2 (d) V/m

2-10 ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପାଇଁ, ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ ଧ୍ରୁବଣ a_o ର ମୂଲ୍ୟ

(a) $\alpha_o = 3\mu_p kT$ (b) $\alpha_o = \frac{\mu_p}{3kT}$

(c) $\alpha_o = \frac{\mu_p^2}{3kT}$ (d) $\alpha_o = \frac{\mu_p^2}{kT}$

2-11 କମ୍ ଆବୃତିରେ (~100ହର୍ଜ) କଣ ବିଦ୍ୟମାନ ଅଛି

(a) କେବଳ ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ

(b) କେବଳ ଆୟୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ

(c) କେବଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ

(d) ଏହି ସମସ୍ତ ପ୍ରକାରର ଧ୍ରୁବୀକରଣ

2-12 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା c_e

(a) $\chi_e = \frac{P}{\varepsilon_0 E}$ (b) $\chi_e = \frac{P}{3\varepsilon_0 E}$

(c) $\chi_e = \varepsilon_0 EP$ (d) $\chi_e = \frac{3\varepsilon_0 E}{P}$

2-13 ଏକକ ଅଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବଣ ହେଉଛି –

(a) $4pe_0$ (b) $4pe_0R$

(c) $4pe_0R^3$ (d) $4pe_0R^2$

2-14 ଧ୍ରୁବଣର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି

(a) Fm^{-2} (b) Fm

(c) Fm^{-1} (d) Fm^2

2-15 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା

(a) $\chi = \frac{n\alpha}{\varepsilon_0}$ (b) $\chi = \frac{n\alpha}{3\varepsilon_0}$

(c) $\chi = \frac{\alpha}{n\varepsilon_0}$ (d) $\chi = \frac{n\varepsilon_0}{\alpha}$

2-16 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି

(a) $\vec{P} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{D}$ (b) $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

(c) $\vec{D} = \vec{E} + \varepsilon_0 \vec{P}$ (d) $\varepsilon_0 \vec{D} = \vec{E} + \vec{P}$

2-17 ବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି

(a) $k = 1 - c$ (b) $k = 1 + c$

(c) $k = c - 1$ (d) $\frac{1}{k} = \chi - 1$

2-18 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଏବଂ ପରମାଣୁ ଧ୍ରୁବଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି,

(a) $k = 1 + \frac{\alpha}{n\varepsilon_0}$ (b) $k = 1 + \frac{n}{\alpha\varepsilon_0}$

(c) $k = 1 + \frac{n\alpha}{\varepsilon_0}$ (d) $k = 1 + \frac{\varepsilon_0 n}{\alpha}$

2-19 ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା

(a) > 1 (b) 0

(c) < 1 (d) ନକାରତ୍ମକ

2-20 ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ ଧ୍ରୁବଣ ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ଜଡିତ ଯେପରିକି

(a) $\alpha_o = \frac{p_0^2}{kT}$ (b) $\alpha_o = \frac{p_0^2}{2kT}$

(c) $\alpha_o = \frac{p_0^2}{3kT}$ (d) $\alpha_o = \frac{3p_0^2}{kT}$

2-21 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପରମାଣୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି

(a) $k = 1 + 4\pi na^3$ (b) $k = 1 + 4\pi na^2$

(c) $k = 1 - \frac{4\pi a^3}{n}$ (d) $k = 1 - 4\pi a^3$

2-22 ଏକ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କାହାର ସମାନୁପାତୀ

(a) ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E'}$ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$

(b) ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E'}$ ମଧ୍ୟରେ

(c) ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର $\vec{E}$ ଏବଂ ମଧ୍ୟରେ ସମୁଦାୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E'}$ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ

(d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

2-23 ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ

(a) $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$ (b) $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{P}$

(c) $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E}$ (d) $\vec{D} = \frac{\vec{E}}{\varepsilon_0}$

ଏକାଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର									
2.1	(b)	**2.2**	(d)	**2.3**	(b)	**2.4**	(a)	**2.5**	(c)
2.6	(b)	**2.7**	(b)	**2.8**	(d)	**2.9**	(c)	**2.10**	(c)
2.11	(a)	**2.12**	(a)	**2 .13**	(c)	**2.14**	(d)	**2.15**	(a)
2.16	(b)	**2.17**	(b)	**2.18**	(c)	**2.19**	(d)	**2.20**	(c)
2.21	(a)	**2.22**	(b)	**2.23**	(c)				

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

ବର୍ଗ - I

2.1 ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମର ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା, କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

2.2 କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପକୁ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ଜରିଆରେ ପୁନଃ ଲିଖନ କରନ୍ତୁ ।

2.3 ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବଣରୁ ଆମେ ପାଇଥିବା ଏକ ଧାରଣା ଦିଅନ୍ତୁ । ଏକକ ଅଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍ କୁ କିପରି ଧ୍ରୁବୀକରଣ କରାଯାଇପାରିବ?

2.4 ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟାକରନ୍ତୁ । ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ପାରମାଣବିକଧ୍ରୁବୀକରଣ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ କରନ୍ତୁ ।

2.5 ପରମାଣୁର ଆୟତନ ସହିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବଣର ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କର ।

2.6 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଧାରଣାର ବ୍ୟବହାର କ'ଣ?

2.7 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥର ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟଗୁଡିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

2.8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

2-9 $k = 1 + c_e$ କୁ ଦର୍ଶାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବିଚାରଗୁଡିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ଯେଉଁଠାରେ k ଏବଂ c_e ଯଥାକ୍ରମେ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ।

2-10 "ଏକ ସମଦିଶୀୟ ପାରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମର ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ ଯେଉଁଠାରେ $\vec{P}$ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସଦିଶ" । ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରେ ଥିବା ପଦ ଗୁଡିକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

2.11 ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମାଧ୍ୟମରେ ଧ୍ରୁବୀକରଣର ଭୂମିକା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

2.12 ଡିଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ସରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମର ଭୂମିକା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରନ୍ତୁ ।

2.13 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ଓ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରନ୍ତୁ ।

2.15 ଧ୍ରୁବୀକରଣର ବିଶେଷ ଗୁରୁତ୍ୱ ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତୁ ।

2.15 ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

2.16 ଓରିଏଣ୍ଟେସନ୍ ଧ୍ରୁବତାକୁ ନମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ

$\alpha_o = \frac{p_0^2}{3kT}$· ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିର ବିଭିନ୍ନ ପଦ ଗୁଡିକୁ ଚିହ୍ନଟ କରନ୍ତୁ ।

2-17 ଏହା ପ୍ରକାଶ କରିପାରେ $k = 1 + \frac{n\alpha}{\varepsilon_0}$, ଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତୀକଗୁଡ଼ିକର ସାଧାରଣ ମହତ୍ତ୍ୱ ଅଛି ।ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରେ ଥିବା ପଦ ଗୁଡିକୁ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

2.18 କ୍ଲୋସିୟସ୍-ମୋସୋଟି ସମୀକରଣର ଉପଯୋଗିତା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

2.19 ଧ୍ରୁବୀତ ଏବଂ ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

2.20 ଅଣ-ଧ୍ରୁବୀତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଗ୍ୟାସର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣରେ ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

2.21 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭଙ୍ଗ ଉପରେ ପୁଙ୍ଖାନୁପୁଙ୍ଖ ଆଲୋଚନା କର ।

2-22 $c_e = e_r - 1$ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରେ ବ୍ୟବହୃତ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତୀକଗୁଡିକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

2.23 ଏକକ ଅଣୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର? ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ଏବଂ ପରମାଣୁର ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରନ୍ତୁ ।

2.24 ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରନ୍ତୁ *a)* ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମର୍ଥ୍ୟ *b)* ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅବଶୋଷଣ ଏବଂ *c)* ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ।

ବର୍ଗ - II

2.25 "ଯେତେବେଳେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ରଖାଯାଏ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ମୂଳ କ୍ଷେତ୍ର ତୁଳନାରେ ଦୁର୍ବଳ ହୋଇଯାଏ" କାରଣ ଦର୍ଶାଅ?

2.26 "ଯେତେବେଳେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକରଖାଯାଏ, ପାରାବୈଦୁତିକମଧ୍ୟରେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ମୂଳ କ୍ଷେତ୍ର ତୁଳନାରେ ଦୁର୍ବଳ/ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହୋଇଯାଏ" । ସଠିକ୍ ଉତ୍ତର ବାଛି ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

2.27 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକ୍ଷତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ଏବଂ ଏହି କ୍ଷତିର କାରଣ ଦର୍ଶାଅ ।

2.28 "ଏନ୍‌ଟିପିରେ ହିଲିୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି 1.0000684" । ଏହି ବିବୃତ୍ତିରୁ କ'ଣ ବୁଝାଯାଏ?

2.29 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନରେ ଅଭିବାହ ଏବଂ ଅଭିବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଭୂମିକା କ'ଣ?

2.30 କୃତ୍ରିମ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକର ଆବଶ୍ୟକତା ବିଷୟରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

2.31 ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଏକ ପରମାଣୁର ସ୍ଥାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ରହିପାରିବ କି? କାହିଁକି?

2.32 ଚାର୍ଜଧାରକର ଦୁଇ ଚଦର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଭର୍ତ୍ତି ହେବା ପରେ ଏହି ଚାର୍ଜଧାରକର କ୍ଷମତା କିପରି ବୃଦ୍ଧି ପାଇଛି ତାହା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ଅନୁଶୀଳନୀ

2-1 ଏକ ବାୟୁଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜଧାରକକୁ 60 μC ଚାର୍ଜ ଦିଆଯାଏ ଯାହାଫଳରେ ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ 200 V କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଯଦି ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପାରାବୈଦୁତିକମାଧ୍ୟମ ସନ୍ନିବେଶ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ 50 V କୁ ଖସିଯାଏ । ତେବେ ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କ'ଣ? [ଉତ୍ତର: 4]

2-2 ଯଦି ଏକ ଗ୍ୟାସର ଗ୍ରହଣଶୀଳତା 10 ହୁଏ ତେବେ ଧ୍ରୁବଣ ହିସାବ କରନ୍ତୁ ।ଦିଆଯାଇଅଛି ଗ୍ୟାସର ସାନ୍ଦ୍ରତା 2 kg/m3 ଏବଂ ଆଣବିକ ଓଜନ 43.98 । [ଉତ୍ତର: 3.23 10^{-37}Fm^{2o}]

2-3 ଯଦି ଏନଟିପିରେ ଗ୍ୟାସର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.000456 ।ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗ୍ରହଣଶୀଳତା ବାହାର କର । [ଉତ୍ତର: 4.56×10^{-5o}]

2-4 ଏକ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଗ୍ୟାସର ଧ୍ରୁବଣ ହେଉଛି 1.5×10^{-40} Fm^2 । ଯଦି ଗ୍ୟାସରେ 2×10^{25} atoms/m^3 ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଥାଏ, ତେବେ ପରମାଣୁର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହିସାବ କର । [ଉତ୍ତର: 1.00034]

2-5 ଏନ୍‌ଟିପିରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି 1.006 । ଯଦି ଗ୍ୟାସରେ 4×10^{25} atoms/m^3 ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଥାଏ,ତେବେ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଧ୍ରୁବଣ ହିସାବ କର ।

[ଉତ୍ତର: 1.33×10^{-39} Fm^2ୖ]

2-6 ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ୍ ଚାର୍ଜଧାରକ ଯାହାର ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 0.0005m^2 ଏବଂ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 5 mm ଓ ଚାର୍ଜ 0.5 nC । ଯେତେବେଳେ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ 50 V । ବ୍ୟବହୃତ ପଦାର୍ଥର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କ ହିସାବ କର ।

2-7 0°C ତାପମାତ୍ରା ଓ 1 ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ, ହିଲିୟମ୍ ଗ୍ୟାସର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.0000684 । ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ଗ୍ୟାସରେ 2.7×10^{25} atoms/m^3 ଅଣୁ ଅଛି. ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମେଘ (ପରମାଣୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ) ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ x ଗଣନା କରନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ହିଲିୟମ୍ ପରମାଣୁ ଉପରେ ଏକ 10^6 V/m କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ।

[ଉତ୍ତର: 2.72 5 10^{-12}m, 0.7×10^{-22}mୖ]

2-8 ଯଦି ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ 6000 Vcm^{-1} ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ପ୍ରେରିତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହିସାବ କର । ଦିଆଯାଇଅଛି, ହିଲିୟମ ଗ୍ୟାସର ପାରମାଣବିକ ଧ୍ରୁବଣ ହେଉଛି 0.18×10^{-40} Fm^2 ଏବଂ ସାନ୍ଦ୍ରତା 2.6×10^{-25} ଅଣୁ/m^3 [ଉତ୍ତର: 2.81×10^{-10}C/m^2ୖ]

2-9 ଆର୍ଗନ୍ ପରମାଣୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବଣ 1.43×10^{-40} F.m^2 ବୋଲି ଅନୁମାନ କରି କଠିନ ଆର୍ଗନ୍ ର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହିସାବ କର । ଆର୍ଗନ୍ ର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1.8 g.cm^{-3} ଏବଂ ଆର୍ଗନ୍ ର ପାରମାଣବିକବସ୍ତୁତ୍ୱ 39.95 g.mol^{-1} ଦିଆଯାଇଅଛି । [ଉତ୍ତର: 1-000436ୖ]

2-10 ଯଦି ଆର୍ଗନ୍ ପରମାଣୁର ବ୍ୟାସ $3.84 \times 10–10$ m ଅଟେ, ତେବେ ଏସଟିପି (STP)ରେ ଏହାର ଧ୍ରୁବଣ ବାହାର କର । ଆର୍ଗନ୍ ର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିର ।ଙ୍କ= 1.00044

ବ୍ୟାବହାରିକ

ଦିଆଯାଇଥିବା ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର

ଉପକରଣ

ଡିଜିଟାଲ୍ ଭୋଲ୍ଟମିଟର, ଗ୍ଲାସ୍ ମାଧ୍ୟମ, ଗୋଲ୍ଡ-ପ୍ଲେଟେଡ୍ ଡିସ୍କ, ସିଆରଓ, ଅଡିଓ ଅସିଲେଟର

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଅଡିଓ ଅଂଶ ପାଇଁ ଦୋଳକ ଉପକରଣ ମଧ୍ୟରେ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ରଖାଯାଏ । ଯଦି C_{SC} ଏବଂ C_{DC} ଯଥାକ୍ରମେ ମାନକ

ଚାର୍ଜଧାରକ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲ୍ ର ଚାର୍ଜଧାରକତ୍ୱକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ ଯଦି V_{SC} ଓ V_{DC} ଏସି ଓ ଡିସି ରେ ବିଭବ ହୁଏ

$$\frac{V_{SC}}{I} = \frac{1}{\omega C_{SC}}$$

କିମ୍ବା,
$$I = \omega C_{SC} V_{SC} \quad (1)$$

ସମାନ ରାଶି ର ବିଦ୍ୟୁତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲ୍ ଦେଇ ଗତି କରେ ଅର୍ଥାତ୍,

$$\frac{V_{DC}}{I} = \frac{1}{\omega C_{DC}}$$

କିମ୍ବା,
$$C_{DC} = \frac{I}{wV_{DC}}$$

$$= \frac{wC_{SC}V_{SC}}{wV_{DC}}$$

କିମ୍ବା,
$$C_{DC} = \left(\frac{V_{SC}}{V_{DC}}\right) C_{SC} \quad (2)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଚାର୍ଜଧାରକ ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମ ବାୟୁ ହୁଏ, ତେବେ ଚାର୍ଜଧାରକତ୍ୱ ହେବ

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{\varepsilon_0 \pi r^2}{d}$$

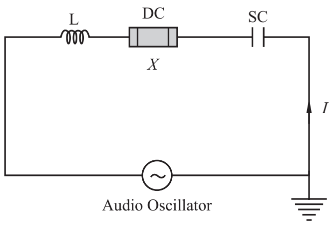
$$= \frac{r^2}{36d} \times 10^{-9}\,\text{F}$$

$$= \frac{r^2}{36d}\,\text{nF} \quad (3)$$

ଏଠାରେ, r ଚାର୍ଜଧାରକ ପ୍ଲେଟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଏବଂ d ପ୍ଲେଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା (ମିଟରରେ)

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ପଦାର୍ଥର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା ।

$$\varepsilon_r = \frac{C_{DC}}{C_0} \quad (4)$$



ଚିତ୍ର *(i)*

ଚିତ୍ର *(ii)*

ପଦ୍ଧତି

1. ଆଦର୍ଶ ମାନର ଚାର୍ଜଧାରକ ବ୍ୟାସ ମାପ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ତେଣୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ, ଯାହା ଆମକୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଦେବ ।
2. ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଲାବ୍ ର ମୋଟେଇ ମାପ କରନ୍ତୁ, ଯାହା d ହେବ ।
3. ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସେହି ପଦାର୍ଥକୁ ରଖାଯାଉ,ଯାହାର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମାପ କରାଯିବ ।
4. ଆଦର୍ଶ ମାନର ଚାର୍ଜଧାରକ, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲ୍ ଏବଂ ପ୍ରତିରୋଧକୁ ଦୋଳକ ସହିତ କ୍ରମରେ ସଂଯୋଗ କରନ୍ତୁ ।
5. ଦୋଳକକୁ ଅନ କରି ଇନପୁଟ୍ ବିଭବ ସେଟ୍ କରାଯାଉ । ଆଦର୍ଶ ମାନର ଚାର୍ଜଧାରକ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲ୍ର ବିଭବ ଲେଖିରଖାଯାଉ ।
6. ଇନପୁଟ୍ ବିଭବକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରନ୍ତୁ ଓ ଆଦର୍ଶ ମାନର ଚାର୍ଜଧାରକ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସେଲର ବିଭବକୁ ଲେଖି ରଖନ୍ତୁ । V_{SC} ବନାମ V_{DC} ମଧ୍ୟରେଏକ ବକ୍ର ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ ।
7. ଇନପୁଟ୍ ଆବୃତି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରନ୍ତୁ ଓ ସୋପାନ 5ର ପୁନରାବୃତ୍ତି କରନ୍ତୁ ।
8. V_{SC} ଓ V_{DC} ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଉକ୍ତ ଗ୍ରାଫର ତୀର୍ଯ୍ୟକତାରୁ C_{DC} ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ତଥ୍ୟ

ଟେବୁଲ୍ 1: ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଲାବ୍ ର ମୋଟେଇ

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସଂଖ୍ୟା	ମୋଟେଇ			ହାରାହାରି ମୋଟେଇ d (ସେମିରେ)	d (ମିରେ)
	ରୈଖିକ ସ୍କେଲ୍	ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ୍	ସମୁଦାୟ		

ଟେବୁଲ୍ 2: ଆଦର୍ଶ ମାନର ଚାର୍ଜଧାରକର ବ୍ୟାସ

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସଂଖ୍ୟା	ବ୍ୟାସ			ହାରାହାରି ବ୍ୟାସ D (ସେମିରେ)	r = D/2 (ମିଟର)
	ଏମ.ଏସ.ଆର	ଭି.ଏସ୍.ଆର୍	ସମୁଦାୟ		

ଟେବୁଲ୍ 3: CDC ଓ CSC ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ

ଦିଆଯାଇଛି C_{DC} = ...

ଇନପୁଟ୍ ଆବୃତି (Hz)	ଇନପୁଟ୍ ବିଭବ (V)	ବିଭବ		$C_{DC} = (V_{SC}/V_{DC})\ C_{SC}$	ହାରାହାରି C_{DC}
		C_{DC}	C_{SC}		

ଗଣନା

$e_r = C_{DC}/C_0 =$ ....pF.

ସତର୍କତା

1. କାଚ ଓ ପିଂଜେଟି ଭଳି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡିକ ଭଗ୍ନଯୋଗ୍ୟ । ଯଦି ଡିସ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ରଖାନଯାଏ,ତେବେଏହା ନଷ୍ଟ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ, ଏହିପରି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ରଖିବା ସମୟରେ ବିଶେଷ ଯତ୍ନ ନିଆଯିବା ଉଚିତ୍ ।
2. ବ୍ୟାସଠାରୁ କମ୍ ବ୍ୟାସ ଥିବା ସୁନା ପ୍ଲେଟେଡ୍ ଡିସ୍କର ନମୁନା ରଖନ୍ତୁ ନାହିଁ ।

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ହେଉଛି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କୁପରିବାହୀ ଯାହା ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଧ୍ରୁବୀକରଣ ହୋଇପାରିବ । ଯଦି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପଦାର୍ଥ ରଖାଯାଏ, ତାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ ପଦାର୍ଥ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ସେମାନେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଅନ୍ତି,କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ହାରାହାରି ସନ୍ତୁଳନ ସ୍ଥିତିରୁ ସାମାନ୍ୟ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୁଅନ୍ତି । ଏହା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବୀକରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେସୋନେଟର ଦୋଳକ, ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣ, ଯାହା ଧ୍ରୁବୀକରଣର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରୁ ରେଜୋନ୍ସ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏକ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣ ପରିସର ଫ୍ରିକ୍ୱେନ୍ସି ତଥା ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍ ବ୍ୟାଣ୍ଡର ଫ୍ରିକ୍ୱେନ୍ସି ପାଇଁ ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।ଏହା ଏକ

ବଡ଼ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ କମ୍ କ୍ଷତିଯୁକ୍ତ ସେରାମିକ୍‌କୁ ନେଇ ଗଠିତ । ଏକ ଅବୃତୀୟ ସର୍କିଟରେ ଏକ ଫ୍ରିକ୍ୱେନ୍ସି ସଂଦର୍ଭ ପ୍ରଦାନ କରିବାପାଇଁ ଏହି ପ୍ରକାରର ରେସୋନେଟର ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଏବଂ ଯୋଗାଯୋଗ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ପାଇଁ ଏହି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକରେସୋନେଟର ଆଣ୍ଟିନା ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ଗୋଲାକାର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକକୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖିଲା ଭଳି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ପ୍ରେରଣ ପଦାର୍ଥର ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ତଥା ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ ଅଛି । ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିବରଣୀ ରୁଏହା ମିଳିପାରିବ ।

1. ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଲାକାର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ
2. ଡିଓଆଇଟିପିଓଏମଏସ ଶିକ୍ଷାଦାନ ଏବଂ ଶିକ୍ଷଣ ସମୂହ "ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପଦାର୍ଥ"
3. ଉଇକିଉତ୍ସ ଉପରେ ପାଠ୍ୟ
    a) "ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ"ଏନସାଇକ୍ଲୋପିଡିଆ ଆମେରିକୀୟ । 1920.
    b) "ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ" ଏନସାଇକ୍ଲୋପିଡିଆ ବ୍ରିଟାନିକା (ଏକାଦଶ ସଂସ୍କରଣ) 1911

ଆନାଲୋଜି

ଆର୍ମି ରିସର୍ଚ୍ଚ ଲାବୋରେଟୋରୀ (ଏଆରଏଲ) 2002 ରୁ 2004 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଥିନ ଫିଲ୍ମ ପ୍ରଯୁକ୍ତି ଉପରେ ଗବେଷଣା କରିଥିଲା । ବାରିୟମ୍ ଷ୍ଟ୍ରୋଣ୍ଟିୟମ୍ ଟାଇଟାନେଟ୍, ଏକ ଫେରୋବୈଦ୍ୟୁତିକଥିନ ଫିଲ୍ମ, ରେଡିଓ ଫ୍ରିକ୍ୱେନ୍ସି ଏବଂ ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ନିର୍ମାଣ ତଥା ବିଭବ-ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ଅସିଲେଟର ଅନୁସନ୍ଧାନପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିଲା ।

ଏହି ଅଧ୍ୟୟନ ବ୍ରଡବ୍ୟାଣ୍ଡ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍-ଫିଲ୍ଡ ସମର୍ଥ ଉପକରଣପାଇଁ ସେନାକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ସମର୍ଥ ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍-ସୁସଙ୍ଗତ ସାମଗ୍ରୀ ପ୍ରଦାନ କରିବାର ଏକ ପ୍ରୟାସର ଏକ ଅଂଶ ଥିଲା ଯାହା ଅତ୍ୟଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ କ୍ରମାଗତ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଉପାଦାନପାଇଁ ଏକ ପତଳା ଚଳଚ୍ଚିତ୍ର ସକ୍ଷମକାରୀ ବଲ୍କ ବାରିୟମ୍ ଷ୍ଟ୍ରୋଣ୍ଟିୟମ୍ ଟାଇଟାନେଟ୍‌ର ଟୁନେବିଲିଟିରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିଛି ।

2004ରେ ଏଆରଏଲ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲା ଯେ କିପରି ଗ୍ରହଣକାରୀ ଡୋପ୍ୟାଣ୍ଟର କମ ଏକାଗ୍ରତା ଫେରୋବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣକୁ ରୂପାନ୍ତର କରିପାରିବ ।

ଇତିହାସ

ଅଷ୍ଟାଦଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଶେଷ ଭାଗରେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ "ବିଦ୍ୟୁତକରଣ" ଚିହ୍ନଟ କରିବାପାଇଁ ଅତ୍ୟଧିକ ସମ୍ବେଦନଶୀଳ ଉପକରଣ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ଯୋଗାଯୋଗଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତକରଣ, ଯାହାକୁ କଣ୍ଟାକ୍ଟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିଫିକେସନ କୁହାଯାଏ ର ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଥିଲା । ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁକୁ ଏକାଠି ସ୍ପର୍ଶ କରାଯାଏ,ସେଲେବେଳେ ସେମାନେ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୃତ ଭାବରେ ଚାର୍ଜ ଧାରଣ କରନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁରେ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିକଶିତ ହେବାବେଳେ ଅନ୍ୟଟିରେ ବିପରୀତ ଏବଂ ସମାନ ପରିମାଣର ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିକଶିତ ହୁଏ ।

ସମୟରେଖା

1750-1774: ପ୍ରସିଦ୍ଧ କିଟ୍ ପରୀକ୍ଷଣ ସହିତ, ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଷୟରେ ଜ୍ଞାନକୁ ଅଗ୍ରଗତି କଲେ, ଯାହା ସମାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଧ୍ୟୟନପାଇଁ ତାଙ୍କ ଇଂରାଜୀ ବନ୍ଧୁ ଜୋସେଫ୍ ପ୍ରିଷ୍ଟଲିଙ୍କୁ ପ୍ରେରଣା ଦେଇଥିଲା।

1800-1819: ଆଲେସାଣ୍ଡ୍ରୋ ଭୋଲ୍ଟା ପ୍ରଥମ ଆଦିମ ବ୍ୟାଟେରୀ ଉଦ୍ଭାବନ କରି, ଆବିଷ୍କାର କଲେ ଯେ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇପାରିବ; ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଶୀଘ୍ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଲୋକ ଉଦ୍ଭାବନପାଇଁ ନୂତନ ଉପକରଣକୁ ବ୍ୟବହାର କରନ୍ତି। ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ବିଷୟରେ ଏକ ଗଭୀର ଅନ୍ତର୍ଦୃଷ୍ଟି ମୁଖ୍ୟତଃ ଅଣଦେଖା ହୋଇଯାଏ।

1840-1849: କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ପୁରୁଷ ଫାରାଡେ ତାଙ୍କର ବିପୁଳ ଗବେଷଣା ମୁଖ୍ୟତଃ ସାଧାରଣ ଉଦେଶ୍ୟରେ ଦାନ ସହିତ ଏବଂ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ କୁ ମାଇଲଖୁଣ୍ଟରେ ପହଞ୍ଚାଇଦେଲେ ଯେଉଁଥିପାଇଁ ୱାଶିଂଟନ୍, ଡିସି ଏବଂ ବାଲ୍ଟିମୋର, ଏମଡି ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବାର୍ତ୍ତା ପଠାଯାଇପାରିଲା।

1850-1869: ଶିଳ୍ପ ବିପ୍ଳବ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶକ୍ତିରେ ଥିଲା, ଗ୍ରାମ୍ ତାଙ୍କର ଡାଇନାମୋ ଉଦ୍ଭାବନ କଲେ ଏବଂ ଜେମ୍ସ କ୍ଲାକ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସ ଉପରେ ତାଙ୍କର ସମୀକରଣର ସିରିଜ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ।

1870-1879: ଟେଲିଫୋନ୍ ଏବଂ ପ୍ରଥମ ବ୍ୟବହାରିକ ଇନକାନ୍ଡେସେଣ୍ଟ ଲାଇଟ୍ ବଲ୍ବ ଉଦ୍ଭାବନ ହୋଇଥିବାବେଳେ "ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍" ଶବ୍ଦ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦକୋଷରେ ପ୍ରବେଶ କଲା।

1880-1889: ନିକୋଲା ଟେସ୍ଲା ଏବଂ ଥୋମାସ୍ ଏଡିସନ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଟ୍ରାନ୍ସମିଟ୍ କରିବାର ଉପାୟ ବିକଶିତ କଲା ଏବଂ ହେନରିଚ୍ ହର୍ଟଜ୍ ରେଡିଓ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରସାରଣ ଏବଂ ଗ୍ରହଣ କରିବାରେ ପ୍ରଥମ ବ୍ୟକ୍ତି ଥିଲେ।

1890-1899: ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଏକ୍ସ-ରେ ଏବଂ ରେଡିଓଆକ୍ଟିଭିଟି ଆବିଷ୍କାର କରିଥିବାବେଳେ ଉଦ୍ଭାବକମାନେ ପ୍ରଥମ ରେଡିଓ ନିର୍ମାଣପାଇଁ ପ୍ରତିଦ୍ୱନ୍ଦ୍ୱିତା କରିଥିଲେ।

1900-1909: ଆଲବର୍ଟ ଆଇନ୍ ଷ୍ଟାଇନ୍ ତାଙ୍କର ଆପେକ୍ଷିକତାର ବିଶେଷ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏବଂ ଆଲୋକର କ୍ୱାଣ୍ଟମ୍ ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ତାଙ୍କର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ, ଯାହାକୁ ସେ ଉଭୟ କଣିକା ଏବଂ ତରଙ୍ଗ ଭାବରେ ଚିହ୍ନଟ କରିଥିଲେ। ସର୍ବଦା ନୂତନ ଉପକରଣ ସହିତ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ଆରମ୍ଭ କରେ।

1910-1929: ପରମାଣୁର ଗଠନ ଏବଂ ଏହାର ଉପାଦାନ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ବିକଶିତ ବୁଝାମଣା, ଫୋନ୍ ଏବଂ ରେଡିଓ ସାଧାରଣ ହୋଇଗଲା ଏବଂ ଆଧୁନିକ ଟେଲିଭିଜନ ଜନ୍ମ ହୋଇଥିଲା।

1930-1939: ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ମାଇକ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ଏବଂ ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍ ପରି ନୂତନ ଉପକରଣଉଚ୍ଚ ସ୍ତରକୁ ଗବେଷଣା କରିଥିବାବେଳେ ସାଧାରଣ ନାଗରିକମାନେ ଏଫଏମ ରେଡିଓ ପରି ଉପନ୍ୟାସର ସୁବିଧା ଉପଭୋଗ କରିଥିଲେ।

1940-1959: ପ୍ରତିରକ୍ଷା ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଗବେଷଣା କମ୍ପ୍ୟୁଟରକୁ ନିଆଗଲା, ବିଶ୍ୱ ପରମାଣୁ ଯୁଗରେ ପ୍ରବେଶ କଲା ଏବଂ ଟିଭି ଆମେରିକାକୁ ଜିତିଲା।

1960-1979: କମ୍ପ୍ୟୁଟରଗୁଡିକ ପିସିରେ ବିକଶିତ ହେଲା, ଗବେଷକମାନେ ଗୋଟିଏ ପରେ ଗୋଟିଏ ନୂତନ ଉପପରମାଣୁ କଣିକା ଆବିଷ୍କାର କଲେ ଏବଂ ମୁକ୍ତ ଜାଗା ଯୁଗ ବିଜ୍ଞାନକୁ ଏକ ନୂତନ ପ୍ରସଙ୍ଗ ଦେଲା ।

1980-2003: ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ନୂତନ ଶକ୍ତି ଉତ୍ସ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲେ, ୱାର୍ଲ୍ଡ ୱାଇଡ୍ ୱେବ୍ ଏକ ବିଶାଳ ନେଟୱାର୍କ ଉତ୍ପାଦନ କରିଥିଲା ଏବଂ ନାନୋ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି ଏହାର ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲା ।

ଆପ୍ଲିକେସନଗୁଡିକ (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ / ଶିଳ୍ପ)

ଇନସୁଲେସନ୍, ପାରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ, ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଭରଶୀଳତା, ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଶକ୍ତି, ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ ପରି ବିଭିନ୍ନ ଗୁଣ ଉପରେ ଆଧାର କରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣ ଉତ୍ପାଦନପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଶିଳ୍ପ ସାମଗ୍ରୀ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକର ଅଧିକାଂଶ ସାଧାରଣ ଏବଂ ମୁଖ୍ୟ ବ୍ୟବହାର ପାୱାର ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର, ଚାର୍ଜଧାରକ, କେବୁଲ, ସ୍ପାର୍କ ଜେନେରେଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଡୁକର ଇତ୍ୟାଦିରେ ଅଛି ।

କେସ୍ ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ / ସ୍ଥିରାଙ୍କ/ ସାମାଜିକ / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ)

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସାମଗ୍ରୀ କଠିନ, ତରଳ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ୍ ହୋଇପାରେ । କଠିନ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ହେଉଛି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂରେ ସର୍ବାଧିକ ବ୍ୟବହୃତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ| ପୋର୍ସେଲିନ୍, ଗ୍ଲାସ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ପରି ଅନେକ କଠିନ ବହୁତ ଭଲ ଗୁଣବତ୍ତା ଇନସୁଲେଟର । ବାୟୁ, ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ଏବଂ ଗନ୍ଧକ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୋରାଇଡ୍ ହେଉଛି ତିନୋଟି ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟବହୃତ ଗ୍ୟାସୀୟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ| ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ପରିଲିନ୍ ପରି ଶିଳ୍ପ ପ୍ରଲେପ ସବ୍ ଷ୍ଟ୍ରେଟ୍ ଏବଂ ଏହାର ପରିବେଶ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଦେଇପାରେ । ଖଣିଜ ତେଲ ମୁଖ୍ୟତଃ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଭିତରେ ଏକ ତରଳ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଭାବରେ ଏବଂ ଥଣ୍ଡା କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବାପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକାଲ୍ ଗ୍ରେଡ୍ କାଷ୍ଟର୍ ତେଲ ପରି ଉଚ୍ଚ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ଥିରାଙ୍କସହିତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରାୟତଃ କରୋନା ଡିସଚାର୍ଜକୁ ରୋକିବା ଏବଂ ଚାର୍ଜଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବାପାଇଁ ହାଇ ବିଭବ କ୍ୟାପାସିଟର୍ ରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଯେହେତୁ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ, ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକପୃଷ୍ଠ ବଜାୟ ରଖିପାରେ । ଫସି ରହିଥିବା ଅତ୍ୟଧିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆବେଶ, ଯାହା ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘଷିବା ସମୟରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତାହାକୁ ଟ୍ରାଇବୋ-ବୈଦୁତିକପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଏକ ଭାନ୍ ଡି ଗ୍ରାଫ୍ ଜେନେରେଟର କିମ୍ବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଫୋରସ୍ ପରି ଉପଯୋଗୀ ହୋଇପାରେ କିମ୍ବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ଡିସଚାର୍ଜ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବିନାଶକାରୀ ହୋଇପାରେ ।

ଜିଜ୍ଞାସା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ

ବିଶେଷ ଭାବରେ ପ୍ରକ୍ରିୟାକୃତ ପାରାବୈଦୁତିକ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରେଟ୍ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଯାହା ଅତିରିକ୍ତ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଚାର୍ଜ କିମ୍ବା "ଫ୍ରୋଜେନ୍ ଇନ୍" ଧ୍ରୁବୀକରଣ ବଜାୟ ରଖିପାରେ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରେଟ୍ ସର ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧ-ସ୍ଥାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଅଛି ଏବଂ ଚୁମ୍ବକ ସହିତ ସମାନ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ । ଘର ଏବଂ ଶିଳ୍ପରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରେଟ୍ସର ଅନେକ ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି ।

ଯେତେବେଳେ ପିଜୋଇଲେକ୍ଟ୍ରିସିଟି ସମ୍ପତ୍ତି ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ସାମଗ୍ରୀରେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବିଭବ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଚାପ କିମ୍ବା ଶାରୀରିକ ଆକୃତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ କିଛି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ । କିଛି ଆୟୋନିକ୍ ସ୍ଫଟିକ ଏବଂ ପଲିମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଏକ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦେଖାଏ ଯାହା ଏକ

ବାହ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଓଲଟା ହୋଇପାରେ । ଏହି ଆଚରଣକୁ ଫେରୋବୈଦୁତିକପ୍ରଭାବ ଭାବରେ କୁହାଯାଏ । ଏହି ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ ସହିତ ସମାନ ଏବଂ ଏହାର ବହୁତ ଉଚ୍ଚ ଡାଇବୈଦୁତିକସ୍ଥିରତା ଅଛି, ଯାହା ଚାର୍ଜଧାରକପାଇଁ ଉପଯୋଗୀ କରିଥାଏ ।

ସହାୟକ ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ

1. ଡି. ଗ୍ରିଫିଥ୍ସ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସର ପରିଚୟ, ପିଅର୍ସନ୍, ଚତୁର୍ଥ ସଂସ୍କରଣ, 2012 ।
2. ଡି ହାଲିଡେ, ରୋବର୍ଟ ରେସନିକ୍ ଏବଂ ଜେର୍ଲ ୱାକର୍, ହାଲିଡେ ଏବଂ ରେସନିକ୍ ଙ୍କ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ନୀତି, ଏକାଦଶ ସଂସ୍କରଣ, ଗ୍ଲୋବାଲ୍ ସଂସ୍କରଣ, 2020 ।
3. ଡବ୍ଲୁ ସାସ୍ଲୋ, ବିଦ୍ୟୁତ୍, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଆଲୋକ, ଏଲସେଭିୟର ସାଇନ୍ସ ପବ୍ଲିସିଂ କୋ ଇଙ୍କ, ପ୍ରଥମ ସଂସ୍କରଣ, 2002 ।
4. କେ.C କାଓ, ସଲିଡରେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକଘଟଣା । ଲଣ୍ଡନ: ଏଲସେଭିୟର ଏକାଡେମିକ୍ ପ୍ରେସ୍ । ପୃଷ୍ଠା 92-93, 2004 ।
5. ଜେ. ଡି. ଜ୍ୟାକସନ, କ୍ଲାସିକାଲ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସ, ତୃତୀୟ ସଂସ୍କରଣ, ଜନ୍ ୱିଲି ଏବଂ ସନ୍ସ, 1998 ।
6. ବି. ସ୍କାଇଫ୍, ପାରାବୈଦୁତିକର ନୀତି (ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ଉପରେ ମୋନୋଗ୍ରାଫ୍), ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂସ୍କରଣ, ଅକ୍ସଫୋର୍ଡ ୟୁନିଭର୍ସିଟି ପ୍ରେସ୍, 1998 ।
7. https://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/coursenotes/modules/guide05.pdf
8. https://physics.iitm.ac.in/~manianvs/PH102-3.pdf
9. https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/9/9_2018_12_19!12_27_30_AM.pdf
10. https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/115101005/downloads/lectures-doc/Lecture-22.pdf

3 ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଏହି ୟୁନିଟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟଗୁଡିକର ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି;

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ କରେଣ୍ଟ, ଡ୍ରିଫ୍ଟ ବେଗ, ବିଦ୍ୟୁତ୍-ସ୍ରୋତର ଘନତା;
- ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ;
- ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଛୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ସ୍ରୋତ ଉପାଦାନ ଉପରେ ଲୋରେଣ୍ଟଜ୍ ବଳ ଏବଂ ବଳ;
- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅବିଚ୍ଛେଦ;
- ଚୁମ୍ବକୀୟ ସ୍କାଲାର ବିଭବ;
- ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ବିଭବ;
- ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ;
- ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ।

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବାପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ବ୍ଲୁମଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣର ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ କ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସ ର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ଏହି ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବାପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ୟୁନିଟ୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି । ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ

ସୂଚନା ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ। ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ, ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନ ପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟ ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ବିଷୟ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଉପରେ ଏହି ମୌଳିକ ୟୁନିଟ୍ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କରେଣ୍ଟ, ଡ୍ରିଫ୍ଟ ବେଗ, ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତର ଘନତା ଏବଂ ତା'ପରେ ଏହି ଜ୍ଞାନ ଆଧାରରେ ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ ଯାହା ଫଳରେ ସେମାନେ ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ଏବଂ ଲୋରେଣ୍ଟଜ୍ ଫୋର୍ସକୁ ବୁଝିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବେ ଏବଂ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବା ବେଳେ ଏକ ଛୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତର ଉପାଦାନ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବେ। ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ଏବଂ ସ୍କାଲାର ବିଭବର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ପରି ଅନ୍ୟ କିଛି ମୌଳିକ ଧାରଣା ମଧ୍ୟ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ, ଅନେକ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ଉପଯୋଗୀ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ପରି କିଛି ପ୍ରାଥମିକ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ଏକତ୍ରିତ କରିପାରିବେ।

ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସର ବିପରୀତରେ ମୂଳତଃ ସ୍ଥିର ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଚାର୍ଜ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ସହିତ କାରବାର କରେ, ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବାହକୁ ଆମ୍ପେରିଆନ୍ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ବୋଲି ବିବେଚନା କରେ। 1820 ରେ ଓର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ଏକ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଯାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କକୁ ଦର୍ଶାଉଥିଲା ଯେଉଁଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିଲା ଯେ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଘେରି ରହିଛି। ବାସ୍ତବରେ, ସର୍ବଦା ବର୍ତ୍ତମାନର ବହନ କରୁଥିବା କଣ୍ଡକ୍ଟର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଘେରି ରହିଥାଏ। ଯେତେବେଳେ ଏକ ସ୍ଥିର କିମ୍ବା ସମୟ ସହିତ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ କରେଣ୍ଟ ଏକ କଣ୍ଡକ୍ଟର ଦେଇ ଯାଏ, କଣ୍ଡକ୍ଟରକୁ ଘେରି ରହିଥିବା ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିକଶିତ ହୁଏ। ସମ୍ପୃକ୍ତ ସ୍ଥିର କରେଣ୍ଟ ବିକଶିତ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ କରେଣ୍ଟ (ଡିସି) ବ୍ୟତୀତ ଆଉ କିଛି ନୁହେଁ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ୍ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ୍ ଫଳାଫଳ ତାଲିକା

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U3-O1: ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ କରେଣ୍ଟ, ଡ୍ରିଫ୍ଟ ବେଗ, ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତର ଘନତା ବର୍ଣ୍ଣନା କରେ।

U3-O2: ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ବାଖ୍ୟା କରେ।

U3-O3: ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଛୋଟ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତର ଉପାଦାନଉପରେ ଲୋରେଣ୍ଟଜ୍ ବଳ ଏବଂ ବଳକୁ ବାଖ୍ୟା କରେ।

U3-O4: ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ଏବଂ ସ୍କାଲାର ସମ୍ଭାବନାର ଭିନ୍ନତା

U3-O5: ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ, ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନପାଇଁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କର ।

ୟୁନିଟ୍ -3 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	**CO-2**	**CO-3**	**CO-4**	**CO-5**	**CO-6**
U3-O1	3	1	–	1	–	–
U3-O2	1	2	–	1	–	1
U3-O3	2	1	–	–	–	–
U3-O4	1	2	–	1	1	1
U3-O5	1	1	–	1	–	1

3.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ପରୀକ୍ଷଣରୁ ଜଣାପଡିଛି ଯେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ପତ୍ତି ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଟେ । ପ୍ରକୃତରେ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ମଧ୍ୟ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିତରଣ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଏହିପରି ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନକୁ ବିକଶିତ କରେ । ଯେପରି ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚାର୍ଜ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରେ, ସେହିପରି ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ ଯାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ,ତାହା ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥାପନ କରେ । ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ କିମ୍ବା ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।ଏହି ପରିଚ୍ଛେଦରେ ଆମେ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ନିୟମ ବିଷୟରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ଏବଂ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଏହାର ପ୍ରୟୋଗ ବିଷୟରେ ଆଲୋକପାତ କରିବା ।

3.2 ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଘନତା (Current and Current Density)

ପରିବାହକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଂଶ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏକକ ସମୟରେ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ପିଛା ପ୍ରବାହିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆବେଶ ପରିମାଣକୁ ଉକ୍ତ ପରିବାହକର ସେହି ଅଂଶ ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ଏହାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବା, ପରିବାହକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଂଶ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ସମ ଗତିରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ; $I = \frac{q}{t}$ (3.1)

ଯେଉଁଠାରେ q ହେଉଛି ଉକ୍ତ ପରିବାହକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଂଶ ମାଧ୍ୟମରେ t ସମୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଆବେଶର ପରିମାଣ । ଏକ ଅତି ସ୍ୱଳ୍ପ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \tag{3.2}$$

ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି ଆମ୍ପେୟର (A)

ପରିବାହକର ଏକକ କ୍ଷତ୍ର ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣକୁ ବୈଦୁତିକ ଘନତା କୁହାଯାଏ । ଯେପରି,

$$J = \frac{I}{S} \tag{3.3}$$

ଯେଉଁଠାରେ S ପରିବାହକର ପୃଷ୍ଠ ତଳ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ।

ଅସୀମ ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ, ବୈଦୁତିକ ଘନତାକୁ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$J = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} = \frac{dI}{dS} \tag{3.4}$$

ଏହା ଏକ ସଦିଶ ରାଶି ଏବଂ ଏହାର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି A/m^2

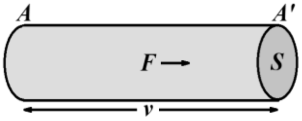
ସମୀକରଣ (3.4) ବ୍ୟବହାର କରି ସମଗ୍ର ପୃଷ୍ଠତଳ S ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣକୁ ଏହିମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$I = \int dI = \int_S \vec{J}.d\vec{S} \tag{3.5}$$

ଏହି ହିସାବରେ ବୈଦୁତିକ ଘନତାରୁ ମଧ୍ୟ ପରିବାହକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଂଶ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ ।

3.3 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା (Electrical Conductivity)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା ଏକ ପରିବାହକର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରିବା କ୍ଷମତାକୁ ବୁଝାଏ ।ଏହା ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷତ୍ର ପିଛା ବୈଦୁତିକ ଘନତା ପରିସର ରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ ।



ଫିଗ୍ । 3.1: ଏକ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ର ଡ୍ରିଫ୍ଟ

ଏହାର ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିପାଇଁ, ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବା, ଏକ ପରିବାହକ ଯାହାର ପୃଷ୍ଠ ତଳ କ୍ଷତ୍ରଫଳ S (ଚିତ୍ର3.1) । ଯଦି ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥଳ F ହେତୁ, ଚାର୍ଜ ବାହକ ମାନଙ୍କର ଚଳନ ପରିବେଗ, v ହୁଏ ତେବେ ପରିବାହକର ମନୋନୀତ ଅଂଶ ମଧରେ ବାହକଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ହେବ, n_0vS, (ଯେଉଁଠାରେ n_0 ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ବାହକଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଅଟେ) । ଏହିପରି, ପରିବାହକର ସ୍ତମ୍ଭକୀୟ AA' ବିଭାଗ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ମୋଟ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ n_0vS. ଯେହେତୁ ଏହି ଚାର୍ଜ AA' ଦେଇ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରମ କରେ, ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେବ,

$$I = n_0 evS \tag{3.6}$$

ଏହିପରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘନତା ଅର୍ଥାତ୍, ପରିବାହକରଏକକ ପୃଷ୍ଠ ପିଛା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେବ,

$$J = \frac{I}{S} = n_0 ev \tag{3.7}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ବାହକଙ୍କ ଗତିଶୀଳତା ଅର୍ଥାତ୍, ଏକକ ବୈଦୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ହାରାହାରି ଚଳନ ପରିବେଗ

$$\mu = \frac{v}{F}$$

ତେଣୁ,

$$v = \mu F \tag{3.8}$$

ସମୀକରଣ (3.7) ରେ ସମୀକରଣ (3.8)କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$J = n_0 e\mu F \tag{3.9}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା ହେଉଛି ଏକକ ବୈଦୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ବୈଦୁତିକ ଘନତାର ପରିମାଣ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3.9) ବ୍ୟବହାର କରି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$\sigma = \frac{J}{F} = n_0 e\mu \tag{3.10}$$

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତାର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି S/m ।

3.4 ନିରନ୍ତତା ସମୀକରଣ (Continuity Equation)

ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ, ବିକଳ୍ପ ରୂପେ ପରିବହନ ସମୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଯାହାକି ପ୍ରକୃତରେ ଏକ ଭୌତିକ ପରିମାଣର ପରିବହନକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରେ । ସଂରକ୍ଷିତ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ଏହା ଯଥେଷ୍ଟ ଭାବେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରିବ । ଏଠାରେ, ଆମେ ଆବେଶର ଘନତା ଓ ବୈଦୁତିକ ଘନତା ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରିବା ଯାହାକି ଆବେଶର ସଂରକ୍ଷଣ ନୀତିକୁ ପ୍ରକାଶ କରିବ ।ଏହିପରି ଏକ ସମୀକରଣ ପାଇବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତର ସଂଜ୍ଞାରୁ ଆରମ୍ଭ କରିବା ।ପୂର୍ବ ଆଲୋଚନାରୁ ସମୀକରଣ (3.2) ର ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$I = \int dI = \int_S \vec{J}.d\vec{S} = \int_S \vec{J}.\hat{n}dS \tag{3.11}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\hat{n}$ S ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏକ ଲମ୍ବ ସଦିଶ

ଏହିପରି S ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧା V ଆୟତନ ଦେଇ ପରିବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତର ରାଶି,

$$I = \int dI = \int_S \vec{J}.d\vec{S} = \int_S \vec{J}.\hat{n}dS \tag{3.12}$$

ନକାରାତ୍ମକ ସଙ୍କେତ ସୂଚିତ କରେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ S ଦେଇ ଭିତରମୁଖୀ ଏବଂ ବାହ୍ୟମୁଖୀ ନୁହେଁ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ୍‌ର ଅପସରଣ ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ସମୀକରଣ (3.12)ରୁ ପାଇବା,

$$I = -\int_S \vec{J}.\hat{n}dS \tag{3.13}$$

ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ V ଆୟତନରେ ଥିବା ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବ ଏବଂ ଉକ୍ତ ଆୟତନରେ ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧି ହାର ସମୀକରଣ (3.2) ରୁ ବାହାର କରାଯାଇପାରେ, ଯେପରି,

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\int_V \rho dV \tag{3.14}$$

ଯେଉଁଠାରେ 'dV' ଆୟତନ ଚାର୍ଜ ଘନତା ସହ ଜଡିତ

ତେଣୁ, ସମୀକରଣ (3.13) ଏବଂ (3.14)କୁ ତୁଳନା କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$-\int_V \vec{\nabla}.\vec{J}dV = \frac{d}{dt}\int_V \rho dV = \int_V \frac{\partial\rho}{\partial t}dV$$ [ρ କେବଳ ସ୍ଥିତି ସମନ୍ୱୟର ଏକ ଫଳନ]

କିମ୍ବା,
$$\int_V \left(\vec{\nabla}.\vec{J} + \frac{\partial\rho}{\partial t}\right) dV = 0$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ସମାକଳନ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ଶୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ କାରଣ ଏହା ଯେକୌଣସି ମନମୁଖୀ ଆୟତନ V ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଅଟେ ।

$$\vec{\nabla}.\vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \qquad (3.15)$$

ଏହା ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଯାହାକି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜ ଘନତା ଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଘନତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ସୂଚିତ କରେ । ଏହା ପରିବାହକର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧିକୁ ସୂଚାଏ,ଯାହା ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ହେତୁ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ବିପରୀତ ମଧ୍ୟ ସତ୍ୟ ଅଟେ, ଏବଂଏହିପରି ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣର ନୀତିକୁ ଏକ ଭିନ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ ।

3.5 ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (Steady Current)

ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଅର୍ଥ ହେଉଛି ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ଯାହା ସମୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ । ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରିବାହକ ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ, $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ ଏବଂ ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ଏହିପରି ହୋଇଥାଏ,

$$\vec{\nabla}.\vec{J} = 0 \qquad (3.16)$$

ଏହି ସମୀକରଣ ଏକ ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ପାଇଁ ସର୍ତ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ସମୀକରଣ (3.16) ରେ $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ବ୍ୟବହାର କରିବା $\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi$ (ଯେଉଁଠାରେ ϕ ସ୍ଥିର ବୈଦୁତିକ ବିଭବ)

$$\nabla^2 \phi = 0 \qquad (3.17)$$

ଯାହା ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ । ତେଣୁ, ଏକ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତର ପ୍ରବାହପାଇଁ ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

3.6 ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ (Lorentz Force)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ । ଯଦି q ଚାର୍ଜ $\vec{v}$ ବେଗରେ ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ ଉପସ୍ଥିତିରେ ଗତିକରେ,ତେବେ ଏହା ଉପରେ ଅନୁଭୁତ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳର ପରିମାଣ

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \qquad (3.18)$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{F_e} = q\vec{E}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ଏବଂ $\vec{F_m} = q\vec{v} \times \vec{B}$ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ।

ସମୀକରଣ (3.18) ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ସମୁଦାୟ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳର ପରିମାଣକୁ ଦର୍ଶାଏ ।

ଉଦାହରଣ 3.1

ଉଦାହରଣ 3.1 1 μC ଚାର୍ଜ $(2\hat{j}+3\hat{k})$ m/s ବେଗରେଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $(2\hat{j}+3\hat{k})$ Wb/m^2 ରେ ଗତି କରୁଛି । ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଛି, ଚାର୍ଜ $q = 1$ μC, ବେଗ $\vec{v} = (2\hat{j}+3\hat{k})$ m/s

ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B} = (2\hat{j}+3\hat{k})$ Wb/m^2

ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ହେବ,

$$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B} = 1\times10^{-6}\times(2\hat{j}+3\hat{k})\times(2\hat{j}+3\hat{k}) = 0.$$

ଉଦାହରଣ 3.2

ଉଦାହରଣ 3.2 0.4 C ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଚାର୍ଜ $(4\hat{i}-\hat{j}-2\hat{k})$ m/s ବେଗରେଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର $10\hat{i}+10\hat{k}$ ଏବଂ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $2\hat{i}-6\hat{j}-6\hat{k}$ ମଧ୍ୟରେ ଗତିକରେ । ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳର ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

ସମାଧାନ:

ଲୋରେଣ୍ଟଜ୍ବଳ ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ହେଉଛି, $\vec{F} = q(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B})$

ଏଠାରେ $\vec{E} = 10\hat{i}+10\hat{k}, \vec{v} = 4\hat{i}-\hat{j}+2\hat{k}$ and $\vec{B} = 2\hat{i}-6\hat{j}-6\hat{k}$

ତେଣୁ, $$\vec{v}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 4 & -1 & 2 \\ 2 & -6 & -6 \end{vmatrix} = 18\hat{i}+28\hat{j}-22\hat{k}$$

ଏବଂ ଏହିପରି $$\vec{F} = q(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B}) = 0.4\times(10\hat{i}+10\hat{k}+18\hat{i}+28\hat{j}-22\hat{k})$$

$$= 11.2\hat{i}+11.2\hat{j}-4.8\hat{k}.$$

ତେଣୁ, ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳର ହେଉଛି $|\vec{F}| = \sqrt{11.2^2+11.2^2+4.8^2} = 16.6$ unit

3.7 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମ (Biot-Savart Law)

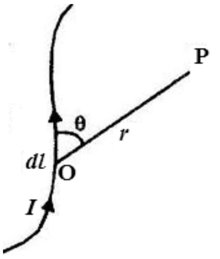
ଏକ ପରିବାହକରେ କ୍ରମାଗତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବାହ ହେତୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମକୁ ଏକ ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ର ଭଳି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ବାହାର କରିବା ପାଇଁ, ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବାI ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ପରିବାହକ ଯାହାକି P ବିନ୍ଦୁ ଠାରୁ r ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ (ଚିତ୍ର3.2) । ପରିବାହକର ଏକ ଛୋଟ ଅଂଶ *(dl)* ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତର ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ, P ବିନ୍ଦୁରେ ଅନୁଭୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର *(dB)*, ଯାହାକି ଉଭୟ *(dl)* ଓ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତର ପାରିମାଣ *(l)* ସହ ସମାନୁପାତୀ । ଏହାମଧ୍ୟ ପରିବାହକ ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ *(P)*ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କୋଣର ସାଇନ୍ ସହ ସମାନୁପାତୀ । ସେହିଭଳି ଏହା ପରିବାହକ ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାର ବର୍ଗ ସହିତ ବିଲୋମପାତୀ ।

ତେଣୁ, $dB \propto I$

$\propto dl$

$\propto \sin\theta$

$\propto \frac{1}{r^2}$



ଚିତ୍ର 3.2: ଚିତ୍ରଣ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ଆଇନ

କିମ୍ବା, $$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

କିମ୍ବା, $$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\vec{I}\times d\vec{l}}{r^2} \quad (3.19)$$

ଯେଉଁଠାରେ, μ_0 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଏବଂ θ ପରିବାହୀର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଅଂଶ *(dl)* ଓ *P* ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆମେ ବିଦ୍ୟୁତ ଘନତାର ସଂଜ୍ଞା ବ୍ୟବହାର କରି ଲେଖିପାରିବା,

$$Idl = JSdl = JdV \quad (3.20)$$

ଏହିପରି, $$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl}{r^3}\hat{r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{JdV}{r^3}\hat{r}\ 9 \quad (3.21)$$

ତେଣୁ, ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ P ବିନ୍ଦୁରେ ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ, ଯାହାକି ସମୀକରଣ (3.21)ର ସମାକଳନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରେ, ଯଥା

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_l \frac{Idl}{r^3}\hat{r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_V \frac{JdV}{r^3}\hat{r} \quad (3.22)$$

ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକଠାରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତାରେ ବିକଶିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା ପାଇଁ ସମୀକରଣ (3.22) ଅତ୍ୟନ୍ତ ଉପଯୋଗୀ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଭାଗରେ ଆମେ ଏହିପରି କିଛି ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ ଉପରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

3.7.1 ପ୍ରୟୋଗ (Applications)

i) **ଏକ ଲମ୍ବା ଓ ସିଧା ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ଏକ ଲମ୍ବା ଓ ସିଧା ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ହେତୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରିବ । ଧରିନିଆଯାଉ XY ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ପରିବାହକ ଯାହା, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ । ଆମକୁ ଏହାଠାରୁ D ଦୂରରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁ Pରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ପଡିବ (ଚିତ୍ର 3.3) ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, P ରେ ପରିବାହକର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଅଂଶ dl_0 ଯୋଗୁଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ, ଯଥା

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl_0}{l^2}\sin\left(\frac{\pi}{2}+\theta\right) \quad (3.23)$$

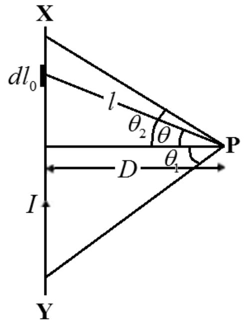
ଚିତ୍ର 3.3 ର ଜ୍ୟାମିତିରୁ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\tan\theta = \frac{l_0}{D}$$

ଏବଂ $$\sec\theta = \frac{l}{D}$$

ଏହିପରି, $$l_0 = D\tan\theta \quad l = D\sec\theta \tag{3.24}$$

ତେଣୁ, $$dl_0 = D\sec^2\theta d\theta \tag{3.25}$$



ଚିତ୍ର 3.3: ଲମ୍ବା ସିଧା ବର୍ତ୍ତମାନବହନ କଣ୍ଡକ୍ଟର

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3.23) ର ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{ID\sec^2\theta d\theta}{D^2\sec^2\theta}\sin\left(\frac{\pi}{2}+\theta\right)$$

କିମ୍ବା, $$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi D}\cos\theta d\theta \tag{3.26}$$

ତେଣୁ ସମଗ୍ର ପରିବାହକ ହେତୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ମୋଟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi D}\int_{-\theta_1}^{\theta_2}\cos\theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi D}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \tag{3.27}$$

ଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ତାର ପାଇଁ, $\theta_1 = \theta_2 = \frac{\pi}{2}$ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3.27) ବ୍ୟବହାର କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi D} \tag{3.28}$$

ଏହାଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ସିଧା ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ D ଦୂରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦେଇଥାଏ । ସମୀକରଣ (3.28) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ସହ ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ ଏବଂ D ସହ ବିଲୋମପାତିକ ।

ଉଦାହରଣ 3.3

ଉଦାହରଣ 3.3 ଏକ ଲମ୍ବା ପତଳା ତାରରୁ 1 ସେମି ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କରନ୍ତୁ,ଯଦି ଏହା 1A ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, I = 1 ଏ ଏବଂ D = 1 ସେମି = 0.01 ମିଟର

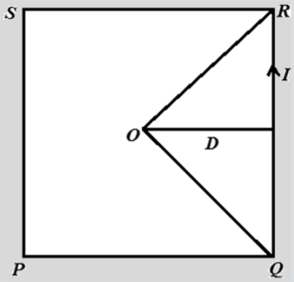
ତେଣୁ, ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi D} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1}{2\pi\times0.01} = 2\times10^{-5}\text{T}.$$

ଉଦାହରଣ 3.4 0.2 ମିଟର ପାର୍ଶ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବର୍ଗାକାର ଲୁପ୍ ପରିବାହକ 1A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କଲେ, ଏହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ:

ସମୀକରଣ (3.27) ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଥିବା ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି O ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ରାଶି,



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi D}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$$

ଏଠାରେ $\theta_1 = \theta_2 = 45°, D = 0.2$ ehVj $I = 1A$

$$\therefore \quad B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{4\pi \times 0.1} \times \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \times 10^{-6}\,\mathrm{Wb/m^2}.$$

ଉଦାହରଣ 3.4

ଉଦାହରଣ 3.5 ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ 0.6c ବେଗରେ 1 A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ପରିବାହକଠାରୁ 10 ସେମି ଦୂରରେ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ଗତି କରେ ।ପ୍ରୋଟନ୍ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ କ'ଣ?

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, I =1 A ଏବଂ D = 10 ସେମି = 0.1 ମି

ସମୀକରଣ (3.28) ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ କାରଣରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi D} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2\pi \times 0.1} = 2 \times 10^{-6}\,\mathrm{Wb/m^2}.$$

Bର ଦିଗ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସ୍କ୍ରୁ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ପ୍ରୋଟନ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ହେଉଛି

$F = qvB$ [ଯେହେତୁ $\vec{v}$ $\vec{B}$ ସହ ଲମ୍ବ ଅଟେ]

ଏଠାରେ v = 0.6 ସି = $0.6 \mathrm{x} 3 \mathrm{x} 10^8$ ମି

ବଳର ପରିମାଣ ହେଉଛି ,

$$F = (1.6 \times 10^{-19}) \times (0.6 \times 3 \times 10^8) \times (2 \times 10^{-6}) = 5.78\ \mathrm{N}$$

ଏବଂ ବଳର ଦିଗ ତାର ଆଡକୁ ଅଛି, ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା ଆକର୍ଷଣୀୟ ।

ଉଦାହରଣ 3.5

ଉଦାହରଣ 3.6 ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାର, ଉଭୟେ 10 A ରାଶିର ବିଦ୍ୟୁତ ସମାନ ଦିଗରେ ବହନ କରନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନେ 2.0 ସେମି ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇଥାଆନ୍ତି । ଯେକୌଣସି ତାର ଠାରୁ 2 ସେମି ଦୂରର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ:

ଯେହେତୁ ଦୁଇଟି ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତର ଦିଗ ସମାନ ତେଣୁ ଆମକୁ ଦୁଇଟି ତାରଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଯୋଡିବାକୁ ପଡିବ ।

ସୂତ୍ର $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi D}$ ବ୍ୟବହାର କରି ଫଳାଫଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi\times 0.02}+\frac{\mu_0 I}{2\pi\times 0.04}$$

$$=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\left[\frac{1}{0.02}+\frac{1}{0.04}\right]$$

$$=\frac{3\mu_0 I}{8\pi}\times 10^2=\frac{3\times 4\pi\times 10^{-7}\times 10}{8\pi}\times 10^2=1.5\times 10^{-4}\,\text{T}.$$

ଉଦାହରଣ 3.6

ii) **ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହକର ଅକ୍ଷରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହକ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ, ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବା a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଫାଶ ଯାହା 'I' ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ଉକ୍ତ ପରିବାହକର ଏକ ଛୋଟିଆ ଅଂଶର ଦୈର୍ଘ୍ୟ dl_0 କୁ ବିଚାର କରିବା ଚିତ୍ର-3.4 । ବର୍ତ୍ତମାନ,ଏହି ଅଂଶ dl_0 ହେତୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ, ଯଥା

$$d\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{l}_0\times\vec{l}}{l^3}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl_0}{l^2} \tag{3.29}$$

[ଏଠାରେ dl_0 ଓ l ମଧ୍ୟରେ କୋଣ $\frac{p}{2}$]

ଏହା PT ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ,ଯାହାର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଦାନ PV ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଦାନ PH ଅକ୍ଷ ସହିତ ଲମ୍ବ ଅଟେ (ଚିତ୍ର3.4) । ପ୍ରତିସାମ୍ୟ ହେତୁ PH ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଭାବ ପରସ୍ପରକୁ ବାତିଲ କରିବେ ଏବଂ କେବଳ ଅକ୍ଷ ସହିତ ଥିବା ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଯୋଗଦାନ କରିବ । ତେଣୁ, dl_0 ଯୋଗୁଁ P ରେ ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରହେବ,

$$dB\sin\angle HPT=dB\frac{a}{l}=\frac{\mu_0 Ia}{4\pi l^3}dl_0 \tag{3.30}$$

ଏହିପରି ସମଗ୍ର ଫାଶ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B=\frac{\mu_0 Ia}{4\pi l^3}\int dl_0=\frac{\mu_0 Ia}{4\pi l^3}.2\pi a=\frac{\mu_0 Ia^2}{2l^3}=\frac{\mu_0 Ia^2}{2(z^2+a^2)^{3/2}} \tag{3.31}$$

ଯଦି ଏକ ଲୁପ୍ ରେ n ମୋଡ ଥାଏ,ତେବେ ସମୀକରଣ (3.31)ର ସାଧାରଣୀକରଣ କରାଯାଇପାରିବ,

ଏବଂ
$$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2(z^2 + a^2)^{3/2}} \tag{3.32}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ସମୀକରଣ (3.32) ରେ, z=0 ବ୍ୟବହାର କରି ଫାଶର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ

$$B_0 = \frac{\mu_0 n I}{2a} \tag{3.33}$$

ତେଣୁ, ଲୁପର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଯଦି ଲୁପରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ରାଶି ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ସେହିଭଳି ଲୁପ୍ ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଏହା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 3.7 10 cm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ଲୁପ୍ ର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ । ଲୁପ୍ ମଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେଉଛି 2 A ।

ସମାଧାନ:

ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକ ହେତୁ ଅକ୍ଷ ଦିଗର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi n r^2 I}{(r^2 + x^2)^{3/2}}\,\text{Wb/m}^2$$

କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ, $x = 0$

ତେଣୁ,
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi n i}{r} = \frac{\mu_0 n I}{2r}\,\text{Wb/m}^2.$$

ଏଠାରେ n = 1, I = 2 ଏ ଏବଂ r = 10 ସେମି = 0.01 ମିଟର

ତେଣୁ,
$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 2}{2 \times 0.01} = 4\pi \times 10^{-7}\,\text{Wb/m}^2.$$

ଉଦାହରଣ 3.7

ଉଦାହରଣ 3.8 50 ମୋଡ଼ ଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳି 0.1 Aବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳିର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 4 ସେମି, ତେବେ ଏହାର ଅକ୍ଷରୁ 5 ସେମି ଦୂରତାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:

ଯଦି ଲୁପ୍ ପାଇଁ n ମୋଡ଼ ଅଛି,

$$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2(z^2 + a^2)^{3/2}}$$

ଏଠାରେ, $n = 50$, $I = 0.1$ A, $a = 4$ cm ଏବଂ $z = 5$ cm

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2(z^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 0.1 \times (0.04)^2}{2 \times \left[(0.05)^2 + (0.04)^2\right]^{3/2}} = 3.14\text{T}.$$

ଉଦାହରଣ 3.8

ଉଦାହରଣ 3.9 1 cm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଇସ୍ପାତ ରଡ୍‌କୁ ବଙ୍କା କରିଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ ଗଠନ କରିଯାଇ ଏହା ଉପରେ 200 ମୋଡ଼ ଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଆବୃତ କରିଯାଏ । ଲୁପ୍‌ର ଅର୍ଥ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 10 ସେମି । ତେବେ ବିଦ୍ୟୁତର ରାଶି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ଯାହା 0.5 mWb ଅଭିବାହ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ଇସ୍ପାତ ପାଇଁ $\mu_r = 1000$-

ସମାଧାନ:

ଯେତେବେଳେ ଇସ୍ପାତ ରଡ୍‌ରୁ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ ଗଠନ କରିବାକୁ ବଙ୍କା କରିଯାଏ,ଏହା ଏକ ଟୋରୋଇଡ୍ ଗଠନ କରର । ବର୍ତ୍ତମାନ, ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଟୋରୋଇଡ୍ ର ମୂଳର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B = \frac{\mu_r n I}{2\pi r}$$

ଏଠାରେ $\mu_r = 1000,\ r = 10 \times 10^{-2}\text{m},\ n = 200.$

ପୁନର୍ବାର ସୋଲେନୋଇଡ୍ ର ମୂଳରେ ଉତ୍ପାଦିତ ଅଭିବାହ ହେଉଛି,

$$\pi R^2 B = 0.5 \text{ m Wb} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

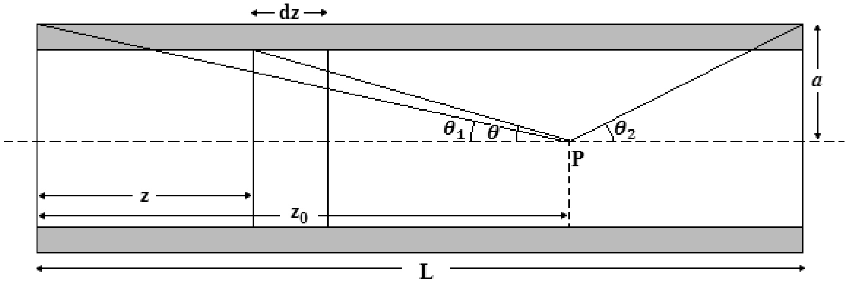
ଦିଆଯାଇଛି, ଦି ରଡ୍ ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $R = 1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2}\text{m}.$

$$\therefore \quad 0.5\times10^{-3} = \frac{\mu_r n I}{2r}R^2 = \frac{1000\times200\times I}{2\times10\times10^{-2}}\times\left(1\times10^{-2}\right)^2$$

କିମ୍ବା, $$I = \frac{2\times0.5\times10}{1000\times200\times10^{-2}} = 0.5\mu\text{A}$$

ଉଦାହରଣ 3.9

iii) **ଏକ ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ଆକ୍ସିଆଲ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବା, ଏକ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ଯାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହେଉଛି L ଓ ଯେଉଁଥିରେ n ମୋଡ ଅଛି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଧରନ୍ତୁ ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଯାହା “I “ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଛି I [ଚିତ୍ର. 3.5] ।



ଚିତ୍ର 3.5: ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍

ଏହାର ଅକ୍ଷରେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ, ଆସନ୍ତୁ dz ମୋଟେଇର ଏକ ଉପାଦାନ ବିଭାଗ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା । ଏହି ବିଭାଗରେ ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା ହେବ $\left(\frac{n}{L}\right)dz$

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3.32) ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ଉକ୍ତ ମୋଟେଇ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ଯୋଗୁଁ, Pବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଲେଖିପାରୁ,

$$dB = \frac{\mu_0 n I a^2 dz}{2L\left[\left(z_0 - z\right)^2 + a^2\right]^{3/2}} \qquad (3.34)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିତ୍ର 3.5 ରୁ ଆମର ଅଛି, $\tan\theta = \frac{a}{z_0 - z}$

$$dz = a\,\mathrm{cosec}^2\theta\, d\theta \qquad (3.35)$$

ପୁଣି

$$\sin\theta = \frac{a}{\left[\left(z_0 - z\right)^2 + a^2\right]^{1/2}} \qquad (3.36)$$

ଏହିପରି ସମୀକରଣ (3.34) ରେ ସମୀକରଣ (3.35) ଏବଂ (3.36) ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$dB = \frac{\mu_0 n I \sin\theta\, d\theta}{2L} \qquad (3.37)$$

ତେଣୁ ସମଗ୍ର ସୋଲେନୋଇଡ୍ ହେତୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2L}\int_{\theta_1}^{\pi-\theta_2} \sin\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 n I}{2L}\left(\cos\theta_1 + \cos\theta_2\right) \qquad (3.38)$$

ଯଦି P ସୋଲେନୋଇଡ୍ ର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ ତେବେ, $\theta_1 = \theta_2 = \theta$

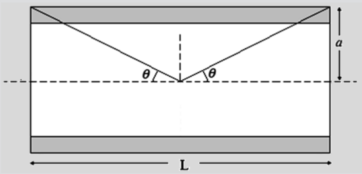
ତେଣୁ,
$$B_{mid} = \frac{\mu_0 n I}{L}\cos\theta \qquad (3.39)$$

ଏକ ଅସୀମ ବୃହତ୍ତାକାର ସୋଲେନୋଇଡ୍ ପାଇଁ $\theta \to 0$ ଏବଂ $\cos\theta \to 1$

ତେଣୁ,
$$B_{\inf} = \frac{\mu_0 n I}{L} \qquad (3.40)$$

ଉଦାହରଣ 3.10 0.6 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ ଯାହାର ବ୍ୟାସ 0.4 ମିଟରଏବଂ ଏହା 5mA ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ଯଦି ଏଥିରେ ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା 1000, ତେବେ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ମଝିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:



ଆମେ ଯାଣୁ, $B = \frac{\mu_0 n I}{2L}\left(\cos\theta_1 + \cos\theta_2\right)$

ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ $\theta_1 = \theta_2 = \theta$

ତେଣୁ, $B_{mid} = \frac{\mu_0 n I}{L}\cos\theta$

ଉଦାହରଣ 3.10

$$= \frac{\mu_0 nI}{L} \frac{L/2}{\sqrt{a^2 + (L/2)^2}}$$

$$= \frac{\mu_0 nI}{2} \frac{1}{\sqrt{a^2 + (L/2)^2}}$$

ଏଠାରେ ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ L = 0.6 ମିଟର ଏବଂ ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ବ୍ୟାସ 2a = 0.4 m

$$B_{mid} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1000}{0.6} \times 5 \times 10^{-3}}{2} \frac{1}{\sqrt{(0.2)^2 + (0.6/2)^2}}$$

$= 1.45 \times 10^{-5}$ Wb/m^2.

ଉଦାହରଣ 3.10

ଉଦାହରଣ 3.11 40 cm ସେମି ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ରେ 300 ମୋଡ଼ ଅଛି । ଯଦି ଏହା 3.5 A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ,ତେବେ ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, n = 300/0.4 = 750 ମୋଡ /ମି ଏବଂ I = 3.5 A

ତେଣୁ, ସୋଲେନୋଇଡ୍ ର ଅକ୍ଷରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B = \mu_0 nI = 4p \times 10^{-7} \times 750 \times 3.5$$

$$= 3.3 \times 10^{-3}\text{T}$$

ଏହିପରି, ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 nI}{2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 750 \times 3.5}{2}$$

$$= 1.65 \times 10^{-3}\text{T}$$

ଉଦାହରଣ 3.11

(*iv*) **ଏକ ହେକ୍ସାଗୋନାଲ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ମନେକର x ପାର୍ଶ୍ୱ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଥିବା ହେକ୍ସାଗୋନାଲ ପରିବାହକ, ଯାହାକି 'I' ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ, ସମୀକରଣ (3.27) ବ୍ୟବହାର କରି ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର O ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର PQ ପାର୍ଶ୍ୱ ହେତୁ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ,

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi D}(\sin\theta + \sin\theta) = \frac{\mu_0 I}{2\pi D}\sin\theta \qquad (3.41)$$

ତେଣୁ, ସମଗ୍ର ପରିବାହକ ହେତୁ Oରେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = 6B_1 = \frac{3\mu_0 I}{\pi D}\sin\theta \qquad (3.42)$$

ପୁନର୍ବାର ଚିତ୍ର 3.6 ରୁ,

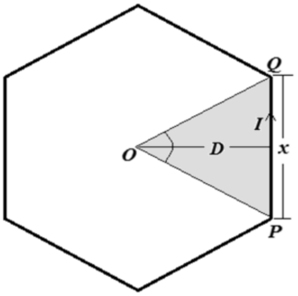
$$\tan\theta = \frac{x}{2D}$$

କିମ୍ବା, $$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{x}{2D}\ (\ ;\ \text{gka}\ \theta = 30^\circ)$$

କିମ୍ବା, $$D = \frac{\sqrt{3}x}{2}$$

ଏହିପରି, $$B = \frac{6\mu_0 I}{\pi\sqrt{3}x}\frac{1}{2}$$

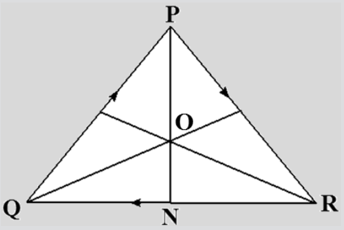
$$= \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{\pi x} \qquad (3.43)$$



ଚିତ୍ର. 3.6: ହେକ୍ସାଗୋନାଲ ଲୁପ୍

ଉଦାହରଣ 3.12 ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜ ସଦୃଶ୍ୟ ଏକ ପରିବାହକ, ଯାହାର ପାର୍ଶ୍ୱ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 'a' ଏବଂ ଏହା ସମାନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ । ଏହାର କେନ୍ଦ୍ରସ୍ଥଳ ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ:



ଯଦି O ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜର ସେଣ୍ଟ୍ରୋଇଡ୍ ହୁଏ,

ତେବେ,

$$\text{ON} = r = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, QR ଭାଗ ଯୋଗୁଁ O ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$\frac{\mu_0 I}{4\pi r}[\sin\theta]_{-\pi/3}^{\pi/3}$$

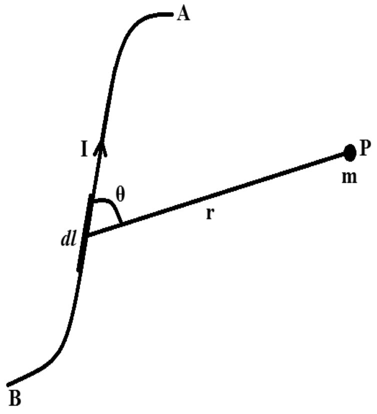
ଯେହେତୁ ସମସ୍ତ ବାହୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସମାନ ତେଣୁ O ରେ ତିନୋଟି ବାହୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ ଯୋଗୁଁ (PQ, QR ଓ PR) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର,

$$B = 3\frac{\mu_0 I}{4\pi r}[\sin\theta]_{-\pi/3}^{\pi/3} = 3\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{a}{2\sqrt{3}}}2\sin\frac{\pi}{3} = 3\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{a}{2\sqrt{3}}}\times\sqrt{3} = \frac{9\mu_0 I}{2\pi a}.$$

ତେଣୁ, ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି $B = \frac{9\mu_0 I}{2\pi a}$.

ଉଦାହରଣ 3.12

3.8 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ (ସୁପରିବାହୀ) (Current Carrying Conductor)



ଚିତ୍ର. 3.7: ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ସୁପରିବାହୀ

ଯେତେବେଳେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକକୁ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ଏହା ଉପରେଏକ ବଳ ଅନୁଭୁତ ହୁଏ । ଆମ୍ପେୟର ପ୍ରଥମେ ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ତାର ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବଳ ସମ୍ପର୍କରେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ, ଯେତେବେଳେ ଉକ୍ତ ତାର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ଏକ ସୁପରିବାହୀରେ ଯାତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ହୁଏ, ତାହା ବିସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହିପରି ଭାବେ ଯେକେହି ସୁପରିବାହୀ ଉପରେ ପଡୁଥିବା ବଳର ପରୀକ୍ଷା କରିପାରିବ ।

ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ବାମ ହାତ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଏହି ବିକଶିତ ହୋଇଥିବା ବଳର ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ । ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବହନର ଦିଗ ପ୍ରତି ଭୂଲମ୍ବ ହୁଏ,ପରିବାହକଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ସହ ଲମ୍ବ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।ଆସନ୍ତୁ ଏହାର ବିସ୍ତୃତ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଏହିପରି ଏକ ବଳର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବାପାଇଁ, ଆମେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକ AB କୁ ବିଚାର କରିବା, ଯାହା ' I' ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବ [ଚିତ୍ର3.7] । ଏକ dl ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପରିବାହକ ହେତୁ P ରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର, ବାୟୋଟ୍ ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଯଥା,

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

ତେଣୁ, P ବିନ୍ଦୁରେ m ପରିମାଣର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଉପରେ ଅନୁଭୂତ ବଳର ପରିମାଣର,

$$dF = mdB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{mIdl\sin\theta}{r^2} \qquad (3.44)$$

ସେହିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟ dl ଉପରେ ସମାନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ବର୍ତ୍ତମାନ, ଉକ୍ତ ମେରୁ ଠାରୁ r ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{r^2} \qquad (3.45)$$

ତେଣୁ, $$dF = BIdl\ sin\theta \qquad (3.46)\ (a)$$

କିମ୍ବା, ସଦିଶ ଫର୍ମରେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B} \qquad (3.46)\ (b)$$

ତେଣୁ, ପରିବାହକଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ପରିବାହକରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସହ ଲମ୍ବ ।

3.9 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ (Moving Charge in a Magnetic Field)

ଯଦି କିଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ଏହା ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଭାବରେଏକ ଚାର୍ଜ କଣିକାକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପଥରେ କିମ୍ବା ଏକ ସ୍ପାଇରାଲ୍ ପଥରେ ଗତି କରିବା ପାଇଁ ବାଧ କରେ । ଆମେ ଜାଣୁ dl ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପରିବାହକ ଯାହା, I ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ, ଯଦି ଏହାକୁ B ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏଏହା ଉପରେ କାର୍ଯକାରୀ ବଳ,

$$dF = BIdl\sin q$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $I = neAv$

ଯେଉଁଠାରେ, A ପରିବାହକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ, e ଏକ ବାହକ ଚାର୍ଜ, v ଚଳନ ପରିବେଗ ଏବଂ n ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଚାର୍ଜ ବାହକର ସଂଖ୍ୟା ।

$$dF = B(neAv)dl\sin\theta = e(nAdl)nB\sin\theta = eNvB\sin\theta \tag{3-47}$$

ଯେଉଁଠାରେ $N = nAdl$ ପରିବାହକ ଭିତରେ ଥିବା ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ ବାହକ ସଂଖ୍ୟା ।

ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଚଳନ୍ତା ଚାର୍ଜ ବାହକ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଉଥିବା ବଳ ହେବ,

$$F_m = \frac{eNvB\sin\theta}{N}$$

$$= evB\sin q \tag{3-48}$$

କିମ୍ବା, ସଦିଶ ଫର୍ମରେ ଏହାକୁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଭାବେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ

$$\vec{F}_m = e\vec{v}\times\vec{B} \tag{3-49}$$

ଆମେ ଏହାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଲୋରେଞ୍ଜ ଫୋର୍ସ ବୋଲି କହିଥାଉ ଏବଂ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଚାର୍ଜ ବାହକଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ମୋଟ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳକୁ ଯୋଗ କରି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m$$

$$= e\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right) \tag{3-50}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{F}_e = e\vec{E}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ।

3.10 ଆମ୍ପେୟରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ (Ampere's Circuital Law)

ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ, ଆମ୍ପେୟର ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ଏକ ବନ୍ଦ ପଥ ଚାରିପାଖରେ ଥିବା ସମନ୍ୱିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ସେହି ବନ୍ଦ ପରିପଥରେ ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହ ଥିବା ସମ୍ପର୍କ ସହିତ ଜଡିତ ।ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ବନ୍ଦ ପଥ ଚାରିପାଖରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଟାଞ୍ଜେଣ୍ଟିଆଲ୍ ଉପାଦାନର ରେଖା ଏକୀକରଣ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ ପଥଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ଏହା ଏହିଭଳି ପ୍ରକାଶ କରିଯାଇପାରିବ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I \tag{3-51}$$

ଏହା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସର ନିୟମ ସହିତ ସମାନ । ଏହି ନିୟମ ବାୟୋଟ୍ –ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଉଦ୍ଧାର କରିଯାଇପାରିବ ।

ଏହା କରିବା ପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ 'I' ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ଲମ୍ବା ସିଧା ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହକକୁ ବିଚାର କରିବା । ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମକୁ ବ୍ୟବହାର କରି, r ଦୂରତାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

ଏହା ସମସ୍ତ ରେଡିଆଲ୍ ପଏଣ୍ଟରେ ସ୍ଥିର ବୋଲି ଦର୍ଶାଉଛି । ତେଣୁ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବନ୍ଦ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ C ଚାରିପାଖରେ ଲାଇନ ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ହେବ,

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \oint_C B dl$$

$$= B\int_C dl = B.2\pi r = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.2\pi r$$

କିମ୍ବା, $$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I$$

ଏହା ଇଣ୍ଟିଗ୍ରାଲ ରୂପରେ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ । କିମ୍ବା ଏହା ସମାକଳ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମ ।

3.10.1 ଅବକଳ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଆମ୍ପେୟରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ (Ampere's Circuital Law In Differential Form)

ସମୀକରଣ (3.51) ଦ୍ୱାରା ଆମ୍ପେୟରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମକୁ ସମାକଳ ପ୍ରଣାଳୀ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ । ସମୀକରଣ (3.51)କୁ ପୁନଃବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇ ଅବକଳ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ । ପରିବାହକର ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହକୁ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$I = \int_S \vec{J}.d\vec{S}$$

ଏହିପରି ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J}.d\vec{S} \qquad (3\text{-}52)$$

ସଦିଶ କାଲକୁଲସରେ ଷ୍ଟୋକ୍ ଙ୍କ ଥିଓରେମକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \int_S \vec{\nabla} \times \vec{B}.d\vec{S} \qquad (3\text{-}53)$$

ଏହିପରି ସମୀକରଣ (3.52) ଏବଂ (3.53) ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\int_S \vec{\nabla} \times \vec{B}.d\vec{S} = \int_S \mu_0 \vec{J}.d\vec{S} \qquad (3\text{-}53)$$

ତେଣୁ, $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ (3-54)

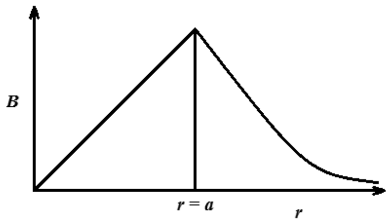
ଏହା ହେଉଛି ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ । ଏହି ସମୀକରଣରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଂରକ୍ଷିତ ନୁହେଁ ।

3.10.2 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମର ବ୍ୟବହାର (Applications of Ampere's Law)

ବର୍ତ୍ତମାନର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କାରୀ ପରିବାହକଠାରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତାରେ ବିକଶିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା ପାଇଁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଉପଯୋଗୀ । ଏହି ବିଭାଗରେ ଆମେ ଏହିପରି କିଛି ଉଦାହରଣ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା ।

(*i*) **ଏକ ଲମ୍ବା ସିଧା ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କାରୀ ପରିବାହକ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ସିଧା ତାରକୁ ବିଚାର କରନ୍ତୁ ଯାହା 'I' ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ଯଦି ଏହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ହୁଏ,ତେବେ ଏହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘନତା ହେବ,

$$J = \frac{I}{\pi a^2} \qquad (3\text{-}55)$$



ଚିତ୍ର.: Ampere loop: Long straint conductor

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର B କେବଳ ଦୂରତା r ର ଫଳନ ଅଟେ ।

ଚିତ୍ର 3.୪ ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ପିଲ୍‌ବକ୍ସ ଉପରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି

ଆମେ ପାଉ,

$$B_r.2\pi rl = 0$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଲୁପ୍ PQRS ରେ ଆମ୍ପେୟରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର (ଚିତ୍ର 3.8) କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \left[B_z(r_2) - B_z(r_1)\right]z = 0$$

କିମ୍ବା, $$B_z(r_2) = B_z(r_1) \qquad (3\text{-}56)$$

ଏହିପରି B_z ଏକ ସ୍ଥିର ଏବଂ ଆସନ୍ତୁ ଏହାକୁ ଶୂନ୍ୟ ସହିତ ସମାନ କରିବା । ଯଦି ଆମେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ତାର ସହ ସମକେନ୍ଦ୍ରିକ ଏକ ବୃତ୍ତ ଅଙ୍କନ କରିବା ଯାହାକି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସମତଳ ସହ ଲମ୍ବ ହେବ । ତେବେଏହା ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥିର ରହିବ । ତେଣୁ,

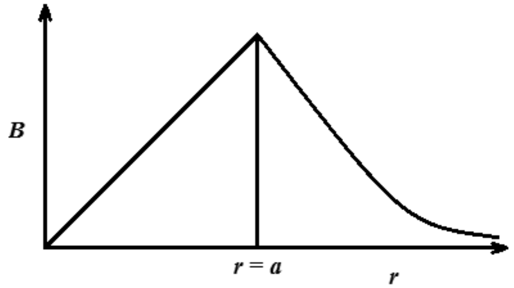
$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \int_0^{2\pi} B_r d\theta = 2\pi r B = \mu_0 I_e \qquad (3\text{-}57)$$

ଯେଉଁଠାରେ, Ie ଆବଦ୍ଧ ହୋଇଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ।

ଯଦି $r > a$, $Ie = I$ ତେବେ ସମୀକରଣ *(3.57)* ରୁ ଆମେ ପାଉ,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad [r \geq a]$$

ଯଦି $r < a$ ତା'ପରେ $I_e = \pi r^2 J = \frac{r^2}{a^2} I \qquad (3\text{-}58)$



ଚିତ୍ର. **3.9**: ଦୀର୍ଘ ସମୟ ଧରି ବି ର ଭିନ୍ନତା ସିଧା କରେଣ୍ଟ ବହନ କଣ୍ଡକ୍ଟର

ଏହିପରି ସମୀକରଣ (3.57) ରୁ ଆମେ ପାଉ,

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi a^2} \quad [r \leq a] \qquad (3\text{-}59)$$

ଦୀର୍ଘ ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହୀର ଅକ୍ଷରେ ଦୂରତା ସହ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଭିନ୍ନତା ଚିତ୍ର (3.9) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି ।

ଉଦାହରଣ 3.13 4 ସେମି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଫାଙ୍କା ସିଲିଣ୍ଡରର ବାହାରେ ଏବଂ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ,ଯଦି ଏହା 50 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ ।

ସମାଧାନ

(a) ସିଲିଣ୍ଡର ବାହାରେ ଏକ ପଏଣ୍ଟପାଇଁ, ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମଅନୁଯାୟୀ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I$$

କିମ୍ବା, $$\oint_C \vec{H}.d\vec{l} = I$$

କିମ୍ବା, $$H.2\pi r = I$$

କିମ୍ବା, $$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{50}{2\pi \times 0.04} = 198.04\,\text{A/m.}$$

ତେଣୁ, ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B = \mu_0 H = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{50}{2\pi \times 0.04}$$

$$= 2.5 \times 10^{-4}\text{T}$$

(b) ଯେହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ କେବଳ ପୃଷ୍ଠରେ ବିଦ୍ୟମାନ ତେଣୁ ସିଲିଣ୍ଡର ଭିତରେ, B = 0 ।

mnkgj.k 3-13

ii) **ଦୁଇଟି ଅସୀମ ଲମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କାରୀ ପରିବାହକଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଆସନ୍ତୁ X ଓ Y ଦୁଇଟି ଅସୀମ ଲମ୍ବା ତାର ବିଚାରକୁ ନେବା ଯାହା ମଧ୍ୟରେ $I1$ ଏବଂ $I2$ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବ ଏବଂ ସେମାନେ ବାୟୁରେ d ଦୂରତା ଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ଥିବେ (ଚିତ୍ର3.10) । ବର୍ତ୍ତମାନ, X ର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ $I2$ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର,

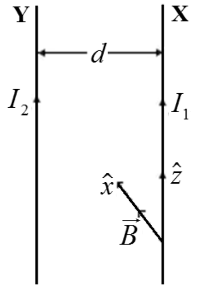
$$B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

ତେଣୁ, ଏହାରଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ଅନୁଭୂତ ବଳ ହେବ,

$$\vec{F} = I_1 \hat{z} \times \vec{B}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{F} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \hat{z} \times \hat{x}$$

$$= -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \hat{y} \qquad (3\text{-}60)$$



ଚିତ୍ର. 3. 10: Two long current carrying conductors separated by a distance

ଯେଉଁଠାରେ $\hat{z}$, ହେଉଛି I_1 ଦିଗରେ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସଦିଶ ଏବଂ $\hat{x}$, ହେଉଛି $\vec{B}$ ଦିଗରେ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସଦିଶ (ଚିତ୍ର 3.10) । ବଳ F, Y ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହୁଏ । ଯଦି I_1 ଏବଂ I_2 ସମାନ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ଏବଂ ଯଦି ସେମାନେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଅନ୍ତି, ତେବେ ଏହା Y ଠାରୁ ଦୂରକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହେବ ।

ଏହିପରି, ସମାନ୍ତରାଳ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ତାରଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବିପରିତ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାରଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ବଳର ପରିମାଣ,

$$B = \frac{\mu_0 nI}{2\pi r} \tag{3-61}$$

ଉଦାହରଣ 3.14

ଉଦାହରଣ 3.14 ଦୁଇଟି ସିଧା ଲମ୍ବା ସମାନ୍ତରାଳ ତାର ପ୍ରତେକ 1 A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରନ୍ତି ଓ ସେମାନଙ୍କୁ, 2 ସେମି ଦୂରତା ଦ୍ଵାରା ଅଲଗା ରଖାଯାଇଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଯେକୌଣଶି ତାର ଉପରେ ଅନୁଭବ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ $I_1 = I_2 = 1A,\ r = 2\ cm = 0.02\ m$

ତେଣୁ କୌଣସି ତାର ଦ୍ଵାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ ହେବ,

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1\times1}{2\pi\times0.02} = \frac{2\times10^{-7}}{0.02} = 10^{-5}\text{N}.$$

ଉଦାହରଣ 3.15

ଉଦାହରଣ 3.15 ଏକ ଲମ୍ବା ଭୂସମାନ୍ତର ତାର 100 A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । 20 A ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ଅନ୍ୟ ଏକ ତାର ଏହା ସହ ସମାନ୍ତରାଳ ଏବଂ ଏହାର ଓଜନ 0.03N/m । ଯଦି ଦ୍ଵିତୀୟ ତାରକୁ ପ୍ରଥମ ତାରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିକର୍ଷଣଦ୍ଵାରା ସମର୍ଥନ କରିବାକୁ ହୁଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଦୂରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:

ଧରାଯାଉ, I_1 ଏବଂ I_2 ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ତାର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା r.

ପ୍ରଶ୍ନ ଅନୁଯାୟୀ,

$$\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = 0.03$$

କିମ୍ବା, $$\frac{4\pi\times10^{-7}\times100\times20}{2\pi r} = 0.03$$

କିମ୍ବା, $$r = \frac{4\times10^{-7}\times10^{3}}{0.03}$$

$$= 1.33\times10^{-2}\ \text{m}.$$

ଯାହା ଆବଶ୍ୟକ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଦୂରତା ଅଟେ ।

iii) **ଏକ ଲମ୍ବା କୋକ୍ସିଆଲ୍ କେବୁଲ୍ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଏକ କୋକାସିଆଲ୍ କେବୁଲ୍ ବିଚାର କରନ୍ତୁ, ଯାହାର କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ପରିବାହକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଓ ବାହ୍ୟ ସିଲିଣ୍ଡ୍ରିକାଲ୍ ପରିବାହକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ b । ଏମାନେ ' I' ପରିମାଣର ସମାନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବହନ କରୁଛନ୍ତି, ପ୍ରତିସାମ୍ୟତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ r ଦୂରତାରେ $(a < r < b)$ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କେବଳ r ରଏକ ଫଳନ ହେବ । ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍

ନିୟମ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର (ଚିତ୍ର. 3.11) ଏକ ବନ୍ଦ ଲୁପ୍‌ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କଲେ,

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I$$

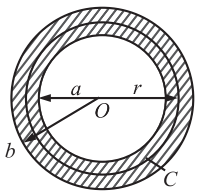
କିମ୍ବା, $$B.2\pi r = \mu_0 I$$

କିମ୍ବା, $$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad [\text{ଯେଉଁଠାରେ } (a < r < b)] \qquad (3.62)$$

ଯେତେବେଳେ $r > b$ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମରୁ ଆମେ ପାଉ,

$$B.2\pi r = \mu_0 (I - I) = 0$$

କିମ୍ବା, $$B = 0 \qquad (3.63)$$

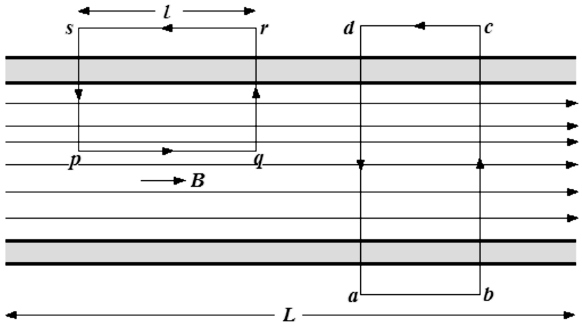


ଚିତ୍ର. **3.11**: କୋକ୍ସିଆଲ୍ କେବୁଲ୍

iv) ଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର: L ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ, ଏକ ବନ୍ଦ ଲୁପ୍ $abcd$ ବିଚାର କରିବା,ଯେପରି ଚିତ୍ର 3.12ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ଏହି ଲୁପ୍ ରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଆମେ ପାଉ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 \times 0 = 0$$

ଏହିପରି, $\vec{B} = 0$ ଯେପରି $d\vec{l} \neq 0$



ଚିତ୍ର **3.12**: ଆମ୍ପେରିଆନ୍ ଲୁପ୍: ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍

ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି, ସୋଲେନୋଇଡ୍ ବାହାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ । ସୋଲେନୋଇଡ୍ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବନ୍ଦ ଲୁପ୍ $pqrs$ ବିଚାର କରିବା (ଚିତ୍ର. 3.12)। ଯେତେବେଳେ ଆମେ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ଏହି ଲୁପ୍ ରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁ ସେତେବେଳେ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \int_{pq} \vec{B}.d\vec{l} + \int_{qr} \vec{B}.d\vec{l} + \int_{rs} \vec{B}.d\vec{l} + \int_{sp} \vec{B}.d\vec{l} \qquad (3.64)$$

Pq ପଥପାଇଁ $\vec{B}$ ଏବଂ $d\vec{l}$, ସମାନ ଦିଗରେ ଅଛି । ତେଣୁ

$$\int_{pq} \vec{B}.d\vec{l} = \int_{pq} Bdl = Bl$$

qr ଓ sp ପଥପାଇଁ ଓ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଅଛି । ତେଣୁ

$$\int_{qr} \vec{B}.d\vec{l} = -\int_{sp} \vec{B}.d\vec{l}$$

କିମ୍ବା, $$\int_{qr} \vec{B}.d\vec{l} + \int_{sp} \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

Rs ପଥ ପାଇଁ (ଯେହେତୁ ଏହା ସୋଲେନୋଇଡ୍ ବାହାରେ),

$$\int_{rs} \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

ତେଣୁ, ସମୀକରଣ (3.64) ରୁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରିବା ପରେ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \int_{pq} \vec{B}.d\vec{l} = Bl = \mu_0 nIl$$, ଯେଉଁଠାରେ n ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା

ତେଣୁ, $$B = \mu_0 nI \tag{3.65}$$

ଉଦାହରଣ 3.16

ଉଦାହରଣ 3.16 3000 ମୋଡ ଓ 2 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ର ଏକ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ 1 Aର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ଏହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ ଏଠାରେ, ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ମୋଡସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି

n = 3000/2 = 1500 ମୋଡ/ମି ଏବଂ I = 1 A

ତେଣୁ, ସୋଲେନୋଇଡ୍‌ର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି

$$B = \mu_0 nI = 4\pi \times 10^{-7} \times 1500 \times 1 = 1.9 \times 10^{-3}\,\text{T}.$$

ଉଦାହରଣ 3.17

ଉଦାହରଣ 3.17 3000 ମୋଡ ଓ 1.5 ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ର ଏକ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ 4Aର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ ।ଏହା ଯୋଗୁଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର । (i) ଭିତରେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ (ii) ସୋଲେନୋଇଡ୍ର ଶେଷରେ ଏବଂ (iii) ବାହାରେ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି

n = 3000/1.5 = 2000 ମୋଡ/ମି ଏବଂ I = 4A

i) ତେଣୁ, ସୋଲେନୋଇଡ୍ ଭିତର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି

$$B_{in} = \mu_0 nI = 4\pi \times 10^{-7} \times 2000 \times 4 = 1.005 \times 10^{-2}\,\text{T}.$$

ii) ସୋଲେନୋଇଡ୍ର ଶେଷରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$B_{end} = \frac{\mu_0 nI}{2} = \frac{1.005 \times 10^{-2}}{2}\,\text{T} = 5.025 \times 10^{-3}\,\text{T}.$$

iii) ସୋଲେନୋଇଡ୍ ବାହାରେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରହେଉଛି $B_{out} = 0$ [ଯେହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ କେବଳ ପୃଷ୍ଠରେ ବିଦ୍ୟମାନ ଅଛି].

v) **ଟୋରୋଇଡ୍ କାରଣରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର:** ଏକ ରିଙ୍ଗ ଚାରିପାଖରେ ଖଣ୍ଡିଏ ତାରକୁ ପାଖାପାଖି ଗୁଡାଇବା ବିଷୟରେ ବିଚାର କଲେ ଏହାକୁ ଏକ ଟୋରୋଇଡ୍ କୁହାଯିବ ।ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ ଏକ ଶାନ୍ତ ଶୂନ୍ୟ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ ।

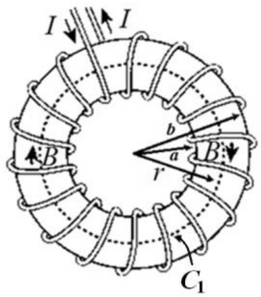
ଧରାଯାଉ ଏହାର C1 ୱାଇଣ୍ଡିଂ ମଧ୍ୟରେ ' I' ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି [ଚିତ୍ର3.13] ଏବଂ N ଟୋରୋଇଡ୍‌ର ମୋଟ ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା । C1 ପଥପାଇଁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଉ,

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 NI$$

କିମ୍ବା, $$B.2\pi r = \mu_0 NI$$

କିମ୍ବା, $$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} = \mu_0 nI \qquad (3\text{-}66)$$

ଯେଉଁଠାରେ $n = \frac{N}{2\pi r}$ ଟୋରୋଇଡ୍‌ର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ମୋଡ ସଂଖ୍ୟା ।



ଚିତ୍ର. **3.13**: ଟୋରୋଇଡ୍

3.11 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ (Curl of Magnetic Field)

ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କର ସରଳତମ ବିବୃତ୍ତିପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ ନିଆଯାଇପାରେ । ଏହା ପ୍ରାୟତଃ ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ ଘନତା ଦେଇଥାଏ । ଏହାର ଯଥାର୍ଥତାପାଇଁ ଆସନ୍ତୁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମରୁ ଆରମ୍ଭ କରିବା,

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I = \mu_0 \iint_s \vec{J}.d\vec{S} \qquad (3.67)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଷ୍ଟୋକ୍ସ ଙ୍କ ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଉ,

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \iint_s \vec{\nabla} \times \vec{B}.d\vec{S} \qquad (3.68)$$

ଏହିପରି, $$\iint_s \vec{\nabla} \times \vec{B}.d\vec{S} = \mu_0 \iint_s \vec{J}.d\vec{S}$$

କିମ୍ବା, $$\iint_s \left(\vec{\nabla} \times \vec{B} - \mu_0 \vec{J}\right).d\vec{S}$$

ଏଠାରେ ପୃଷ୍ଠ S କୁ ମନମୁଖୀ ବିଚାର କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ,

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} - \mu_0 \vec{J} = 0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \qquad (3.69)$$

ଯେଉଁଠାରୁ ଆମେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବିଦ୍ୟୁତର ଘନତାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିଥାଉ ।

ଯଦି ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବିଦ୍ୟୁତର ଘନତା ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍, ଯଦି $\vec{J}=0$, ତେବେ

$$\vec{\nabla}\times\vec{B}=0 \tag{3.70}$$

3.12 ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Gauss's Law Magnetostatics)

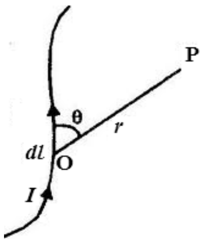
ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସର ନିୟମ ହେଉଛି ଚାରୋଟି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ (ୟୁନିଟ 7 ରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ଆଲୋଚନା କରାଯିବ) ଯେଉଁଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅପସରଣ ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।ଏହାକୁ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବାପାଇଁ ଆମେ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକକୁ P ବିନ୍ଦୁଠାରୁ r ଦୂରରେ ରଖାଯାଇଛି ବୋଲି ବିଚାର କରିବା (ଚିତ୍ର. 3.14) । ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ହେତୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁକୁ ଘେରି ରହିଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

ଏହିପରି ସମଗ୍ର ପଥ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି,

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\oint\frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

ଏହିପରି, $$\vec{\nabla}.\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\vec{\nabla}.\oint\frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\vec{\nabla}.\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3} \tag{3-71}$$



ଚିତ୍ର. **3.14**: ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରି ପରିବାହକ

ବର୍ତ୍ତମାନ, ସଦିଶ ଅଭେଦ ବ୍ୟବହାର କରି,

$$\vec{\nabla}.\left(\vec{A}\times\vec{B}\right)=\vec{B}.\vec{\nabla}\times\vec{A}-\vec{A}.\vec{\nabla}\times\vec{B} \tag{3-72}$$

ଏଥିରୁ ଆମେ ପାଇବା, $$\vec{\nabla}.\left(d\vec{l}\times\frac{\vec{r}}{r^3}\right)=\frac{\vec{r}}{r^3}.\vec{\nabla}\times d\vec{l}-d\vec{l}.\vec{\nabla}\times\frac{\vec{r}}{r^3}$$

ଏହିପରି, $$\vec{\nabla}.\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\left[\frac{\vec{r}}{r^3}.\vec{\nabla}\times d\vec{l}-d\vec{l}.\vec{\nabla}\times\frac{\vec{r}}{r^3}\right] \tag{3-73}$$

କିନ୍ତୁ, $\vec{\nabla}\times d\vec{l}=0$ କାରଣ $d\vec{l}$ ସମନ୍ୱୟ ପ୍ରଣାଳୀର P ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ଫଳନନୁହେଁ, ଯେଉଁଠାରେ ଆମେ $\vec{\nabla}\times\vec{B}$ ଖୋଜିବାକୁ ଚାହୁଁଛୁ ।

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $\vec{\nabla}\times\frac{\vec{r}}{r^3}=0$ ଏବଂ ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3.73) ରୁ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}.\vec{B}=0 \tag{3-74}$$

ଏହିପରି ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବା ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅପସରଣ ଶୂନ; ଯାହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍ ଅଟେ । ସମୀକରଣ (3.74)କୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ଅପସରଣ ରୂପ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆମେ ଅପସରଣ ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଲେଖିବା,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{B}dV = \iint_S \vec{B}.d\vec{S}$$

ଏହିପରି, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, $\varphi = \iint_S \vec{B}.d\vec{S} = 0$ (3-75)

ସମୀକରଣ (3.75)କୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍ ଙ୍କ ଆଇନର ସମାକଳ ରୂପ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ସମୁଦାୟ ଅଭିବାହ ଶୂନ ଅର୍ଥାତ୍, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ଅଭିବାହ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଅଭିବାହ ସମାନ । ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର କୌଣସି ଉତ୍ସ କିମ୍ବା ବୁଡ଼ସ୍ଥଳି ନାହିଁ । ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ $\left[\vec{\nabla}.\vec{E} = \rho/\varepsilon_0\right]$ ସହ ସମୀକରଣ (3.75)କୁ ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଉ,

$$\rho_m = 0$$

ଯାହା ସୂଚିତ କରେଯେ, ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ 3.18

ଉଦାହରଣ 3.18 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ $\oiint_C \vec{B}.d\vec{S} = 0$, ଯେତେବେଳେ $\vec{B}$ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ $\vec{S}$ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ।

ସମାଧାନ

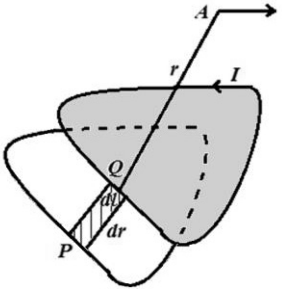
ଏଠାରେ $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଭଲ୍ୟୁମ୍ ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ନେଇ ଆମେ ପାଉ, $\int_V \vec{\nabla}.\vec{B}dV = 0$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଗାଉସର ଡାଇଭରଯେନ୍ସ ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{B}dV = \oiint_C \vec{B}.d\vec{S} = 0.$$

3.13 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ (Magnetic Scalar Potential):

ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଜ୍ଞାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସହିତ ସମାନ । ସମାନ ଢଙ୍ଗରେ ଯେହେତୁ ଆମେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଜ୍ଞାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଖୋଜିବାପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ବ୍ୟବହାର କରୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବକୁ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରିବାପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।



ଚିତ୍ର. 3.15: ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ

ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକରେ ସେପରି ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ, $\vec{\nabla}\times\vec{B}\neq 0$ । ସେହିପରି ଯଦି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମ ଦ୍ୱାରା ଘେରି ରହିଥାଏ, ତେବେ ଏହା ବାହାରେ $\vec{\nabla}\times\vec{B}\neq 0$ ଏବଂ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା $\vec{B}$ ଏକ ଅଦିଶ ଫଳନର ଏକ ନକାରାତ୍ମକ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ,

$$\vec{B} = -\vec{\nabla}\varphi_m \quad (3\text{-}76)$$

ଯେଉଁଠାରେ φ_m ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଏପରିଏକ ବିଭବ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରିବ, ଯାହାର ନକାରାତ୍ମକ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରିଥିବା ଏକ ବନ୍ଦ ପରିପଥ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦେଉଥିବ । ଏହାକୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ, ଆସନ୍ତୁ ' I' ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିପଥ ବିଚାର କରିବା, ଯେପରି ଚିତ୍ର(3.15) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣକୁ A ଠାରେ r ଦୂରରେ dl ଭଳି କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଅଂଶ ତୁଳନାରେ ଦର୍ଶାଯାଇପାରିବ ଯେ,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\oint\frac{I d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3} \quad (3\text{-}77)$$

ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ P ବର୍ତ୍ତମାନ dr ଦୂରତା ଦେଇ ଗତି କରେ Q ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତେବେ,

$$\vec{B}.d\vec{r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}.d\vec{r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}.d\vec{r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{d\vec{r}.\left(d\vec{l}\times\vec{r}\right)}{r^3}$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{B}.d\vec{r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{\left(d\vec{r}\times d\vec{l}\right)}{r^3}.\vec{r}$$

$$= -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\int\frac{\left(d\vec{r}\times -d\vec{l}\right)}{r^3}.\vec{r} \quad (3\text{-}78)$$

ଯେତେବେଳେ P ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଛି Q, ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ, ମନେକରାଯାଉ ଲୁପ୍ ଦ୍ୱାରା ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁରେ ସୃଷ୍ଟ ସଲିଡ ଆଙ୍ଗଲ ପରିବର୍ତ୍ତନ $d\Omega$ ଏବଂ dl ଉପାଦାନ ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନଟ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର –dr ବିସ୍ଥାପନ ସମୟରେ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯିବ, $d\vec{a} = d\vec{r}\times -d\vec{l}$.

ଏବଂ,

$$\vec{B}.d\vec{r} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{d\vec{a}.\vec{r}}{r^3} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}d\Omega \quad (3.79)$$

ଯେଉଁଠାରେ,

$$d\Omega = \int\frac{d\vec{a}.\vec{r}}{r^3} \quad (3.80)$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{B}.d\vec{r} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\vec{\nabla}\Omega.d\vec{r}$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\vec{\nabla}\Omega = -\vec{\nabla}\left(\frac{\mu_0 I}{4\pi}\Omega\right) \quad (3.81)$$

ସମୀକରଣ (3.76) କୁ ସମୀକରଣ (3.81) ସହିତ ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ ଯେପରି,

$$\varphi_m = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\Omega \quad (3.82)$$

3.14 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ (Magnetic Vector Potential)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ ଏକ ସଦିଶ କ୍ଷେତ୍ର ଯାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଯେହେତୁ ଆମେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମରୁ ଜାଣିଛୁ, $\vec{\nabla}.\vec{B}=0$ ଏବଂ ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ୍‌ରୁ ମଧ୍ୟ ଆମେ ଜାଣୁ ଏକ ଭେକ୍ଟର କର୍ଲର ଅପସରଣ ଶୂନ । ତେଣୁ $\vec{B}$ କୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A} \tag{3.83}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{A}$ କୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ କହିପାରିବା,

$$\vec{\nabla}\times\vec{B}=\mu_0\vec{J}$$

ସେହିପରି,
$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{A}=\mu_0\vec{J} \tag{3.84}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆମର ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ୍‌ରୁ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{A}=\vec{\nabla}(\vec{\nabla}.\vec{A})-\nabla^2\vec{A}$$

ଯଦି ଆମେ ବାଛିବା $\vec{\nabla}.\vec{A}=0$

ତେବେ ଆମେ ପାଇବା
$$\nabla^2\vec{A}=-\mu_0\vec{J} \tag{3.85}$$

ସମନ୍ୱୟ ପ୍ରଣାଳୀ ରେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\nabla^2 A_x=-\mu_0 J_x, \nabla^2 A_y=-\mu_0 J_y \text{ and } \nabla^2 A_z=-\mu_0 J_z \tag{3.86}$$

ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସମୀକରଣ ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ $\nabla^2\phi=-\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ସହିତ ସମାନ ଯାହାର ସମାଧାନ,

$$\phi(\vec{r})=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{\rho(\vec{r}_0)dV_0}{|\vec{r}-\vec{r}_0|} \tag{3.87}$$

ଏହିପରି ସମାନ ଢଙ୍ଗରେ ସମୀକରଣ (3.86) ର ସମାଧାନ ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$A(\vec{r})=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{J(\vec{r}_0)dV_0}{|\vec{r}-\vec{r}_0|} \tag{3.88}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି 'I' ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ dl0 ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ତାର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବ, ଆମେ JdV0 ସ୍ଥାନରେ Idl0 ବଦଳାଇ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ପୁନଃ ଲେଖିପାରିବା,

$$A(\vec{r})=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{I(\vec{r}_0)dl_0}{l} \tag{3.89}$$

ଯେଉଁଠାରେ $l=|\vec{r}-\vec{r}_0|$ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁରୁ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଉପାଦାନର ଦୂରତା ।

ସମୀକରଣ (3.89) 'I' ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକରୁ l ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିକୁ ଦର୍ଶାଏ ।

ଉଦାହରଣ 3.19 ଯଦି ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଞ୍ଚଳରରେ ସଦିଶବିଭବ ହେଉଛି, (x, y, z) ij] ତେବେ $\vec{A} = (x^2 + y^2 - z^2)\hat{j}$ gS] ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଆମେ ଜାଣୁ $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$

ଏଠାରେ $\vec{A} = (x^2 + y^2 - z^2)\hat{j}$

ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ x^2 & y^2 & -z^2 \end{vmatrix} = 0$

ଏହିପରି, (1, 1, 1) ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 3.19

ଉଦାହରଣ 3.20 ଯଦିଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଞ୍ଚଳର ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A} = \left(10x^2 + y^2 - z^2\right)\hat{j}$ gS] ହୁଏ, ତଏବେ ବିନ୍ଦୁରେ (1, 1, 2) ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ

ଆମେ ଜାଣୁ $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$

ଏଠାରେ $\vec{A} = \left(10x^2 + y^2 - z^2\right)\hat{j}$

ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & 10x^2 + y^2 - z^2 & 0 \end{vmatrix}$

$= 2\hat{i} + 20\hat{k}$

ତେଣୁ, (1, 1, 2) ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି $= 2\hat{i} + 20\hat{k}$

ଉଦାହରଣ 3.20

ଉଦାହରଣ 3.21 ଯଦି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A} = \vec{a} \times \vec{r}$ ଯେଉଁଠାରେ $\vec{a}$ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ସଦିଶକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ; ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ

ଆମେ ଜାଣୁ $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{A} = \vec{a} \times \vec{r} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ x & y & z \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(a_y z - a_z y) + \hat{j}(a_z x - a_x z) + \hat{k}(a_x y - a_y x)$

ଉଦାହରଣ 3.21

ତେଣୁ, $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ (a_y z - a_z y) & (a_z x - a_x z) & (a_x y - a_y x) \end{vmatrix}$

$= 2a_x \hat{i} + 2a_y \hat{j} + 2a_z \hat{k} = 2\vec{a}$

ଯାହା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ।

3.15 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୁଳନା (Comparison of Electric and Magnetic Fields)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର	ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର
i) ସ୍ଥିର ଚାର୍ଜ ହେତୁ ଏହା ବିକଶିତ ହୁଏ ।	i) ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ କିମ୍ବା ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ଏହା ବିକଶିତ ହୁଏ
ii) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ $\vec{\nabla}.\vec{E} = \rho/\varepsilon_0$ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,ଯେଉଁଠାରେ ρ ଆୟତନ ଜନିତ ଚାର୍ଜ ଘନତା । ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ,ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ଲାଇନ୍ସ ସକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜରେ ସମାପ୍ତ ହେବ । ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଡାଇପୋଲର ଅସ୍ତିତ୍ୱକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ ।	ii) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ । ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବିବାହ ଶୂନ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ବିଦ୍ୟମାନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ।
iii) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି ସଂରକ୍ଷିତ କ୍ଷେତ୍ର ଅର୍ଥାତ୍, $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ । ତେଣୁ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଅଦିଶ ବିଭବ (V) ର ଏକ ନକାରାତ୍ମକ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ଅର୍ଥାତ୍, $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$.	iii) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଂରକ୍ଷିତ ନୁହେଁ ଯେପରି $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ ($\vec{J}$ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘନତା) । ତେଣୁ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଏକ ଅଦିଶ ବିଭବର ନକାରାତ୍ମକ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ ।

ଏକକ ସାରାଂଶ

- ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଘନତା

$$I = \int dI = \int_S \vec{J}.d\vec{S}$$

- ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହକତା

$$\sigma = \frac{J}{F} = n_0 e\mu$$

- ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ

$$\vec{\nabla}.\vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

- ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ

$$\nabla^2 \phi = 0$$

- ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_l \frac{Idl}{r^3}\hat{r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_V \frac{JdV}{r^3}\hat{r}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ବହନକାରୀ ପରିବାହକଉପରେ ବଳ

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳ

$$\vec{F}_m = e\vec{v} \times \vec{B}$$

- ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର କର୍ଲ

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$$

- **B**ର ଅପସରଣ: ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନରେ ଗାଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ

$$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ

$$\vec{B} = -\vec{\nabla}\varphi_m$$

• **ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ**

$$A(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{I(\vec{r}_0)dl_0}{l}$$

• **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ମଧ୍ୟରେ ତୁଳନା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର**

ସ୍ଥିର ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବିକଶିତ ହୋଇଛି, ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସଂରକ୍ଷିତ ଅଟେ

ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର: ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ହେତୁ ଏହା ବିକଶିତ ହୋଇଛି, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଂରକ୍ଷିତ ନୁହେଁ

ଅନୁଶିଳନୀ

ବହୁବିଧ ଉତ୍ତରମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

3-1 ଯଦି $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$, ଯେତେବେଳେ $\vec{A}$ ଏବଂ $\vec{B}$ କୌଣସି ସଦିଶ ଅଟନ୍ତି

(a) $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ (b) $\vec{\nabla}.\vec{B} = 1$

(c) $\vec{\nabla}.\vec{B} = -1$ (d) $\vec{\nabla}.\vec{B} = A$

3-2 ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉକ୍ତି ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ନୁହେଁ?

(a) ଏହା ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍

(b) ଏହା ରକ୍ଷଣଶୀଳ

(c) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଲାଇନଗୁଡିକ ସର୍ବଦା ବନ୍ଦ ରହିଥାଏ ।

(d) ଏହାର କୌଣସି ସିଙ୍କ୍ କିମ୍ବା ଉତ୍ସ ନାହିଁ ।

3-3 ଏକବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ତାର ବାହାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ।

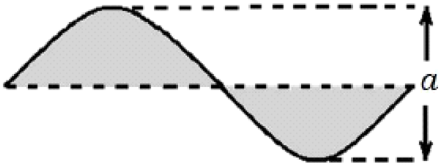
(a) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ହୋଇଥିବାବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅଣ-ଶୂନ ।

(b) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ହୋଇଥିବାବେଳେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ନୁହେଁ ।

(c) ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ।

(d) ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ନୁହେଁ କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟ ଶୂନ ନୁହେଁ ।

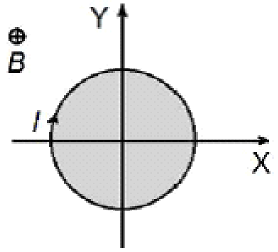
3-4 ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତମ୍ବା ତାରକୁ ସାଇନ୍ ତରଙ୍ଗ ପରିସର ରେ ବଙ୍କାକରାଯାଇଅଛିଏବଂ ଏହାର ଶିଖରରୁ ଶିଖର ଦୂରତା a ଯେପରି ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । B ଟେସ୍ଲା ବିଶିଷ୍ଟ ଅଭିବାହ ଘନତାର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସମଗ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ ଚିତ୍ରକୁ ଲମ୍ବ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।ଯଦି ତାର । ଆମ୍ପେୟରର ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ,ତେବେ ତାରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ହେଉଛି ।



(a) $I\sqrt{(a^2+\lambda^2)}B$ (b) IaB

(c) I (a + l)B (d) I l B

3-5 I ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ଏକ ଲୁପ୍ ଏକ ସମତୁଲ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଛି ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ କାଗଜକୁ ଭିତରକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ । ଲୁପ୍‌ର ପ୍ରବୃତ୍ତି ରହିବ



(a) ସଂକୁଚିତ (b) ପ୍ରଶାରିତ

(c) ସକରାତ୍ମକ ଏକ୍ସ ଅକ୍ଷ ଆଡକୁ ଗତି କରେ

(d) ନକାରାତ୍ମକ ଏକ୍ସ ଅକ୍ଷ ଆଡକୁ ଗତି କରେ

3-6 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତାର ଅପସରଣ ହେଉଛି

(a) 0 (b) 1

(c) –1 (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-7 ଏକ ସିଧା ଅସୀମ ଲମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରୀ ତାର ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷତ୍ରର ଦିଗ ହେଉଛି

(a) ତାର ସହିତ ଲମ୍ବ । (b) ତାର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ।

(c) ତାର ସହିତ 30 କୋଣ । (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ ।

3-8 ଏକବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ସିଧା ତାର ଘୁଞ୍ଚିପାରିବ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଏହା ସଂଲଗ୍ନ ଏକବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବର୍ଗାକାର ଲୁପ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳର ପ୍ରଭାବରେ ଗତି କରିପାରେ ।ବର୍ଗାକାର ଲୁପ୍

(a) ସ୍ଥାୟୀ (b) ତାର ଆଡକୁ ଗତି କରେ

(c) ତାରଠାରୁ ଦୂରେଇ ଯାଏ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-9- $\vec{\nabla}.\vec{B}=0$ ର ଭୌତିକ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ($\vec{B}$ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି)

(a) ଚୁମ୍ବକୀୟ ପୋଲ ଏକୁଟିଆ ବିଦ୍ୟମାନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ

(b) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି ଅଘୂର୍ଣ୍ଣନୀୟ

(c) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷଣଶୀଳ

(d) ଚୁମ୍ବକୀୟ ରେଖା ମୁକ୍ତ ବକ୍ର ଅଟେ

3-10 ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ତଳକୁ ଯାତ୍ରା କରୁଥିବା ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଏହାର ପଥକୁ ସମ କୋଣରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗକୁ ଏକ ବଳ ଅନୁଭବ କରେ । ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଉତ୍ତରଦିଗ ଆଡକୁ ଯାତ୍ରା କରୁଥିବା ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଉପରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ

(a) ଉପରକୁ (b) ତଳକୁ

(c) ପୂର୍ବ ଆଡକୁ (d) ପଶ୍ଚିମ ଆଡକୁ

3-11 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା

(a) ମହାକାଶରେ ସ୍ଥାୟୀ (b) ସମୟଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ

(c) ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍ (d) ଅଘୁର୍ଣ୍ଣ

3.12 Z-ଅକ୍ଷରେ ଥିବା ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଜଡିତ ସଦିଶ ବିଭବକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ଯାହାକୁ କରାଯାଇପାରିବ

(a) $-Bz\hat{k}$ (b) $\frac{B}{2}\left(x\hat{i}-y\hat{j}\right)$

(c) $B\left(x\hat{j}-y\hat{i}\right)$ (d) $\frac{B}{2}\left(x\hat{j}-y\hat{i}\right)$

3-13 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ କାହାଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ଅଟେ

(a) କଣିକାର ବେଗ
(b) କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି
(c) କଣିକା ଚାର୍ଜ
(d) କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ

3.14 ବୈଦୁତିକ ନିରନ୍ତରତାର ସମୀକରଣ ମୂଳତଃ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ

(a) ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସଂରକ୍ଷଣ
(b) ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ
(c) ପୋଟେନସିଆଲର ସଂରକ୍ଷଣ
(d) ବଳ ସଂରକ୍ଷଣ

3.15 ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତପାଇଁ ନିରନ୍ତର ସମୀକରଣ ହେଉଛି

(a) $\vec{\nabla}.\vec{J}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=0$
(b) $\vec{\nabla}.\vec{J}=0$
(c) $\frac{\partial\rho}{\partial t}=0$
(d) $\vec{\nabla}\times\vec{J}=0$

3-16 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଜଡିତ ଶକ୍ତି $\vec{H}$ ହେଉଛି

(a) $\frac{1}{2}H^2$
(b) m_0H^2
(c) $\frac{1}{2}m_0H^2$
(d) $\frac{1}{2m_0}H^2$

3-17 ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜ କଣ ଉତ୍ପାଦନ କରେ

(a) କେବଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର
(b) କେବଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର
(c) ଉଭୟ
(d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-18 ଯେକୌଣସି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣରେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କୋଷ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଦିଆଯାଇଛି $\varphi = 10t^2 - 100t + 50$, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ଇଏମଏଫ t = 4 ସେକେଣ୍ଡରେ ହେଉଛି

(a) 20 ଭି
(b) 10 ଭି
(c) 100 ଭି
(d) 200 ଭି

3-19 r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର, I ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ କୁଣ୍ଡଳୀରେ N ମୋଡ଼ ଅଛି । ଏହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ କେତେ

(a) $\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$
(b) $\frac{m_0 I}{2r}$
(c) $\frac{m_0 NI}{2r}$
(d) $\frac{m_0 N^2 I^2}{2r}$

3-20 / ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ, L ଦୈର୍ଘ୍ୟର ତାର ଏକ ବୃତ୍ତ ସଦୃଶ୍ୟ ବଙ୍କା ହୋଇଛି । ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ହେଉଛି

(a) $\frac{\pi\mu_0 I}{L}$
(b) $\frac{\mu_0 I}{2\pi L}$
(c) $\frac{m_0 I}{2L}$
(d) $\frac{2\pi\mu_0 I}{L}$

3-21 ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ $\vec{F}$ ଦ୍ୱାରା ଏକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

(a) $\vec{F}.d\vec{r}$ (b) 0

(c) $\frac{q}{\varepsilon_0}$ (d) qF

3-22 ଯଦି ଏକ ପ୍ରଣାଳୀରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ, ତେବେ

(a) $\vec{\nabla}.\vec{J}=0$ (b) $\vec{\nabla}.\vec{J}=\frac{\partial\rho}{\partial t}$

(c) $\vec{\nabla}.\vec{J}=-\frac{\partial^2\rho}{\partial t^2}$ (d) $\vec{\nabla}.\vec{J}=-\frac{\partial\rho}{\partial t}$

3-23 ଅଦିଶ ବିଭବ ϕ ଏବଂ ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A}$ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ କ'ଣ

(a) $\vec{\nabla}\times\vec{A}=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\phi}{\partial t}$ (b) $\vec{\nabla}\times\vec{A}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\phi}{\partial t}$

(c) $\vec{\nabla}.\vec{A}=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\phi}{\partial t}$ (d) $\vec{\nabla}.\vec{A}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\phi}{\partial t}$

3-24 ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା $J=k\hat{r}$ ଯେଉଁଠାରେ $x\hat{i}+y\hat{j}$ ଦିଗରେ ଏକ ୟୁନିଟ୍ ସଦିଶ ତେବେ z = 0 ଓ z = h ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧା ଏକ ପୃଷ୍ଠ $x^2 + y^2 = a^2$ ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ

(a) pa^2hk (b) ଶୂନ

(c) 2pahk (d) $\frac{a^3\hat{k}}{\neq h}$

3-25 ଦୁଇଟି ଅସୀମ ଲମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକ I_1 ଏବଂ I_2 ସମାନ ଦିଗରେ ପରସ୍ପର ଠାରୁ r ଦୂରରେ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବହନ କରନ୍ତି ।ଗୋଟିଏ ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତ ହେତୁ,ଅନ୍ୟଟି ଉପରେ ବଳର ପରିମାଣ

(a) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$ ପ୍ରଥମ ପରିବାହକ ଠାରୁ ଦୂରରେ (b) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$ ପ୍ରଥମ ପରିବାହକ ଆଡକୁ

(c) $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$ ଦ୍ୱିତୀୟ ପରିବାହକ ଠାରୁ ଦୂରରେ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-26 ଏକ ଟୋରୋଇଡ୍ ର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଏବଂ ବାହ୍ୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଏବଂ R ଓ ଏଥିରେ N ମୋଡ ଅଛି । ଯଦି ଏହା ମାଧ୍ୟମରେ I ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ,ତେବେ r ଓ R ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

(a) $\frac{N\mu I}{\pi r}$ (b) $\frac{N\mu I}{\pi R}$

(c) $\frac{N\mu I}{\pi(R+r)}$ (d) $\frac{N\mu I}{\pi(R-r)}$

3-27 ଏକ ଗତିଶୀଳ ଚାର୍ଜର ସଦିଶ ବିଭବ କାହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ

(a) ଚାର୍ଜ (b) ବେଗ

(c) ଉଭୟ (a) ଏବଂ (b) (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-28 R ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ତାର I ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ । ତାର ଭିତରେ r (< R) ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି

(a) 1/ R ସହ ସମାନୁପାତିକ (b) r ସହ ସମାନୁପାତିକ

(c) 1/r ସହ ସମାନୁପାତିକ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-29 ଯେତେବେଳେ ଏକ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଗତି କରେ

(a) ଏହାର ଶକ୍ତି ଏବଂ ସଂବେଗ ସ୍ଥାୟୀ ରହିଥାଏ

(b) ଏହାର ଶକ୍ତି ଏବଂ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ

(c) ଏହାର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ କିନ୍ତୁ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାୟୀ

(d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-30 *n* ମୋଡ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୋଲେନୋଇଡ୍ I ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ ।ଏହାର ଶେଷ ଭାଗର ଅକ୍ଷରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

(*a*) μ_0NI (*b*) $\frac{m_0 NI}{2}$

(*c*) $\frac{m_0 NI}{3}$ (*d*) $\frac{m_0 NI}{4}$

3-31 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ ସନ୍ତୁଷ୍ଟି କରେ

(a) ପୋଇସନଙ୍କ ସମୀକରଣ (b) ଲାପ୍ଲେସଙ୍କ ସମୀକରଣ

(c) ଉଭୟ (a) ଏବଂ (b) (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

3-32 R ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର I ବିଦ୍ୟୁତ ବହନକାରି ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ ର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷତ୍ର

(*a*) $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ (*b*) $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$

(*c*) $\frac{m_0 I}{2R}$ (*d*) $\frac{m_0 I}{2R^2}$

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

3.1	(*a*)	**3.2**	(*b*)	**3.3**	(*a*)	**3.4**	(*d*)	**3.5**	(*b*)
3.6	(*b*)	**3.7**	(*a*)	**3.8**	(*c*)	**3.9**	(*a*)	**3.10**	(*a*)
3.11	(*c*)	**3.12**	(*d*)	**3.13**	(*d*)	**3.14**	(*b*)	**3.15**	(*b*)
3.16	(*c*)	**3.17**	(*c*)	**3.18**	(*a*)	**3.19**	(*c*)	**3.20**	(*a*)
3.21	(*b*)	**3.22**	(*d*)	**3.23**	(*b*)	**3.24**	(*c*)	**3.25**	(*b*)
3.26	(*c*)	**3.27**	(*c*)	**3.28**	(*c*)	**3.29**	(*c*)	**3.30**	(*b*)
3.31	(*a*)	**3.32**	(*c*)						

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

ପ୍ରଥମ ବର୍ଗ

3.1 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ଲମ୍ବା ସିଧା ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ତାର ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିସର ର ପଦ୍ଧତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

3.2 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଲେଖ ।

3.3 ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ ଓ ଅପସରଣ ରୂପ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

3.4 ଏକ ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜ ପରିସରର ପରିବାହୀ ତାର ଆପଣଙ୍କୁ ଦିଆଯାଏ ଯେଉଁଥିରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁ I ପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ ।ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥଳରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କ'ଣ ହେବ?

3.5 ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନରେ ରେ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମର ଗୁରୁତ୍ୱ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

3.6 ଏକ ଅସୀମ ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ତାରପାଇଁ r ଦୂରତାରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଗାଣିତିକ ରୂପ ପ୍ରକାଶ କର ।

3.7 ଏକ ଅସୀମ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ର ଅକ୍ଷରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ $\vec{B}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଯେତେବେଳେ ଏହା I ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବଏ । ମନେକରାଯାଉ ଏହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା n ସଂଖ୍ୟକ ମୋଡ ଅଛି ।

3.8 I ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଲୁପ୍ର ଅକ୍ଷରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.9 ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଭାବରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

3.10 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ କହିଲେ କଣ ବୁଝ? ଏହାକୁ ଏପରି କାହିଁକି କୁହାଯାଏ?

3.11 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତାର ସଂଜ୍ଞାଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି $\vec{\nabla}.\vec{J}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=0$ ର ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରାପ୍ତ କର । ଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତୀକଗୁଡ଼ିକର ଅବକଳ ଅର୍ଥ ଅଛି ।ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତର ସର୍ତ୍ତ କ'ଣ?

3.12 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ସିଧା ଅସୀମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପରିବାହକ ଉପରେ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନର ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି B କେତେ ହେବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.13 ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଥିବା $P(z)$ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର । ଏଥିରୁ ବୃତ୍ତାକାର ବଳୟର କେନ୍ଦ୍ର ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.14 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗୋଟିଏ ଟୋରୋଇଡ୍ର କୈଣସି ଏକ ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର ।

3.15 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଉପାଦାନ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.16 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

3.17 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀ ପରିପଥର ଅକ୍ଷ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.18 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ଏକ ଦିର୍ଘ ସୋଲେନୋଇଡ୍ର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବିବାହ ତୀବ୍ରତା ବାହାର କର । ଏହାପରେ ଦର୍ଶାଅଯେ ଏହି ସୋଲେନୋଇଡ୍ର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କେନ୍ଦ୍ରଠାରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଧା ହେବ ।

3.19 ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା n ଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ପରିପଥର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରେରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ବର୍ଗ

3.20 ସଦିଶ ବିଭବର ମହତ୍ତ୍ୱ ଦିଅନ୍ତୁ ଏବଂ ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱ ଲେଖନ୍ତୁ ।

3.21 "ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ" । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

3.22 ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନକାରୀ ପରିବାହକଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳର ବିଚାରରୁ ଆମ୍ପେୟର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

3.23 1A ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଠାରୁ 1m ଦୂରରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ୍ 0.8c ପରିବେଗରେ ଗତି କରେ । ପ୍ରୋଟନ୍ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ କେତେ? ଉପରୋକ୍ତ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରିବା ପାଇଁ କେଉଁ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

3.24 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ପ୍ରକାଶ କର ।

3.25 ଦର୍ଶାଅଯେ କିପରି ଆମ୍ପେୟରଙ୍କ ନିୟମ କିପରି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ସୂଚେଇ ଥାଏ ।

3.26 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଘନତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ କିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏବଂ ଏଥିରୁ କିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୋଲେନୋଏଡାଲ୍ ନ୍ୟାୟସଂଗତ ପ୍ରମାଣ କର ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ଅନୁଶିଳନୀ

3.1 0.4 Cର ଏକ ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଚାର୍ଜ $4\hat{i}-\hat{j}-2\hat{k}$ ବେଗରେ $10\hat{i}+10\hat{k}$ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟମରେ ଗତି କରୁଛି, ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ $2\hat{i}-6\hat{j}-6\hat{k}$ ଅଟେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଚାର୍ଜଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକରୁଥିବା ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳର ମାନ ଓ ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.2 ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି 2A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତୀୟ ପରିବାହୀର ଅକ୍ଷରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ରାଶି ହିସାବ କର ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a = 10 ସେମି ର ବୃତ୍ତାକାର କ୍ଷେତ୍ରର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର B ବାହାର କର ।

3.3 50A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା 4 ସେମି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ବାହାର ଏବଂ ଭିତର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.4 ଏକ ଚାର୍ଜ $q=(1.6\times10^{-19}\text{C})$ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି କରୁଛି ଯାହାର $\vec{E}=2\vec{i}+3j+k$ ଏବଂ $\vec{B}=2\vec{i}+5j$ ଏବଂ $\vec{v}=\hat{i}+2\hat{j}+2\hat{k}$ m/s ବଳର ରାଶି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.5 ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ (1, 1, 1) ଠାରେ ଯଦି ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A}=\left(10x^2+y^2-z^2\right)\hat{j}.$ ହୁଏ,ତେବେ ସେଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ।

3.6 ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍ 1 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଠାରୁ 10 ସେମି ଦୂରତାରେ ସମାନ୍ତର ପଥରେ 0.6C ବେଗରେ ଗତି କରେ । ଉକ୍ତ ପ୍ରୋଟନ୍ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ କେତେ?

3.7 ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାର ସମାନ ଦିଗରେ 10 A ର ବିଦ୍ୟୁତ ବହନ କରେ ଏବଂ 2.0 ସେମି ଦୂରତାଦ୍ୱାରା ଅଲଗା ହୋଇରହିଥାଏ । ଯେକୌଣସି ତାର ଠାରୁ 2.0 ସେମି ଦୂରରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3.8 40 ସେମି ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ଲମ୍ବା ସୋଲେନୋଇଡ୍ରେ 300 ମୋଡ଼ ଅଛି । ଯଦି ସୋଲେନୋଇଡ୍ 3.5A ର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ ତେବେ ସୋଲେନୋଇଡ୍ ର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହାର କର ।

3.9 3.14 ସେମି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀ ପରିପଥର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଖୋଜନ୍ତୁ ଯାହା $(1/\pi)$ amp ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ ।

3.10 0.2 ମିଟର ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ରିଙ୍ଗ ଯାହାର କ୍ରସ୍-ସେକ୍ସନ୍ କ୍ଷେତ୍ର 0.02 (ମିଟର) 2, 1A ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ ଏବଂ 200 ସଂଖ୍ୟକ ମୋଡ ଥାଏ । ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ରିଙ୍ଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ କେତେ?

3.11 ଦୁଇଟି ସିଧା ସମାନ୍ତରାଳ ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବଳ କେତେ ହେବ, ଯେତେବେଳେ ସେମାନେ 0.02 ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ରହିବେ ଓ 1A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସମ ଦିଗରେ ବହନ କରୁଥିବେ ।

3.12 1 ସେମି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଗୋଟିଏ ଲୁହା ଛଡକୁ ବଙ୍କା କରାଯାଇ ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିପଥ ଗଠନ କରାଯାଇଅଛି ଏବଂ ଏହା ଉପରେ 200ମୋଡ଼ ଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡାଯାଇଛି । ଯଦି ବୃତ୍ତାକାର ପରିପଥର ହାରାହାରି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 10 ସେମି ହୁଏ, ତେବେ କେତେ ପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତର ସ୍ରୋତ ଏହାର ଅନ୍ତଃ ସ୍ଥଳରେ0.5 mwb ର ଅଭିବାହ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ଦିଆଯାଇଛି ଲୁହା ପାଇଁ π_r = 1000 ।

ବ୍ୟାବହାରିକ

1. ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କଏଲ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଭିନ୍ନତା ଅଧ୍ୟୟନ କରନ୍ତୁ

ଲକ୍ଷ୍ୟ

1, ସେମାନଙ୍କ ଅକ୍ଷରେ ବର୍ତ୍ତମାନର ଯୋଡି ହୋଇଥିବା କଏଲ୍ ବହନ କରିବାର ସ୍ଥିତି ସହିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା

2. କଏଲ୍ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା

3. ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସୁପରପୋଜିସନ୍ ନୀତି ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିବା

ଉପକରଣ

ଦୁଇଟି କଏଲ୍, କ୍ରମାଗତ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଉତ୍ସ, ଗାଉସ୍ ମିଟର, ଚଳନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫିଲ୍ଡ ସେନସର୍ ।

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଦୂରରେ ଏକ ସମୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର r ଏକ ପ୍ରାଥମିକବିଦ୍ୟୁତବହନ ପରିବାହକରୁ ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମବ୍ୟବହାର କରି ଏବଂ ସଦିଶ ଫର୍ମରେ ଏହା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \qquad (i)$$

ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର କୁଣ୍ଡଳୀ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତରେ ନିୟମପ୍ରୟୋଗ କରିବା a ଏବଂ ଟର୍ନସଂଖ୍ୟା n, ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର r କଏଲ୍ କେନ୍ଦ୍ରରୁ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ:

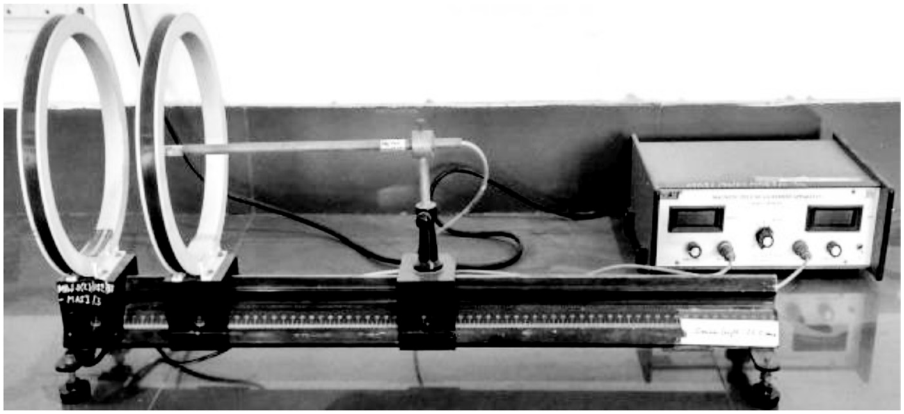
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi n I a^2}{\left(a^2 + r^2\right)^{3/2}} \qquad (ii)$$

କେଉଁଠାରେ I = କଏଲ୍‌ରେ ପ୍ରବାହିତ କରେ ଏବଂ μ_0 ମାଗଣା ସ୍ପେସ୍ ପର୍ମିଏବିଲିଟିକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ, B ଟେସ୍ଲା କିମ୍ବା ଡବ୍ଲୁବି/ମିରେ ପ୍ରକାଶି ତ ହୋଇଛି2. ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ମୂଲ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ସର୍ବାଧିକ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ ।

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2a} = \frac{4\pi \times 10^{-7} n I}{2a} \qquad (iii)\,(\mathrm{d})$$

କିମ୍ବା,

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-3} n I}{2a} \qquad (iv)\,([\mathrm{k}])$$

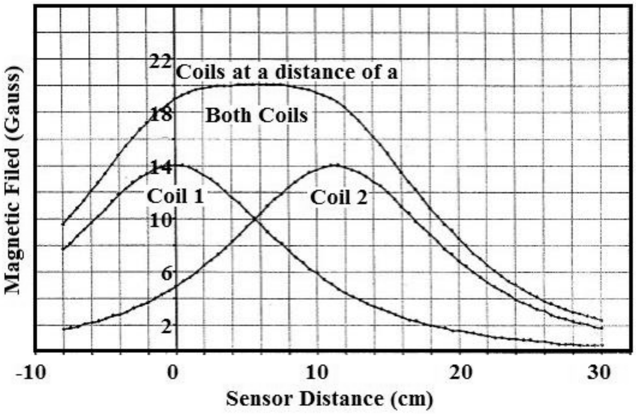


ଚିତ୍ର (i)

ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ସେଟ୍ ଅପ୍ i ଚିତ୍ର ରେ ଦେଖାଯାଇଛି । (i). ଯଦି ଆମେ କଏଲ୍ ର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ଡାହାଣ ଆଡକୁ କିମ୍ବା ବାମ ଆଡକୁ ଯିବା, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି ଏହିପରି ଦୁଇଟି ସମାନ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ କୋକ୍ସିଲି ଭାବରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତର ପ୍ରବାହର ଆପେକ୍ଷିକ ଭାବନା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି, ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଅକ୍ଷରେ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ଫଳାଫଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇବା ପାଇଁ ଯୋଡାଯାଏ କିମ୍ବା ବିୟୋଗ କରାଯାଏ ।

ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସମାନ ଦୂରତାଦ୍ୱାରା ପୃଥକ ହୋଇଥିବା ଏକ ଯୋଡି ସମାନ କୋକ୍ସିଆଲ୍ କଏଲ୍ ର ଏପରି ବ୍ୟବସ୍ଥା ହେଉଛି ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କଏଲ୍ [ଚିତ୍ର । (ଆଇଆଇ)]. ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କଏଲ୍ ରେ, ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କୁଣ୍ଡଳୀ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରେ ।

ଚିତ୍ର (ii)



ଚିତ୍ର (iii)

ସମାନ ଅର୍ଥରେ ସେମାନଙ୍କ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ସମାନ ବିଦ୍ୟୁତପାଇଁ ଦୁଇଟି କ୍ଷେତ୍ର ଯୋଡି ହୋଇଛି ଏବଂ ଦୂରରେ ଏକ ଆକ୍ସିଆଲ୍ ପଏଣ୍ଟରେ ଫଳାଫଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର । x 1 ରୁସେଣ୍ଟ କଏଲ୍ ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ

$$B_r = \frac{\mu_0 nIa^2}{2}\left[\frac{1}{\left(a^2+x^2\right)^{3/2}}+\frac{1}{\left\{a^2+(x-a)^2\right\}^{3/2}}\right] \qquad (v)$$

ଚିତ୍ର (ତୃତୀୟ) ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କଏଲ୍ ପାଇଁ ଫଳାଫଳ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକ ସାଧାରଣ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦେଖାଏ ଯେତେବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ମାଧ୍ୟମରେବିଦ୍ୟୁତ ସମାନ ଏବଂ ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କୁଣ୍ଡଳୀ ମାଧ୍ୟମରେ ସମାନ ଅର୍ଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ପଦ୍ଧତି

1. ପାୱାର୍ ଅନ୍ ସ୍ୱିଚ୍ କରିବା ପରେ, ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଡଜଷ୍ଟିଂ ନବ୍‌କୁ ସର୍ବନିମ୍ନ ସ୍ଥିତି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଣ୍ଟି-କ୍ଲକ୍ ୱାଇଜ୍ ଦିଗଆଡକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବିଦ୍ୟୁତକୁ ଶୂନକୁ ହ୍ରାସ କରାଯିବ ।
2. 2 ର ସ୍ଥିତି କଏଲ୍ କୁକୁଡ଼ାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସମାନ ଦୂରତାରେ ସ୍ଥାୟୀ କରିବାକୁ ହେବ, 1 ରୁସେଣ୍ଟ କୁଣ୍ଡଳୀ ।
3. ସେନସର୍ କୁ 1 ଠାରୁ ପ୍ରାୟ 60 ମିମି ଦୂରରେ ରଖନ୍ତୁସେଣ୍ଟ ବର୍ତ୍ତମାନର 0.0 ଏମଏ ରଖିବା ଜିରୋ ଏଡିଜେ ନବ୍ ସହିତ ଗୌସ୍ ମିଟରର ଶୂନକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରନ୍ତୁ ।
4. 1 କୁ ସ୍ଥିତିରେ ରଖିବା ପାଇଁ କଏଲ୍ ନବ୍ ରଖନ୍ତୁ ଯାହା ଦ୍ୱାରା 1ସେଣ୍ଟ କଏଲ୍ ସମ୍ପ୍ରତି ଉତ୍ସ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । 500 ଏମଏ କହିବାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରନ୍ତୁ ।
5. 1 ର ଅକ୍ଷ ସହିତ ପ୍ରାୟ 60 ମିମିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଧ୍ୟାନ ଦିଅନ୍ତୁସେଣ୍ଟ କୁଣ୍ଡଳୀ । ବର୍ତ୍ତମାନ କଏଲ୍ ନବ୍ କୁ 2 ସ୍ଥିତିରେ ରଖନ୍ତୁ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା 2 କୁଣ୍ଡଳୀ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଉତ୍ସ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ନୋଟ୍ କରନ୍ତୁ ।

6. 3 ସ୍ଥିତିରେ କଏଲ୍ ନବ୍ ରଖନ୍ତୁ, ଅର୍ଥାତ୍ ଉଭୟ, ତେଣୁ ସେହି 1ସେଣ୍ଟ ଏବଂ 2 କୁଣ୍ଡଳୀ ଉତ୍ସ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପୁନର୍ବାର ପଠନକୁ ନୋଟ୍ କରନ୍ତୁ ।
7. ବର୍ତ୍ତମାନସମାନ ରଖନ୍ତୁ ଏବଂ ସମସ୍ତ ପଦବୀ ପାଇଁ 5 ମିମି ବ୍ୟବଧାନରେ ପ୍ରାୟ 270 ମିମି ରେଞ୍ଜପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ନୋଟ୍ କରନ୍ତୁ ଅର୍ଥାତ୍ 1ସେଣ୍ଟ କୁଣ୍ଡଳୀ, 2 କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ଉଭୟ ।
8. 1 କାରଣରୁ ଦୂରତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁସେଣ୍ଟ କୁଣ୍ଡଳୀ, 2 ଚିତ୍ର ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ପରି କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ସହିତ କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ଉଭୟ । (ଆଇଆଇ).

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ

କୌଣସି ମୋଡ଼ ନାହିଁ = ... ; କଏଲ୍ 1 = ...ର ସ୍ଥିତି । ; କଏଲ୍ 2 = ...ର ସ୍ଥିତି

ଟେବୁଲ୍ 1: କଏଲ୍ 1, କଏଲ୍ 2 ଏବଂ ଉଭୟ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସଂକଳ୍ପ

ଓବ୍ ସର ନା ।	ସେନସର୍ ର ସ୍ଥିତି (ସେମିରେ)	ମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ଫିଲ୍ଡ (ଗାଉସରେ)			
		କଏଲ୍ 1 (ବି1)	କଏଲ୍ 2 (ବି2)	ଉଭୟ କଏଲ୍ (ବି)	B' = ବି1 + ବି2
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
7					
8					
9					
10					

ଫଳାଫଳ

କରେଣ୍ଟ ବହନ କରୁଥିବା ବୃତ୍ତାକାର କଏଲ୍ ସହିତ ସ୍ଥିତି ସହିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ହୃଦୟଙ୍ଗମ କରିବାକୁ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ । ଆପଣ ଯାଞ୍ଚ କରିପାରିବେ ଯେ ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଯେତେବେଳେ ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କୁଣ୍ଡଳୀ ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସମଷ୍ଟି । ଏହା ମଧ୍ୟ ଆପଣ ଯାଞ୍ଚ କରିପାରିବେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ବୃହତ ଅଞ୍ଚଳରେ ସମାନ ଯେତେବେଳେ ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ସେମାନଙ୍କ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସମାନ । ଏହି ସମ୍ପତ୍ତି ବୈଜ୍ଞାନିକ ତଥା ଶିଳ୍ପ ପ୍ରୟୋଗପାଇଁ ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ ।

ସମ୍ପର୍କ ବ୍ୟବହାର କରି $B = \frac{4\pi \times 10^{-3}}{2a} nI$, କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧକୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ:

$$a = \frac{2\pi nI \times 10^{-3}}{B} \text{m} \qquad (vi)$$

ମୂଲ୍ୟଗୁଡିକ ବ୍ୟବହାର କରିବା n, I ଏବଂ B କଏଲ୍ ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ନିର୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ ।

ସତର୍କତା

1. ପରୀକ୍ଷଣ ଯତ୍ନ କରିବା ସମୟରେ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ସେଟ୍ ଅପ୍ ନିକଟରେ ଚାବି, ସ୍କ୍ରୁଡ୍ରାଇଭର କିମ୍ବା ସମାନ ଜିନିଷ ପରି କୌଣସି ବିପଥଗାମୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କିମ୍ବା ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ ନଥାଏ ।
2. ପରୀକ୍ଷଣ ଆରମ୍ଭ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥର, ଗାଉସ୍ ମିଟର ଶୂନକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯିବା ଉଚିତ ଏବଂ ପରୀକ୍ଷଣ ସମାପ୍ତ ହେବା ପରେ ଉଭୟ କଏଲ୍ ରେବିଦ୍ୟୁତକୁ 0କୁ ହ୍ରାସ କରି ଏହାକୁ ପୁନର୍ବାର ଯାଞ୍ଚ କରାଯିବ ।
3. ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ହସ୍ତକ୍ଷେପକୁ ଏଡାଇବା ପାଇଁ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ରଖିବା ଉଚିତ୍ ।
4. କଏଲ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧକୁ ଣ୍ଡାଇବାର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯିବ ।

2. ହଲ୍ ଇଫେକ୍ଟ ପରୀକ୍ଷଣ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧ-ପରିଚାଳନା ନମୁନାର ହଲ୍ ସହ ଏବଂ ବାହକ ଏକାଗ୍ରତାର ପରିସର

ଲକ୍ଷ୍ୟ

i) ହଲ୍ ସହଗନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା RH

ii) ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା ଅର୍ଦ୍ଧଆଚରଣ ନମୁନାର ବାହକ ଏକାଗ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା

ଉପକରଣ

ଗାଉସ୍ ମିଟର, ହଲ୍ ପ୍ରୋବ୍, ସେମିକଣ୍ଡକ୍ଟିଂ (*p*-ପ୍ରକାର / *n*-ଟାଇପ୍ ଜିଇ ସିଙ୍ଗଲ୍ କ୍ରିଷ୍ଟାଲ୍) ନମୁନା ସହିତ ପିସିବି ମାଉଣ୍ଟିଂ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣ (0-16 V, 5A), କ୍ରମାଗତ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣ (0-50 MA)

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଏକ ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତର ପ୍ରକୃତିକୁ ହଲମ୍ବ ପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ । ବହୁସଂଖ୍ୟକ ଚାର୍ଜକ୍ୟାରିୟର ଚାର୍ଜବାହକମାନଙ୍କର ଗତିବିଧିରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଭୂମିକା ରହିଛି । ଯଥା- ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଛିଦ୍ର, ଆୟନ କିମ୍ବା ତିନୋଟି ମଧ୍ୟରୁ ସମସ୍ତେ । ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଥାଏ, ତେବେ ଚାର୍ଜ ଏକ ବଳ ପାଏ, ଯାହା ଲୋରେଞ୍ଜ ବଳ ଭାବରେ ଜଣା । ଯଦି ଏହି ପ୍ରକାରର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ, ଚାର୍ଜଗୁଡିକ ପ୍ରାୟ ସଳଖ ପଥରେ ଗତି କରେ, ଯାହାକୁ ଦେଖିପାରିବା ଯଦି ଏକ ଲମ୍ବ ଉପାଦାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ ତେବେ ଧକ୍କା ମଧ୍ୟର ପଥ ବକ୍ରହେବ, ଫଳସ୍ୱରୂପ ଗତି ଅଧୀନରେ ଚାର୍ଜଗୁଡିକ କେବଳ ସାମଗ୍ରୀର ଗୋଟିଏ ମୁହଁରେ ଜମା ହେବ । ଏହା ଅନ୍ୟ ମୁହଁରେ ଉନ୍ମୋଚନ ହେବାକୁ ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଛାଡିବ, ଯେଉଁଠି ଗତିଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜଗୁଡିକର ଅଭାବ ଥିବ ଏହା ହଲ ଉପାଦାନରେ ଚାର୍ଜ ଘନତ୍ୱର ଅସମାନ ବିତରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ଯାହା ଦୃଷ୍ଟି ରେଖାପଥ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଲମ୍ବହେବ ଚାର୍ଜ ପୃଥକତା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟିକରେ ଯାହା ନୂତନ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକୁ ବିରୋଧ କରେ ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ସମୟରେ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ

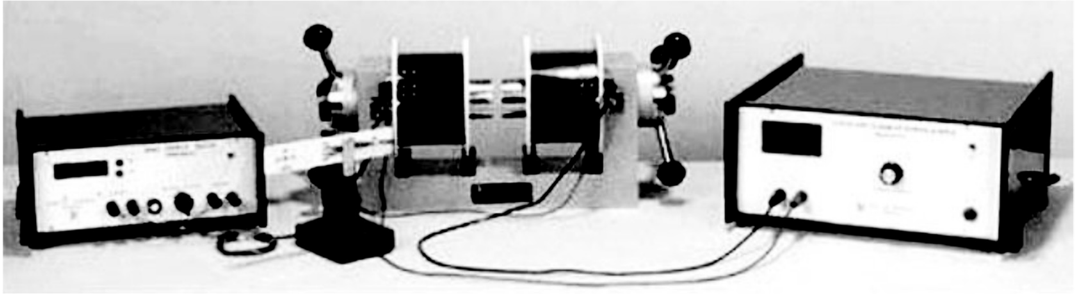
ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭଗ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ, ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟ ଏକ ପରିବାହକ ଦେଇ ଗତିକରେ ଏହା ଚଳନା ଚାର୍ଜବାହକଗୁଡିକ ଉପରେ ପାର୍ଶ୍ୱବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ, ଯାହା ସେଗୁଡିକୁ ପରିବାହକର ଏକ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଠେଲି ଦେଇଥାଏ, ଆମ ଚିତ୍ରଣ କରିଥିବା ପରି ଏକ ପତଳା ଫ୍ଲାଟ ପରିବାହକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ମୁଖ୍ୟତ ଦେଖାଯାଏ ।

ପରିବାହକର ପାର୍ଶ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଚାର୍ଜ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ସନ୍ତୁଳିତ କରିବା ଫଳରେ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ଯାହାକି ମପାଯାଇ ପାରିବ ଏହି ମାପକରାଯାଇ ପାରୁଥିବା ପାର୍ଶ୍ୱବିଭାଗକୁ ହଲ ପ୍ରବାହକ କୁହାଯାଏ 1879 ମସିହାରେ ହଲଙ୍କ ଏହି ଅବଦାନକୁ E H hall ନାମରେ ନାମିତ କରାଯାଇଛି ଏହା ପ୍ରାନ୍ତରିକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (i) (electron) ଭାବରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଏହା ନକରାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ରହେ । ଏହିପ୍ରଭାବ ଖୋଜିବାପାଇଁ ଏହି ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିଗୁଡିକ ଗୁରୁତ୍ୱ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଟେ । ଯଥା ଚାର୍ଜକ୍ୟାରିଅର ପ୍ରକାର *(ii) ଓ (iii):*

i) ଚାର୍ଜ କ୍ୟାରିଅରର ପ୍ରକାର ଉଦାହରଣ ।, n-ଟାଇପ୍ କିମ୍ବା p-ପ୍ରକାର,

ii) ବାହକଙ୍କ ଏକାଗ୍ରତା କିମ୍ବା ବାହକଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଘନତ୍ୱ ଏବଂ

iii) ଚାର୍ଜ କ୍ୟାରିଅରର ଗତିଶୀଳତା.



ଚିତ୍ର (i)

ପଦ୍ଧତି

1. ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣକୁ ସୁଇଚ୍ ଅନ୍ କର ଏବଂ ଗାଉସ୍ ପ୍ରୋବ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ମେରୁ ମୁହଁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତ୍ୱ ମାପ କର ।
2. ମେରୁ ମୁହଁ ମଧ୍ୟରେ ନମୁନାକୁ ରଖ ଯେପରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଷ୍ଟ୍ରିପ୍‌ରେ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର୍ ହେବ ।
3. ବିପରୀତ ମୁହଁରେ ନମୁନାର ଗୋଟିଏ ଯୋଡ଼ିକୁ ବର୍ତ୍ତମାନର ଉତ୍ସ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଯୋଡିକୁ ହଲ୍ ଇଫେକ୍ଟ ସେଟଅପ୍ ର ମଲ୍ଟି-ମିଟର୍ ସହ ସଂଯୋଗ କର ।
4. ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଉତ୍ସ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଦ୍ୱାରା ମିଲି ଆମ୍ପିୟର ପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ନମୁନାରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱାରା ମଲ୍ଟି-ମିଟରରେ ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଏ ।
5. ନମୁନା ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତକୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୃଦ୍ଧି କର ଏବଂ ଅନୁରୂପ ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ ମାପ କର ।

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ

ଟେବୁଲ୍ 1: ହଲ୍ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ ର ସଂକଳ୍ପ

କ୍ରମାଗତ ସାମ୍ପ୍ରତିକ ଯୋଗାଣ: 1.5 ଏ

ସ୍ଲ ନଂ	ସମ୍ପ୍ରତି I (ଏମଏ)	ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ V_H (mV)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

ସତର୍କତା

1. ଗାଉସ୍ ମିଟର୍ ପ୍ରଥମେ ଶୂନ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ଦେଖାଉଛି କି ନାହିଁ ତାହା ଯାଞ୍ଚ କରିବାକୁ ଯତ୍ନବାନ ହେବା ଉଚିତ୍। Probesb ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ରଖି ଶୂନ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ନହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅଫସେଟ୍ ଜିରୋ ନବ୍ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରି କରାଯାଏ।
2. ନମୁନାକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟର ମେରୁ ଦ୍ୱୟର କେନ୍ଦ୍ରରେ ରଖ ଏବଂ ନିଶ୍ଚିତ କର ଯେ, ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଠିକ୍ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର ହେବ।
3. ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତ୍ୱର ମାପିବା ପାଇଁ, ହଲ୍ ପ୍ରୋବ୍‌କୁ ମେରୁ ଦ୍ୱୟର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥିତିରେ ରଖ।
4. ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ୍ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦିଗ ଯତ୍ନର ସହିତ ଚିହ୍ନଟ କର। ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିକଟରେ ନରମ ଲୁହା ରଖି ଏହା ଅଧିକ ଯାଞ୍ଚ କର। ଏହା ପରେ ଏହା ଦୃଢ ଭାବରେ ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ ନା ଦୁର୍ବଳ ଭାବରେ ମେରୁ ଦ୍ୱାରା ସାପ୍ତାହିକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଖୁଣ୍ଟ ପ୍ରତି ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ ତାହା ଧ୍ୟାନର ସହ ରକ୍ଷା କର।

ଫଳାଫଳ

ହଲ୍ ଗୁଣାଙ୍କପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ହେଉଛି:

$$R_H = \frac{V_H}{I} \times \frac{t}{B} \qquad (i)$$

ଯେଉଁଠାରେ V_H = ହଲ୍ ଭୋଲଟେଜ୍ (mV),

I = ନମୁନା ମାଧ୍ୟମରେବିଦ୍ୟୁତ (mA),

t = ନମୁନାର ମୋଟେଇ, (m)

ଏବଂ B = ଚୁମ୍ବକୀୟ ଫ୍ଲେକ୍ସ ଘନତା T ମଧ୍ୟରେ

ସାଧାରଣତଃ $t = 0.5$ ମିମି ଏବଂ $\frac{V_H}{I}$ ଚିତ୍ର *(ii)*ରେ ଚିହ୍ନିତ ରେଖାର ଢାଲୁରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ ।

ତେଣୁ, ହଲ୍ ସହଗ R_H = ... Ω-m/T

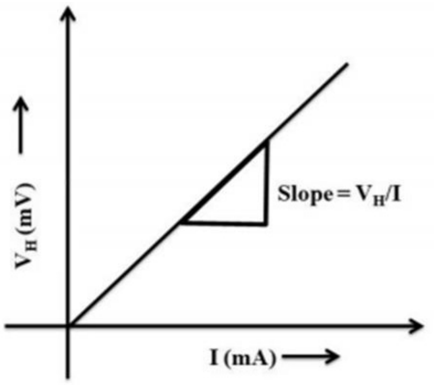
ବାହକ ଏକାଗ୍ରତା ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ହେଉଛି:

$$n = \frac{1}{qR_H} \qquad (ii)$$

ଯେଉଁଠାରେ q = ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ /ଛିଦ୍ରର ଚାର୍ଜ,

ଏବଂ R_H = ହଲ୍ ସହ-ଦକ୍ଷ ।

ତେଣୁ, ବାହକ ଏକାଗ୍ରତା n =------/m^3



ଚିତ୍ର *(ii)*

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟର ଉପକ୍ଷେତ୍ର ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ, ଯେପରି ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକସ୍ରୋତ କିମ୍ବା ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ । ପ୍ରାଚୀନ ଗ୍ରୀସ୍ ଏବଂ ଚୀନ୍‌ର ଲୋକମାନେ ଜାଣିବାକୁ ପାଇଲେ ଯେ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଆଯିବା ପରେ ଏକ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍ ସବୁବେଳେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଧିଷ୍ଟ ଲମ୍ବା ଦିଗରେ ନିଜକୁ ଏକତ୍ର କରେ । ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍ ହେଉଛି ପ୍ରଥମ ଜଣାଶୁଣା ଚୁମ୍ବକ ଯାହା ଏକ ପ୍ରକାର ଲୁହାପଥର ଏବଂ ଯାହା ମ୍ୟାଗ୍ନେଟାଇଟ୍ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା (Fe_3O_4) ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ଯେକୌଣସି ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ସ ହେଉଛି ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ କ୍ରମାଗତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବାହ । ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ନିୟମ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ 'ନିୟମତଥା ଆମ୍ପେୟର' ନିୟମ । ଦୁଇ ହଜାର ବର୍ଷ ପୂର୍ବେ କମ୍ପାସ୍ ତିଆରି କରିବାକୁ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍‌ର ରାଶି ଅନୁମତି ଦେଇଥିଲା । ଚୁମ୍ବକର ଏହା ପ୍ରଥମ ଜଣାଶୁଣା ବ୍ୟବହାର ଥିଲା ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

1263 ରେ ପିଏରେ ଡି ମାରିକୋର୍ଟ ଏକ କମ୍ପାସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏକ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍‌ର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ମ୍ୟାପ୍ କରିଥିଲେ; ଯେତେବେଳେ ସେ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇଟି ମେରୁ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ରାଣୀ ଏଲିଜାବେଥ୍ -1 ର ଜଣେ ଚିକିତ୍ସକ ୱିଲିୟମ୍ ଗିଲବର୍ଟ, କିଛି ପରୀକ୍ଷଣ ମାଧ୍ୟମରେ 1600 ଦଶକରେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିଥିଲେ ଯେ ପୃଥିବୀ ନିଜେ ଏକ ବିରାଟ ଚୁମ୍ବକ ଥିଲା ।

ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରାକୃତିକ ଭାବରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ କ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ସ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଏ । ପରିବର୍ତ୍ତିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ପାଦନପାଇଁ ଏକ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ବେଗ ସମ୍ପନ୍ନ ଚାର୍ଜ ଦାୟୀ ।

ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରସାରପାଇଁ ଆହୁରି ବୃଦ୍ଧି କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରେନାହିଁ ।

ଆନାଲୋଜି

1820 ମସିହାରେ ଡେନମାର୍କର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ହାନ୍ସ ଖ୍ରୀଷ୍ଟିଆନ ଓର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଯେ ଏକ ତାର ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ରୋତ ଏକ କମ୍ପାସ୍ ଛୁଞ୍ଚିକୁ ବିଭ୍ରାନ୍ତ କରିପାରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ।

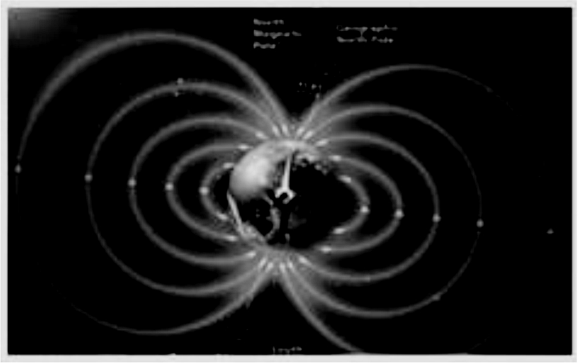
ଇତିହାସ

ପ୍ରାଚୀନ ଗ୍ରୀକମାନେ ପ୍ରଥମେ ଏହି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ବ୍ୟବହାର ସମ୍ପର୍କରେ ପରିଚିତ ଥିଲେ, ଯାହାକୁ ସେମାନେ ଲୁହାର ଅନ୍ୟ ଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷିତ କରିବାର କ୍ଷମତା ପାଇଁ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ବୋଲି କହିଥିଲେ ।

ଇଂରାଜୀ ୱିଲିୟମ୍ ଗିଲବର୍ଟ (1540-1603) ପ୍ରଥମେ ଏହାର ଧର୍ମ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲେ, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ବୈଜ୍ଞାନିକ ପଦ୍ଧତିକୁ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ଭାବରେ ଅନୁସରଣ କରିବାପରେ ।

ସମୟସୀମା

ଖ୍ରୀଷ୍ଟପୂର୍ବ 600 :	ଥେଲ୍ସ ମିଲେଟସ୍ ଲଡେଷ୍ଟୋନ୍‌ର ଲୁହାର ଆକର୍ଷଣ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।
1200 AT :	ଚାଇନିଜ୍ ନେଭିଗେସନ୍ ପାଇଁ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍ କମ୍ପାସ୍ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଆରମ୍ଭ କଲେ ।
1259 AA0 :	ପେଟ୍ରୁସ୍ ପେରେଗ୍ରିନସ୍ ଇଟାଲୀର ଅଧିକ ଉନ୍ନତି ସହିତ ସମାନ ଜିନିଷ ଆବିଷ୍କାର କଲେ ।
1600 AA00 A0 :	ୱିଲିଆନ୍ ଗିଲବର୍ଟ ଆବିଷ୍କାର କଲେ ଯେ ପୃଥିବୀର ଏକ ବିଶାଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅଛି ।
1742 A0 :	ଥୋମାସ୍ ଲେସେର୍ ଚୁମ୍ବକ ପାଇଁ ଓଲଟା କ୍ୟୁବ୍ ନିୟମପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲେ ।
1820 A0 :	ହାନ୍ସ ଖ୍ରୀଷ୍ଟିଆନ ଓର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ଆବିଷ୍କାର ହୋଇଛି ଯେ ବର୍ତ୍ତମାନର ଚୁମ୍ବକକୁ ମୋଡ଼ିଥାଏ ଆଣ୍ଡ୍ରେ ମାରି ଆମ୍ପେୟର ଦର୍ଶାଉଛି ଯେ ସମାନ୍ତରାଳବିଦ୍ୟୁତଗୁଡିକ ଆକର୍ଷିତ/ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ଜାନ୍-ବାପ୍ଟିଷ୍ଟ ବାୟୋଟ୍ ଏବଂ ଫେଲିକ୍ସ ସାଭାର୍ଟ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ଓଲଟା ବର୍ଗ ଆଇନ ।



ଆପ୍ଲିକେସନଗୁଡିକ (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ / ଶିକ୍ଷ)

କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମେମୋରୀ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଷ୍ଟୋରେଜ୍ ଉପକରଣର ମଡେଲ୍ ପରି ମାଇକ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ସର ବିଭିନ୍ନ ଆପ୍ଲିକେସନରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ଫୋକସ୍ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା କିମ୍ବା ତାରର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପଠାଇ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ ଯାହାର ଅକ୍ଷ ବିମ୍ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସଂଯୋଗରେ ଅଛି ।

ପିଏରେ ଡି ମାରିକୋର୍ଟ, 1269 ରେ, ଅନେକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଜାଣିବାକୁ ପାଇଲେ ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ନିକଟରେ କମ୍ପାସର ଦିଗ ବକ୍ର ରେଖା ଗଠନ କଲା, ଯାହା ପରସ୍ପରକୁ ବିରୋଧ କରୁଥିବା ଦୁଇଟି ପଏଣ୍ଟ ଦେଇ ଗତି କରେ। ଏହି ପଏଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକୁ ସେ ମେରୁ ବୋଲି କହିଛନ୍ତି।

1600 ମସିହାରେ ୱିଲିୟମ୍ ଗିଲବର୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ସହିତ ତାଙ୍କର ପରୀକ୍ଷଣର କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ ଅନୁସନ୍ଧାନ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ। ସେ ପ୍ରମାଣ କଲେ ଯେ ପୃଥିବୀ ନିଜେ ଏକ ବଡ଼ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଅଟେ।

ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ / ସ୍ଥାୟୀ ତା / ସାମାଜିକ / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ)

ଚୁମ୍ବକ ଶବ୍ଦଟି ପ୍ରାଚୀନ ଗ୍ରୀକ୍ ସହର ମ୍ୟାଗ୍ନେସିଆରୁ ଆସିଥିଲା, ଯେଉଁଥିରେ ଅନେକ ପ୍ରାକୃତିକ ଚୁମ୍ବକ ମିଳିଥିଲା। 121 AD ସୁଦ୍ଧା, ଚାଇନାଦ୍ୱାରା ଜଣାଗଲା ଯେ ପ୍ରାକୃତିକ ଚୁମ୍ବକ ନିକଟକୁ ଅଣାଯିବା ପରେ ଏକ ଲୁହା ରଡ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧର୍ମ ହାସଲ ଏବଂ ବଜାୟ ରଖେ। ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଯେତେବେଳେ ଏହି ଲୁହା ରଡ୍ ଏକ ଦଉଡ଼ି ଦ୍ୱାରା ଝୁଲେଇ ଦିଆଯାଏ। ସେମାନେ ଦେଖିଲେ ଯେ ଏହା ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ନିଜକୁ ସଜେଇ ରଖେ।

ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ, ଯେତେବେଳେ ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ସର୍ବଦା ଶୂନ ହୋଇଯାଏ ମାତ୍ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଏକ ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠତଳରେ ଶୂନ୍ୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ନୁହେଁ। ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ରେ ଏହା ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ରାଶି ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ, ବିଶେଷକରି ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ବାୟୁପ୍ରସାର ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରଚାର କରେ।

ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ

ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ପୁନଃ ପ୍ରବର୍ତ୍ତନପାଇଁ ଏହି ସମାଧାନ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବର୍ଦ୍ଧିତ ସମୟ ପଦକ୍ଷେପରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ ସମସ୍ୟାର ଏକ ସିରିଜ୍ ସମାଧାନ କରିବାପାଇଁ ଏକ ସାଧାରଣ କୌଶଳ ଅଛି। ପ୍ରାପ୍ତ ଫଳାଫଳରୁ ବାଛି ଏହି କୌଶଳ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ପୂର୍ବରୁ ବିଚାର କରା ଯାଇନଥିବା ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇ ଫଳାଫଳକୁ ପ୍ଲଗ୍ କରିବା ତେଣୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା ଜଣେ ଫାରାଡେରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କରିପାରିବ। 'ଏକ ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ନିୟମ ଯାହା ପୂର୍ବରୁ ବିଚାର କରାଯାଇ ନଥିଲା। ଯଦିଓ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କୌଶଳ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ପ୍ରକୃତ ସମାଧାନ ନୁହେଁ କିନ୍ତୁ ଏହା ଧୀରେ ଧୀରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଏକ ଭଲ ଆନୁମାନିକତା ପ୍ରଦାନ କରିପାରିବ।

ପ୍ରସିଦ୍ଧ ଭାରତୀୟ ସର୍ଜନ ସୁଶ୍ରୁତ ପ୍ରଥମେ ଅତ୍ୟାଧୁନିକ ଅସ୍ତ୍ରୋପଚାର ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ।

ସହାୟକ ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ

1. ଡି ଜେ ଗ୍ରିଫିଥ୍ସ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସର ପରିଚୟ, ପିୟରସନ, ଚତୁର୍ଥ ସଂସ୍କରଣ, 2012 ।
2. ଡି ହାଲିଡେ, ଆର ରେସନିକ୍ ଏବଂ ଜେ ୱାକର୍, ହାଲିଡେ ଏବଂ ରେସନିକ୍'ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ନୀତି, ଏକାଦଶ ସଂସ୍କରଣ, ଗ୍ଲୋବାଲ୍ ଏଡିସନ୍, 2020.
3. ଡବ୍ଲୁ ସାସ୍ଲୋ, ବିଦ୍ୟୁତ୍, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଆଲୋକ, ଏଲସେଭିୟର ସାଇନ୍ସ ପବ୍ଲିସିଂ କୋ ଇଙ୍କ, ପ୍ରଥମ ସଂସ୍କରଣ, 2002 ।
4. ଡି. ଜିଲେସ୍, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀର ପରିଚୟ, ତୃତୀୟ ସଂସ୍କରଣ, ବୋକା ରାଟନ୍, 2015 ।
5. ଇ. ଡୁ ଟି ଡି ଲାଚେସେରି, ଡି. ଗିଗନୋକ୍ସ ଏବଂ ଏମ୍ ଶ୍ଲେଙ୍କର୍, ଚୁମ୍ବକୀୟତା: ମୌଳିକତା, ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗର, 2005 ।
6. ଆର କେ ଗୋୟଲ, ନାନୋମ୍ୟାଟେରିଆଲ୍ ଏବଂ ନାନୋକମ୍ପୋଜିଟ୍: ସଂଶ୍ଳେଷଣ, ଗୁଣ, ବର୍ଣ୍ଣନା କୌଶଳ, ଏବଂ ଆପ୍ଲିକେସନଗୁଡିକ, ସିଆରସି ପ୍ରେସ୍ , 2017 ।
7. ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟତା, ଫିଜିକ୍ସ ସିଏଚ୍ 34 ରେ ଫେନମ୍ୟାନ୍ ବକ୍ତୃତା ।
8. ଇ.M ପର୍ସେଲ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା, ତୃତୀୟ ସଂସ୍କରଣ, କେମ୍ବ୍ରିଜ୍: କେମ୍ବ୍ରିଜ୍ ୟୁନିଭ୍ । ପ୍ରେସ୍, 2012 ।
9. ଏଚ୍ Kronmüller, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଉନ୍ନତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ହ୍ୟାଣ୍ଡବୁକ୍, 5 ଭଲ୍ୟୁମ୍ ସେଟ୍, ଜନ୍ ୱିଲି ଏବଂ ସନ୍ସ, 2007 ।
10. ଇ. ପି. ଫୁର୍ଲାନି, ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମେକାନିକାଲ୍ ଡିଭାଇସ୍: ସାମଗ୍ରୀ, ବିଶ୍ଳେଷଣ ଏବଂ ଆପ୍ଲିକେସନ୍, ଏକାଡେମିକ୍ ପ୍ରେସ୍ , 2001 ।
11. ଡି. କେ. ଚେଙ୍ଗ, ଫିଲ୍ଡ ଏବଂ ୱେଭ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମେଗ୍ନେଟିକ୍ସ, ଆଡିସନ୍-ୱେସଲି ପବ୍ଲିସିଂ କମ୍ପାନୀ ଇଙ୍କ୍, ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂସ୍କରଣ, 1992 ।
12. https://nptel.ac.in/courses/115/101/115101005/
13. http://www.astro.uwo.ca/~houde/courses/PDF%20files/astro9620/Ch3-Magnetostatics.pdf
14. http://teacher.pas.rochester.edu/PHY217/LectureNotes/Chapter5/LectureNotesChapter5.pdf
15. https://unlcms.unl.edu/cas/physics/tsymbal/teaching/EM-913/section5Magnatics.pdf

4 ଏକ ରୈଖିକ ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ

ୟୁନିଟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଆମେ ଏହି ୟୁନିଟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନା କରିଛୁ:

- ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା, ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ;
- ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଏବଂ ଲାର୍ମର ଆବୃତ୍ତି;
- ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ;
- ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ;
- କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ;
- ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ବିରୋଧୀ;
- ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ;
- ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଫେରାଇଟ୍ସ

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବାପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ।

ବ୍ଲୁମଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣ ଟାକ୍ସୋନୋମିର ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ କ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ। ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବାପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ।

ୟୁନିଟ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି। ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ। ଏହି ବିଭାଗ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ

ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ, ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ମୁଖ୍ୟତଃ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନ ପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଯାହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ, ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ବିଷୟ।

ମୂଳକାରଣ

ଏକ ରୈଖିକ ପରାବିଦ୍ୟୁତ ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେ ଥିବା ଏହି ୟୁନିଟ ଆମ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ M ଏବଂ B, H ଏବଂ M ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ । ଏହା ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଏବଂ ଲାର୍ମର ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ ଉପରେ କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରଣା ବିକଶିତ କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ । ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏବଂ କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ ଉପରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ହେଉଛି ବିଷୟର ଅଧିକ ବିକାଶପାଇଁ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପ୍ରୟୋଗର ବୃହତ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସହାୟକ ବିଷୟ ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି ।

ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରିବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ, ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ସ୍ଥିର ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ନୁହେଁ । ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଉପରେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କଦ୍ୱାରା ବିକଶିତ ସମୀକରଣଗୁଡିକ ନାନୋସେକେଣ୍ଡ କିମ୍ବା କମ ସମୟ ସ୍କେଲରେ ଘଟୁଥିବା ଦ୍ରୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସ୍ୱିଚିଂ ଇଭେଣ୍ଟର ପୂର୍ବାନୁମାନପାଇଁ ସଫଳତାର ସହିତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ । କୌତୁହଳର ବିଷୟ ହେଉଛି, ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସ୍ଥିର ନୁହେଁ, ସେତେବେଳେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ଏକ ବହୁତ ଭଲ ଆନୁମାନିକ ବିଷୟ । ମାଇକ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ସର ବିଭିନ୍ନ ଉଦୀୟମାନ ପ୍ରୟୋଗରେ ଏହାର ବ୍ୟାପକ ବ୍ୟବହାର ଅଛି, ଉଦାହରଣ:, କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମେମୋରୀରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଷ୍ଟୋରେଜ ଡିଭାଇସର ମଡେଲ ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ ଫଳାଫଳ ତାଲିକା (UO)

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳ ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U4-O1 : ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟରଣ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

U4-O2 : ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ଏବଂ ଲାର୍ମର ଆବୃତ୍ତି ବର୍ଣ୍ଣନା ।

U4-O3 : ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

U4-O4 : ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏବଂ କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

U4-O5 : ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ, ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଏବଂ ଫେରାଇଟ ଆଲୋଚନା କର ।

ୟୁନିଟ -4 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U4-O1	3	2	–	1	1	1
U4-O2	–	–	–	–	3	–
U4-O3	–	–	–	–	3	–
U4-O4	–	–	–	–	3	–
U4-O5	–	–	–	–	3	–

4.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖିଲେ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରିବ ସେଗୁଡିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଭାବରେ ଜଣାଯାଏ ଏବଂ ସମ୍ପୃକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ସୃଷ୍ଟିକାରୀ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ । ପ୍ରଦର୍ଶିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗୁଣକୁ ଆଧାର କରି, ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ

i) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
ii) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
iii) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
iv) ଅଣ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ
v) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ କୌଣସି ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦେଖାନ୍ତି ନାହିଁ , କିନ୍ତୁ ଅନ୍ୟକେତେକ, ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ ପରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦେଖାନ୍ତି। ଏହି ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟକୁ ଆଧାର କରି, ଏହି ଏକକରେ ଆମେ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗୁଣ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା।

4.2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଏବଂ ତୀବ୍ରତା (Magnetic Induction and Intensity)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣକୁ ଯେକୌଣସି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ମୋଟ ପରିମାଣ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ, ଯାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ଦିଗକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ।

ଏହାର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି Wb/m2 କିମ୍ବା ବିକଳ୍ପ ଭାବରେ tesla (T) ଯଦିଓ ସିଜିଏସ ଏକକ gauss (G) । ଦୁଇଟି ଏକକ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି $1T = 10^4$ G.

ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାକୁ ଏକକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର ମେରୁଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ, ଯାହାକି ସମ୍ପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେହି ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଯାଏ।

ବୈକଳ୍ପିକ ଭାବରେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ପରିମାଣ ଯାହାକି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଦିଗକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଅଟେ। ଏହାର ଏସଆଇ ଏକକ ହେଉଛି A/M ଏବଂ ସିଜିଏସ ଏକକ ହେଉଛି Oe।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା H ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$B = \mu_0 H \tag{4-1}$$

Eq.(4.1) ରେ, μ_0 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ପାରଗମ୍ୟତାକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ। ଏସଆଇ ଏକକରେ ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି $4\pi \times 10^{-7}$ H/m

4.3 ଚୁମ୍ବକୀୟତା (Magnetization)

ଏକ ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ପ୍ରକ୍ରିୟା ହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହୋଇଯାଏ। ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ତୀବ୍ରତାକୁ ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ। ତେଣୁ,

$$\text{ଚୁମ୍ବକୀୟତା (M)} = \frac{\text{ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ } (\mu)}{\text{ଆୟତନ (V)}}$$

କିମ୍ବା,

$$M = \frac{\mu}{V} \tag{4-2}$$

ପ୍ରକୃତରେ, ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବା ପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ବିକଶିତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ମାପ ଅଟେ। ଏକ ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l, ମେରୁ ସାମର୍ଥ୍ୟ m ଏବଂ ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ α ହେଲେ, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହେବ,

$$M = \frac{\mu}{V} = \frac{lm}{l\alpha} = \frac{m}{\alpha} \tag{4-3}$$

ଏହିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ମେରୁର ଶକ୍ତି ଅଟେ। ଏକ କୁଣ୍ଡଳିକାରେ, n ମୋଡ଼ ପ୍ରତି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ,ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହେବ,

$$M = \frac{nI\alpha}{\alpha} = nI \tag{4-4}$$

ଏହାର ଏସ୍ଆଇ ଏକକ ହେଉଛି A/M ଏବଂ ସିଜିଏସ ଏକକ ହେଉଛି Oe (ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ସହିତ ସମାନ)।

4.4 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (MAGNETIC SUSCEPTIBILITY)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି କୌଣସି ପ୍ରାୟୋଗିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପଦାର୍ଥ କେତେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହୋଇପାରିବ, ତାହାର ପରିମାପ ଅଟେ। ଏହାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଅନୁପାତ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ, ଅର୍ଥାତ, M, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତି ଏକକ ଆୟତନ ପାଇଁ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା $\vec{H}$ ଯେଉଁଟାକି ସେଠାରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି। ସମଦିଶୀୟ ସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ, $\vec{M}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ସମାନ୍ତରାଳ ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏହିପରି ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ,

$$\vec{M} = \chi \vec{H}$$

କିମ୍ବା, $$\chi = \frac{M}{H} \tag{4-5}$$

ଏଠାରେ χ ଏକ ଅଦିଶ ରାଶି ଅଟେ, ଯାହାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା କୁହାଯାଏ ଏବଂ ମୂଳତଃ ଏହା ଏକ ଏକକବିହୀନ ସଂଖ୍ୟା (ଦୁଇଟି ସମାନ ରାଶିର ଅନୁପାତ) । ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସ୍ୱଭାବ (property) ଯାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରେ ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କେତେ ସହଜରେ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରିବ । କେହି ଗ୍ରାମ-ଅଣୁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ମୋଲାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ କରିପାରେ χ_m

ଉଦାହରଣୀ 4.1

ଉଦାହରଣ 4.1 ଯଦି କୁଣ୍ଡଳିକା ଭିତରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର 10^{-3} T ଅଟେ ଯେତେବେଳେ ଏହା ଖାଲି ଥାଏ ଏବଂ 2 T ଯେତେବେଳେ ଏହା ଲୁହାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ, ଲୁହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଗଣନା କର।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, $M = 2T$ ଏବଂ $H = 10^{-3}$ T

ତେଣୁ, ଲୁହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = \frac{M}{H} = \frac{2}{10^{-3}} = 2000\text{T.}$

ଏହିପରି, ଲୁହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି $\mu_r = 1 + \chi = 1 + 2000 = 2001$

ଉଦାହରଣୀ 4.2

ଉଦାହରଣ 4.2 ଯଦି ଏକ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା 3.7, ତେବେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଖୋଜ।

ସମାଧାନ:

ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = 3.7$

ଏହିପରି, ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି $\mu_r + 1 + \chi + 1 + 3.7 = 4.7$

ଏବଂ ମାଧ୍ୟମର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି

$$\mu = \mu_r\mu_0 = 4.7 \times 4\pi \times 10^{-7} = 5.9 \times 10^{-6}\ \text{N/A}^2.$$

ଉଦାହରଣୀ 4.3

ଉଦାହରଣ 4.3 ଯଦି ଏକ ସାମଗ୍ରୀର ସର୍ବାଧିକ ପାରଗମ୍ୟତା 0.15×10^{-12} N/A^2 ଅଟେ, ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଗଣନା କର।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ, $\mu = 0.15 \times 10^{-2}$ N/A^2 ଏବଂ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

ଏହିପରି, ସାମଗ୍ରୀର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{0.15 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7}}$$

$$= 11.94 \times 10^2$$

ଏବଂ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = \mu_r - 1 = 11.94 \times 10^2 - 1 = 1193$

ଉଦାହରଣ 4.4 ଏକ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଦଣ୍ଡର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପ୍ରଦାନ ହେଉଛି 1.2×10^6 A/m ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର 200 A/M ଅଟେ। ମିଶ୍ରଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ $M = 1.2 \times 10^6$ A/m ଏବଂ H = 200 A/m

ଏହିପରି, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = \frac{M}{H} = \frac{1.2\times10^6}{200} = 6000.$

ଏବଂ ମିଶ୍ରଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ହେଉଛି

$$B = \mu H = \mu_0 (1 + \chi) \text{H}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times (1 + 6000) \times 200 = 1.507 \text{ T}$$

ଉଦାହରଣ 4.4

ଉଦାହରଣ 4.5 1000 A/M ର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ 105 Wb, ଏକ ଲୁହା ଦଣ୍ଡର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 0.2 cm2, ଏହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର।

ସମାଧାନ:

ଦିଆଯାଇଛି, H = 1000 A/m] $\phi = 10^5$ Wb ଏବଂ A = 0.2 cm^2 = 0.00002 M^2

ଏହିପରି, $B = \frac{\phi}{A} = \frac{10^{-5}}{0.00002} = 0.5 \text{Wb/m}^2$

ତେଣୁ, ଦଣ୍ଡ ର ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି $\mu = \frac{B}{H} = \frac{0.5}{1000} = 5\times10^{-4} \text{Wb/m}^2.$

ଏବଂ ଦଣ୍ଡ ର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = \frac{\mu}{\mu_0} - 1 = \frac{5\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-7}} - 1 = 397.1.$

ଉଦାହରଣ 4.5

ଉଦାହରଣ 4.6 ଦୈର୍ଘ୍ୟ 5 cm ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 2×10^{-4} m^2 ଥିବା ଏକ ଲୁହାର ନମୁନାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 1000 A/m^2 ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ। ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ତୀବ୍ରତା ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର, ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 10^6 Am ଅଟେ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଥିବା, ନମୁନାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (μ) = 1000 A/m^2, ନମୁନାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (l) = 5 ସେମି, ନମୁନାର କ୍ରସ୍ ବିଭାଗୀୟ କ୍ଷେତ୍ର (A) = 2×10^{-4} m^2 ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର (H) = 10^6 A/m ଏ/ମି.

ଏହିପରି, ନମୁନାର ଆୟତନ ହେଉଛି $V = lA = 5 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-4} = 10^{-5}$ m^3

ଉଦାହରଣ 4.6

ଉଦାହରଣ 4.6

ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି $M = \frac{\mu}{V} = \frac{1000}{10^{-5}} = 10^8$ A/m.

ନମୁନାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $\chi = \frac{M}{H} = \frac{10^8}{10^6} = 10^2$ A/m

ଏବଂ ନମୁନାର ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି $\mu = \mu_0 (1 = \chi) = 4\pi \times 10^{-7} (1 + 10^2) = 1.27 \times 10^{-4}$

ଏହିପରି, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ହେଉଛି $B = \mu H = 1.27 \times 10^{-4} \times 10^6 = 0.0127T$.

4.5 B, H ଏବଂ M ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ (Relation among B, H and M)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା μ ($= \mu_0\mu_r$), ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା H ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି

$$B = \mu H = \mu_0\mu_r H = \mu_0\mu_r H + \mu_0 H - \mu_0 H$$ [ଯେଉଁଠାରେ μ_r ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା]

କିମ୍ବା, $$B = \mu_0 H + \mu_0 H (\mu_r - 1) = \mu_0 H + \mu_0 \chi H$$

$$= \mu_0 H + \mu_0 M$$ [ଯେଉଁଠାରେ $M = \chi H$ ଚୁମ୍ବକୀୟତା]

କିମ୍ବା, $$\vec{B} = \mu_0 \left(\vec{M} + \vec{H}\right) \quad (4.6)\ (a)$$

ଯେଉଁଠାରେ, $$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \quad (4.6)\ (b)$$

ଉଦାହରଣ 4.7

ଉଦାହରଣ 4.7 ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 10^6 A/m ଏବଂ 10^{-3} ହୁଏ , ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପ୍ରଦାନକାରୀ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, $H = 10^6$ A/m ଏବଂ $\chi = 10^{-3}$

ତେଣୁ,ଚୁମ୍ବକୀୟତାକ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି $M = \chi H = 10^{-3} \times 10^6 = 10^3$ A/m

ଏବଂ ଅଭିବାହ ଘନତା ହେଉଛି $B = \mu_0 (M + H) = 4\pi \times 10^{-7} \times (10^3 + 10^6) = 1.26$ T

ଉଦାହରଣ 4.8 ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 10^6 A/M ଅଟେ, ତେବେ ଏକ ନମୁନାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଗଣନା କର ଯେତେବେଳେ ନମୁନାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା 10^{-4} ଅଟେ ।

ସମାଧାନ:

ଦିଆଯାଇଥିବା, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି 106 A/M ନମୁନା ସାମଗ୍ରୀର ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି 10^{-4}

ଏହିପରି, ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ତୀବ୍ରତା ହେଉଛି, $M = \chi H = 10^{-4} \times 10^6 = 10^2$ A/m

ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ହେଉଛି $B = \mu_0 (H + M) = 4\pi \times 10^{-7} \times (10^6 + 10^2) = 1.256$T.

ଉଦାହରଣ 4.8

4.6 ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀର ବର୍ଗୀକରଣ (Classification of Magnetic Materials)

ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନରେ ଗଠିତ ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଚରଣ ଦେଖାନ୍ତି । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କକ୍ଷୀୟ ଗତି, ସ୍ପିନ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ସାମଗ୍ରୀରେ ଏହି ଚୁମ୍ବକୀୟ ତାର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୁଏ। ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର କିମ୍ବା ପରମାଣୁର ଗୋଷ୍ଠୀ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଭାବରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଭାବରେ ଆଚରଣ କରନ୍ତି । ଏହିପରି ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିମେରୁ ର ମୋଟ ପ୍ରଭାବ ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଚରଣକୁ ବିକଶିତ କରେ। ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗୁଣକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପାଞ୍ଚଟି ବର୍ଗରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ:

i) ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ,

ii) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ,

iii) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ,

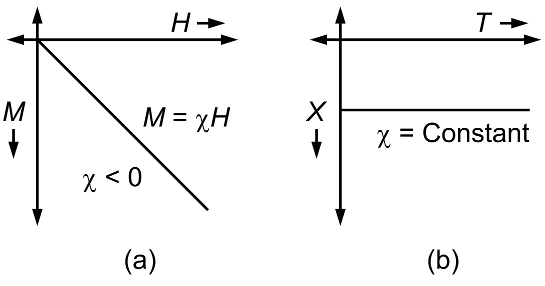
iv) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଏବଂ

v) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ

ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି ବର୍ଗର ସାମଗ୍ରୀ କୌଣସି ସାମୂହିକ ମଧ୍ୟ-କ୍ରିୟା ଦେଖାଏ ନାହିଁ। ସେଗୁଡିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ରମରେ ରଖାଯାଏ ନାହିଁ। ଅପରପକ୍ଷେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାତଳେ ଶେଷ ତିନୋଟି ବର୍ଗରେ ଥିବା ସାମଗ୍ରୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ରମରେ ରଖାଯାଏ। ଏହି ତାପମାତ୍ରା କ୍ରାନ୍ତୀୟ ତାପମାତ୍ରା ଭାବେ ଜଣାଶୁଣା। ସାଧାରଣତଃ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀ (ଲୁହା ପରି) ବିବେଚନା କରାଯାଏ। ଅବଶିଷ୍ଟ ତିନୋଟି ବର୍ଗ ଏତେ ଦୁର୍ବଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଯେ ସେଗୁଡିକୁ ସାଧାରଣତଃ ଅଣ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀ କୁହାଯାଏ।

4.6.1 ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Diamagnetism)

ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ ଥିବା ପରମାଣୁରେ ଗଠିତ। ଏହା ସମସ୍ତ କକ୍ଷୀୟ ସେଲରେ ଘଟେ, ଏଥିରେ କୌଣସି ଅଣଯୋଡି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ନାହିଁ। କିନ୍ତୁ ଏକ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରୟୋଗ ସହିତ ସେଠାରେ ଏକ ନକାରାତ୍ମକ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ବିକଶିତ ହେବ ଯାହା ପ୍ରବେଶ୍ୟତାକୁ ନକାରାତ୍ମକ କରିବ। ଚିତ୍ର. 4.1 (a) M ବନାମ H ଗ୍ରାଫ, ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ହୁଏ, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଶୂନ ଅଟେ । ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଅନ୍ୟ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱ ପଣ୍ଡ ଲକ୍ଷଣ ହେଉଛି ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ତାପମାତ୍ରା ପରି ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଅଟେ [ଚିତ୍ର. 4.1 (b)], ଉଦାହରଣ, quartz (SiO_2), calcite ($CaCO_3$), ପାଣି ଇତ୍ୟାଦି।



ଚିତ୍ର. 4.1: (a) M-H ଏବଂ (b) χ-T ଲେଖଚିତ୍ର ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ

ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣ: ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି।

i) ଏହି ପ୍ରକାର ସାମଗ୍ରୀର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଏକ ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ କମ।

ii) ଏହି ପ୍ରକାରର ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନକାରାତ୍ମକ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସାମର୍ଥ୍ୟରୁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର।

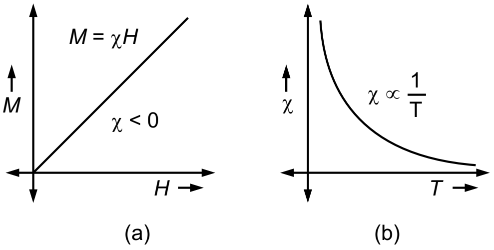
iii) ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡିକ ବିକର୍ଷିତ ହୁଏ।

iv) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀରେ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଅନୁପସ୍ଥିତ।

4.6.2 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Paramagnetism)

ପରମାଣୁ କିମ୍ବା ଆୟୋନ ବର୍ଗରେ ଆଂଶିକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ସେଲରେ ଅଣଯୋଡି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହେତୁ ଏକ ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାବରେ ପ୍ରଭାବ ପକାଇବାର କ୍ଷମତା ନାହିଁ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ ହୁଏ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଶୂନ ହୋଇଯାଏ । ଏକ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ, କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ପରମାଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଆଂଶିକ ଭାବରେ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ (alignment) ହୁଏ, ଯାହାଫଳରେ ଏକ ମୋଟ ସକରାତ୍ମକ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (ଚିତ୍ର 4.2) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

ଅଧିକନ୍ତୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକୁ ଧାଡିରେ ସଜେଇବା ପାଇଁ, ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ ହେତୁ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବକୁ ବିରୋଧ କରାଯାଏ । ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନରେ କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତାର ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଭରଶୀଳତା ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା ।



ଚିତ୍ର. 4.2: (a) M-H ଏବଂ (b) χ-T ଲେଖଚିତ୍ର ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ

ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣ: ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି -

i) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ସାମର୍ଥ୍ୟରୁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର କିନ୍ତୁ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ii) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା *1* ରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ।

iii) ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, କ୍ଷେତ୍ର ରେଖା ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଆକର୍ଷଣ ଘଟିବ ।

iv) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଧାରଣ କରେ ।

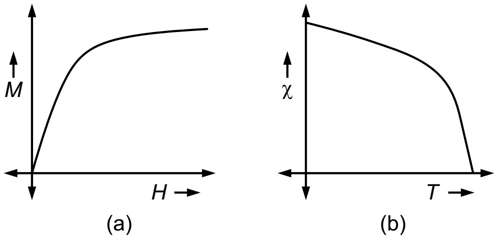
v) ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ, ଦ୍ୱିମେରୁ ଗୁଡିକ ଅନିୟମିତ ଭାବରେ ସଜିତ/ଅଭିବିନ୍ୟସ୍ତ (orient) ହୁଏ ।

vi) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ପିନ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ ମାତ୍ର ଅନିୟମିତ ଅଟେ ।

4.6.3 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Ferromagnetism)

ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉପସ୍ଥିତ ନଥିଲେ ମଧ୍ୟ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକର ସମାନ୍ତରାଳ ଧାଡି ସ୍ଥାପନ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ । ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ହେଉଛି: *i)* ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ *ii)* ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ରମ ତାପମାତ୍ରାର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ।

ଏକ ସାଧାରଣ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ଚିତ୍ର. 4.3 ରେ M ବନାମ H ଏବଂ χ ବନାମ T ଲେଖଚିତ୍ର ଦର୍ଶାଯାଇଛି।



ଚିତ୍ର . 4.3: (a) M-H ଏବଂ (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ χ-T ଲେଖଚିତ୍ର

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣ: ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି -

i) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଅତ୍ୟଧିକ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ସେମାନେ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଉପରେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରନ୍ତି।

ii) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଏକ (1) ଅପେକ୍ଷା ବହୁତ ଅଧିକ।

iii) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବା ପରେ ଏକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଆକର୍ଷଣ ଦେଖାଯାଏ।

iv) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଧାରଣ କରେ।

v) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ଅନେକ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିସରକୁ ନେଇ ଗଠିତ।

vi) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ପିନ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ ତଥା ସମାନ୍ତରାଳ ଅଟେ।

4.6.4 ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Ferrimagnetism)

ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଉଚ୍ଚ ପ୍ରତିରୋଧକତା ଅଛି। ସେମାନଙ୍କର ଅସମଦିଶୀ ଗୁଣ ମଧ୍ୟ ଅଛି। ସାଧାରଣତଃ, ଏକ ବାହ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ଅସମଦିଶୀୟ ପ୍ରେରଣ ହୁଏ । ସେହି ସମୟରେ ଯେତେବେଳେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ, ସେଠାରେ ଏକ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିକଶିତ ହୁଏ । ଏହା ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ କିଛି ଆବୃତ୍ତିରେ ଦ୍ୱିମେରୁକୁ ପ୍ରସାର କରିଥାଏ । ଏହା ଲାର୍ମର ପ୍ରିସେସନ ଆବୃତ୍ତି (Larmor precession frequency) ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା (ପରେ ଆଲୋଚନା କରାଯିବ)। ସେମାନେ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ତଳେ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ରମରେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଆଚରଣ ଦେଖାନ୍ତି ନାହିଁ।

ତଥାପି, କିଛି ପରିସ୍ଥିତିରେ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ବିରୋଧୀ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ ହୋଇଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଏକ

ତାପମାତ୍ରା ତଳେ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ହାସଲ ହୁଏ, ଯାହା ଏକ ମୋଟ ଶୂନ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟତା କ୍ଷତିପୂରଣର ବିନ୍ଦୁ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଫେରାଇଟଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ଆଣବିକ ଚୁମ୍ବକ ମଧ୍ୟରେ ଘଟେ । ଏହାକୁ ଆମେ ସର୍ବପୁରାତନ ଜଣାଶୁଣା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟାଇଟ (Fe3O4),) ନାମରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରିପାରିବା ଯାହା ଆଚରଣରେ ଏକ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ।

ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣ: ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି -

i) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଅତ୍ୟଧିକ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ସେମାନେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ଭାବରେ ଆଚରଣ କରନ୍ତି, ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା (Neel temperature)ଠାରୁ କମ ତାପମାତ୍ରାରେ ।

ii) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ସେମାନେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପାଲଟି ଯାଆନ୍ତି ।

iii) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ଏକ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରଣ କରେ ।

iv) ଏହି ପ୍ରକାର ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ପିନ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ ଭିନ୍ନ ମୂଲ୍ୟର ଅସମାନ୍ତରାଳ ଅଟେ ।

4.6.5 ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Anti-ferromagnetism)

ଏହି ସାମଗ୍ରୀପାଇଁ ପରମାଣୁ କିମ୍ବା ଅଣୁର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସାଧାରଣତଃ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ସ୍ପିନ ସହିତ ସମ୍ପର୍କୀୟ। ଏକ ନିୟମିତ ଢାଞ୍ଚାରେ ପରମାଣୁଗୁଡିକ ବିଭିନ୍ନ ଉପ-ଲାଟିସ ଉପରେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ପିନ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଯାହା ଓଲଟା ଦିଗରେ ସୂଚିତ । ସାଧାରଣତଃ, ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକର କ୍ରମ ଯଥେଷ୍ଟ କମ ତାପମାତ୍ରାରେ ବିଦ୍ୟମାନ ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇପାରେ, ଯାହାକୁ ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ । ଏକ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ସର୍ବାଧିକ । ଯେତେବେଳେ ଆମେ ଏହି ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରା ପ୍ରୟୋଗ କରୁ ସେତେବେଳେ ସାମଗ୍ରୀ ସାଧାରଣତଃ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ହୋଇଯାଏ ।

କୌଣସି ବାହ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କ୍ଷେତ୍ର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ । ଏକ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପସ୍ଥିତିରେ, ଏକ ପ୍ରକାର ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସମ୍ପତ୍ତି ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବସ୍ଥାରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇପାରେ, ଗୋଟିଏ ଉପ-ଲାଟିସ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ମୂଲ୍ୟ ଅନ୍ୟ ଉପ-ଲାଟିସଠାରୁ ଭିନ୍ନ, ଯାହାଫଳରେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତା ଅଣଶୂନ୍ୟ ହୋଇପାରେ। ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ ହେବା ଉଚିତ । ହେମାଟାଇଟ ହେଉଛି ଏକ ସାଧାରଣ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଏକ ଉତ୍ତମ ଉଦାହରଣ।

ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ଗୁଣ: ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି -

i) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଅଳ୍ପ ସକରାତ୍ମକ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକ ମୁଖ୍ୟତଃ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ।

ii) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଠାରୁ କମ ତାପମାତ୍ରାରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ।

iii) ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ପିନ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ ସମାନ ରାଶି ରେ ଅଣ-ସମାନ୍ତରାଳ ଅଟେ।

4.7 ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ (Permanent Magnetic Dipoles)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର କିଛି ଗୁଣ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ନାମକ ପ୍ରାଥମିକ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତିଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ। ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଯଦି ଏକ ଆବେଶିତ/ଚାଣିତ ହୋଇଥିବା କଣିକାର ଏକ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ଥାଏ, ତେବେ ଏହା ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ପରି ଆଚରଣ କରିପାରେ।

ପରମାଣୁର ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି ନିମ୍ନ ଲିଖିତ ସଂବେଗ ମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟି।

i) କକ୍ଷୀୟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ,

ii) ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ,

iii) ପରମାଣୁସ୍ଥ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ନାଭୀୟ ସ୍ପିନ ସଂବେଗ।

i) କକ୍ଷୀୟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ: ପରମାଣୁର ଯେକୌଣସି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ ବେଗ ହେଉଛି କ୍ୱାଣ୍ଟାଇଜ ଏବଂ ଏହା ଏପରି ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରିବ:

a) **ପ୍ରିନ୍ସିପାଲ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ନମ୍ବର *(n)*:** ଏହା integer ମୂଲ୍ୟ *(1, 2, 3, ...)* ନେଇପାରେ। ଅନୁରୂପ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସେଲ *K, L, M, ...* ଭାବରେ ନାମିତ।

b) **କୋଣୀୟ ସଂବେଗ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ନମ୍ବର (l) :** ଦିଆଯାଇଥିବା n ପାଇଁ, ଏହା $l = 0, 1, 2, ..., (n - 1)$ ଗୁଡିକରେ ପ୍ରତିବନ୍ଧିତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯଥାକ୍ରମେ *s, p, d, f, g, ...* ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭାବରେ ନାମିତ ହୋଇଛି। ଦିଆଯାଇଥିବା l ସହିତ ଜଡିତ, ମୋଟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ହେଉଛି $\hbar[l(l+1)]^{1/2}$

c) **ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ନମ୍ବର (ml):** ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ଦିଗରେ କୋଣୀୟ ସଂବେଗର ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଉପାଦାନ ଏହି କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ, ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା l ପାଇଁ ଏହା $0, \pm1, \pm2, \pm3, ...\pm l$ ମୂଲ୍ୟବୋଧରେ ସୀମିତ। ଦିଆଯାଇଥିବା m_l ସହିତ ଜଡିତ, ମୋଟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ହେଉଛି $m_l\hbar$
p-ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ କୋଣୀୟ ସଂବେଗର ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଉପାଦାନ ହେଉଛି: $-\frac{e\hbar}{2m}, 0, \frac{e\hbar}{2m}$
ରାଶି $\frac{e\hbar}{2m} = 9.27\times10^{-24}\,\text{Am}^2$ କୁ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ (Bohr magneton) କୁହାଯାଏ ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଏକ ପରମାଣୁ ଏକକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା μ_B ଦ୍ୱାରା ନାମିତ କରାଯାଏ।

ii) ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ: ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ସ୍ପିନର କୋଣୀୟ ସଂବେଗର ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି $\pm\frac{\hbar}{2}$ ଯେଉଁଟା ଦୁଇଟି ସ୍ପିନ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟାକୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ, $m_s = \pm\frac{1}{2}$ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଉପାଦାନ ହେଉଛି

$$\mu = g\left(\frac{e}{2m}\right)\frac{\hbar}{2}$$

ଯେଉଁଠାରେ g ହେଉଛି ସ୍ପେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପିକ ବିଭାଜନ ଉତ୍ପାଦକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସ୍ପିନ ପାଇଁ 2.0023 ଅଟେ। ତେଣୁ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସ୍ପିନ ପାଇଁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (μ) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ କିମ୍ବା ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ।

କକ୍ଷୀୟ ଏବଂ ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗକୁ ସଦିଶ ରାଶି ମିଶ୍ରଣ କରାଯାଇ ସମୁଦାୟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ପାଇପାରିବା, ଯେଉଁଟା କ୍ୱାଣ୍ଟମ ନମ୍ବର J ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୁଏ। ଦିଆଯାଇଥିବା l ପାଇଁ, ଏହାକୁ ମୂଲ୍ୟବୋଧ ଭାବରେ ନିଆଯାଇପାରିବ $J = l \pm \frac{1}{2}$ ଏକ ପରମାଣୁ ପାଇଁ ଅନେକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ, ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କକ୍ଷୀୟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ଏବଂ ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ଫଳାଫଳ L ଏବଂ S ସହିତ ମିଳିତ ହୋଇପାରିବ। ଏହିପରି ଏକ ତନ୍ତ୍ର ସାଧାରଣ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିପାଇଁ g ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଛି,

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \quad (4.7)$$

ଉଦାହରଣ 4.9 ଗୋଟିଏ ଆୟନର $2P_{3/2}$ ଅବସ୍ଥାପାଇଁ ଲାଣ୍ଡେ ଗୁଣନୀୟକ ବାହାର କର।

ସମାଧାନ

$2P_{3/2}$ ଅବସ୍ଥା ପାଇଁ $L = 1, S = \frac{1}{2}, J = \frac{3}{2}$

ଏହିପରି, $$g = 1 + \frac{\frac{3}{2}\left(\frac{3}{2}+1\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right) - 1(1+1)}{2\frac{3}{2}\left(\frac{3}{2}+1\right)}$$

$$= 1 + \frac{\frac{3}{2}\left(\frac{3}{2}+1\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right) - 1(1+1)}{2\frac{3}{2}\left(\frac{3}{2}+1\right)}$$

କିମ୍ବା, $$g = 1 + \frac{\frac{9}{2} - 2}{\frac{15}{2}} = \frac{4}{3}.$$

ଉଦାହରଣ 4.9

iii) ନାଭୀୟ ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ: ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ସ୍ପିନିଂ ମଧ୍ୟ ପରମାଣୁର ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣରେ ଯୋଗଦାନ କରେ ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି।

$$\mu_n = \frac{e\hbar}{2M} \quad (4\text{-}8)$$

ଯେଉଁଠାରେ M ପରମାଣୁ ବସ୍ତୁ ଅଟେ। ଯେହେତୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ 10^3 ଗୁଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି ପରମାଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଠାରୁ 10^3 ଗୁଣ ବଡ଼।

4.8 ହୁଣ୍ଡଙ୍କ ନିୟମ (Hund's Rule)

ସମସ୍ତ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସେଲ ପରମାଣୁର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣରେ ଯୋଗଦାନ କରନ୍ତି ନାହିଁ ଏବଂ ଏହା କେବଳ ଆଂଶିକ ଭାବରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସେଲ ହେତୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ (Pauli's exclusion) ପାଓଲିଙ୍କ ବର୍ଜନ ନୀତିକୁ ଧ୍ୟାନରେ ରଖିଲେ ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନରେ ସମସ୍ତ ଚାରୋଟି କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ରହିବ ନାହିଁ, ଏହିପରି ପରମାଣୁର ଅସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସେଲ ପାଇଁ ହୁଣ୍ଡଙ୍କ ନିୟମ ଦର୍ଶାଏ ଯେ –

i) L ର ସର୍ବାଧିକ ମୂଲ୍ୟ ଦେବା ପାଇଁ କକ୍ଷୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡିକ ମିଳିତ ହୁଏ,

ii) S ର ମିଳିତ ସର୍ବାଧିକ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବହିଷ୍କାର ନୀତି ସହିତ ସୁସଙ୍ଗତ ସ୍ପିନ କରେ ଏବଂ

iii) ଅଧାରୁ କମ ଦଖଲ ସେଲ ପାଇଁ $J = L - S$ ଏବଂ ଅଧାରୁ ଅଧିକ ଦଖଲ ହୋଇଥିବା ଏକ ସେଲ ପାଇଁ $J = L + S$

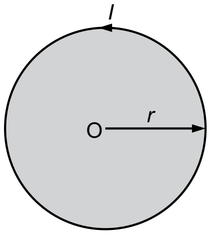
4.9 ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Langevin's Theory of Diamagnetism)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହରେ ଅଛି। ବିଦ୍ୟୁତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରୁ ଏହା ଜଣାଶୁଣା ଯେ ଏକ ସ୍ଥିର ପାଶ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସମତଳରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରେ ଯାହା ବହୁ ଦୂରତାରେ ଏକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବର୍ଣନା କରାଯାଏ,

$$\vec{\mu} = I\vec{S} \qquad (4\text{-}9)$$

ଯେଉଁଠାରେ। ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ $\vec{S}$ ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର ଫଳ ଅଟେ। ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ଦିଗ ପାଶର ସମତଳରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ। ଏହାକୁ ନିୟୋଜିତ କରିବା, ଆସନ୍ତୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷପଥରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ବିଚାର କରିବା (ଚିତ୍ର. 4.4)। ଧରାଯାଉ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କୋଣୀୟ ବେଗ ହେଉଛି Wb। ଏହିପରି ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାଶ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେବ

$$I = -\frac{e\omega_0}{2\pi} = -\frac{e}{T} \qquad (4\text{-}10)$$



ଚିତ୍ର . 4.4: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର କକ୍ଷପଥ r

ଯେଉଁଠାରେ T ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ। ଏହିପରି ସଂପୃକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କକ୍ଷପଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି,

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{T}\pi r^2 \hat{n} \qquad (4\text{-}11)$$

ଯେଉଁଠାରେ πr^2 ପାଶ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ହେଉଛି,

$$\vec{L} = I\overrightarrow{\omega_0} = mr^2 \frac{2\pi}{T}\hat{n} \qquad (4\text{-}12)$$

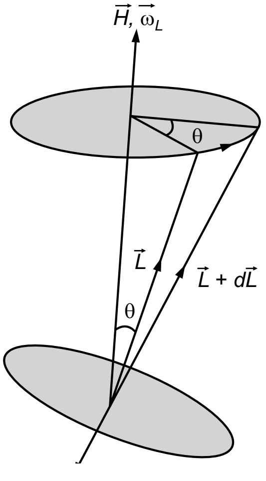
ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ସହିତ ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ।

$$\vec{\mu} = -\frac{e\vec{L}}{2m} \qquad \left[\because \frac{\pi r^2}{T}\hat{n} = \frac{\vec{L}}{2m}\right]$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{\mu} = g\vec{L} \qquad (4\text{-}13)$$

ଯେଉଁଠାରେ $g = -\frac{e}{2m}$ କୁ ଗାଇରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଅନୁପାତ (gyromagnetic ratio) କୁହାଯାଏ।



ଚିତ୍ର . 4.5: L ପ୍ରିସେସଂ H ର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଲାର୍ମର-ଆବୃତ୍ତି ସହିତ

ଆସନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ପରମାଣୁରେ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂବେଗ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବକୁ ପାରମାଣିକ ଭାବରେ ବିଚାର କରିବା। ଆସନ୍ତୁ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ସଦିଶ $\vec{L}$

ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ କୁ ତୁଳନା କରି ଏକ ମନମୁଖୀ ଦିଗ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା । ଆମେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ନିମ୍ନରେ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା,

$$\vec{\mu} = -\frac{e\vec{L}}{2m} \tag{4-14}$$

ଏହି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ୱିମେରୁରେ ଏକ ଟର୍କ $\vec{\mu}\times\vec{B}$ ଦ୍ୱିମେରୁରେ ସୃଷ୍ଟି କରିବ, ତେଣୁ ନ୍ୟୁଟନିଆନ ମେକାନିକ୍ସ (Newtonian mechanics) ଅନୁଯାୟୀ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\mu}\times\vec{B} = -\frac{e}{2m}\vec{L}\times\vec{B} = -\vec{L}\times\frac{e}{2m}\vec{B} = \overrightarrow{\omega_L}\times\vec{L} \tag{4-15}$$

ଏହା ହେଉଛି ଏକ ସଦିଶ $\vec{L}$ ର ବେଗର ସମୀକରଣ, ଏକ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ପ୍ରାୟ $\vec{B}$ ଠାରେ ପ୍ରିସେସିଂ (precessing) କରେ (ଚିତ୍ର. 4.5),

$$\overrightarrow{\omega_L} = \frac{e}{2m}\vec{B} \tag{4-16}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\overrightarrow{\omega_L}$ କୁ ଲାର୍ମର ଆବୃତ୍ତି (Larmor frequency) କୁହାଯାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରିସେସନ (precession) ପାଇଁ, ଚିତ୍ର. 4.5 ରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$dL = L\sin\theta d\theta = L\sin\theta\omega_L dt$$

$$\therefore \quad \frac{dL}{dt} = \omega_L L\sin\theta = \left|\overrightarrow{\omega_L}\times\vec{L}\right| \tag{4-17}$$

ଏକ ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ, କକ୍ଷପଥର ସମତଳ ସ୍ଥିର ନୁହେଁ, ବରଂ $\vec{B}$ ପାଖରେ ପ୍ରିସେସ (precesses) (ନିଟୁପରି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ) କରେ । ଫଳସ୍ୱରୂପ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଚାର୍ଜର ପ୍ରିସେସନ ଏକ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ, ଯାହାର ଉପାଦାନ $\vec{B}$ ର ବିପରୀତ ଅଟେ ।

ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$\overrightarrow{\mu_{in}} = -\frac{e}{2m}\overrightarrow{L_{in}} = -\frac{e}{2m}I\overrightarrow{\omega_L} = -\frac{e}{2m}m\bar{\rho}^2\frac{e}{2m}\vec{B}$$

କିମ୍ବା,

$$\overrightarrow{\mu_{in}} = -\frac{\mu_0 e^2}{4m}\bar{\rho}^2\vec{H} \tag{4-18}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\bar{\rho}^2$] ଏକ କକ୍ଷପଥର ପ୍ରକ୍ଷେପଣ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ର ମଧ୍ୟ ବର୍ଗ (mean square) କୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ ଏହା ସମତଳ ଉପରେ $\vec{H}\left(=\vec{B}/\mu_0\right)$କୁ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

ଏକ ଗୋଲାକାର ଚାର୍ଜ ବିତରଣ ପାଇଁ,

$$\bar{x}^2 = \bar{y}^2 = \bar{z}^2$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ,

$$\bar{r}^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2 + \bar{z}^2 \quad \bar{\rho}^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2$$

$$\therefore \quad \bar{r}^2 = \frac{3\bar{\rho}^2}{2} \text{ (ଗୋଲକ ପାଇଁ ପ୍ରତିସାମ୍ୟ)} \tag{4-19}$$

ତେଣୁ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି,

$$\overrightarrow{\mu_{in}} = -\frac{\mu_0 e^2}{4m}\frac{2\bar{r}^2}{3}\vec{H} = -\frac{\mu_0 e^2 \bar{r}^2}{6m}\vec{H} \qquad (4\text{-}20)$$

ଏହିପରି ପ୍ରେରିତ ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $\vec{H}$ ସହିତ ଆନୁପାତିକ ବୋଲି ଜଣାପଡିଛି ଏବଂ ଏହା $\vec{H}$ ର ବିପରୀତ । ଯେତେବେଳେ N ପରମାଣୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପ୍ରତି ଘନ ମିଟର କଠିନ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ (treatment) ଉପଚାର ସମ୍ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁ Z ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଧାରଣ କରେ, ଆମେ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପାଇଥାଉ। ଅର୍ଥାତ, ଏକକ ଘନ ମିଟର ପିଛା ପ୍ରେରିତ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏକକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଏହିପରି ଲେଖାଯିବ –

$$\chi_{dia} = -\frac{N\mu_0 Ze^2}{6m}\bar{r}^2 \qquad (4\text{-}21)$$

ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପାଇଁ $\vec{r} = 0.1$ nm ଏବଂ $N = 5\times10^{28}/m^3$ ସହିତ $\chi_{dia} = -3\times10^{-6}$ ହେଲେ

Eq. (4.21) ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପାଇଁ ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସମୀକରଣ (Langevin equation) ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଏହି ସମୀକରଣରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ,

(*i*) ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ χ_{dia} କୁ ସର୍ବବୃହତ ଅବଦାନ ଦେଇଥାଏ ଯେପରି $\chi_{dia} \propto \bar{r}^2$

(*ii*) ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ସହିତ χ_{dia} ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ,

(*iii*) χ_{dia} ସର୍ବଦା ନକାରାତ୍ମକ ଏବଂ ତାପମାତ୍ରାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ଏବଂ

(*iv*) ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାରୁ χ_{dia} ସ୍ୱାଧୀନ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 4.10

ଉଦାହରଣ 4.10 ଯଦି 4 cm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପାଶ 100 mA ର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ , ତେବେ ଏହା ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଗଣନା କରନ୍ତୁ |

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ, R = 4 cm ଏବଂ I = 100 mA

ଏହିପରି, ପାଶ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି

$$\mu = IA = \pi r^2 I = 3.14\times(0.04)^2\times100\times10^{-3} = 5.024\times10^{-4}\,\text{Am}^2.$$

ଉଦାହରଣ 4.11

ଉଦାହରଣ 4.11 ଅନୁମାନ କରିବା $\vec{r} = 5.3\times10^{-11}$m और $N = 5\times10^{28}/m^3$, ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ $N = 5\times10^{28}/m^3, \vec{r} = 5.3\times10^{-11}m, z = 1$

ଏହିପରି ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁର ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପ୍ରଦାନ କରାଯାଏ |

$$\chi_H = -\frac{N\mu_0 Ze^2}{6m}\bar{r}^2$$

$$= -\frac{5\times10^{28}\times4\pi\times10^{-7}\times1\times\left(1.6\times10^{-19}\right)^2}{6\times9.1\times10^{-31}}\times\left(5.3\times10^{-11}\right)^2$$

$$= -8.27\times10^{-7}.$$

4.10 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପାଇଁ ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Langevin's Theory of Paramagnetism)

1905 ରେ ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ପ୍ରସ୍ତାବ ଅନୁଯାୟୀ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ହେଉଛି, ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା ପରମାଣୁ କିମ୍ବା ଆୟୋନର ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ନୁହେଁ ବରଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୁଳନାରେ ଏକ ସୀମିତ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ସେଟରେ ସୀମିତ । ଆସନ୍ତୁ । କ ଆୟତନରେ N ପରମାଣୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ଏକ ମାଧ୍ୟମ ବିଚାର କରିବା, ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁର ମୋଟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା J ଅଟେ । ତଦନୁଯାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେବ,

$$\mu = g\mu_B M_J \tag{4.22}$$

ଯେଉଁଠାରେ , $M_J = J, (J-1), (J-2),\ldots,-J$

ଏଠାରେ M_J ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା ଯେଉଁଟା J ସହିତ ଜଡିତ ଅଟେ ।

ଏକ ଉପାଦାନ ସହିତ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ସ୍ଥିତିଜ ହେଉଛି $\mu = g\mu_B M_J$, ର ଉପାଦାନ H ସଂଲଗ୍ନ ହେଉଛି – $g\mu_B M_J H$ ତେଣୁ, ପରିସଂଖ୍ୟାନ ମେକାନିକ୍ସ ଅନୁଯାୟୀ,ଚୁମ୍ବକୀୟତା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$M = \sum_J N P_J \mu_J \tag{4.23}$$

ଯେଉଁଠାରେ N କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସମୁଦାୟ ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ P_J ହେଉଛି ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବଣ୍ଟନ ଯେଉଁଟା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$P_J = \frac{e^{-E_J/kT}}{\sum_J e^{-E_J/kT}} \tag{4.24}$$

ଏହିପରି ଆମର ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହେଉଛି,

$$M = Ng\mu_B \frac{\sum_{-J}^{+J} M_J e^{-E_J/kT}}{\sum_{-J}^{+J} e^{-E_J/kT}} \quad \left[\because \mu_J = g\mu_B M_J\right] \tag{4.25}$$

ଯେଉଁଠାରେ

$$E_J = -M_J g\mu_B H \tag{4.26}$$

$$\therefore \quad M = Ng\mu_B \frac{\sum_{-J}^{+J} M_J e^{\frac{g\mu_B M_J H}{kT}}}{\sum_{-J}^{+J} e^{\frac{g\mu_B M_J H}{kT}}} \tag{4.27}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଦୁଇଟି ଘଟଣା ଘଟିପାରେ:

ଘଟଣା (Case) I: ଯେତେବେଳେ $g\mu_B M_J H << kT$

ଏହିଅବସ୍ଥାରେଅଭିବୃଦ୍ଧି(exponentials) ସମୀକରଣ(4.27) ରେଆନୁମାନିକହୋଇପାରେ, $e^{\frac{g\mu_B M_J H}{kT}} = 1 + \frac{g\mu_B M_J H}{kT}$ [ମଧ୍ୟମ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ] ଏବଂ ଆମେ ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ପାଇପାରିବା,

$$M = Ng\mu_B \frac{\sum_{-J}^{+J} M_J\left(1+\frac{g\mu_B M_J H}{kT}\right)}{\sum_{-J}^{+J}\left(1+\frac{g\mu_B M_J H}{kT}\right)} = Ng\mu_B \frac{g\mu_B H}{kT}\frac{\sum_{-J}^{+J} M_J^2}{2J+1}$$

$$= \frac{Ng^2\mu_B^2 H}{kT}\frac{J(J+1)(2J+1)}{3(2J+1)}$$

$$\left[\because \sum_{-J}^{+J} M_J^2 = 2\sum_{0}^{+J} M_J^2 = 2\frac{J(J+1)(2J+1)}{6} = \frac{J(J+1)(2J+1)}{3}\right]$$

କିମ୍ବା,
$$M = \frac{Ng^2\mu_B^2 J(J+1)H}{3kT} \tag{4.28}$$

ଏହିପରି, ଆମେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପାଇଥାଉ,

$$\chi = \frac{M}{H} = \frac{Ng^2\mu_B^2 J(J+1)}{3kT} = \frac{N\mu_J^2}{3kT} \tag{4.29}$$

ଯେଉଁଠାରେ,
$$\mu_J^2 = g^2\mu_B^2 J(J+1) \tag{4.30}$$

କିମ୍ବା,
$$\chi = \frac{C}{T} \tag{4.31}$$

ଯେଉଁଠାରେ,
$$C = \frac{N\mu_J^2}{3k} \tag{4.32}$$

ଏହା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ଅଟେ ଯାହାକୁ କ୍ୟୁରୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ (Curie constant) କୁହାଯାଏ । ସମୀକରଣ 4.31 ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ ଫଳାଫଳର ସର୍ବସମ ରୂପ ଏବଂ ଏହା କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ ଭାବରେ ଜଣାଯାଏ, ଯେଉଁଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ବ୍ୟୁତପାତିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ (Inversely vary) କରିଥାଏ ।

ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $\mu_J J$ ସହ ଜଡିତ ଏବଂ ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$\mu_J^2 = g^2\mu_B^2 J(J+1) = p_{eff}^2\mu_B^2 \tag{4.33}$$

ଯେଉଁଠାରେ
$$p_{eff}^2 = g^2 J(J+1) \tag{4.34}$$

ଏହିପରି ଆମେ ଧ୍ୟାନ ଦେଇଥାଉ ଯେ କ୍ୟୁରୀ ନିୟମ ଧାରଣ କରିଥିବା ରେଞ୍ଜରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପରିସର ଠାରୁ, ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ (Bohr magneton) ର ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ସଂଖ୍ୟା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା ସମ୍ଭବ, ଯାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$p_{eff} = g\sqrt{J(J+1)} \tag{4.35}$$

ଏହା ଏକ ସୈଦ୍ଧାନ୍ତିକ (theoretical) ଫଳାଫଳ । ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଭାବରେ,

$$\chi = \frac{N\mu_J^{\ 2}}{3kT} = \frac{Np_{eff}^{\ 2}\mu_B^{\ 2}}{3kT} \tag{4.36}$$

$$\therefore \quad p_{eff} = \sqrt{\frac{3kT\chi}{N}}\frac{1}{\mu_B} \tag{4.37}$$

Case II: ଯେତେବେଳେ $g\mu_B M_J H > kT$

ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଅର୍ଥାତ, କମ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଆମେ ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପାଇଥାଉ,

$$M = Ng\mu_B \frac{\sum_{-J}^{+J} M_J e^{\frac{g\mu_B M_J H}{kT}}}{\sum_{-J}^{+J} e^{\frac{g\mu_B M_J H}{kT}}}$$

ଧରାଯାଉ, $$\frac{g\mu_B H}{kT} = x$$

ଏହିପରି, $$M = Ng\mu_B \frac{\sum_{-J}^{+J} M_J e^{M_J x}}{\sum_{-J}^{+J} e^{M_J x}} = Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\sum_{-J}^{+J} e^{M_J x}$$

$$= Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\left[e^{Jx} + e^{(J-1)x} + \ldots + e^{-Jx}\right]$$

$$= Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\left[e^{Jx}\left\{1 + e^{-x} + e^{-2x} + \ldots.. + e^{-2Jx}\right\}\right]$$

$$= Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\left[e^{Jx}\frac{1-\left(e^{-x}\right)^{2J+1}}{1-e^{-x}}\right] = Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\left[\frac{e^{\left(J+\frac{1}{2}\right)x} - e^{-\left(J+\frac{1}{2}\right)x}}{e^{\frac{x}{2}} - e^{-\frac{x}{2}}}\right]$$

$$= Ng\mu_B \frac{d}{dx}\ln\left[\frac{\sinh\left(J+\frac{1}{2}\right)x}{\sinh x}\right] = Ng\mu_B\left[\left(J+\frac{1}{2}\right)\coth\left(J+\frac{1}{2}\right)x - \frac{1}{2}\coth\frac{x}{2}\right]$$

$$= Ng\mu_B J\left[\frac{2J+1}{2J}\coth\left(\frac{2J+1}{2}\right)x - \frac{1}{2J}\coth\frac{x}{2}\right]$$

$$= Ng\mu_B J\left[\frac{2J+1}{2J}\coth\left(\frac{2J+1}{2J}\right)xJ - \frac{1}{2J}\coth\frac{xJ}{2J}\right]$$

$$= Ng\mu_B J\left[\frac{2J+1}{2J}\coth\left(\frac{2J+1}{2J}\right)y - \frac{1}{2J}\coth\frac{y}{2J}\right]$$

କିମ୍ବା,
$$M = Ng\mu_B J B_J(y) \tag{4.38}$$

ଏଠାରେ
$$y = xJ = \frac{g\mu_B HJ}{kT} \tag{4.39}$$

ଏଠାରେ
$$B_J(y) = \frac{2J+1}{2J}\coth\left(\frac{2J+1}{2J}\right)y - \frac{1}{2J}\coth\frac{y}{2J} \tag{4.40}$$

Brillouin ଫଳନ ଅଟେ । ଚିତ୍ର. 4.6 ଏହି ଫଳନର ଏକ ପ୍ଲଟ y ସହିତ ଦେଖାଇ ଦିଆଯାଇଛି

ଯେପରି
$$y \to \infty \ (i.e., T \to 0, H \to \infty, J \to \infty)$$

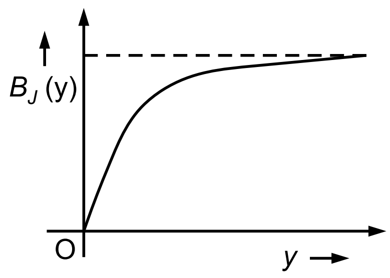
$$B_J(y) \to 1$$

ଏବଂ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$M = Ng\mu_B J = N\mu_J = M_S \tag{4.41}$$

ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ସାମଗ୍ରୀରେ ଅନୁରୂପ ଚୁମ୍ବକୀୟତା M_S କୁ ପରିପକ୍ୱ ଚିମ୍ବକୀୟତା (saturation magnetization) କୁହାଯାଏ ।

ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ବିଫଳତା: ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁମାନ କରେ ଯେ ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡିକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରଦୂରାନ୍ତରେ ଥାଆନ୍ତି ଯାହା ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ନଗଣ୍ୟ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ ଥାଏ । ତେଣୁ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଦ୍ୱିମେରୁର ବୃହତ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାରେ ବିଫଳ ହୁଏ ଏବଂ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଜଟିଳ ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଭରଶୀଳ ଅଟେ । ପରେ ୱେସ ତାଙ୍କ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ସହିତ ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ସଂଶୋଧନ କରିଥିଲେ ।



ଚିତ୍ର. 4.6: BJ (y) - y ଲେଖଚିତ୍ର

ଉଦାହରଣ 4.12 ଏକ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀରେ 10^{28} T ପରମାଣୁ/ମିଟର^3 ଅଛି । 330 K ରେ ଏହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $3.7 \bullet 10^{-4}$. 300 K ରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:

କ୍ୟୁରୀନିୟମରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\frac{\chi_1}{\chi_2} = \frac{T_2}{T_1}$

ଏଠାରେ, $T_1 = 330\text{K}, T_2 = 300\text{K}, \chi_1 = 3.7 \times 10^{-4}$

ଏହିପରି, $\chi_2 = \frac{T_1}{T_2}\chi_1 = \frac{330}{300} \times 3.7 \times 10^{-4}$

$= 4.07 \times 10^{-4}$

ଉଦାହରଣ 4.12

ଉଦାହରଣ 4.13 ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବୋହର $GD^{+3}(4f^7\ 5S^2\ 5P^6)$ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ଗଣନା କର ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ, $L = 0$ ଏବଂ $J = L + S = S = 7/2$

ଏହିପରି, ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ GD^{+3} ପାଇଁ

$$p_{eff} = g\sqrt{J(J+1)}$$

$$= 2\sqrt{\frac{7}{2} \times \frac{9}{2}} = 7.94.$$

ଉଦାହରଣ 4.13

ଉଦାହରଣ 4.14 $2P_{1/2}$ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଆୟନପାଇଁ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଖୋଜ ।

ସମାଧାନ

$2P_{1/2}$ ଅବସ୍ଥାପାଇଁ, $L = 1$, $S = \frac{1}{2}$ ଏବଂ $J = \frac{1}{2}$.

ଏହିପରି, $g = 1 + \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right) - 1(1+1)}{2 \times \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right)} = 1 + \frac{\frac{3}{2} - 2}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3}.$

ତେଣୁ, ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$\mu_J = p_{eff}\mu_B = g\sqrt{J(J+1)}\mu_B$$

$$= \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1}{2} \times \frac{3}{2}} \times 9.27 \times 10^{-24}\,\text{Am}^2 = 16.05 \times 10^{-24}\,\text{Am}^2.$$

ଉଦାହରଣ 4.14

4.11 କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ (Curie-Weiss Law)

1907 ରେ *Weiss Langevin* ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ସଂଶୋଧନ କରି ସ୍ୱୀକାର କରିଥିଲେ ଯେ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବାହ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର H କୁ ନେଇ ଗଠିତ, ଯାହା ଅଣୁଗୁଡ଼ିକୁ ଅଭିବିନ୍ୟସ୍ତ କରେ ଏବଂ ପଡ଼ୋଶୀ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱିମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କରୁ ଏକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ କିମ୍ବା ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର H_{int} ପରିଣତ ହୁଏ । ୱେସ ମଧ୍ୟ ଅନୁମାନ କରିଥିଲେ ଯେ କ୍ଷେତ୍ର H_{int} ଚୁମ୍ବକୀୟତା M ସହିତ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ,

$$H_T = H_{ext} + H_{int} = H + N_W M \tag{4.42}$$

ଯେଉଁଠାରେ ହେଉଛି Weiss constant

ଏହିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟତା,

$$M = \frac{C}{T} H_T = \frac{C\left[H + N_W M\right]}{T} \tag{4.43}$$

କିମ୍ବା,

$$M\left[1 - \frac{CN_W}{T}\right] = \frac{C}{T} H$$

ତେଣୁ, ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

$$\chi = \frac{M}{H} = \frac{\frac{C}{T}}{\left[1 - \frac{CN_W}{T}\right]} = \frac{C}{T - CN_W}$$

କିମ୍ବା,

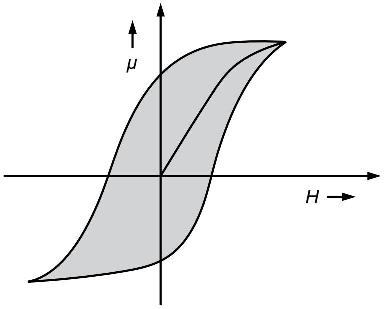
$$\chi = \frac{C}{T - \theta} \tag{4.44}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\theta = CN_W$ ହେଉଛି ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ।

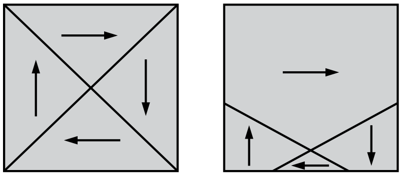
ଏହା ହେଉଛି ସେହି ତାପମାତ୍ରା ଯାହା ତଳେ ଏକ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପରି ଆଚରଣ କରେ ଏବଂ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନକାରାତ୍ମକ ହୋଇଯାଏ । Eq. (4.44) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର Curie-Weiss ନିୟମ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଯେତେବେଳେ ଏହାର ତାପମାତ୍ରା କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ଥାଏ ସେତେବେଳେ ଏହା ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ।

4.12 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ (Ferromagnetic Materials)

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀରେ, ଚୁମ୍ବକୀୟକରଣ ବନାମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ପର୍କ ହିଷ୍ଟେରେସିସ (ଚିତ୍ର. 4.7) ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ। ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପରିସର ଚିତ୍ର. 4.8 ରେ ଚିତ୍ରିତ ହୋଇଛି। ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ ପରେ ମଧ୍ୟ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ବଜାୟ ରଖିପାରିବ। ଏହି ପ୍ରକାରର ପଦାର୍ଥରେ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ବହୁତ ଉଚ୍ଚ ତୀବ୍ରତା ଦେଖାଯାଏ। *Fe, Ni, Co, Gd* ଏବଂ *Dy* ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକରେ ଯଦିଓ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଏବଂ ଅକ୍ସାଇଡ ଅଛି। ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ପରମ ତାପମାତ୍ରାର ଏକ ଫଳନ। ଜଟିଳ ତାପମାତ୍ରାଉପରେ (θ_f) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା, ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ସାମଗ୍ରୀ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ହୋଇଯାଏ।



ଚିତ୍ର **4.7**: μ- H (ହିଷ୍ଟେରେସିସ) ଲେଖଚିତ୍ର ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ



ଚିତ୍ର **4.8**: ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପରିସର

କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ବହୁତ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା, ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର କ୍ୟୁରୀ-ୱିସ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରେ,

$$\chi = \frac{C}{T - \theta}$$

tଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତୀକ C କ୍ୟୁରୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ, ତାପମାତ୍ରା θ ହେଉଛି ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥପାଇଁ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଯାହା ସାଧାରଣତଃ କିଛି ଡିଗ୍ରୀ $> \theta_f$

4.12.1 ପରିସର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Domain Theory)

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ପରିସର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ପରିକଳ୍ପନା ବିଷୟରେ କେନ୍ଦ୍ରିତ ଯେଉଁଟାରେ 1907 ରେ Weiss ଦ୍ଵାରା ଆଗକୁ ରଖାଯାଇଛି:

i) ମାକ୍ରୋସ୍କୋପିକ ପରିସର ର ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ନମୁନା ସାଧାରଣତଃ ଅନେକ ଛୋଟ ପରିସର ଧାରଣ କରେ ଯାହା ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହୋଇଥାଏ; ନମୁନାର ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ପରିମାଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିସରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସଦିଶ ରାଶି ଦ୍ଵାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୁଏ। ଏହି ପରିସରର ଉପସ୍ଥିତି ହେତୁ ଏକ ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହୋଇଥାଏ। ସାଧାରଣତଃ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଖଣ୍ଡ (ଉଦାହରଣ।, ଲୁହା) ଏକ ଚୁମ୍ବକ ଭାବରେ ଆଚରଣ କରେନାହିଁ କାରଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିସର ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଏତେ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ଯେ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରଭାବ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ହୋଇଯାଏ ଯାହାର ପରିଣାମ ଏକ ଶୂନ୍ୟ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ୍ୟ [ଚିତ୍ର . 4.8 (a)] ଅଟେ। ଯେପରି ଚିତ୍ର. 4.8 (b)ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି, ଯେକୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ପରିସରଗୁଡ଼ିକର ମଧ୍ୟ ସମାନ ପରିସର ଅଛି।

ii) ଯେତେବେଳେ ଛୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେଗୁଡିକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ଥିବା ପରିସର ସେହି ମୂଲ୍ୟରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଯାହା ଅନୁକୂଳ ନୁହେଁ [ଚିତ୍ର | 4.8 (b)]। ଏକ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ହେତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହୁଏ, ଯାହା ପରମାଣୁ ଦ୍ୱିମେରୁର ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ କରିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତି କରେ ଯାହା ଫଳରେ ଏକ ଅଣ-ଶୂନ୍ୟ ମୋଟ

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ। ଯେହେତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ଆହୁରି ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିମେରୁ ଗୋଟିଏ ପରିସରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ଅଭିବିନ୍ୟସ୍ତ (oriented) ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରିପକ୍ୱ ପ୍ରବସ୍ଥାରେ ପହଞ୍ଚିଥାଏ ଯାହା ବାହାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟତାରେ କୌଣସି ବୃଦ୍ଧି ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ।

4.13 ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Weiss Molecular Field Theory)

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଉତ୍ପତ୍ତି ପାଇଁ ୱେସ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ପରିକଳ୍ପନା ରଖିଥିଲେ:

i) ପରିସରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡିକ ଅନିୟମିତ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏଥିପାଇଁ ମୋଟ ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ ହୋଇପାରେ।

ii) ସେଠାରେ କିଛି ପ୍ରକାରର ଦୁର୍ବଳ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅଛି ଯାହା ପରମାଣୁ ଚୁମ୍ବକକୁ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ସମନ୍ୱୟ କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ।

ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଗୋଟିଏ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱିମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ସହଯୋଗକୁ ସୂଚିତ କରେ, ଅର୍ଥାତ, ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପ୍ରକାର ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହା ପରମାଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ସମାନ୍ତରାଳ ଧାଡି ସଜ୍ଜିତ (alignment) ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତି ସୃଷ୍ଟି କରେ। ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଏକ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ବର୍ଣ୍ଣନା ପାଇବା ପାଇଁ, ୱେସ ଅନୁମାନ କଲେ ଯେ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର H_T ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା ଦ୍ୱିମେରୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ଏହିଭଳି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$H_T = H_{ext} + H_{int} = H_{ext} + N_W M \tag{4.45}$$

ଯେଉଁଠାରେ H_{ext} ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର, H_{int} ଚୁମ୍ବକୀୟତା $\boldsymbol{M}$ ସହିତ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ, $H_{int} = N_W M$ ଯାହା ସହଯୋଗ ମୂଳକ ପ୍ରଭାବ ପ୍ରଦାନ କରେ ଏବଂ N_W ୱେସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଏକକ ଆୟତନରେ N ପରମାଣୁ ଥିବା ଗୋଟିଏ କଠିନ ବସ୍ତୁକୁ ବିଚାରକୁ ନେବା, ଯାହାର ମୋଟ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ହେଉଛି J କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସଂଖ୍ୟା, ଯେଉଁଥିରେ ସମୁଦାୟ କକ୍ଷୀୟ ଏବଂ ସ୍ପିନ ଅବଦାନ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ (L ଏବଂ S)।

ତା'ପରେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହେବ,

$$M = Ng\mu_B J B_J(y) \tag{4.46}$$

ଯେଉଁଠାରେ
$$B_J(y) = \frac{2J+1}{2J}\coth\left(\frac{2J+1}{2J}\right)y - \frac{1}{2J}\coth\frac{y}{2J} \tag{4.47}$$

ଏବଂ
$$y = xJ = \frac{g\mu_B HJ}{kT} = \frac{\mu_J H}{kT} \quad [\mu_J = g\mu_B J]$$

କିମ୍ବା,
$$y = \frac{\mu_J[H_{ext} + N_W M]}{kT} \tag{4.48}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଦୁଇଟି ଘଟଣା ଉପୁଜିପାରେ:

Case I: ଯେବେ $T < \theta_f$: ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆମେ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାରେ ଆଗ୍ରହୀ $H_{ext} = 0$ ଏବଂ ଆମେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପକ୍ବତାକୁ ନିମ୍ନରେ ଲେଖିପାରିବା,

$$M_S = N\mu_J B_J\left(\frac{\mu_J N_W M_S}{kT}\right) = M_m B_J\left(\frac{\mu_J N_W M_S}{kT}\right) \tag{4.49}$$

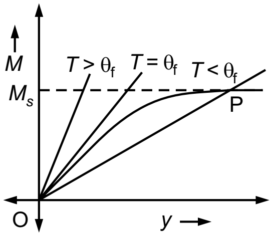
ଯେଉଁଠାରେ $M_m = N\mu_J$ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ସର୍ବାଧିକ ମୂଲ୍ୟ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ, ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ।

$$\therefore \quad \frac{M_S}{M_m} = B_J\left(\frac{\mu_J N_W M_S}{kT}\right) \tag{4.50}$$

ପୁନର୍ବାର ଆମେ ଜାଣୁ

$$\frac{M_S}{M_m} = \frac{ykT}{\mu_J N_W M_m} \tag{4.51}$$

ସେବେଠାରୁ M_S ଉପରୋକ୍ତ ଉଭୟ ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହାର ମୂଲ୍ୟ M_S ବନାମ y ଲେଖଚିତ୍ରର ପ୍ରତିଚ୍ଛେଦନ ବିନ୍ଦୁରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ ଯାହାକି ଚିତ୍ର. 4.9 ରେ ଦେଖାଯାଇଛି । ସମୀକରଣ (4.51) ଏକ ସିଧା ରେଖାକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ, ରେଖାର ଢାଲୁ ତାପମାତ୍ରା T ସହିତ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ । ବକ୍ରରୁ ଏହା ଅନୁସରଣ କରେ $T \quad \theta_f$, ଆମେ M ର ଅଣଅଦୃଶ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଥାଉ ଯଦିଓ $H_{ext} = 0$



ଚିତ୍ର . 4.9: M -y ଲେଖଚିତ୍ର, (*a*) $T < \theta_f$, (*b*) $T = \theta_f$ ଏବଂ (*c*) $T > \theta_f$

ତେଣୁ, ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା $T < \theta_f$ ପାଇଁ ଫଳାଫଳ ଅଟେ । ସିଧା ରେଖାର ଢାଲୁ $T < \theta_f$ ପାଇଁ ସମୀକରଣ (4.50) ରେ ଦିଆଯାଇଛି ଯେଉଁଟା ସମୀକରଣ (4.51) ପାଇଁ ଉତ୍ପତ୍ତି ସ୍ଥଳରେ ବକ୍ରରେଖାକୁ ସ୍ପର୍ଶକ ସହିତ ସମାନ । ଏହିପରି ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା $T < \theta_f$ ପାଇଁ ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପାରାଚୁମ୍ବକ ପରି ଆଚରଣ କରେ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା θ_f ଏବଂ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିରାଙ୍କ N_W ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ବାସ୍ତବରେ, ଜଣେ θ_f , N_W ସହ ବୃଦ୍ଧି ହେବା ଆଶା କରେ କାରଣ N_W ବଡ଼ ହେଲେ, ସମାନ୍ତରାଳ ଧାଡି ସଜ୍ଜିତ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ θ_f ଏବଂ N_W ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବାକୁ $Y << 1$ ପାଇଁ (ଚିତ୍ର. 4.9 ର ଉତ୍ପତ୍ତି ନିକଟରେ), Brillouin ଫଳନ ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦାନ କରାଗଲା,

$$B_J(y) = \frac{J+1}{3J}y \tag{4.52}$$

ତେଣୁ, ସମୀକରଣ (4.51) ଏବଂ ସମୀକରଣ (4.52) ରୁ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$B_J(y) = \frac{yk\theta_f}{\mu_J N_W M_m} = \frac{J+1}{3J}y\,] \tag{4.53}$$

କିମ୍ବା,

$$\theta_f = \frac{\mu_J N_W (J+1) M_m}{3Jk} = \frac{g\mu_B J N_W (J+1) N\mu_J}{3Jk}$$

$$= \frac{Ng\mu_B N_W (J+1) g\mu_B J}{3k} = \frac{Ng^2\mu_B{}^2 J(J+1) N_W}{3k} = \frac{N\mu_J{}^2 N_W}{3k}\,] \tag{4.54}$$

କିମ୍ବା,

$$\theta_f = CN_W \tag{4.55}$$

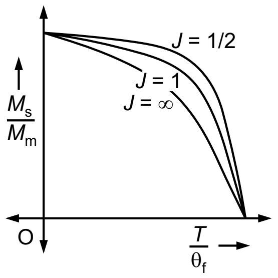
ଯେଉଁଠାରେ, $$C = \frac{N\mu_J^2}{3k} \tag{4.56}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $$\frac{M_S}{M_m} = B_J\left(\frac{\mu_J N_W M_S}{kT}\right) = B_J\left(\frac{M_S}{T}\frac{3J}{J+1}\frac{\theta_f}{M_m}\right) \tag{4.57}$$

ସେହିଭଳି ସମୀକରଣ (4.51) ରୁ

$$\frac{M_S}{M_m} = \frac{ykT}{\mu_J N_W M_m} = \frac{ykT}{\mu_J^2 N_W N} = \frac{ykT}{g^2\mu_B^2 J^2 N_W N} = \frac{yT(J+1)}{3J\theta_f} \tag{4.58}$$

ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ***J*** ର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟପାଇଁ, ଆମେ ଏକ ବ୍ୟାପକ ବକ୍ର ପାଇପାରିବା ଯେତେବେଳେ $\frac{M_S}{M_m}$ vs $\frac{T}{\theta_f}$ ର ଏକ ଫଳନ ଭାବରେ ପ୍ଲଟ ହୋଇଛି ଯାହା ସମୀକରଣ (4.57) ଏବଂ ସମୀକରଣ (4.58)ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହୋଇଛି । ଚିତ୍ର. 4.10ରେ ଆମେ ଏହିପରି ବକ୍ରକୁ $J=\frac{1}{2}$ ପାଇଁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରିଛୁ, ପରବର୍ତ୍ତୀ ଘଟଣା ପାରଂପରିକ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରୁଥିବା ଦ୍ୱିମେରୁ ସହିତ ମେଳ ଖାଉଛି । ବକ୍ର $J=\frac{1}{2}$ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଫଳାଫଳ ସହିତ ସର୍ବୋତ୍ତମ ମେଳ ଖାଉଛି, ଯାହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କକ୍ଷୀୟ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସ୍ପିନ ସହିତ ଜଡିତ । ଏହା ପ୍ରକୃତରେ ଗାଇରୋମେଟ୍ରିକ ପରୀକ୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ନିଶ୍ଚିତ ହୋଇଛି । ଏହିପରି ପରୀକ୍ଷଣରେ, ଜଣେ ହୁଏତ ଏକ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ନମୁନାର ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ଓଲଟା କରେ କିମ୍ବା ଫଳାଫଳ ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ନିରୀକ୍ଷଣ କରେ କିମ୍ବା ଫଳାଫଳ ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ନିରୀକ୍ଷଣ କରିବା ପାଇଁ ନମୁନାକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ । ପୂର୍ବୋକ୍ତଟି Einstein-de-Hass ପଦ୍ଧତି କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଶେଷଟି ହେଉଛି Barnett ପଦ୍ଧତି । ଏହିପରି ପରୀକ୍ଷଣରୁ, ଜଣେ ପ୍ରାପ୍ତ କରେ g-ମୂଲ୍ୟ ଅର୍ଥାତ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ମଧ୍ୟରେ ଆନୁପାତିକ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସ୍ପିନ ପାଇଁ g = 2 ଏବଂ କକ୍ଷୀୟ ସଂବେଗ ପାଇଁ g =1.



ଚିତ୍ର . **4.10:** M_s/M_m - T/θ ଲେଖଚିତ୍ର ବିଭିନ୍ନ ଜେ ମୂଲ୍ୟବୋଧ ପାଇଁ

Case II: ଯେବେ $T > \theta_f$: ଏଠାରେ,

$$M = NgJ\mu_B B_J(y) = NgJ\mu_B \frac{(J+1)y}{3J}\left[\because B_J(y) = \frac{J+1}{3J}y \quad \text{for } y \ll 1\right]$$

କିମ୍ବା, $$M = NgJ\mu_B \frac{(J+1)}{3J}\frac{gJ\mu_B H}{kT} = \frac{N\mu_J^2}{3kT}H\left[\because y = \frac{gJ\mu_B H}{kT}\right]$$

କିମ୍ବା, $$M = \frac{N\mu_J^2}{3kT}\left[H_{ext} + N_W M\right]$$

କିମ୍ବା, $$M\left[1 - \frac{N\mu_J^2 N_W}{3kT}\right] = \frac{N\mu_J^2}{3kT}H_{ext} \tag{4.59}$$

ଏହିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଦିଆଯାଏ,

$$\chi = \frac{M}{H_{ext}} = \frac{\dfrac{N\mu_J^{\,2}}{3kT}}{\left[1-\dfrac{N\mu_J^{\,2}N_W}{3kT}\right]} = \frac{\dfrac{N\mu_J^{\,2}}{3k}}{\left[T-\dfrac{N\mu_J^{\,2}}{3k}N_W\right]}$$

କିମ୍ବା,
$$\chi = \frac{C}{T-\theta_f} \tag{4.60}$$

ଯେଉଁଠାରେ,
$$C = \frac{N\mu_J^{\,2}}{3k}$$

ଏବଂ
$$\theta_f = CN_W \tag{4.61}$$

ଉଦାହରଣ 4.15 ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି 10^{27} ପରମାଣୁ ଥିବା ଏକ ବିରଳ ପୃଥିବୀ ଉପାଦାନପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପକ୍ୱତା ହିସାବ କର, ଯଦି ଉପାଦାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି 1 Bohr ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, $N = 10^{27}$ atoms/m^3 vkSj $M_m = 9.27 \times 10^{-24}$ Am$_2$

ତେଣୁ, ସାମଗ୍ରୀର ପରିପକ୍ୱ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ହେଉଛି

$$MS = N\mu_0 M_m = 10^{27} \times 4\pi\ 10^{-7} \times 9.27 \times 10^{-24}$$
$$= 1.164 \times 10^{-2}\ \text{Wb/m}^2$$

ଉଦାହରଣ 4.15

ଉଦାହରଣ 4.16 ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି 10^{27} ପରମାଣୁ ଥିବା ଏକ ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଗଣନା କର, ଯଦି ଏଥିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପକ୍ୱତା 1 Wb/m^2 ରହେ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, $N = 10^{27}$ atoms/m^3 ଏବଂ $M_S = 1$ Wb/m^2

ତେଣୁ, ସାମଗ୍ରୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି

$$M_m = \frac{M_S}{N\mu_0} = \frac{1}{10^{27}\times 4\pi \times 10^{-7}} = 7.96\times 10^{-24}\ \text{Am}^2.$$

ଉଦାହରଣ 4.16

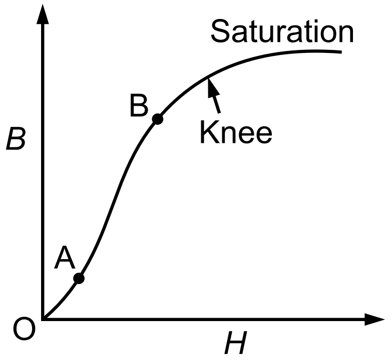
4.14 ତିନୋଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀର ପାର୍ଥକ୍ୟ

ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ	ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ	ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ
i. ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ସାମାନ୍ୟ ବିକର୍ଷିତ ।	i. ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ସାମାନ୍ୟ ଆକର୍ଷିତ ।	i. ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଦୃଢ ଭାବରେ ଆକର୍ଷିତ।
ii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପରମ ତାପମାତ୍ରାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ ।	ii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପରମ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ବିଲୋମ ପାତିକ।	ii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ଜଟିଳ ନିର୍ଭରଶୀଳତା ଦେଖାଏ।
iii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା $\mu < 1$.	iii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା $\mu > 1$.	iii. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା $\mu >> 1$.
iv. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $\chi > 1$.	iv. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $\chi > 1$.	iv. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $\chi >> 1$.
v. ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଦେଖାଏ ନାହିଁ।	v. ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଦେଖାଏ ନାହିଁ।	v. ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଦେଖାଏ।
vi. କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଧାରଣ କରେ ନାହିଁ।	vi. କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଧାରଣ କରେ ନାହିଁ।	vi. ଏକ ସୀମିତ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଅଛି।
vii. ଉଦାହରଣ, E_g, H, He, Bi, Sb, Cu, H_2O ଇତ୍ୟାଦି।	vii. ଉଦାହରଣ, E_g, Na, atoms, ଗ୍ୟାସୀୟ NO ଇତ୍ୟାଦି।	vii. ଉଦାହରଣ, E_g, Fe, Ni, Co ଇତ୍ୟାଦି।

4.15 B-H Curve

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର *B-H curve* (କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟତାବକ୍ର) ଅଭିବାହ ଘନତା *(B)* କିପରି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ *(H)* ସହିତ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ତାହା ସୂଚିତ କରେ।

ଚିତ୍ର.4.11 ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର *B-H* ବକ୍ରର ସାଧାରଣ ଆକୃତି ଦେଖାଏ। ବକ୍ରର ଅଣ-ରୈଖିକତା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା $\mu_r (= B/\mu_0 H)$ ସ୍ଥିର ନୁହେଁ; କିନ୍ତୁ ଅଭିବାହ ଘନତା ଉପରେ ବହୁତ ନିର୍ଭର କରେ। ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗଣନା କରିବା ସମୟରେ, ଏହା ନିଶ୍ଚିତ କରାଯିବା ଉଚିତ ଯେ μ_r ଏବଂ Hର ମୂଲ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟକରୁଥିବା ଅଭିବାହ ଘନତାରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ।



ଚିତ୍ର 4.11: ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର B-H curve

ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ, ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରଶ୍ନରେ ଉଠିଥିବା B-H curve ବହୁତ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇପାରେ। B-H curve ଗୁଡିକର ବ୍ୟବହାର ଏକ ଯଥାର୍ଥ ଡିଗ୍ରୀ ସହଜତା ସହିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ଗଣନାକୁ ଅନୁମତି ଦିଏ।

4.15.1 B-H Curve ରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗଣନା (Magnetic Calculations from B-H Curves)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ସମାଧାନ B-H curve ଗୁଡିକର ବ୍ୟବହାର କରି ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ସହଜରେ ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ:

i) ସାମଗ୍ରୀରେ ଅଭିବାହ ଘନତା B ଅନୁରୂପ, ସାମଗ୍ରୀର B-H curve ରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ H ଖୋଜିବା,

ii) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଗଣନା କରିବା l ଏବଂ

iii) ଆବଶ୍ୟକୀୟ m.m.f. (= Hl) ଗଣନା କରିବା।

4.16 ଚୁମ୍ବକୀୟ ହିଷ୍ଟେରେସିସ (Magnetic Hysteresis)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଏକ ଚକ୍ର ଅନୁଭବ କରେ, ସାମଗ୍ରୀରେ ଅଭିବାହ ଘନତା B ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ H ପଛରେ ଥାଏ। ଏହି ଘଟଣାକୁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କୁହାଯାଏ। ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ (H) ର ପଛରେ ଅଭିବାହ ଘନତା (B) ରହିବାର ଘଟଣା ଚୁମ୍ବକୀୟକରଣର ଚକ୍ର ଅଧୀନରେ ରହିବାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କୁହାଯାଏ।

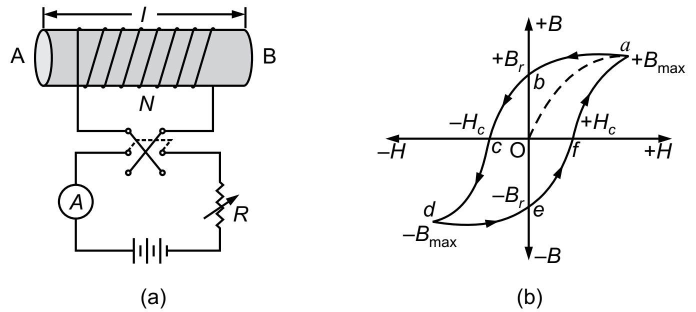
4.16.1 ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ (Hysteresis Loop)

ଧରାଯାଉ ଏକ ଅଣ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଲୁହା ଦଣ୍ଡ AB ଉପରେ N ମୋଡ଼ ତିଆରି ହୋଇଛି ଯେପରି ଚିତ୍ର 4.12 (a) ରେ ଦେଖାଯାଇଛି। ଏହି କୁଣ୍ଡଳିକା ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ H (=NI/l) କୁଣ୍ଡଳୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଭିନ୍ନ କରି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରିବ। ଯେତେବେଳେ ଲୁହା ଖଣ୍ଡଟି ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଗୋଟିଏ ଚକ୍ରର ଅଧୀନ ହୁଏ, B-H curve ର ଫଳାଫଳ ଏକ ପାଶ abcdefa କୁ ଚିହ୍ନଟ କରେ ଯାହାକୁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କୁହାଯାଏ।

i) ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳିକାରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଶୂନ, H = 0, ଯେପରି H ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ଅଭିବାହ ଘନତା (B) ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଯେପ୍ରର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅଭିବାହ ଘନତା ($+B_{max}$) ର ବିନ୍ଦୁ ସର୍ବାଧିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ। ଲୁହାର B-H curve ପଥ *Oa* କୁ ଅନୁସରଣ କରେ।

ii) ଯଦି H ଧୀରେ ଧୀରେ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ ଅଭିବାହ ଘନତା B aO ସାଙ୍ଗରେ ହ୍ରାସ ହୁଏ ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ପଥ *ab* କୁ ଅନୁସରଣ କରେ। ବିନ୍ଦୁ *b* ଠାରେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ H ଶୂନ ଅଟେ କିନ୍ତୁ ସାମଗ୍ରୀରେ ଅଭିବାହ ଘନତାର ଏକ ସୀମିତ ମୂଲ୍ୟ $+B_r$ (= Ob) ଯାହାକୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଭିବାହ ଘନତା କୁହାଯାଏ। ଅନ୍ୟ ଶବ୍ଦରେ, B, H ର ପଛରେ ରହେ। ଯେତେ ଅଧିକ ବ୍ୟବଧାନ, ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା।

iii) ଲୁହା ଖଣ୍ଡକୁ ଡି-ମ୍ୟାଗ୍ନେଟାଇଜ କରିବାକୁ (ଅର୍ଥାତ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ଅପସାରଣ କରିବାକୁ Ob), କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ଓଲଟାଇ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ H ଓଲଟା କରାଯାଏ। ଯେତେବେଳେ H ଧୀରେ ଧୀରେ ଓଲଟା ଦିଗରେ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ, B-H curve bc ପଥକୁ ଅନୁସରଣ କରେ ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ H =Oc, ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଶୂନ। ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱକୁ ପୋଛିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ H (= Oc) ର ମୂଲ୍ୟକୁ ବାଧତାମୂଳକ ବଳ (H_c) କୁହାଯାଏ।



ଚିତ୍ର . 4.12: (a) ଆଇରନ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଚକ୍ରର ଅଧୀନରେ ଏବଂ (b) ଏହାର B-H curve

iv) ଯଦି H ନକାରାତ୍ମକ ଦିଗରେ ଆହୁରି ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ, ସାମଗ୍ରୀ ପୁନର୍ବାର (ପଏଣ୍ଟ d) ନକାରାତ୍ମକ ଦିଗରେ ପରିପକ୍ୱ (saturate) ହୁଏ। H ଶୂନ୍ୟକୁ ହ୍ରାସ କରେ ଏବଂ ତା'ପରେ ଏହାକୁ ସକରାତ୍ମକ ଦିଗରେ ବୃଦ୍ଧି କରି curve defa କୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରେ | ଏହିପରି ଯେତେବେଳେ ଏକ ଲୁହା ଖଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଗୋଟିଏ ଚକ୍ରର ଅଧୀନ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ | B-H curve ଏକ ବନ୍ଦ ପାଶ abedefa ଚିହ୍ନଟ କରେ ଯାହାକୁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କୁହାଯାଏ। ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ H ପଛରେ B ରୁହେ।

4.16.2 ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି (Hysteresis Loss)

ଯଦି ଆମେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ନେବା ଏବଂ ଯଦି ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଏକ ଚକ୍ର ଅଧୀନରେ ରଖାଯିବ, ତେବେ ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟରେ ଆଣବିକ ଘର୍ଷଣ ହେତୁ ଶକ୍ତିର କ୍ଷତି ହେବ। ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି ପଦାର୍ଥର ପରିସର କିମ୍ବା ତଥା କଥିତ ଆଣବିକ ଚୁମ୍ବକର ସାମଗ୍ରୀ ଏକ ଉପାୟରେ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ତେଣୁ କରି ଏହାକୁ ପ୍ରଥମେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଏବଂ ତାହା ପରେ ଅନ୍ୟ ଦିଗକୁ ବୁଲିଯିବ। ଏହି ବିରୋଧ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଶକ୍ତିକୁ ସାମଗ୍ରୀରେ ଖର୍ଚ୍ଚ କରାଯାଏ। ଏହି କ୍ଷତି ଉତ୍ତାପ ଆକାରରେ ବାହାରକୁ ଆସେ ଯାହା ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା | ଏହି କ୍ଷତି ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମେସିନରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରିବ ଯାହାର ଲୁହା ଅଂଶ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଚକ୍ରରେ ଯୋଗଦାନ ପାଇଁ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରେ | ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତିର ପ୍ରଭାବ ହେତୁ ଉକ୍ତ ମେସିନର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ।

i) ବ୍ୟବହାରିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଏବଂ ଅଧିକାଂଶ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମୋଟର ଚାଳିତ କରାଯାଏ | ଏହି ସମସ୍ତ ଉପକରଣରେ, ଅଭିବାହ କ୍ରମାଗତ ଲୁହା ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ଜଡିତ ତେବେ ଏହି ପ୍ରକାରର ମେସିନରେ ଏହା ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ସୃଷ୍ଟି କରେ।

ii) ଯେତେବେଳେ ଏକ ଲୁହା ଅଂଶ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରେ ସେତେବେଳେ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ମଧ୍ୟ ହୁଏ | ଉଦାହରଣ, d.c ଯନ୍ତ୍ର।

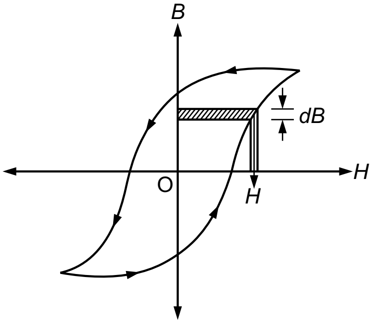
ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତିର ଗଣନା: ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର ଶକ୍ତି loss/m^3/cycle କୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ। ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଥାଏ, କ୍ଷେତ୍ର ଭୁଶୁଡିବା ସମୟରେ ଷ୍ଟୋର ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି ପରିପଥକୁ ଫେରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ। ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ଥାଏ, ତେବେ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଉଥିବା ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ଫେରସ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ; ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପ୍ରଭାବ ହେତୁ ଏହାର କିଛି ଅଂଶ ଉତ୍ତାପରେ ପରିଣତ ହେବ।

ଧରାଯାଉ L = ଲୁହାଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, A = ଲୁହାଦଣ୍ଡର କ୍ରସ-ସେକ୍ସନାଲ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏବଂ

N = କୁଣ୍ଡଳିକାର ତାରର ମୋଡ଼ । ଧରାଯାଉ ଯେକୌଣସି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ, i କୁଣ୍ଡଳିକା ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି ।

ତା'ପରେ, $$H = \frac{Ni}{l} \quad (4.62)$$

କିମ୍ବା, $$i = \frac{Hl}{N} \quad (4.63)$$



ଚିତ୍ର . 4.13: ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି (Hysteresis Loss)

ଧରାଯାଉ ଅଳ୍ପ ସମୟ dt ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ di ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅଭିବାହ ଘନତା dB ବୃଦ୍ଧି ହେବ ଏବଂ ଅଭିବାହ $d\phi\,(= AdB)$ ର ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହେବ । ଏହା ଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡଳିକା ମଧ୍ୟରେ ଏକ e.m.f=e ପ୍ରେରିତ ହେବ । ଯାହା ନିମ୍ନ ମତେ ଲେଖାଯିବ ।

$$e = N\frac{d\phi}{dt} = NA\frac{dB}{dt}$$

ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଏହି e.m.f. ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ i କୁ ବିରୋଧ କରିବ, ତେଣୁ ଶକ୍ତି dW ଏହି e.m.f. ବିରୋଧକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବାରେ ଖର୍ଚ୍ଚ ହେବ।

$$dW = ei\,dt = \left(NA\frac{dB}{dt}\right)\times\left(\frac{HI}{N}\right)\times dt = Al \times H \times dB$$

$= V \times (H \times dB)J$ ଯେଉଁଠାରେ Al = V = ଲୁହାଦଣ୍ଡର ଆୟତନ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ $H \times dB$ ଛାୟାଯୁକ୍ତ ଷ୍ଟ୍ରିପ । (ଚିତ୍ର . 4.13) ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଗୋଟିଏ ଚକ୍ରପାଇଁ, କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $H \times dB$ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ ।

ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ଏକ ଚକ୍ର ପାଇଁ,

$$W_h = V \times (\text{ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର})\text{ joules} \quad (4.64)$$

ଯଦି f ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଓଲଟା ଆବୃତ୍ତି, ହିଷ୍ଟେରେସିସର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ,

$$P_h = W_h \times f = V \times (\text{ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର}) \times f \quad (4.65)$$

ଉଦାହରଣ 4.17 ଯଦି ଶକ୍ତି/ଏକକ ଆୟତନ/ସାଇକଲ/ହିଷ୍ଟେରେସିସ $0.4 J/m^3$ ଅଟେ ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳର ଆୟତନ $10^{-3}\ m^3$, ଯେତେବେଳେ ଏହାକୁ 50Hz ର AC ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି ଶକ୍ତିର କ୍ଷତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର |

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, $A = 0.4\ J/M^3$, $F = 50$ ହର୍ଜ ଏବଂ $V = 10^{-3}\ m^3$.

ତେଣୁ, ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାୱାର କ୍ଷତି

$VAF \times 3600 = 10^{-3} \times 0.4 \times 50 \times 3600 = 72$ J/s.

ଉଦାହରଣ 4.17

ଉଦାହରଣ 4.18 ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ନମୁନାର ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶରେ ଏକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 500 J/m^3 ଅଟେ | ଯଦି ନମୁନାର ଘନତା 7400 kg/m^3 ଏବଂ ନମୁନାର ଓଜନ 2 kg, ତେବେ 100 Hz ରେ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହିସାବ କର |

ସମାଧାନ

ଯଦି f ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଓଲଟା ଆବୃତ୍ତି ତେବେ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷମତା ହ୍ରାସ,

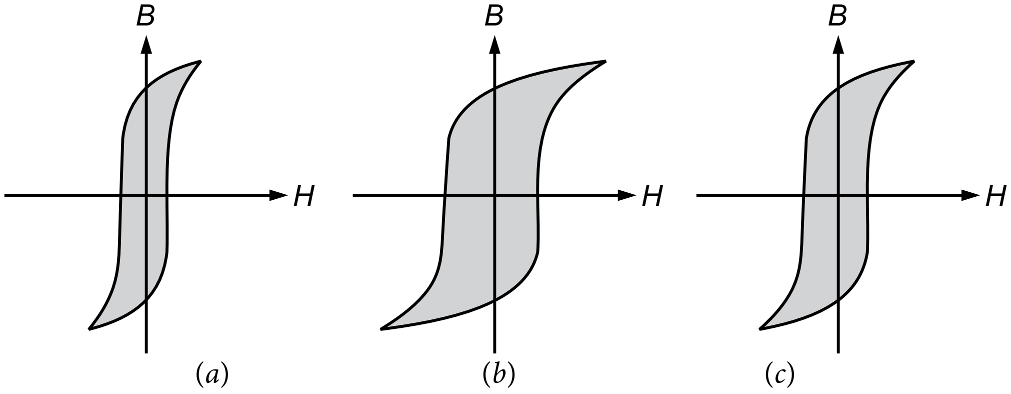
$$P_h = W_h \times f = V \times (\text{ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର}) \times f = VAF$$

ଏଠାରେ, $A = 500\ J/m^3, f = 100\ Hz\quad V = Md = (2/7400)$

ତେଣୁ, ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷମତା ହାନୀ = $\frac{2}{7400} \times 500 \times 100 = 13.51\ J/s.$

ଉଦାହରଣ 4.18

ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶର ଗୁରୁତ୍ୱ: ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶର ଆକୃତି ଏବଂ ପରିସର ମୁଖ୍ୟତଃ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରୟୋଗ ପାଇଁ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ପସନ୍ଦ ପ୍ରାୟତଃ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶର ଆକୃତି ଏବଂ ପରିସର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।



ଚିତ୍ର. 4.14: (a) ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଲେଖଚିତ୍ର ସିଲିକନ ଷ୍ଟିଲପାଇଁ, (b) କଠିନ ଇସ୍ପାତ ଏବଂ (c) ଲୁହା ତିଆରି କରେ

i) ଯଦି ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କ୍ଷେତ୍ର ଛୋଟ ହୁଏ, ତେବେ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି କମ ହୋଇଯାଏ । ସିଲିକନ ଷ୍ଟିଲ ପାଇଁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବହୁତ ଛୋଟ [ଚିତ୍ର . 4.14 (a)] ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ ସିଲିକନ ଷ୍ଟିଲ ମୁଖ୍ୟତଃ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳ ପାଇଁ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ଦ୍ରୁତ ଓଲଟା ଅଧୀନରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଯନ୍ତ୍ର ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ii) କଠିନ ଇସ୍ପାତ ପାଇଁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ [ଚିତ୍ର 4.14 (b)] ଉଚ୍ଚ ଧାରଣଶୀଳତା ଏବଂ ନିଗାହତାକୁ (correctivity) ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାପାଇଁ କଠିନ ଇସ୍ପାତ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ । କିନ୍ତୁ ପାଶର ବୃହତ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହେତୁ, ଅଧିକ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ହୁଏ । ଏହି କାରଣରୁ, ବିଦ୍ୟୁତ ଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମାଣ ପାଇଁ କଠିନ ଇସ୍ପାତ ଉପଯୁକ୍ତ ନୁହେଁ ।

iii) ଛାଞ୍ଚଢଳା ଲୁହା ପାଇଁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ [ଚିତ୍ର 4.14 (c)] ଯଥେଷ୍ଟ ଭଲ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ନିଗାହତା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ ଏବଂ ତେଣୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟର ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ ଏହା ଉପଯୁକ୍ତ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶର ଆକୃତି ଏବଂ ପରିସର ମଧ୍ୟ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଦୁଇଟି କାରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ

a) ଅଭିବାହ ଘନତାର ସର୍ବାଧିକ ସ୍ଥାପିତ ମୂଲ୍ୟ ଏବଂ

b) ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବସ୍ଥା.

4.17 ଅଣ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (Antiferromagnetism)

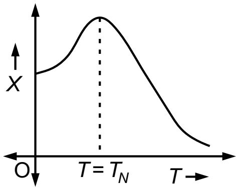
ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏହି ଅନୁମାନ ଉପରେ ଆଧାରିତ ଯେ ବିନିମୟ ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ସକରାତ୍ମକ। ଯେତେବେଳେ ବିନିମୟ ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ନକାରାତ୍ମକ (ପଡ଼ୋଶୀ ସ୍ପିନର ଅଣସମାନ୍ତରାଳ ଆଭିମୁଖ୍ୟ), ଆମେ ଏକ ଅଣ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଥାଉ। ଏହିପରି ପ୍ରଣାଳୀ ପ୍ରଥମେ Neel and Bitter ଦ୍ୱାରା ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଭାବରେ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ Van Vleckଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବିସ୍ତାର କରାଯାଇଥିଲା। 1938 ରେ, Bizette, Squire and Tsai ପ୍ରଥମେ ଏହାକୁ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଭାବରେ MnOର ଏକ ସ୍ୱଭାବ ଭାବରେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ। ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ MnF_2 ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଦେଖାଏ। ଏହା ଚିତ୍ର 4.15 ରେ ଦେଖାଯାଇଛି।

ଅଣ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ମୌଳିକ ଚିତ୍ରପାଇଁ ସବୁଠାରୁ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ପ୍ରମାଣ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ ବିକୀର୍ଣ୍ଣନ ପରୀକ୍ଷଣରୁ ନିଶ୍ଚିତ ହୋଇଛି। ଯେତେବେଳେ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ ଏକ ସ୍ଫଟିକରେ ଆପତିତ ହୁଏ, ସେମାନେ କେବଳ ପରମାଣୁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷିପ୍ତ ନୁହଁନ୍ତି ବରଂ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ ସ୍ପିନ ଏବଂ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଆୟନ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା କରି ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ଯାହା ଉପସ୍ଥିତ ଥାଇପାରେ। ଫଳସ୍ୱରୂପ, କ୍ରମ ଅନୁଯାୟୀ ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଅବସ୍ଥା ଅତିରିକ୍ତ ବିକୀର୍ଣ୍ଣନ ରେଖାଗୁଡିକୁ ଜନ୍ମ ଦେଇଥାଏ ଯେପରି ଜଣେ କ୍ରମ ସଜିତ ମିଶ୍ରଧାତୁ ପାଇଁ ଅତିରିକ୍ତ ଏକ୍ସ-ରେ ବିକୀର୍ଣ୍ଣନ ରେଖାଗୁଡିକ ପ୍ରକାଶିତ କରେ।

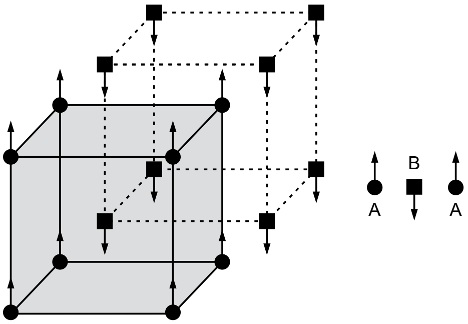
ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ସହିତ ଏହି ଅତିରିକ୍ତ ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ, କାରଣ ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ କ୍ରମର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ। ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ଅତିରିକ୍ତ ରେଖା ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ପାଇଁ Neel ତାପମାତ୍ରା ତଳେ ପରମାଣୁଗୁଡିକ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପାରାଚୁମ୍ବକ ହୋଇଯାଏ |

4.18 ନୀଲଙ୍କ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Neel's Molecular Field Theory)

ଆସନ୍ତୁ ଦୁଇଟି ଉପ-ଲାଟିସ ମଡେଲ ଉପରେ ବିଚାର କରିବା ଯେଉଁଥିରେ A ପରମାଣୁର ସମସ୍ତ ନିକଟତମ ପଡ଼ୋଶୀ ଏକ ପରମାଣୁ B ବୋଲି ଜଣାପଡିଛି ଏବଂ ବିପରୀତ ମଧ୍ୟ ସତ୍ୟ (vice-versa) (ଚିତ୍ର. 4.16) । ତଥାପି, ଆମେ ଅନୁମାନ କରିବୁ ଯେ, ଏକ ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ AB ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ବ୍ୟତୀତ, ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ AA ଏବଂ BBର ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ଅଛି । ଏକ N ପରମାଣୁ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ, ସେଠାରେ ଉପ-ଜାଲି A ପାଇଁ N/ 2 ପରମାଣୁ ରହିବା ଉଚିତ୍ ଏବଂ B ଉପ-ଜାଲି ପାଇଁ N/2 ପରମାଣୁ ରହିବ ।



ଚିତ୍ର . 4.15: χ-T ଲେଖଚିତ୍ର ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ



ଚିତ୍ର . 4.16: ଦୁଇଟି ସବଲାଟିସ ମଡେଲ: ନୀଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆଣବିକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ କ୍ଷେତ୍ର A ସାଇଟ ହେଉଛି,

$$\vec{H}_{mA} = -N_{AB}\vec{M}_B - N_{AA}\vec{M}_A = -N_{AB}\vec{M}_B - N_{ii}\vec{M}_A \tag{4-66}$$

ଏବଂ ଆଣବିକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ କ୍ଷେତ୍ର B ସାଇଟ ହେଉଛି,

$$\vec{H}_{mB} = -N_{BA}\vec{M}_A - N_{BB}\vec{M}_B = -N_{AB}\vec{M}_A - N_{ii}\vec{M}_B \tag{4-67}$$

ଯେଉଁଠାରେ $N_{AA} = N_{BB} = N_{ii} \quad N_{AB} = N_{BA}$ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିର ଅଟେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପଡ଼ିଆ A ସାଇଟ ଏହିପରି ଲେଖାଯିବ,

$$\vec{H}_A = \vec{H} - N_{AB}\vec{M}_B - N_{ii}\vec{M}_A \tag{4-68}$$

ଏବଂ ପଡ଼ିଆ ***B*** ସାଇଟ ଏହିପରି ଲେଖାଯିବ,

$$\vec{H}_B = \vec{H} - N_{AB}\vec{M}_A - N_{ii}\vec{M}_B \tag{4-69}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଦୁଇଟି ତାପମାତ୍ରା ବିଭାଗ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇପାରେ:

Case I: ଯେବେ $T > T_N$

ଏହି ଘଟଣାପାଇଁ ଅର୍ଥାତ, ଯେତେବେଳେ ତାପମାତ୍ରା ନୀଲ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ଥାଏ, ଆମେ ପରିପକ୍ୱତା ଠାରୁ ବହୁତ ଦୂରରେ ଏବଂ A ଜାଲି (lattice) ଗୁଡିକର ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ଆମେ ନିମ୍ନରେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\vec{M}_A = \frac{N}{2} g\mu_B S_A B_S(x_A) = \frac{N}{2} g\mu_B S \frac{S+1}{3S} x_A$$

$$= \frac{N}{2} g\mu_B \frac{S+1}{3} \frac{g\mu_B S_A \vec{H}_A}{kT} \qquad \left[\because x_A = \frac{g\mu_B S_A \vec{H}_A}{kT}\right]$$

$$= \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{6kT}\vec{H}_A$$

$$= \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{6kT}\left[\vec{H} - N_{AB}\vec{M}_B - N_{ii}\vec{M}_A\right]$$

$$= \frac{C}{2T}\left[\vec{H} - N_{AB}\vec{M}_B - N_{ii}\vec{M}_A\right] \qquad \left[\because C = \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{3k}\right] \tag{4-70}$$

ସେହିଭଳି,ଚୁମ୍ବକୀୟତାB ଜାଲିଗୁଡିକ ଏହିପରି ଲେଖାଯିବ,

$$\vec{M}_B = \frac{N}{2}g\mu_B S_B B_S(x_B) = \frac{N}{2}g\mu_B S\frac{S+1}{3S}x_B$$

$$= \frac{N}{2}g\mu_B\frac{S+1}{3}\frac{g\mu_B S_B\vec{H}_B}{kT} \qquad \left[\because x_B = \frac{g\mu_B S_B\vec{H}_B}{kT}\right]$$

$$= \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{6kT}\vec{H}_B = \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{6kT}\left[\vec{H} - N_{AB}\vec{M}_A - N_{ii}\vec{M}_B\right]$$

$$= \frac{C}{2T}\left[\vec{H} - N_{AB}\vec{M}_A - N_{ii}\vec{M}_B\right] \quad \left[\because C = \frac{Ng^2\mu_B{}^2(S+1)}{3k}\right] \tag{4-71}$$

ଏହିପରି, ଦୁଇଟି ଉପ-ଜାଲିର ସମୁଦାୟ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$\vec{M} = \vec{M}_A + \vec{M}_B = \frac{C}{2T}\left[2H - N_{AB}(\vec{M}_A + \vec{M}_B) - N_{ii}(\vec{M}_A + \vec{M}_B)\right]$$

$$= \frac{C}{2T}\left[2H - N_{AB}\vec{M} - N_{ii}\vec{M}\right]$$

$$= \frac{C}{2T}\left[2H - (N_{AB} + N_{ii})\vec{M}\right] \tag{4-72}$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{M}\left[1 + \frac{C}{2T}(N_{AB} + N_{ii})\right] = \frac{C}{T}\vec{H} \tag{4-73}$$

ଯଦି ଆମେ ଅନୁମାନ କରୁ $\vec{M}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ସମାନ୍ତର ତେବେ ସମୀକରଣଗୁଡିକ ଅଦିଶ ହୋଇଯିବ ଏବଂ ଆମେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପାଇଥାଉ,

$$\chi = \frac{\vec{M}}{\vec{H}} = \frac{\frac{C}{T}}{\left[1 + \frac{C}{2T}(N_{AB} + N_{ii})\right]}$$

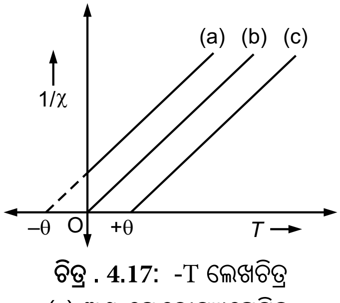
$$= \frac{C}{T + \frac{C}{2}(N_{AB} + N_{ii})}$$

କିମ୍ବା,

$$\chi = \frac{C}{T + \theta} \tag{4-74}$$

ଯେଉଁଠାରେ

$$\theta = \frac{C}{2}(N_{AB} + N_{ii}) \tag{4-75}$$

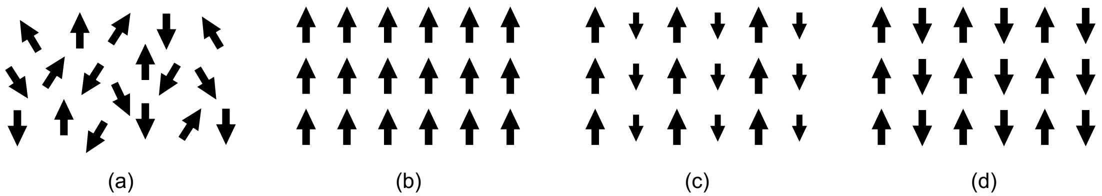


ଚିତ୍ର . 4.17: -T ଲେଖଚିତ୍ର
(a) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
(b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ
(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ

ଏହିପରି ଯେତେବେଳେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ θ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଏ, ଏହା ଦେଖା ଯାଇଛି ଯେ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକରେ $(T-\theta)$ ପରିବର୍ତ୍ତେ $(T+\theta)$ ଥାଏ । ଅଧିକନ୍ତୁ, କ୍ୟୁରୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ C ଏକକ A କିମ୍ବା B ଜାଲିର କ୍ୟୁରୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କର ଦୁଇଗୁଣ । ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଆଚରଣ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ଆମେ ଚିତ୍ର. 4.17 ରେ 1/ ବନାମ T ର ଲେଖଚିତ୍ର କରିପାରିବା ।

4.19 ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ (Ferrimagnetics Materials)

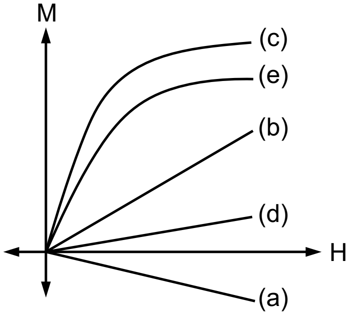
ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରମାଣୁ ସ୍ଥଳରେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣଗୁଡ଼ିକର ଅଣ-ସମାନ୍ତରାଳ କ୍ରମ ସଜା (ଯେପରିକି ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ) ଦେଖାଏ ଏବଂ ପଡ଼ୋଶୀ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଛୋଟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀରେ ଏକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ (ଚିତ୍ର 4.18) ।



ଚିତ୍ର . 4.18: (a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, (c) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ (d) ଅଣ -ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ସ୍ପିନ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ

ଫେରାଇଟ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ । ଏହା ଆଣବିକ ଚୁମ୍ବକରେ ମଧ୍ୟ ଥାଇପାରେ, Fe_3O_4 ସର୍ବପୁରାତନ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା (ଉଦାହରଣ: 580°C ମ୍ୟାଗ୍ନେଟାଇଟ ପାଇଁ) ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ତୁଳନାରେ କମ (ଉଦାହରଣ: Co ପାଇଁ 1131°C) ।

ଏହି ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ପରି ସମାନ ଢଙ୍ଗରେ କ୍ୟୁରୀ ପଏଣ୍ଟ ନିକଟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତାର ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଭରଶୀଳତାକୁ ଅନୁସରଣ କରେ । କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ତଳେ ସେମାନଙ୍କର ଯଥେଷ୍ଟ ବଡ଼ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଅଛି । ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ M-H curve ର ଲେଖଚିତ୍ର ଚିତ୍ର 4.19 ରେ ଦେଖାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର. 4.19: M-H ଲେଖଚିତ୍ର (a) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ
(b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ,
(d) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ
(e) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ

4.20 ଫେରାଇଟ (Ferrites)

ଫେରାଇଟ ଅଣଧାତବ, ସିରାମିକ ପରି ଏବଂ ଫର୍ମୁଲା $M\ (Fe_xO_y)$ ଦ୍ୱାରା ବର୍ଣ୍ଣିତ ଅଟେ, ଯେଉଁଠାରେ M ଯେକୌଣସି ଧାତୁକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଯାହା ଡିଭାଲେଣ୍ଟ ବଣ୍ଡ (divalent bonds) ଗଠନ କରେ, ଯେପରିକି ନିକେଲ ଫେରାଇଟ $(NiFe_2O_4)$.

ଫେରାଇଟର କିଛି ଗୁଣ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା:

- ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପକ୍ୱତା
- ଉଚ୍ଚ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରତିରୋଧକତା
- କମ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷତି
- ବହୁତ ଭଲ ରାସାୟନିକ ସ୍ଥିରତା

ଫେରିଟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ:

- ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ
- ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଏବଂ ଟୋରୋଇଡାଲ ପ୍ରଣୋଦକ (ଫେରାଇଟ ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳ ଭାବରେ)
- କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମେମୋରୀ ଉପାଦାନଗୁଡିକ
- କଠିନ- ଅବସ୍ଥା ଉପକରଣଗୁଡିକ

ଫେରାଇଟ୍ସର ହିଷ୍ଟେରେସିସ ବକ୍ର ଆୟତକ୍ଷେତ୍ର ପରିସରର ଅଟେ ।

ଫେରାଇଟ ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ

ଫେରାଇଟ ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ

i) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ତୁଳନାରେ ଫେରାଇଟ୍ସରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ବହୁତ କମ ।

ii) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ତୁଳନାରେ ଫେରାଇଟ୍ସର ଅଧିକ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ କମ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ଅଛି ।

iii) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ତୁଳନାରେ ଫେରାଇଟ୍ସର ନଗଣ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହକତା ଅଛି ।

ଫେରାଇଟ୍ସକୁ ସେମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗୁଣ ଦୃଷ୍ଟିରୁ 'ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ' ଏବଂ 'କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ' ଭାବରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି ।

4.20.1 ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ (Soft Magnetic Materials)

ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀରେ ପରିସର କାନ୍ଥଗୁଡିକର ସଂବେଗ ସେଗୁଡିକୁ ସହଜରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏବଂ ଅଣଚୁମ୍ବକୀୟ ହେବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ତେଣୁ, ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ଅସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ତିଆରି ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ (ଅର୍ଥାତ, ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକୀୟ) । ସେମାନଙ୍କର କୌଣସି ଶୂନ୍ୟତା ନାହିଁ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଗଠନ ସମାନ ଅଟେ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ସାମଗ୍ରୀଗୁଡ଼ିକ ଅଶୁଦ୍ଧତା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଅନ୍ୟ କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି:

i) ଛୋଟ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହେତୁ ସେମାନଙ୍କର କମ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ହୁଏ ।

ii) ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା ଅଧିକ ।

iii) ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ ଧାରଣଶୀଳତା କମ ।

iv) ଗଛିତ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି କମ ।

v) ଉଚ୍ଚ ପ୍ରତିରୋଧକତା ହେତୁ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପାଇଁ କ୍ଷତି କମ ।

vi) କମ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ ଧାରଣଶୀଳତା ହେତୁ, ସେଗୁଡିକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ।

4.20.2 କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ (Hard Magnetic Materials)

ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ କରାଗଲେ ମଧ୍ୟ, ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ସେଗୁଡିକର ଚୁମ୍ବକୀୟତାକୁ ବଜାୟ ରଖିପାରିବ ଏବଂ ପ୍ରାୟତଃ ସେଗୁଡିକ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ହେବା କଷ୍ଟକର। ତେଣୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଉତ୍ପାଦନପାଇଁ ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ। ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକରେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡିକ ଏକ ଇଚ୍ଛାକୃତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଗରମ ହୁଏ ଏବଂ ତା'ପରେ ପ୍ରଶମିତ (quenched) କରାଯାଏ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ପରିସର କାନ୍ଥଗୁଡିକର ସଂବେଗକୁ ରୋକାଯାଇପାରିବ। କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସାମର୍ଥ୍ୟ ଏଥିରେ କିଛି ଅଶୁଦ୍ଧତା ଯୋଡି ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ। ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀର ଅନ୍ୟ କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣ ହେଉଛି:

i) ବୃହତ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହେତୁ ସେମାନଙ୍କର ବଡ଼ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତି ହୁଏ।

ii) ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା କମ।

iii) ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ ଧାରଣଶୀଳତାର ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ବଡ଼।

iv) ଗଚ୍ଛିତ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଅଧିକ।

v) ସେମାନେ ଉଚ୍ଚ B-H ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି।

vi) ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ , ହେତୁ କ୍ଷତି ଅଧିକ।

ଏକକ ସାରାଂଶ

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା (B)

  ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ରାଶି ଏକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳରେ ଏହାର ଦିଗ ସହ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବେ ନିଆଯାଏ

- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା (H)

$$H = \frac{B}{\mu_0}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟତା (M)

$$M = \frac{\mu}{V} = \frac{m}{\alpha}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ()

$$\chi = \frac{M}{H}$$

- **B, H ଏବଂ M ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ**

$$\vec{B} = \mu_0\left(\vec{M} + \vec{H}\right)$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା (B)

  ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ରାଶି ଏକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳରେ ଏହାର ଦିଗ ସହ ଭୂଲମ୍ବ ଭାବେ ନିଆଯାଏ

- ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା (H)

$$H = \frac{B}{\mu_0}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟତା (M)

$$M = \frac{\mu}{V} = \frac{m}{\alpha}$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ()

$$\chi = \frac{M}{H}$$

- B, H ଏବଂ M ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ

$$\vec{B} = \mu_0\left(\vec{M} + \vec{H}\right)$$

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ବର୍ଗୀକରଣ

  ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ: ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀରେ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଅନୁପସ୍ଥିତ ଥାଏ

  ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ: ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ସ୍ଥାୟୀ ଦ୍ୱିମେରୁ ଧାରଣ କରେ

  ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ: ଏହି ପ୍ରକାରର ସାମଗ୍ରୀ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ଧାରଣ କରେ

  ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ: କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ସେମାନେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ହୁଅନ୍ତି

  ଅଣ-ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ: କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାତଳେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ

  ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହା ହ୍ରାସ ପାଏ

- ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

  ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ: $\mu = g\left(\frac{e}{2m}\right)\frac{\hbar}{2}$

  ପରମାଣବିକ ସ୍ପିନ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ: $\mu_n = \frac{e\hbar}{2M}$

- ହୁଣ୍ଡଙ୍କ ନିୟମ

  ପରମାଣୁରେ ସମସ୍ତ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସେଲ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଂବେଗ ପାଇଁ ଯୋଗଦାନ କରେ ନାହିଁ ଏବଂ ଏହା କେବଳ ଆଂଶିକ ଭାବରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ସେଲ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

- ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

$$\overrightarrow{\mu_{in}} = -\frac{\mu_0 e^2 \bar{r}^2}{6m}\vec{H} \qquad \chi_{dia} = -\frac{N\mu_0 Ze^2}{6m}\bar{r}^2$$

- ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (ଲାଙ୍ଗେଭିନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ)

$$\chi = \frac{C}{T}$$

- ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ: କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ

$$\chi = \frac{C}{T - \theta}$$

- ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ-ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପାଇଁ

$$\chi = \frac{C}{T - \theta_f}$$

- ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ପାର୍ଥକ୍ୟ

ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ : ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା <1

ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ : ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା >1

ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ : ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା >>1

- **B-H କର୍ଭ (curve)**

B-H ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ବକ୍ର (କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟତା ବକ୍ର) ସୂଚିତ କରେ କିପରି ଅଭିବାହ ଘନତା (B) ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ (H) ଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ହିଷ୍ଟେରେସିସ (Hysteresis)

$W_h = V \times$ (ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର) ଜୁଲ

- ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ

ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା ତଳେ ଅଣଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ପାଇଁ, ପରମାଣୁ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁର୍ତ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଲାଭ କରେ ଏବଂ ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟରେ ପରିଣତ ହୁଏ

- ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ବିରୋଧୀ ନୀଲଙ୍କ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

$$\chi = \frac{C}{T + \theta}$$

- ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ତଳେ ସାମଗ୍ରୀ ଗୁଡିକ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟପୂର୍ଣ୍ଣ ମାତ୍ରାଧିକ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଧାରଣ କରନ୍ତି

- ଫେରାଇଟ୍ସ

ଫେରାଇଟ ହେଉଛି ଅଣଧାତବ, ସିରାମିକ ପରି, ସାଧାରଣତଃ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ , ଅନ୍ୟ ଅକ୍ସାଇଡ ସହିତ ଫେରିକ ଅକ୍ସାଇଡର ଯୌଗିକ, ଯାହା ଅତ୍ୟଧିକ ଉଚ୍ଚ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତିରୋଧକତା ବହନ କରେ ।

ଫେରାଇଟ୍ସକୁ ପ୍ରାୟତଃ 'ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ' ଏବଂ 'କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ' ଭାବରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ସେମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଗୁଣ ଦୃଷ୍ଟିରୁ' ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନ

4-1 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି।

(a) $\chi = \frac{1}{T}$ (b) $\chi = \frac{c}{T-\theta}$

(c) $\chi = \frac{c}{T+\theta}$ (d) None of these

4-2 Bohr ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ହେଉଛି

(a) $\frac{eh}{2m}$ (b) $\frac{eh}{4m}$

(c) $\frac{eh}{4\pi m}$ (d) $\frac{eh}{2\pi m}$

4-3 Curie-Weiss ନିୟମ ପାଳନ କରାଯାଏ।

(a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

(b) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

(c) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

(d) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାତଳେ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

4-4 ନକାରାତ୍ମକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଦେଖାଉଥିବା ସାମଗ୍ରୀ ହେଉଛି।

(a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

4-5 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ବିରୋଧୀ ପାଇଁ Curie-Weiss ନିୟମ ହେଉଛି।

(a) $\chi_m = \frac{C}{T-\theta_N}$ (b) $\chi_m = \frac{C}{T}$

(c) $\chi_m = \frac{C}{T+\theta_N}$ (d) $\chi_m = \frac{CT}{T+\theta_N}$

4-6 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ।

(a) 1/T (b) T

(c) T^2 (d) None of these

4-7 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ଏକକ ହେଉଛି।

(a) Am^2 (b) A/m

(c) Wb/m^2 (d) Wb/m

4-8 B, H ଏବଂ M ଏହିପରି ସମ୍ପର୍କୀୟ

(a) $\vec{B} = \frac{\vec{H}}{\mu_0} - \vec{M}$ (b) $\vec{H} = \frac{\vec{M}}{\mu_0} - \vec{B}$

(c) $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$ (d) $\vec{H} = \vec{B} - \mu_0 \vec{M}$

4-9- 1 Bohr ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ସମାନ

(a) 7.29×10^{-24} Am^2 (b) 7.92×10^{-24} Am^2

(c) 9.72×10^{-24} Am^2 (d) 9.27×10^{-24} Am^2

4-10 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ ପାରଗମ୍ୟତା ସମାନ

(a) 4p × 10^{-7} H/m (b) 4p × 10^{-7} H-m

(c) 4p × 10^{7} H-m (d) 4p × 10^{7} H/m

4-11 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ।

(a) କ୍ୟୁରି-ୱେସ ତାପମାତ୍ରା (b) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା

(c) ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

4-12 ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ, ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି।

(a) ଛୋଟ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ (b) ବଡ଼ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ

(c) ଛୋଟ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ (d) ବଡ଼ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ

4-13 ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ନାହିଁ?

(a) ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

4.14 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ପରି ଆଚରଣ କରେ।

(a) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାରେ (b) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ କମ୍

(c) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଉପରେ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

4-15 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ଘଟେ।

(a) କ୍ୟୁରି-ୱେସ ତାପମାତ୍ରା (b) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା

(c) ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

4-16 ଅସମାନ ରାଶି ସହିତ ଦ୍ୱିମେରୁର ଅଣ ସମାନ୍ତରାଳ ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ସାମଗ୍ରୀରେ ଘଟେ?

(a) ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

4-17 ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟର ରହିବା ଉଚିତ।

(a) କମ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ କମ ଧାରଣଶୀଳତା

(b) କମ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ ଉଚ୍ଚ ପୁନଃ-ପ୍ରବଚନା

(c) ଉଚ୍ଚ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ କମ ଧାରଣଶୀଳତା
(d) ଉଚ୍ଚ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଏବଂ ଉଚ୍ଚ ପୁନଃଟେଣ୍ଟେଭିଟି

4.18 ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ସାମଗ୍ରୀ ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍ ଦେଖାଏ?
(a) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ
(c) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

4.19 ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ଇସ୍ପାତକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କରିବା ସହଜ ଅଟେ?
(a) ଅଣ-ଶସ୍ୟ ଭିତ୍ତିକ (b) ଶସ୍ୟ ଭିତ୍ତିକ
(c) କାଷ୍ଟ ଆଇରନ (d) ଷ୍ଟେନଲେସ ଷ୍ଟିଲ

4.20 ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ଆପ୍ଲିକେସନଗୁଡିକରେ, ଫେରାଇଟ ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ଅପେକ୍ଷା ପସନ୍ଦ କରାଯାଏ କାରଣ ଏଥିରେ ଅଛି।
(a) ଉଚ୍ଚ ପାରଗମ୍ୟତା (b) ଉଚ୍ଚ ପ୍ରତିରୋଧକତା
(c) ଉଚ୍ଚ ପରିପକ୍ୱ ଚୁମ୍ବକୀୟତା (d) ବର୍ଗାକାର ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ

4.21 ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ କଠିନ ଫେରାଇଟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ।
(a) ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର କୋର (b) ବିଦ୍ୟୁତ ଯନ୍ତ୍ରପାତି
(c) ହାଲୁକା ଓଜନ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ (d) ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ଉପକରଣ

4.22 ନିମ୍ନରେ ଥିବା ତାପମାତ୍ରା ଯାହା ତଳେ କିଛି ସାମଗ୍ରୀ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ତା'ଠାରୁ ଅଧିକ ଯାହା ଉପରେ ସେଗୁଡିକ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ବୋଲି କୁହାଯାଏ।
(a) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା (b) ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା
(c) ପରିବର୍ତ୍ତନ ତାପମାତ୍ରା (d) ୱେସ ତାପମାତ୍ରା

4.23 ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥପାଇଁ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ସର୍ବାଧିକ।
(a) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା (b) ନୀଲ ତାପମାତ୍ରା
(c) ପରିବର୍ତ୍ତନ ତାପମାତ୍ରା (d) ୱେସ ତାପମାତ୍ରା

4.24 କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ ସତ୍ୟ ଅଟେ।
(a) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା (b) ତଳେ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାରେ
(c) କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ (d) ନୀଲ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଅଧିକ

4.25 B-H ପାଶର ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ।
(a) କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ (b) କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ତୁଳନାରେ କମ ସମାନ
(c) କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଠାରୁ ଅଧିକ (d) ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

4.26 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀରେ, ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି।
(a) ବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ (b) ବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ
(c) ବହୁତ ବଡ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ (d) ବହୁତ ବଡ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ

4.27 ସାମଗ୍ରୀରେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନାହିଁ।

(a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

(c) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

4.28 ସ୍ୱତଃସ୍ଫୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାଦ୍ୱାରା ଦେଖାଯାଏ।

(a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଯୌଗିକ (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଯୌଗିକ

(c) ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଯୌଗିକ (d) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଯୌଗିକ

4.29 ଫେରାଇଟ ହେଉଛି।

(a) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ (b) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

(c) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ (d) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ

4.30 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀରେ କ'ଣ ?

(a) ବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ (b) ବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ

(c) ବହୁତ ବଡ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ (d) ବହୁତ ବଡ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ

4-31 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ପାଇଁ କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ ହେଉଛି।

(a) $\chi = \frac{C}{T-\theta}$ (b) $\chi = \frac{C}{T}$

(c) $\chi = \frac{C}{T+\theta}$ (d) $\chi = \frac{CT}{T-\theta}$

4-32 ଏକ ନମୁନାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି 0.95, ଏହା ଅଟେ ।

(a) ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (b) ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

(c) ଫେରିମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ (d) ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର									
4.1	*(b)*	**4.2**	*(c)*	**4.3**	*(c)*	**4.4**	*(b)*	**4.5**	*(c)*
4.6	*(a)*	**4.7**	*(b)*	**4.8**	*(c)*	**4.9**	*(d)*	**4.10**	*(a)*
4.11	*(b)*	**4.12**	*(c)*	**4.13**	*(a)*	**4.14**	*(b)*	**4.15**	*(b)*
4.16	*(d)*	**4.17**	*(a)*	**4.18**	*(c)*	**4.19**	*(b)*	**4.20**	*(b)*
4.21	*(d)*	**4.22**	*(b)*	**4.23**	*(b)*	**4.24**	*(a)*	**4.25**	*(c)*
4.26	*(c)*	**4.27**	*(d)*	**4.28**	*(b)*	**4.29**	*(b)*	**4.30**	*(a)*
4.31	*(a)*	**4.32**	*(d)*						

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡିକ

ବର୍ଗ ପ୍ରଥମ

4-1 ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ବିଫଳତାକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

4.2 ଲାର୍ମର ଆବୃତ୍ତି ବ୍ୟବହାର କରିବା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

4.3 କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମର ବିବୃତ୍ତିରୁ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଖୋଜ ।

4.4 ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ, ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥକୁ ଭିନ୍ନ କର ।

4.5 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ $\vec{B},\vec{M}$, ଏବଂ μr. ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରାପ୍ତ କରେ ।

4.6 ନରମ ଏବଂ କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦୁଇଟି ଉଦାହରଣ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ଦିଅ ।

4.7 ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟବହାରିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟପାଇଁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ କ୍ଷତିର ବ୍ୟବହାର ବିଷୟରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.8 ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ ପାଇଁ B-H curve ଅଙ୍କନ କର ଏବଂ ବକ୍ରରେ ଧାରଣଶୀଳ ଏବଂ ନିଗ୍ରାହତା କ୍ଷେତ୍ର ଚିହ୍ନଟ କର । ପ୍ରତି ଚକ୍ରରେ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି ଖୋଜ ।

4.9 କଠିନ ଇସ୍ପାତ ଏବଂ ଲୁହା ତିଆରିପାଇଁ ହିଷ୍ଟେରେସିସ୍ ବକ୍ର ଅଙ୍କନ କର ଏବଂ ତୁମର ମନ୍ତବ୍ୟ ଦିଅ ।

4.10 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତାର ଭୂମିକା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.11 ଉଦାହରଣ ସହିତ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକାକୁ ବିସ୍ତୃତ କର ।

4.12 ନିମ୍ନଲିଖିତ ସର୍ତ୍ତାବଳୀ ପୃଥକ କର : a) ପାରଗମ୍ୟତା, b) ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା , c) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ d) ଚୁମ୍ବକୀୟତା।

4.13 ଫରାଇଟର ଗୁଣଗୁଡିକ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ଏବଂ କିଛି ଆପ୍ଲିକେସନ୍ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.14 ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଢାଞ୍ଚାରେ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ର କ୍ୟୁରୀଙ୍କ ନିୟମ ହାସଲ କର ।

4.15 ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥର ନକାରାତ୍ମକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପଛର କାରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

4.16 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଡୋମେନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଆଧାରରେ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସମ୍ପତ୍ତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ଏବଂ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନର ସଂଖ୍ୟାଗତ ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜ ।

4.17 ନରମ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଏବଂ କଠିନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କର ।

4.18 ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବାକୁ କୌଶଳ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.19 ହିଷ୍ଟେରେସିସ ହେତୁ ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ଶକ୍ତିର କ୍ଷତି ଖୋଜ ।

4.20 ଲାଙ୍ଗେଭିନଙ୍କ ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁସରଣ କରି, ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତାପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଖୋଜ । ଡାଇମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତାର ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଭରଶୀଳତା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କର ।

4.21 ହିଷ୍ଟେରେସିସ, ପୁନର୍ମାନଏବଂ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତା ଦ୍ୱାରା ଆପଣ କ'ଣ ବୁଝନ୍ତି ତାହା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର? ହିଷ୍ଟେରେସିସ ପାଶ କ'ଣ? ଆପଣ କିପରି ଏକ ପାଶରୁ ପୁନର୍ମାନଏବଂ ବାଧ୍ୟତାମୂଳକତାର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବେ?

4.22 ଫେରାଇଟ କ'ଣ? ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ପଦାର୍ଥଠାରୁ ଫେରାଇଟ କିପରି ଭିନ୍ନ ହେବ? ଆମେ କାହିଁକି ରେଡିଓ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଯୋଗାଯୋଗ ଉପକରଣରେ ଫେରାଇଟ ସାମଗ୍ରୀ ବ୍ୟବହାର କରୁ? ସେମାନଙ୍କର ଅନ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକର ଆଲୋଚନା କର ।

4.23 ଏକ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚିତ୍ର ସହିତ ହିଷ୍ଟେରେସିସ ବକ୍ରର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟଗୁଡିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.24 ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ପରମାଣୁରେ, ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର କକ୍ଷୀୟ ସଂବେଗ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣପାଇଁ ସରଳ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

4.25 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ଏବଂ ଅଣ-ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

4.26 ଫେରାଇଟର ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟବହାର ବିଷୟରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4.27 ପରିସର ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ସଫଳତା କ'ଣ ?

4.28 କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରାତଳେ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକର ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂତ ଚୁମ୍ବକୀୟୀକରଣର ଏକ ସରଳ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ଏବଂ କ୍ୟୁରୀ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ କ୍ୟୁରି ୱିସ ନିୟମର ରୂପରେଖ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

ବର୍ଗ ଦ୍ୱିତୀୟ

4.29 ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂତ ଚୁମ୍ବକୀୟତାରୁ ଆମେ ବ୍ୟବହାରିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ କ'ଣ ପାଇପାରିବା ?

4.30 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମର ଅନୁସରଣ କରି ଡାୟାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିଷୟରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

4.31 ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର କ୍ୟୁରି-ୱିସ ନିୟମ ଉପରେ ଆପଣଙ୍କର ମନ୍ତବ୍ୟ ଦିଅ ।

4.32 ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର କ୍ୟୁରିଙ୍କ ନିୟମର ଉପଯୋଗିତା ଉପରେ ଧ୍ୟାନ ଦିଅ ।

4.33 କ୍ୱାଣ୍ଟମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁର ସମସ୍ତ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ସମ୍ଭବ କି? ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

4.34 ଡାଏମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ତାପମାତ୍ରାରୁ ପ୍ରାୟ ସ୍ୱାଧୀନ କାହିଁକି ?

4.35 ୱିସ ଆଣବିକ କ୍ଷେତ୍ର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଆଧାରରେ ଏକ ଫେରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରବେଶ୍ୟତାର ଧାରଣାକୁ ବିସ୍ତୃତ କରେ ।

4.36 ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ କ'ଣ? ଦେଖାଅ ଯେ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ଦ୍ୱିମେରୁର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା

4.1 Gd^{+3} ପାଇଁ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନ ଗଣନା କର । Gd^{+3} ପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ କନଫିଗ୍ୟୁରେସନ $4f^7 5s^2 5p^6$ ଅଟେ ।

4.2 ଯଦି ଏକ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 10^{5} A/m ଏବଂ 10^{-4} ଅଟେ, ଚୁମ୍ବକୀୟତା କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଅଭିବାହ ଘନତା ଗଣନା କର ।

4.3 ଦୈର୍ଘ୍ୟ 5 cm କ୍ରସ ସେକ୍ସନାଲ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 10^{-4} m^2 ଥିବା ଲୁହାର ଏକ ନମୁନା 2000 A/m^2 ର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିକଶିତ କରେ । ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 10^5 A/m ହୁଏ ତେବେ ଚୁମ୍ବକୀୟକରଣ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ତୀବ୍ରତା ଖୋଜ ।

4.4 ଯଦି ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା 1000, ତେବେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଖୋଜ |

4.5 ଏକ ପାରାମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ସାମଗ୍ରୀରେ 10^{28} ପରମାଣୁ/ମିଟର3 ଅଛି. 330 Kରେ ଏହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ହେଉଛି $3.7 \bullet 10^{-4}$ ଅଟେ । 300Kରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଗଣନା କର । [ଉତ୍ତର: 4.07×10^{-4}]

4.6 10^{28} ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ପରମାଣୁ ଥିବା ଏକ ବିରଳ ପୃଥିବୀ ଉପାଦାନପାଇଁ ସାଚୁରେସନ ଚୁମ୍ବକୀୟତାଗଣନା କର, ଯଦି ଉପାଦାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉଛି $4\mu_B$. ।

4.7 ଯଦି ସୋଲେନୋଇଡ ଭିତରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର 10^{-4} T , ଯେତେବେଳେ ଏହା ଖାଲି ଥାଏ ଏବଂ 0.2 T ଯେତେବେଳେ ଏହା ଲୁହାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ, ଲୁହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଗଣନା କର ।

4.8 କିଛି ମିଶ୍ରଧାତୁର ଏକ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟତାହେଉଛି $1.2 \bullet 10^6$ ଏ/ମି ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର 200 ଏ/ମି ଅଟେ । ମିଶ୍ରଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତତା ଗଣନା କର ।

4.9 0.5 cm2 କ୍ରସ ସେକ୍ସନାଲ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଲୁହାଦଣ୍ଡ ରେ 2000 A/m ର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର, ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ 10^8 Wb ଉତ୍ପାଦନ କରେ । ଦଣ୍ଡର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା ଖୋଜ ।

4.10 ଯଦି ପରିପକ୍ୱ ଚୁମ୍ବକୀୟତା $1.5 \bullet 10^6$ A/m ହୁଏ ତେବେ ଲୁହାପାଇଁ କ୍ୟୁରୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଖୋଜ ଏବଂ ଲୁହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁରେ 4 ଟି ବୋହର ମ୍ୟାଗ୍ନେଟନର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଛି ।

ବ୍ୟାବହାରିକ (Practical)

B-H କର୍ଭ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଶକ୍ତି କ୍ଷତି ଗଣନା କରିବା

ଲକ୍ଷ୍ୟ

ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର B-H ବକ୍ର (ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର କୋର ଏବଂ ଫେରିଟ କୋର) ଅଙ୍କନ କରିବା ଏବଂ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି ଗଣନା କରିବା

ଉପକରଣ

ପ୍ରତିରୋଧକ, କାପାସିଟର୍ସ, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର କୋର, ମଲ୍ଟିମିଟର, କାଥୋଡ ରେ ଓସିଲୋସ୍କୋପ

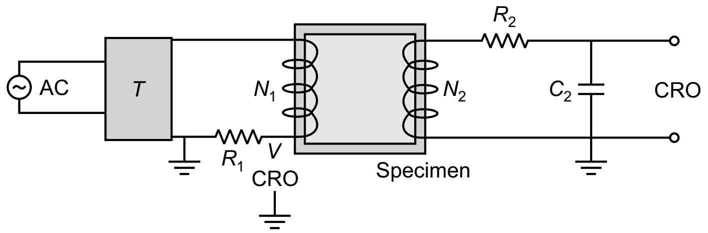
ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳର ଶକ୍ତି କ୍ଷତିଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଛି

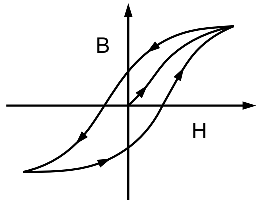
$$E=\frac{N_1}{N_2}\times\frac{R_2}{R_1}\times\frac{C_2}{AL}\times S_V\times S_H\times \psi\omega\iota\ \delta\kappa\ \{\kappa\sigma=\Theta\psi \qquad (i)$$

ଯେଉଁଠାରେ N_1 ଏବଂ N_2 ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟାଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ

କରେ, R_1 ଏବଂ R_2 ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମିକ ସର୍କିଟରେ ପ୍ରତିରୋଧ, C_2 କ୍ୟାପାସିଟର, L ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ A ନମୁନାର କ୍ରସ୍ ବିଭାଗକ୍ଷେତ୍ର, S_H ଏବଂ S_V କ୍ୟାଥୋଡ୍ ରେ ଓସିଲୋସ୍କୋପ୍ (ସିଆର୍‌ଓ)ର ଭୂସମାନ୍ତର ଏବଂ ଭୂଲମ୍ବ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ।



ଚିତ୍ର। (i)



ଚିତ୍ର। (ii)

ପଦ୍ଧତି

1. ପରିପଥ ଚିତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ ପରିପଥ ନିର୍ମାଣ କର । ଏସି ଉତ୍ସ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଷ୍ଟେପ ଡାଉନ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର (T) ମୂଳର ପ୍ରାଥମିକ ଇନପୁଟ ଯୋଗାଇଥାଏ ।

   ସମଗ୍ରପାଇଁ ଭୋଲଟେଜ R_1 ଏବଂ ଭୋଲଟେଜ ସମଗ୍ରରେ C_2 ଯଥାକ୍ରମେ *CRO*ର ଭୂସମାନ୍ତର ଏବଂ ଭୂଲମ୍ବ ଇନପୁଟକୁ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଏ ।
2. ବର୍ତ୍ତମାନ ଉପଯୁକ୍ତ ପରିସର ର ଏକ ପାଶ ପାଇବା ପାଇଁ ଉଭୟ ଭୂସମାନ୍ତର ତଥା ସିଆରଓର ଭୂଲମ୍ବ ଲାଭକୁ ସଠିକ ଭାବରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କର ।
3. ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ପେପରରେ B-H ବକ୍ର ପ୍ଲଟ କର ।
4. ଶେଷରେ ଲାଭ ନିୟନ୍ତ୍ରଣକୁ ବିଚଳିତ ନକରି, ଭୂସମାନ୍ତର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା S_H ଏବଂ ଭୂଲମ୍ବ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା S_V *V/cm* ରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ

ଟେବୁଲ୍ 1: ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର କୋର ଏବଂ ଫେରିଟ କୋର ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ପାରାମିଟରର ନିର୍ଣ୍ଣୟ

ପାରାମିଟର୍ (Parameter)	ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର କୋର୍	ଫେରିଟ୍ କୋର୍
N_1		
N_2		
R_1		
R_2		
C_2		
A		

L		
S_V		
S_H		

ସତର୍କତା

1. ନମୁନାଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅନୁସନ୍ଧାନର ନିକଟତର ହେବା ଉଚିତ।
2. ଯଦି ପାଶର କ୍ଷେତ୍ର cm2 ରେ ନିଆଯାଏ, V/cm ରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପ୍ରକାଶ କରାଯିବା ଉଚିତ ନଚେତ କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରକୁ m^2 ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯିବା ଉଚିତ।

ଫଳାଫଳ

ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଅନ୍ତଃସ୍ଥଳ ପାଇଁ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି = ... J/cycle/V.

ଫେରିଟ କୋର ପାଇଁ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି = ... J/cycle/V.

ପ୍ରୟୋଗ

କମ୍ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି ସହିତ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରର ଡିଜାଇନ ପାଇଁ ଏହି ଧାରଣାବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ।

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଧ୍ୟୟନ ଯେତେବେଳେ ସମୟ ସହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉନାହିଁ। ଏହା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ସହିତ ସମାନ ଯେଉଁଠାରେ ଚାର୍ଜସ୍ଥିର ଅଟେ।

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ଫୋକସ କରିବା ହୁଏତ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରି କିମ୍ବା ତାରର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପଠାଇ ଯେତେବେଳେ ଏହାର ଅକ୍ଷ ବିମ ଅକ୍ଷ ସହିତ ମେଳ ଖାଏ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ଏକ ସିଧାସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବର୍ତ୍ତମାନର ବହନ କରୁଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳକୁ ଘେରି ରହିଥିବା ସ୍ଥାନରେ ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରେ। ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ପାଇଁ ଯେଉଁଠାରେ ସିଧାସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ରାଶି ସ୍ଥିର ହୋଇପାରିବ କିମ୍ବା ସମୟ ସହିତ ଧୀରେ ଧୀରେ ଭିନ୍ନ ହୋଇପାରିବ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ କପଲିଂକୁ ଅଣଦେଖା କରାଯାଇପାରିବ। ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ପାଇଁ ଏକ ସମାଧାନ ଦେଇଥାଏ ଯେଉଁଠାରେ କିଛି ଅନୁମାନ ବୈଧ ଅଟେ।

ସମସ୍ତ ଅଞ୍ଚଳ ପାଇଁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାମଡେଲିଂରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ବ୍ୟବହାର କରାଯିବା ଆବଶ୍ୟକ। ସଠିକ ସମାଧାନ ପାଇବାପାଇଁ, ମଡେଲ କରାଯାଉଥିବା ସ୍ଥାନର ବାହ୍ୟ ସୀମା ଅତି କମରେ କିଛି ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସ୍କେଲ ଆବଶ୍ୟକ ଯାହା ସମସ୍ତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଇଛିତ ଅଞ୍ଚଳ ଠାରୁ ଦୂରରେ ଥିବା। ଉପଭୋକ୍ତା-ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ନୋଡ କେବଳ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ଜ୍ୟାମିତିକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ ଯେତେବେଳେ ଉପାଦାନ ସ୍ୱାଧୀନତାର ଡିଗ୍ରୀ ଏହି ନୋଡ ସହିତ ଜଡିତ ନୁହେଁ, ଯାହା ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଭାବ ଦେଇଥାଏ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକର ବିଶ୍ଳେଷଣରେ, କଠିନ ମ୍ୟାଟ୍ରିକ୍ସ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଖରାପ ଅବସ୍ଥା ହୋଇପାରେ; ଅର୍ଥାତ, ଏହାର ଅନେକ ଏକକ ଥାଇପାରେ । କମ୍ପ୍ୟୁଟେଡ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ନକାରାତ୍ମକ ଭାବରେ ପ୍ରଭାବିତ କରୁଥିବା ଖରାପ ଅବସ୍ଥାନ ମ୍ୟାଟ୍ରିକ୍ସକୁ ରୋକିବା ପାଇଁ ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଇଟେରେଟିଭ ସମାଧାନ କୌଶଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ବେଳେବେଳେ ପରିସ୍ଥିତି ଏପରି ହୋଇପାରେ ଯେତେବେଳେ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟାଗତ ଯୋଜନା ଏକାଠି ହେବାରେ ବିଫଳ ହୁଏ ।

ଏକ ସ୍ଥିରୀକରଣ ଯୋଜନା ଖରାପ କଣ୍ଡିସନିଂର ପ୍ରଭାବକୁ ହ୍ରାସ କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିପାରିବ । ସ୍ଥିରତା ଉତ୍ପାଦକର ଉଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟ ଅଧିକ ସ୍ଥିରତା ଆଡକୁ ନେଇଥାଏ ଏବଂ ସ୍ଥିରତା ଉତ୍ପାଦକ ର କମ ମୂଲ୍ୟ କମ୍ ସ୍ଥିରତା ଆଡକୁ ନେଇଥାଏ ।

ଆନାଲୋଜି

ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରଭାବିତ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟରେ ଦେଇଥାଏ ।

ସମୟସୀମା

ଖ୍ରୀଷ୍ଟପୂର୍ବ 600-1599: ହ୍ୟୁମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍ ଏବଂ ଆମ୍ବରର ଆକର୍ଷିତ ଗୁଣ ଆବିଷ୍କାର କଲେ । ଉନ୍ନତ ସମାଜ, ବିଶେଷ କରି ଚୀନ୍ ଏବଂ ୟୁରୋପୀୟମାନେ କମ୍ପାସରେ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର ଗୁଣକୁ ଶୋଷଣ କରିଥିଲେ, ଏକ ଉପକରଣ ଯାହା ସମୁଦ୍ରରେ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଅନୁସନ୍ଧାନ, "ନୂତନ ଦୁନିଆ" ଏବଂ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର ପ୍ରକୃତି ସୂଚିତ ସମ୍ପର୍କରେ କରିଥଲେ ।

1600-1699: ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିପ୍ଲବ ସୃଷ୍ଟି ହେଲା, ୱିଲିୟମ ଗିଲବର୍ଟଙ୍କ ପରି ବିଖ୍ୟାତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କ ଗ୍ରାଉଣ୍ଡବ୍ରେକିଂ କାର୍ଯ୍ୟକୁ ସୁଗମ କରିଥିଲା, ଯିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଧ୍ୟୟନ ପାଇଁ ପ୍ରଥମ ପ୍ରକୃତ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ ତାଙ୍କର ଅନୁସନ୍ଧାନ ବିଷୟରେ ବିସ୍ତୃତ ଭାବରେ ଲେଖିଥିଲେ ।

1700-1749: ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ମେସିନ ଏବଂ ଲେଡେନ ଜାର ପରି ଉପକରଣର ସାହାଯ୍ୟ ନେଇ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତର ମୌଳିକତା ଉପରେ ସେମାନଙ୍କର ପରୀକ୍ଷଣ ଜାରି ରଖିଥିଲେ ।

1775 -1799: ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ୱଷ୍ଟ ବୁଝାମଣା ଏବଂ ପଶୁ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଉପରେ ଏକ ବିସ୍ତୃତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ସହିତ କିଛି ଫଳପ୍ରଦ ଭୁଲ୍ ଦିଗରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପଦକ୍ଷେପ ନେଇଥିଲେ, ଯାହା ଏକ ଗ୍ରାଉଣ୍ଡବ୍ରେକିଂ ଉଦ୍ଭାବନପାଇଁ ମଞ୍ଚ ସ୍ଥିର କରିଥିଲା ।

1820-1829: ହାନ୍ସ ଖ୍ରୀଷ୍ଟିଆନ ଓର୍ଷ୍ଟେଡଙ୍କ ଆକସ୍ମିକ ଆବିଷ୍କାର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏକ କମ୍ପାସ ଛୁଞ୍ଚି ଘୁଞ୍ଚାଏ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଦୁନିଆକୁ ଦୋହଲାଇ ଦେଲା; ପରୀକ୍ଷଣର ଏକ ବୃହତ ଅଂଶ ଅନୁସରଣ କଲା, ତୁରନ୍ତ ପ୍ରଥମ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମୋଟରକୁ ଆଗେଇ ନେଲା ।

1830-1839: ପ୍ରଥମ ଟେଲିଗ୍ରାଫ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ ମାଇକେଲ ଫାରାଡେ ପ୍ରଥମ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଏବଂ ଜେନେରେଟର ଉଦ୍ଭାବନ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଉପରେ ତାଙ୍କର ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଏବଂ ସ୍ଥାୟୀ ଗବେଷଣା ସୃଷ୍ଟି କରିଥିଲେ ।

ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ / ଶିଳ୍ପ)

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଏକ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଘଟଣା ଭାବରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ ହେଉଛି ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରୟୋଗ। ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କଠାରୁ ଆରମ୍ଭ ସମୀକରଣରୁ ଅନୁମାନ କରିବା ଯେ ଚାର୍ଜଗୁଡିକ ସ୍ଥିର ଅଟେ କିମ୍ବା ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଭାବରେ ସଂଗତି କରେ, ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଦୁଇଟି ସମୀକରଣରେ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଦୁଇଟିରେ ଅଲଗା କରାଯାଇପାରିବ କିନ୍ତୁ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ସମୟ ଏବଂ ପରସ୍ପରପାଇଁ ସ୍ୱାଧୀନ। ଅନ୍ୟ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଛି ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମକୁ ପୁନଃ ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ କରିବା। ଏକ ସାଧାରଣ କୌଶଳ ହେଉଛି ବର୍ଦ୍ଧିତ ସମୟ ପଦକ୍ଷେପରେ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ସମସ୍ୟାର ଏକ ସିରିଜ୍ ସମାଧାନ କରିବା ଏବଂ ତା'ପରେ ଏହି ସମାଧାନଗୁଡ଼ିକୁ ଆନୁମାନିକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରିବା। ତଥାପି, ଏହି ପଦ୍ଧତି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ପ୍ରକୃତ ସମାଧାନ ନୁହେଁ କିନ୍ତୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଏକ ଭଲ ଆସନ୍ନ ଫଳ ପ୍ରଦାନ କରିପାରିବ।

ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ / ସ୍ଥିରତା / ସାମାଜିକ / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ)

ଏହା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ଏକ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ବିଶ୍ଳେଷଣରେ ପୂର୍ବନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳତା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରାଯାଇପାରିବ। ତଥାପି, ଉପଭୋକ୍ତା ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ଯାହା ଏକ ସାମଗ୍ରୀ ବିନ୍ଦୁରେ ଫିଲ୍ଡ ଭେରିଏବଲର ମୂଲ୍ୟକୁ ଉପଭୋକ୍ତା ସବ ରୁଟିନ ମାଧ୍ୟମରେ ପୁନଃବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଏ। ଏହି ମୂଲ୍ୟଗୁଡିକ କେବଳ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ର-ପରିବର୍ତ୍ତନ-ନିର୍ଭରଶୀଳ ଗୁଣକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ।

ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ

ଯେକୌଣସି ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ ବିଶ୍ଳେଷଣରେ ସମସ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରେ ମଡେଲିଂ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ବ୍ୟବହାର କରାଯିବା ଆବଶ୍ୟକ। ପାରମ୍ପାରିକ ସୀମିତ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ବ୍ୟତୀତ, ନୋଡ-ଆଧାରିତ ଇଣ୍ଟରପୋଲେସନ ବ୍ୟବହାର କରିବା ପାଇଁ, ଏହି ଉପାଦାନଗୁଡିକ ଉପାଦାନ ଧାରସହିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ସମ୍ଭାବନାର ସ୍ପର୍ଶକ ଉପାଦାନସହିତ ଧାର-ଆଧାରିତ ଇଣ୍ଟରପୋଲେସନ ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ନିଆଯାଏ ଏବଂ ଏହିପରି ସ୍ୱାଧୀନତାର ପ୍ରାଥମିକ ଡିଗ୍ରୀ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ। ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ଦୁଇ ପରିସରରେ ପ୍ରାପ୍ତ (କେବଳ ପ୍ଲାନର) ଏବଂ ତିନୋଟି ପରିସରରେ ଉପଲବ୍ଧ। ସମତଳର ଉପାଦାନଗୁଡିକ ଏକ ସମତଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ବିଭବ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରିବ, ଯେଉଁଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର କେବଳ ଗୋଟିଏ ସମତଳର ବାହାର ଉପାଦାନ ଥାଏ।

ସହାୟକ ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ

1. D.J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, Prentice Hall, Upper Saddle River,New Jersy, 1999.
2. D. Halliday, R. Resnick and J. Walker, Fundamental of Physics, 11th Edition, 2018.
3. W.Saslow, Electricity, Magnetism and Light, Harcourt/Academic-Elsevier, Stamford,2002.
4. A. Aharoni, Introduction to the Theory of Ferromagnetism, Clarendon Press, 1996.
5. R.P. Feynman, R.B. Leighton and Matthew Sands, The Feynman Lectures on Physics, 2, 2006.
6. E.M. Purcell, Electicity and Magnetism, 3rd Edition, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2012.
7. H. Kronmüller and S. Parkin, Handbook of Magnetism and Advanced Magnetic Materials, 5 Volume Set, John Wiley and Sons, 2007.
8. https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/112108150/pdf/Web_Pages/WEBP_M16.pdf
9. https://unlcms.unl.edu/cas/physics/tsymbal/teaching/EM-913/section6-Magnetostatics.pdf
10. http://siva.bgk.uni-obuda.hu/~szakacs/segedanyagok/0910/MEEN/coey-magnetism.pdf

5 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଆମେ ଏହି ୟୁନିଟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦିଗଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ଗୁରୁତ୍ୱାରୋପ କରିଛୁ:

- ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, ଅଭିବାହ ଘନତା;
- ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ;
- ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ;
- ଏହାର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ;
- ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ;
- ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ଏହାର ଉତ୍ପାଦନର ପଦ୍ଧତି;
- ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ସେମାନଙ୍କର ଏକକ ଏବଂ ପରିସର;
- ନିର୍ଭରଶୀଳତା ଏବଂ କପଲିଂର ସହଗ;
- ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି |

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବାପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ବ୍ଲୁମ୍ଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣର ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚ କ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ୟୁନିଟ୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି। ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା

ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ । ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ, ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ମୁଖ୍ୟତଃ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତିକ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଯାହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ, ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ବିଷୟ ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ଏହି ୟୁନିଟ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମରେ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, ଅଭିବାହ ଘନତା ଏବଂ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ପରି କିଛି ମୌଳିକ ଶବ୍ଦ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ପଷ୍ଟ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ । ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଏବଂ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ, ଆତ୍ମ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମରରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରୟୋଗ ସହିତ ଜଡିତ ସମସ୍ତ ବ୍ୟବହାରିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟପାଇଁ ବିଶେଷ ଗୁରୁତ୍ୱ ଦେଇଥାଏ, ଯେପରିକି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତିର ଗଣନା ।

ଫାରାଡେଙ୍କ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନପାଇଁ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କିପରି ଦାୟୀ । ଏହା ମଧ୍ୟ ବିଚାର କରେ ଯେ ଏକ କଣ୍ଡକ୍ଟର ଭିତରେ ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କିପରି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବାହ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଫାରାଡେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଯାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମୋଟର, ଜେନେରେଟର ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ନିର୍ମାଣ ଏବଂ ଡିଜାଇନ କରିବା ସମ୍ଭବ କରିଥାଏ, ଯାହା ଆଧୁନିକ ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନର ମୂଳଦୁଆ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରେରଣର ଧାରଣା ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ପାୱାର ଗ୍ରୀଡ ଏବଂ ଅନେକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବିଷୟ ଅଛି, ଯାହାକୁ ଏଥିରେ ଏକାଠି କରୁ । ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରେ ଏହି ନିୟମ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିଲା ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U5-O1: ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, ଅଭିବାହ ଘନତା, ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U5-O2: ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ, ଏହାର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ, ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U5-O3: ପ୍ରେରିତ e.m.f. ବିଷୟରେ ଏବଂ ଏହାର ଉତ୍ପାଦନର ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U5-O4: ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ସେଗୁଡ଼ିକର ଏକକ ଏବଂ ପରିସର , ନିର୍ଭରଶୀଳତା ଏବଂ କପଲିଂର ସହଗବିଷୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U5-O5: ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ଗଣନା କର

ୟୁନିଟ -5 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U5-O1	3	–	2	1	–	–
U5-O2	2	–	3	1	–	–
U5-O3	2	–	1	1	–	–
U5-O4	2	–	1	–	–	–
U5-O5	2	–	–	–	–	–

5.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

କିଛି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଏହାର ଚାରିପାଖରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ପରିବାହକ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଆକାରରେ ଥାଏ, ତେବେ ଏହା ଏକ ଦଣ୍ଡ (bar) ଚୁମ୍ବକ ପରି ଆଚରଣ କରେ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଧ୍ରୁବୀୟତା (polarity) କୁ ଏଥିରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଓଲଟା କରାଯାଇପାରିବ । ଖାଲି ଥିବା ଅଞ୍ଚଳ ଯାହା ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ (flux) କୁଣ୍ଡଳୀ ଚାରିପାଖରେ ଗତି କରେ, ତାହାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥ (circuit) କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ପରିବାହକକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ (e.m.f.) ଏଥିରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଯଦି ବର୍ତ୍ତମାନ ପରିବାହକ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପାଶ (loop) ଗଠନ କରେ କିମ୍ବା ପରିପଥ ତିଆରି କରେ, ତେବେ ଏଥିରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । ଏହି ଘଟଣାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (electromagnetic induction) କୁହାଯାଏ । ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ପାଇଁ ପ୍ରାଥମିକ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଉଛି ପରିବାହକ କିମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ଅଭିବାହର ଭିନ୍ନତା । ଫଳସ୍ୱରୂପ ପରିବାହକ କିମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସେତେ ସମୟ ରହିବ ଯେତେ ସମୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟିବ । ଏହିପରି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା e.m.f. କୁ ପ୍ରେରିତ (induced) e.m.f. କୁହାଯାଏ । ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ପ୍ରେରିତ e.m.f. କିମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ରହିଥାଏ ।

5.2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ (Magnetic Flux)

ଏକ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହେଉଛି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବା ସମୟରେ ସାଧାରଣତଃ ପୃଷ୍ଠ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟାର ପରିମାପ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠକୁ ଲମ୍ବ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପାଦାନର ଉତ୍ପାଦ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଏ ।

ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ର ($d\vec{S}$) ମଧ୍ୟରେ ଥିବା, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ($\vec{B}$)କୁ ଅଭିବାହ ରୂପେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି,

ଯଥା: $$d\varphi = \vec{B}.d\vec{S} = BdS\cos\theta \quad (5\text{-}1)$$

ଯେକୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ସର୍ବଦା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ହେବ, ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ (field lines) ପୃଷ୍ଠକୁ ଲମ୍ବ ହେବ । ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ତେବେ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ଜଡିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଶୂନ ଅଟେ । ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହେଉଛି ଏକ ଅଦିଶ ରାଶି (quantity)।

5.3 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା (Magnetic Flux Density)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅଭିବାହ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ । ଏହା ବିକଳ୍ପ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ସଦିଶ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଏବଂ ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି,

$$B = \frac{d\varphi}{dS} \tag{5-2}$$

ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର (B) କୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା ଭାବରେ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ଏକ ସଦିଶ ରାଶି ।

5.3.1 ଏକକ ଏବଂ ପରିସର (Units and Dimensions)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଏସଆଇ (SI) ଏକକ ହେଉଛି ଟେଲସା (telsa) (T) କିମ୍ବା $N\text{-}m^{-1}A^{-1}$ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ଏସଆଇ (SI) ଏକକ ହେଉଛି ଟେସ୍ଲା (tesla - m2) କିମ୍ବା ୱେବର (weber) (Wb) ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତାର ପରିସର ହେଉଛି $[MT^{2}I^{-1}]$ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ପରିସର

$$[\varphi] = [BdS] = \left[\frac{F}{Il}dS\right] = \left[\frac{MLT^{-2}}{IL} \times L^2\right]$$

$$\therefore \qquad [\varphi] = [MT^{-2}I^{-1}L^{2}]$$

ୱେବର ସଂଜ୍ଞା (Definition): ଏକ ୱେବର, ସେହି ପରିମାାଣର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଯାହା ଏକ ଟେସ୍ଲା ସାମର୍ଥ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଲମ୍ବଭାବରେ ଥିବା ଏକ ବର୍ଗ ମିଟର କ୍ଷେତ୍ର ସହ ସଂଲଗ୍ନ ।

5.4 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ (Faraday's Laws)

ଫାରାଡେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଘଟଣା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷା କରିଥିଲେ । ସେ ତାଙ୍କର ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଅନୁସନ୍ଧାନକୁ ଦୁଇଟି ନିୟମଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ, ଯାହାକୁ ଫାରାଡେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରଥମ ନିୟମ: ଯଦି ଏକ ପରିବାହକକୁ ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ (electromotive force)ର ପ୍ରେରଣ କରିବ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ: ଯେକୌଣସି ପରିପଥରେ, ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ର ପରିମାଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ସହିତ ସମାନ ଯାହା ପରିପଥ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ,

$$e = \frac{d\varphi}{dt} \tag{5.3}$$

ଫାରାଡେଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ରୂପ (ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ): ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ର ଦିଗ କିମ୍ବା ଏକ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସର୍ବଦା ଏଥିରେ ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ । ତେଣୁ,

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} \tag{5.4}$$

ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମର ବ୍ୟାଖ୍ୟା: ଧରାଯାଉ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ N ମୋଡ଼ ଅଛି ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଭିବାହ φ_1 ରୁ φ_2 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ t ସେକେଣ୍ଡ (second) ରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ତେଣୁ ଅଭିବାହରେ ମୋଟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି $(N\varphi_2 - N\varphi_1)$ ଏବଂ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ହେଉଛି $\frac{N\varphi_2 - N\varphi_1}{t}$

ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ହେଉଛି

$$e = \frac{N\varphi_2 - N\varphi_1}{t} = \frac{N(\varphi_2 - \varphi_1)}{t}$$

କିମ୍ବା,

$$e = \frac{d}{dt}(N\varphi) = N\frac{d\varphi}{dt} \qquad (5.5)$$

ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିର ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଏକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚିହ୍ନ ଦେବା ଏକ ସାଧାରଣ ଅଭ୍ୟାସ । ମାଇନସ ଚିହ୍ନ ଲେଞ୍ଜାଙ୍କ ନିୟମରୁ ଆସିଛି ଏବଂ ସୂଚିତ କରେ ଯେ ପ୍ରେରିତ ଭୋଲଟେଜ (voltage) ଏଥିରେ ଉତ୍ପାଦିତ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ ।

ତେଣୁ

$$e = -N\frac{d\varphi}{dt} \text{ volts} \qquad (5.6)$$

ଉଦାହରଣ 5.1

ଉଦାହରଣ 5.1 15 mWb ଅଭିବାହ 150 ମୋଡ଼ (turns) ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଅଭିବାହ 5 ms ରେ ଓଲଟା ହେଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ହାରାହାରି ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ସନ୍ଧାନ କର ।

ସମାଧାନ

ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ $d\varphi = 15 - (-15) = 30 \text{ mWb} = 30 \times 10^{-3}$ Wb.

ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ସମୟ ନିଆଯାଇଛି dt = 5ms = 5 × 10–3 s.

$$\therefore \quad e = N\frac{d\varphi}{dt}$$

$$= 150 \times \frac{30 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} = 900 \text{ V.}$$

ଉଦାହରଣ 5.2

ଉଦାହରଣ 5.2 A ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥରେ 50 ମୋଡ଼ ଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼େଇ (wounded) ହୋଇଛି । ଯଦି 1 A ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 1 s ରେ ଓଲଟା ହୁଏ, ଏଥିରେ ହାରାହାରି ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ଗଣନା କର । ପରିପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ (reluctance) କୁ 2000 AT/Wb ନିଅ ।

ସମାଧାନ:

କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଅଭିବାହ $= \frac{m.m.f.}{\text{reluctance}} = \frac{50 \times 1}{2000} = 0.025$ Wb.

ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ 1A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓଲଟା ହୁଏ, କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଅଭିବାହ ମଧ୍ୟ ଓଲଟା ହୋଇଥାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, $e = N\frac{d\varphi}{dt}$

ଏଠାରେ, $N = 500; d\varphi = 0.025 - (-0.025) = 0.05\ Wb; dt = 1s$

$$e = 500 \times \frac{0.05}{1} = 25V.$$

ଉଦାହରଣ 5.3 4-ପୋଲ୍ (pole) ଡିସି (DC) ଜେନେରେଟର (generator) ର କୁଣ୍ଡଳନ (winding) କ୍ଷେତ୍ର ସିରିଜରେ ସଂଯୁକ୍ତ 4 କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ନେଇ ଗଠିତ, ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀ 1200 ମୋଡ଼ ସହିତ ଗୁଡ଼େଇ ହେଉଛି । ଏକ ଉତ୍ତେଜିତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହେଉଛି 0.04 Wb/pole । ଯେତେବେଳେ ଏକ ବେଗ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, କ୍ଷେତ୍ର ସୁଇଚ ଏପରି ଭାବରେ ଖୋଲିଯାଏ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଅଭିବାହ 0.1 s ରେ ଅବଶିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟ 0.004 Wb/pole କୁ ଖସିଯିବ । କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳନ ଟର୍ମିନାଲ (terminals) ରେ e.m.f ପ୍ରେରିତର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜ ।

ସମାଧାନ

ମୋଡ଼ର ସମୁଦାୟ ନମ୍ବର , N = 1200 x 4 = 4800,

ସମୁଦାୟ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅଭିବାହ = 4 x 0.04 = 0.16 Wb

ଏବଂ ମୋଟ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଭିବାହ = 4 x 0.004 = 0.016 Wb.

ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ, = 0.16 – 0.016 = 0.144 Wb.

ସମୟ ନିଆଯାଇଛି, dt = 0.1 s.

∴ ପ୍ରେରିତ e.m.f.

$$e = N\frac{d\varphi}{dt} = 4800 \times \frac{0.144}{0.1} = 6912\ V.$$

ଉଦାହରଣ 5.3

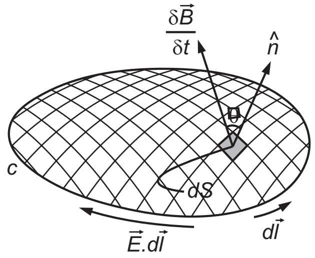
5.4.1 ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ (Integral and Differential form of Faraday's Law)

ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି, ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନରୁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଥା, $e = -\frac{d\varphi}{dt}$

ଯେଉଁଠାରେ φ ପୃଷ୍ଠ S ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ, ଯାହା ବକ୍ର (curved) ପଥ C ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$\varphi = \iint_S \vec{B}.\hat{n}dS = \iint_S \vec{B}.d\vec{S} \qquad (5.7)$$



ଚିତ୍ର . 5.1: ଫାରାଡେଙ୍କ e.m. induction ନିୟମର ଚିତ୍ରଣ ।

ଯେଉଁଠାରେ $d\vec{S}$ ପୃଷ୍ଠ S ଉପରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

ଏହିପରି,
$$e = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}.d\vec{S}\right) \tag{5.8}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି $\vec{E}$ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର S ସହ ଲାଗି ରହିଥାଏ ତେବେ, ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ଏପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$e = \oint_C \vec{E}.d\vec{l} \tag{5.9}$$

ତେଣୁ, Eq. (5.8) ଏବଂ Eq. (5.9) ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}.d\vec{S}\right) \tag{5.10}$$

Eq. (5.10) ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

ପୁନର୍ବାର ଷ୍ଟୋକ୍ସଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟର ସଦିଶ ପ୍ରଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହାର କରି,

$$\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = \iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} \tag{5.11}$$

ତେଣୁ, Eq. (5.10) ଏବଂ Eq. (5.11) ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}.d\vec{S}\right)$$

କିମ୍ବା,
$$\iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} + \iint_S \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}.d\vec{S} = 0$$

କିମ୍ବା,
$$\iint_S \left(\vec{\nabla}\times\vec{E} + \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\right).d\vec{S} = 0$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ କୌଣସି ମନମୁଖୀ (arbitrary) $d\vec{S}$ ପାଇଁ ସତ୍ୟ, ତେଣୁ ଏହାକୁ ବୈଧ (valid) କରିବା ପାଇଁ ଆମର ଆବଶ୍ୟକତା ରହିବ ।

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} + \frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = 0$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \tag{5.12}$$

Eq. (5.12) ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

5.4.2 ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (Induced *e.m.f.* and Current)

ପ୍ରେରିତ e.m.f. ର ଦିଗ ଏବଂ ଏକ ପରିବାହକ କିମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରିବ:

a) ଲେଞ୍ଜଙ୍କର ନିୟମ
b) ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କର ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ

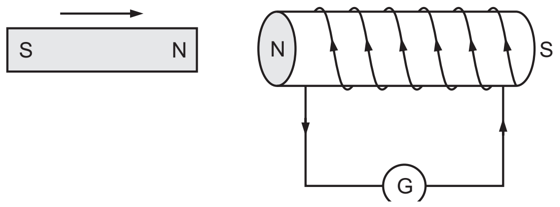
5.5 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ (Lenz's Law)

Emil Lenz, ଜଣେ ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସରଳ ନିୟମ ଦେଇଥିଲେ ଯାହା ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଜଣାଶୁଣା:

ଏକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହ ଏକ ଦିଗରେ ହେବ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏହା ଏହାକୁ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବା ପାଇଁ ଦାୟୀ ଥିବା ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାରଣକୁ ବିରୋଧ କରିବ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପନ୍ନ ପାଇଁ ଦାୟୀ କାରଣ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ। ତେଣୁ, ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏପରି ହେବ ଯେ ଏହା ନିଜସ୍ୱ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରିବ ଯାହା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସୃଷ୍ଟି କରିଥିବ ।

ଆସନ୍ତୁ ଚିତ୍ର. 5.2 କୁ ଲେଞ୍ଜ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ N-pole କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡକୁ ଆସୁଛି । ଲେଞ୍ଜର ନିୟମରୁ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ, ଏକ ଉପାୟରେ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥାପିତ ଅଭିବାହ ମୂଳ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରିବ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀର ବାମ ହାତ ପାର୍ଶ୍ୱ ଚୁମ୍ବକର N-pole ନିକଟରେ ଥାଏ, ତେବେ ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଥରେ ଆମେ କୁଣ୍ଡଳୀପାର୍ଶ୍ୱର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧ୍ରୁବୀୟତା ଜାଣିବା ପରେ, ଆମେ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି କୁଣ୍ଡଳୀ ପାଇଁ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ପାଇପାରିବା ।

5.5.1 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ (Lenz's Law and Conservation of Energy)



ଚିତ୍ର. 5.2: ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ଆଇନର ଯାଞ୍ଚ

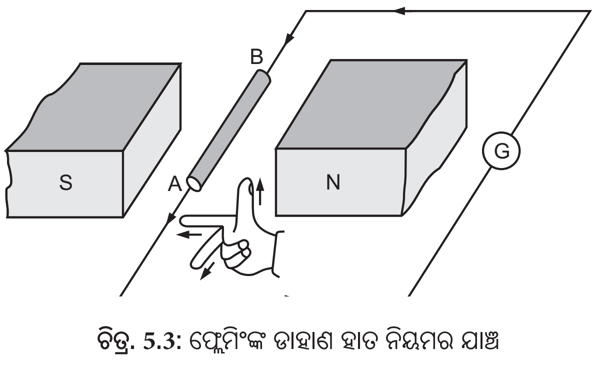
ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରେ । କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡକୁ ମୁହଁ କରୁଥିବା N-pole ସହିତ ଏକ ଦଣ୍ଡ (bar) ଚୁମ୍ବକ (ଚିତ୍ର. 5.2) କେବଳ କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡକୁ ଠେଲି ଦିଆଯାଏ ଯେପରି ଏଥିରେ ଏକ ଛୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏପରି ଅଟେ ଯେ N-pole ପ୍ରତିବଦଳରେ, ଚୁମ୍ବକର ନିକଟ ମୁଣ୍ଡରେ S-pole ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

ଫଳସ୍ୱରୂପ ଚୁମ୍ବକର ଗତିଶୀଳ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଆକର୍ଷଣ ହେତୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡକୁ ଗତି କରିବ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଧୀରେ ଧୀରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ଏବଂ କୌଣସି ବାହ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟ ନକରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନୀତିର ଉଲ୍ଲଂଘନ ଅଟେ ।

ତେଣୁ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏପରି ହେବ ଯେ ନିକଟ ମୁଣ୍ଡରେ କେବଳ N-pole ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଏହା ଚୁମ୍ବକ ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରିପାରିବ ଯେଉଁ କାରଣରୁ *e.m.f.* ପ୍ରେରିତ ହେବ ।

5.6 ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ (Fleming's Right Hand Rule)

ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ପରିବାହକକୁ ସମକୋଣରେ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ଯୋଗୁ, ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.*



ଚିତ୍ର. 5.3: ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମର ଯାଞ୍ଚ

କିମ୍ବା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ଏହି ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଆପଣ ପରସ୍ପରକୁ ଲମ୍ବଭାବରେ ରହୁଥିବା ଆପଣଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତର ତର୍ଜ୍ଜନୀ, ମଧ୍ୟମ ଆଙ୍ଗୁଠି ଏବଂ ବୁଢା ଆଙ୍ଗୁଠି ବିସ୍ତାର କରନ୍ତୁ; ଯେପରି ତର୍ଜ୍ଜନୀ (ଫୋରଫିଙ୍ଗର) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ଏବଂ ବୃଦ୍ଧାଙ୍ଗୁଠି ପରିବାହକର ଗତି ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ, ତେବେ ମଧ୍ୟମ ଆଙ୍ଗୁଠି ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

ଚିତ୍ର. 5.3 ଏକ ପରିବାହକ ABର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ଗତିକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରେ ଯାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପୋଲ ଖଣ୍ଡ N ଏବଂ S ହେତୁ ବିକଶିତ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଲମ୍ବ ହୁଏ ।

ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଏଠାରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ B ରୁ A କୁ ହେବ । ଫ୍ଲେମିଂ ଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ପରିବାହକର ନିମ୍ନମୁଖୀ ଗତି ପାଇଁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗ ସ୍ଥିର ରହିଲେ, ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ A ରୁ B କୁ ହେବ ।

5.7 ପ୍ରେରିତ e.m.f. (Induced e.m.f.)

ଯଦି ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ କିମ୍ବା ପରିବାହକରେ ଥିବା ଅଭିବାହକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଯାହା ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦ୍ଧତିବ୍ୟବହାର କରି ମିଳିପାରିବ:

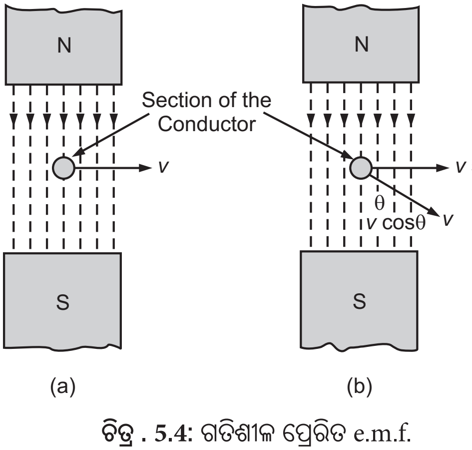
i. ହୁଏତ ପରିବାହକକୁ ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତିଶୀଳ କରାଇ ଏଥିରେ ସଲଗ୍ନ (link) ହୋଇଥିବା ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଣାଯାଏ। ଏପରି ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ଗତିଶୀଳ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। ଏହାକୁ ଏପରି କୁହାଯାଏ, କାରଣ ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.*, ପ୍ରକୃତରେ ଗତି କରେ (ଉଦାହରଣ, a.c କିମ୍ବା d.c ଜେନେରେଟର) ।

ii. ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବାବେଳେ ପରିବାହକକୁ ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ । ଏହି ଉପାୟରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳକୁ ସ୍ଥିର ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ କୁହାଯାଏ । ଏଥିପାଇଁ ଆମେ ଏକ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଉଦାହରଣ ଦେଇପାରିବା । ଯେକୌଣସି ସ୍ଥିର ପରିବାହକରେ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହେଉଥିବାରୁ ଏହାର ନାମ ଏପରି ରଖାଯାଇଛି ।

ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯିବା ଉଚିତ ଯେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳର ପରମାଣ ନିମ୍ନ ପ୍ରକାରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ, $N\frac{d\varphi}{dt}$

i) ଗତିଶୀଳ ପ୍ରେରିତ (Dynamically Induced) e.m.f. : L metres ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହକ ବିଚାର କରାଯାଉ, ଯାହା ସମ କୋଣରେ ଏକ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର B Wb/m^2 ରେ V m/s ବେଗ ସହିତ ଗତି କରୁଛି [ଚିତ୍ର. 5.4 (a)]। ଧରାଯାଉ ପରିବାହକ ଅଳ୍ପ ଦୂରତା dx dt seconds ସମୟରେ ଗତି କରେ ।

ତେବେ ପରିବାହକ ଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରମ ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି = l x dx.



ଚିତ୍ର . 5.4: ଗତିଶୀଳ ପ୍ରେରିତ e.m.f.

$\therefore$ ଅଭିବାହ ଛେଦନ (cut), $d\varphi$ = କ୍ଷେତ୍ର (Field) x ଅତିକ୍ରମ ଅଞ୍ଚଳ (Area swept) = Bldx Wb.

ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ, e.m.f., e ଯାହା ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ; ନିମ୍ନରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇଛି;

$$e = N\frac{d\varphi}{dt} = Bl\frac{dx}{dt} (\because N = 1) \quad (5.13)$$

କିମ୍ବା,
$$e = Blv\left(\because \frac{dx}{dt} = v\right) \quad (5.14)$$

ଯଦି ପରିବାହକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ θ କୋଣରେ ଗତି କରେ [ଚିତ୍ର. 5.4 (b)], ତେବେ ପରିବାହକ ଯେଉଁ ବେଗରେ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରେ ତାହା ହେଉଛି $v \sin \theta$

ଅତଏବ,
$$e = blv \sin \theta \quad (5.15)$$

ପ୍ରେରିତ e.m.f. ର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରିବ । ଯଦି ପରିବାହକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ଘୁଞ୍ଚାଯାଏ, ତେବେ ଅଭିବାହରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ ଏବଂ ତେଣୁ କୌଣସି e.m.f. ପ୍ରେରିତ ହେବ ନାହିଁ ।

ଯେହେତୁ ଏହି ପ୍ରେରିତ e.m.f., ପରିବାହକର ଗତି ହେତୁ ହୋଇଛି, ଏହାକୁ ଗତି ସୃଷ୍ଟ (motional) e.m.f. କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକର ଗତି ବନ୍ଦ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ଏହା ଅଦୃଶ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ।

ଯଦି ପରିବାହକର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡ, R ପ୍ରତିରୋଧ ବିଶିଷ୍ଟ ବାହ୍ୟ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଯଦି r ପରିବାହକର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପ୍ରତିରୋଧ ହୁଏ, ତେବେ Ohmଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ i ନିମ୍ନ ମତେ ଦର୍ଶାଯାଏ,

$$i = \frac{e}{R+r} = \frac{Blv}{R+r} \quad (5.16)$$

ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ ।

ବ୍ୟାଖ୍ୟା: ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦେଇ ଗତି କରେ, ପରିବାହକର ସମସ୍ତ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ (electrons) ସମାନ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ (electron) ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଲରେଞ୍ଜଙ୍କ ବଳ ହେଉଛି

$$\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B})$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{v}$ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ବେଗକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ । ଏହିପରି ଏକ e.m.f. ପରିବାହକର ଦୁଇ ପାର୍ଶ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 5.4 25 cm ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହକ, 5 T ର ଏକ ୟୁନିଫର୍ମ (uniform) ଅଭିବାହ ଘନତାକୁ 2 cm/s ରେ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଗତି କରୁଛି । ଏଥିରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଥିବା, ଦୈର୍ଘ୍ୟ, l = 25 cm = 0.25 m ଏବଂ ବେଗ, v = 2 cm/s = 0.02 m/s.

ତେଣୁ, ପ୍ରେରିତ e.m.f., E = Blv

$$= 5 \times 0.25 \times 0.02 = 0.025 \text{ V} = 25 \text{ mV}$$

ଉଦାହରଣ 5.4

ଉଦାହରଣ 5.5 ଏକ ପରିବାହକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 120 mm. ଏହା ସମ କୋଣରେ 0.6 T ଅଭିବାହ ଘନତାର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୁଞ୍ଚିବା ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ଏଥିରେ ପ୍ରେରଣ ପାଇଁ 1.8 V ର e.m.f. ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ। ବେଗ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ପରିବାହକର ବେଗ,

$$v = \frac{E}{Bl} = \frac{1.8}{0.6 \times 0.12} = 25 \text{ m/s}$$

ଉଦାହରଣ 5.5

ଉଦାହରଣ 5.6 25 cm ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହକ 1.2 T ୟୁନିଫର୍ମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ 8 m/s ସମାନ ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଗଣନା କରନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ (a) ଏହା ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ (b) ଏହା ଏକ 15 Ω ଲୋଡ ପ୍ରତିରୋଧ (load resistance) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ସମାଧାନ

ପ୍ରେରିତ e.m.f., E = Blv

$$= 1.2 \times 0.25 \times 8 = 2.4 \text{ V}$$

(a) ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ହେବ, ଏହା ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ନାହିଁ ।

(b) ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ 15 Ω ଲୋଡ ପ୍ରତିରୋଧ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେବ,

$$I = \frac{E}{R} = \frac{2.4}{15} = 0.16\text{A}$$

ଉଦାହରଣ 5.6

ଉଦାହରଣ 5.7

ଉଦାହରଣ 5.7 ଏକ 500 mm ଲମ୍ବା ସିଧା ପରିବାହକ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏବଂ ଏକ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ 5 m/s ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିବାହ ଘନତା ଗଣନା କରନ୍ତୁ, ଯଦି ପରିବାହକରେ e.m.f. 2.5 V ପ୍ରେରିତ ହେଉଛି । ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ ସମୁଦାୟ ପ୍ରତିରୋଧ 5 Ω ର ଏକ ବନ୍ଦ ପରିପଥ ଗଠନ କରନ୍ତି, ପରିବାହକ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭବ କରାଯାଇଥିବା ବଳ ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ପ୍ରେରିତ e.m.f., ***E*** = 2.5 V, ବେଗ, v = 5 m/s ଏବଂ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, l = 500 mm = 0.5 m.

ତେଣୁ, ଅଭିବାହ ଘନତା $B = \frac{E}{lv} = \frac{2.5}{0.5 \times 5} = 1\text{T}$

ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ, $I = \frac{E}{R} = \frac{2.5}{15} = 0.5A$

ପରିବାହକ ଉପରେ ବଳ, ***F= BIl*** = 1×0.5×0.5 = 0.25 N.

ଉଦାହରଣ 5-8

ଉଦାହରଣ 5.8 ଏକ କାର 40 km/h ବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଯଦି କାରର ପଛ ଆକ୍ସେଲ (axle) 2.2 m ଲମ୍ବା, ତେବେ e.m.f. ଗଣନା କରନ୍ତୁ, ଯାହା ଗତି ହେତୁ ଆକ୍ସେଲ (axle) ରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଛି । ଅନୁମାନ କରନ୍ତୁ ଯେ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଦାନ ହେଉଛି 24 μT ।

ସମାଧାନ

ଉତ୍ପନ୍ନ e.m.f., $E = Blv = 24 \times 10^{-6} \times 2.2 \times \frac{60 \times 10^3}{60 \times 60} = 0.88\text{ mV.}$

ଉଦାହରଣ 5-9

ଉଦାହରଣ 5-9 ଏକ ଚଳନ୍ତା ପରିବାହକ ଏକ କୋଣ (a) 90° (b) 45° ଏବଂ (c) 30° ପାଇଁ 20 m/s ବେଗରେ ଗତି କରେ, ଯେତେବେଳେ ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ର ଦୁଇଟି ବର୍ଗମୁଖୀ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି ଏହାର ପାର୍ଶ୍ୱ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 2.5 cm । ଯେତେବେଳେ ମେରୁ ମୁହଁରେ ଅଭିବାହ 60 mWb ହୁଏ, ସମସ୍ତ ମାମଲା ପାଇଁ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳର ରାଶି ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ପ୍ରେରିତ e.m.f., ***E =Bl***v sin θ

(a) ଯେତେବେଳେ $\theta = 90°$,

$$E = Blv\sin 90° = \frac{\varphi}{A} \times l \times v \times 1 = \frac{60 \times 10^{-3}}{(2.5)^2 \times 10^{-4}} \times 2.5 \times 10^{-2} \times 20 = 48\text{V.}$$

(b) ଯେତେବେଳେ θ = 30°, *E* = sin 45° = 48 sin 45° = 33.9 V

(c) ଯେତେବେଳେ θ = 30°, *E* = sin 30° = 48 sin 30° = 24 V

ଉଦାହରଣ 5-10

ଉଦାହରଣ 5-10 1 Wb/m^2 ଅଭିବାହ ଘନତାର ଏକ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ 0.5 m ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହକ ସମ କୋଣରେ ରଖାଯାଏ ଏବଂ 40 m/s ବେଗ ଥିବା ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ଖୋଜନ୍ତୁ । ପ୍ରେରିତ e.m.f. ମଧ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ କୋଣ 60° ରେ ପଡ଼ିଆକୁ ଗତି କରେ ।

ସମାଧାନ

(a) $E = Blv$ $1 \times 0.5 \times 40 = 20$ V

(b) $E = Blv \sin\theta = 1 \times 0.5 \times 40 \times \sin 60° = 17.32$ V

ଉଦାହରଣ 5-11

ଉଦାହରଣ 5-11 ଏକ ପରିବାହକର ଲମ୍ବ 400 mm । ଏକ 0.85 T ର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା 70° ରେ ଘୁଞ୍ଚାଯାଇଛି । ଯଦି ଏହାର ବେଗ 115 km/h, ତେବେ ଏକ 8° ପ୍ରତିରୋଧକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଲେ ପରିବାହକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ (a) ପ୍ରେରିତ ଭୋଲଟେଜ, ଏବଂ (b) ବଳ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

(a) ପ୍ରେରିତ ଭୋଲଟେଜ,

$$E = Blv\sin\theta = 8.5 \times 0.4 \times \left(\frac{115 \times 1000}{60 \times 60}\right) \times \sin 70°$$

$$= 10.206 \text{ V}$$

(b) ପରିବାହକ ଉପରେ ବଳ,

$$F = BIl\sin\theta = B \times \left(\frac{E}{R}\right) \times l \times \sin\theta$$

$$= 0.85 \times \left(\frac{10.206}{8}\right) \times 0.4 \times \sin 70^0 = 0.408\text{N}.$$

ଉଦାହରଣ 5-12

ଉଦାହରଣ 5-12 ଏକ ବିମାନର ଡେଣାର ଲମ୍ବ (span) 56 m । ଏହା 810 km/hr ବେଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଉଡୁଛି ଏବଂ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଦାନ (vertical component ହେଉଛି 4 x 10^{-4} Wb/m2 ବିମାନର ୱିଙ୍ଗ ଟିପ୍ସ (wing tips) ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ (Potential difference) ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ପ୍ରେରିତ e.m.f. $E = Blv$

ଏଠାରେ, $B = 4 \times 10^{-4}$ Wb/m^2, $l = 56$ cm, $v = 810 \times 10^3/3600 = 225$ m/s

$\therefore$ ପ୍ରେରିତ e.m.f. $E = 4 \times 10^{-4} \times 56 \times 225 = 5.04$ V.

କିମ୍ବା, Potential difference = 5.04 VA

ii) ସ୍ଥିର ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. (Statically Induced e.m.f.): ଯଦି ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ପରିବାହକ ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ସହିତ ସଲଗ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳକୁ ସ୍ଥିର ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଭାବରେ ନାମିତ କରାଯାଏ । ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳକୁ ଏହିପରି ଉପ-ବର୍ଗୀକୃତ କରାଯାଏ:

a) ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ଏବଂ

b) ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ।

a) ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. (Self induced emf): ଏହା ସେହି e.m.f. ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତ କୁଣ୍ଡଳୀର ନିଜସ୍ୱ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (ଚିତ୍ର. 5.5) ବହନ କରେ, ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଭିବାହ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ତେଣୁ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଏକ e.m.f. କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ହେବ । ଏହା ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା

ଏହି ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ର ପରିମାଣ

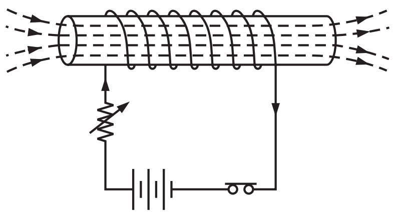
$$e_s = N\frac{d\varphi}{dt} \qquad (5.17)$$

ପ୍ରେରିତ e.m.f.ର ଦିଗ (ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ) ସର୍ବଦା ଏପରି ହୋଇଥାଏ ଯାହା ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରବର୍ତ୍ତାଇବା ପାଇଁ ଦାୟୀ କାରଣକୁ ବିରୋଧ କରିଥାଏ । ଅର୍ଥାତ, କାରଣ ହେଲା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (ତେଣୁ କ୍ଷେତ୍ର) ପରିବର୍ତ୍ତନ ।

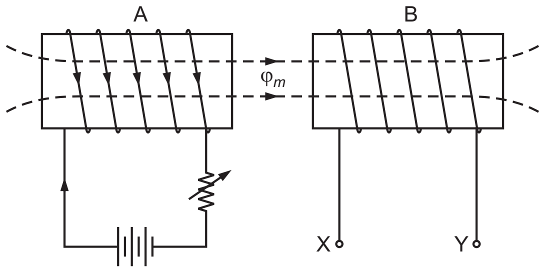
ଯେତେବେଳେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ଏକ *e.m.f.* ଏଥିରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ଯାହା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଏହି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ସମ୍ପତ୍ତିକୁ ଏହାର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ନାହିଁ; ଏହା କେବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିଳମ୍ବ କରିବାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହିପରି, ସ୍ୱିଚ ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ (ଚିତ୍ର. 5.5), କିଛି ସମୟ ନେଇ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଶୂନରୁ ଅନ୍ତିମ ସ୍ଥିର ମୂଲ୍ୟକୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ଏହି ବିଳମ୍ବ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ହେତୁ ହୋଇଥାଏ କିମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯୋଗୁ ହୋଇଥାଏ । ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସ୍ଥିର ହୁଏ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ଶୂନ୍ୟକୁ ଖସିଯାଏ ।

b) ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* (Mutual induced *e.m.f.*): ପ୍ରେରିତ e.m.f. ପଡ଼ୋଶୀ (neighbouring) କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ହୋଇଥାଏ, ଏହାକୁ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଆସନ୍ତୁ ବିଚାରକୁ ନେବା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ଚିତ୍ର. 5.6 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ପରି ଏଗୁଡିକ ପରସ୍ପରର ନିକଟରେ ରଖାଯାଉ । କୁଣ୍ଡଳୀ A ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ଏକ ଅଂଶ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ B ମଧ୍ୟରେ ଯାଇଥାଏ କିମ୍ବା ସଲଗ୍ନ କରେ, ଏହି ଅଭିବାହ ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ପାଇଁ ସମାନ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା (φ_m).

ଯଦି ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା, ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ଏବଂ ସୃଷ୍ଟ e.m.f. ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ହେବ । ପ୍ରେରିତ e.m.f. କୁଣ୍ଡଳୀ A ପାଇଁ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଯେପରି ପୂର୍ବରୁ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଅପରପକ୍ଷରେ, e.m.f. ଯାହା କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହା ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମରୁ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ରାଶି , ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,



ଚିତ୍ର. 5.5: ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ



ଚିତ୍ର . 5.6: ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ

$$e_M = N_B \frac{d\varphi_m}{dt} \tag{5.18}$$

ଯେଉଁଠାରେ N_B କୁଣ୍ଡଳୀ B ର ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟାକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ $\frac{d\varphi_m}{dt}$ ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଦେଇଥାଏ ଯାହା ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ପାଇଁ ସାଧାରଣ ଅଭିବାହ ।

ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମରୁ, ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ର ଦିଗ ଏପରି ହୋଇଯାଏ ଯେ ଏହାକୁ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର କାରଣକୁ ବିରୋଧ କରେ । ସେହି କାରଣ ଯାହା କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଉତ୍ପାଦନ କରେ । କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବା ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ ପାଇଁ । ଏହିପରି ଯେତେବେଳେ ପରିପଥ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ, କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏହା ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥାପିତ ଅଭିବାହ ଯୋଗୁ ହୋଇଥାଏ । ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀ A ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହକୁ ବିରୋଧ କରେ । ଏହି ବିଷୟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଏଣ୍ଟଗୁଡିକ ପ୍ରତି ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ:

(i) କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତବାହକ ବଳ କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିଥାଏ । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସ୍ଥିର, ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଶୂନ୍ୟ ମୂଲ୍ୟକୁ ଖସିଯାଏ ।

(ii) ଅନ୍ୟଟିରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଭୋଲଟେଜ ପ୍ରେରିତ କରିବା ପାଇଁ ଦୁଇଟି ପଡ଼ୋଶୀ କୁଣ୍ଡଳୀର ସମ୍ପତ୍ତିକୁ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।

e.m.f. ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର ପଦ୍ଧତି: e.m.f. ଉତ୍ପାଦନକରିବାର ତିନୋଟି ପଦ୍ଧତି ଅଛି, ଯାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି:

(i) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ କୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ।

(ii) ପ୍ରାଥମିକ ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଅର୍ଥାତ, କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଟାଣି (stretching) କିମ୍ବା ସଙ୍କୁଚିତ (shrinking) କରି ।

(iii) ଭୂପୃଷ୍ଠ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଆପେକ୍ଷିକ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଅର୍ଥାତ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଏବଂ ପ୍ରାଥମିକ ପୃଷ୍ଠକୁ ଥିବା ଲମ୍ବ କୋଣର ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ।

5.8 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Self Inductance)

ଯେତେବେଳେ ଏକ ବନ୍ଦ ପାଶରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଅର୍ଥାତ ନିଜସ୍ୱ ପାଶ ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧା ହୋଇଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ନିଜସ୍ୱ ଅଭିବାହ ଥାଏ । ଯଦି ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୟ ସହିତ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ଅଭିବାହ ମଧ୍ୟ ପାଶ ମଧ୍ୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଏବଂ ଏକ *e.m.f.* ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ (self-inductance) ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା।

ସଂଜ୍ଞା: ଏହା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ କିମ୍ବା ପାଶର ସମ୍ପତ୍ତି ଯେଉଁ କାରଣରୁ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତରେ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ, ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ସୃଷ୍ଟି ଫଳରେ । ଏଥିପାଇଁ ଏହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତର ଜଡ଼ତା ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ ।

5.8.1 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରଣର ସହଗ (Coefficient of self induction)

ଯଦି φ ଯେକୌଣସି ମୂହୁର୍ତ୍ତ t ରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହୁଏ ଓ ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ହୁଏ ତେବେ,

$$\varphi \propto I$$

କିମ୍ବା,
$$\varphi = LI \qquad (5\text{-}19)$$

ଯେଉଁଠାରେ ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ L ଆତ୍ମ ପ୍ରେରଣର (self induction) ସହଗ କିମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଏବଂ ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀର ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଅଟେ ।

ଯଦି I= 1 ତା'ପରେ $L = \varphi$

ଏହିପରି, ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ସହ ସମାନ ।

ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ (self-induced) e.m.f. କାରଣରୁ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ନିଜସ୍ୱ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ, ଏଥିରେ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଦେଖା ଦେବ । କୌତୁହଳର ବିଷୟ ହେଉଛି, ଏହା ଏପରି ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଯାହା ପାଇଁ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ବୃଦ୍ଧିକୁ ବିରୋଧ କରିବ । ଏହିପରି ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଭୋଲଟେଜର ବିପରୀତ ହେବ । ସେହିଭଳି, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହ୍ରାସ ପାଇଁ, ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏପରି ଦିଗରେ ରହିବ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହ୍ରାସକୁ ବିରୋଧ କରିବ ଅର୍ଥାତ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଭୋଲଟେଜ ପରି ସମାନ ଦିଗରେ ରହିବ । ଏହା ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ନାହିଁ; ବରଂ ଏହା କେବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିଳମ୍ବ କରିବାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. $\left(= N\dfrac{d\varphi}{dt} \right)$ ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ଏବଂ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ବିରୋଧ ଅଧିକତର ହେବ । ତେଣୁ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିମ୍ନଲିଖିତ କାରଣଗୁଡିକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ:

(i) ମୋଡ଼ର ଆକୃତି ଏବଂ ସଂଖ୍ୟା।

(ii) କୁଣ୍ଡଳୀ ଚାରିପାଖରେ ଥିବା ସାମଗ୍ରୀ ।

(iii) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନ କରୁଥିବା ବେଗ ।

L ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି: I ଆମ୍ପେୟର୍ସ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରିଥିବା ଏକ N ମୋଡ଼ର କୁଣ୍ଡଳୀ ବିଚାରକୁ ନେବା । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ତେବେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅଭିବାହ ଧାରଣ (linkage) ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଏକ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଦେଖାଯିବ, ଯାହା ନିମ୍ନ ଲିଖିତ ସମୀକରଣରେ ପ୍ରକାଶ

କରାଯିବ;

$$e = N\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d}{dt}(N\varphi) \qquad (5.20)$$

ଅଭିବାହ ସଂଯୋଗ (= $N\varphi$) କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେତୁ, ଯାହା ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯିବ ।

$\therefore$ $$e \propto \frac{dI}{dt}$$

କିମ୍ବା, $$e = L\frac{dI}{dt} \qquad (5.21)$$

ଯେଉଁଠାରେ L କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଧ୍ରୁବକ ଅଟେ । ଏହାର SI ଏକକ ହେଉଛି ହେନେରୀ (henry) (H) । ଯଦି Eq. (5.21) ରେ, e = 1 ଭୋଲ୍ଟ (volt) ଏବଂ $\frac{dI}{dt}$ =1 A/s, ତେବେ L = 1 H .

ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ କିମ୍ବା ପରିପଥରେ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ (1V) ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ (e.m.f.) ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏଥିରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଆମ୍ପେୟର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଗଲେ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ ହେନେରୀ (1H) ହେବ ।

ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ପରିସର : ଆମେ ଜାଣିଛୁ $L = \frac{e}{\frac{dI}{dt}}$ [Eq. (5.21) ରୁ]

ତେଣୁ, ଏଥିରୁ ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ପରିସର ହାସଲ କରାଯାଇପାରିବ,

$$[L] = \left[\frac{emf \times \text{time}}{\text{current}}\right] = \left[\frac{\text{work} \times \text{time}}{\text{charge} \times \text{current}}\right] = \left[\frac{\text{work} \times \text{time}}{\text{charge}^2 \times \text{time}}\right]$$

$\therefore$ $$[L] = \left[ML^2T^{-2}I^{-2}\right]$$

L ପାଇଁ ଅନ୍ୟ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି: Eq. (5.21) ବ୍ୟତୀତ, ମୂଲ୍ୟ ***L*** ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ଉପାୟ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ:

(i) ପ୍ରଥମ ପଦ୍ଧତି: ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓ ଅଭିବାହ ସଂଯୋଗର ସମ୍ପର୍କ ଜଣାଶୁଣା, ତେବେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହିଭଳି ନିର୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ:

$$e = L\frac{dI}{dt} = \frac{d}{dt}(LI)$$

ମାତ୍ର $$e = N\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d}{dt}(N\varphi)$$

ଦୁଇଟି ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରୁ, ଆମେ ପାଇବା, $LI = N\varphi$

$\therefore$ $$L = \frac{N\varphi}{I} \qquad (5.22)$$

ଏହିପରି, ଏକ ମୋଡ଼କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଏମ୍ପିୟର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଅଭିବାହ ସଂଯୋଗର ରାଶି ସହ ସମାନ ହେବ ।

ଯଦି $N\varphi = 1$Wb-turn ଏବଂ I = 1 A, ତା'ପରେ $L = 1$H

ତେଣୁ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର 1 ହେନେରୀ (henry) ର ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥାଏ ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ 1 A ର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 1 Wb-turn ର ଅଭିବାହ ସଂଯୋଗ କରେ ।

ଉଦାହରଣ 5-13

ଉଦାହରଣ 5-13 ଯଦି 5 250 ମୋଡ଼ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ 100 Wb ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ।, କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଗଣନା କରନ୍ତୁ । ଯଦି 2.5 ms ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓଲଟା ହୁଏ ତେବେ ମଧ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

Inductance, $L = \dfrac{N\varphi}{I} = \dfrac{250 \times 100 \times 10^{-6}}{5} = 0.005\text{H} = 5\text{mH}.$

ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* $E = L\dfrac{dI}{dt} = 0.005 \times \dfrac{5-(-5)}{2.5 \times 10^{-3}} = 20\text{V}.$

ଉଦାହରଣ 5-14

ଉଦାହରଣ 5-14 400 turn ର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 8 mH ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଏ । ଯଦି ସେହି କୋର (core) ଏହା କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତେବେ 6 mH ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ମୋଡ଼ର ସଂଖ୍ୟା କ'ଣ?

ସମାଧାନ

ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହେବା ପରଠାରୁ, $L = \dfrac{N\varphi}{I}$ (for constant φ and I)

$L \propto B$

କିମ୍ବା, $8 \times 10^{-3} \propto 400$

କିମ୍ବା, $8 \times 10^{-3} = k.\ 400$

କିମ୍ବା, $\text{k} = \dfrac{8 \times 10^{-3}}{400} = 20 \times 10^{-6}.$

ତେଣୁ, କେବେ $L = 6 \times 10^{-3}\ H, \quad L = kN$

କିମ୍ବା, $6 \times 10^{-3} = 20 \times 10^{-6}\ N$

ଯେଉଁଠାରୁ, ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା, $N = \dfrac{6 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 300$ turns.

ଉଦାହରଣ 5-15

ଉଦାହରଣ 5-15 ପାରଗମ୍ୟତା 400 ର ଏକ ଲୁହା କୋର ଉପରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡା ଯାଇଛି, ଯାହାର 150 ମୋଡ଼ ଏବଂ 5 cm^2 ର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଅଞ୍ଚଳ ଅଛି । କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଗଣନା କରନ୍ତୁ। ଦିଆଯାଇଛି, 3 mA ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 10 lines/cm^2 ର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଯେତେବେଳେ ବାୟୁକୁ ମାଧ୍ୟମ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

ସମାଧାନ $\mu_i = \dfrac{\text{flux density in iron}}{\text{flux density in air}} = \dfrac{B_i}{10}$

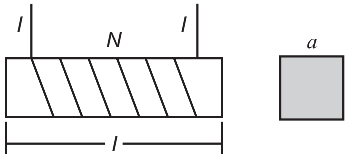
$$B_i = 10 \times \mu_i = 10 \times 400 = 4000 \text{ lines/cm}^2$$

ଲୁହା କୋରରେ 3 mA ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ଅଭିବାହ ହେଉଛି

$$\varphi = B_i \times a = 4000 \times 5 = 20{,}000 \text{ lines} = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\therefore \quad L = \frac{N\varphi}{I} = \frac{150 \times 2 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = 10\text{H.}$$

(ii) ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ୍ଧତି: ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହାର ଭୌତିକ ପରିସର ଦୃଷ୍ଟିରୁ ମିଳିପାରିବ । ଚିତ୍ର. 5.7 ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ପରି ଏକ ଅନ୍ତସ୍ଥଳ (Core) ସମ୍ପନ୍ନ କୁଣ୍ଡଳିକା ବିଚାରକୁ ନେବା । କୁଣ୍ଡଳିକାର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ,



ଚିତ୍ର . 5.7: Sଏକ ର ଏକ୍ସନ୍ କୁଣ୍ଡଳିକା

$$L = N\frac{d\varphi}{dI}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ,
$$\varphi = \frac{m.m.f.}{\text{reluctance}} = \frac{NI}{l / a\mu_0\mu_r} \qquad (5.23)$$

I ସହ φ କୁ ଅବକଳନ କରାଗଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{d\varphi}{dI} = \frac{N\, a\mu_0\mu_r}{l}$$

$$\therefore \quad L = N\frac{N\, a\mu_0\mu_r}{l} = \frac{N^2\, a\mu_0\mu_r}{l} \qquad (5.24)$$

କିମ୍ବା,
$$L = \frac{N^2}{l / a\mu_0\mu_r} = \frac{N^2}{\text{reluctance (S)}} \qquad (5.25)$$

ଏହା ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ସିଧାସଳଖ ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତି ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ ସହିତ ବିଲୋମପାତି (reluctance) ।

ଉଦାହରଣ 5-16

ଉଦାହରଣ 5-16 ସେଠାରେ ଏକ କାଠ toroid ଅଛି ଯାହାର ହାରାହାରି ବ୍ୟାସ 400 mm ଅଟେ ଯାହାର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ (cross section) ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 400 mm² । ଏହା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସମାନ ଭାବରେ ଗୁଡା ହୋଇଛି ଯାହାର 100 ମୋଡ଼ ଅଛି ଏବଂ 2 A ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଛି । ଦିଆଯାଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ (i) ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ଯେତେବେଳେ 10 ms ସମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସମାନ ଭାବରେ ଶୂନକୁ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ (ii) ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ମଧ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ $l = 0.4\,\pi m$, $a = 400 \times 10^{-6}$ m²

(*i*)
$$L = \frac{N^2 a\mu_0\mu_r}{l} = \frac{(1000)^2 \times 400 \times 10^{-6} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1}{0.4\,\pi} = 0.4 \times 10^{-3} \text{ H.}$$

(*ii*)
$$e = L\frac{dI}{dt} = 0.4 \times 10^{-3}\, \frac{2 - 0}{10 \times 10^{-3}} = 0.08\,\text{V.}$$

ଉଦାହରଣ 5-17

ଉଦାହରଣ 5-17 ଏକ 300-turn କୁଣ୍ଡଳୀର 6Ω ପ୍ରତିରୋଧ ଅଛି ଏବଂ 0.5 H ର ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଅଛି । ନୂତନ ପ୍ରତିରୋଧ ଏବଂ ନୂତନ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ଯଦି ଏକ ତୃତୀୟାଂଶ ମୋଡ଼ ଅପସାରଣ କରାଯାଏ । ଅନୁମାନ କରନ୍ତୁ ଯେ ସମସ୍ତ ମୋଡ଼ର ସମାନ ପରିଧି ଅଛି ।

ସମାଧାନ

ଯେହେତୁ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତିରୋଧ ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସିଧାସଳଖ ଆନୁପାତିକ, ଆମେ ପାଇବା

$$R_1 / R_2 = N_1 / N_2$$

$$\therefore \quad 6 / R_2 = 300 / 200$$

$$\therefore \quad R_2 = \frac{200}{300} \times 6 = 4\Omega.$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{N_1^2 / S}{N_1^2 / S}$$

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ କୁ ସ୍ଥିର ରହିବାକୁ ଅନୁମାନ କରିବା, $\frac{0.5}{L_2} = \frac{(300)^2}{(200)^2}$

$$\therefore \quad L_2 = 0.22 \text{ H}$$

ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳତା: ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ୍ ପ୍ରେରକତ୍ୱ: କୁଣ୍ଡଳୀର

(i) ଦୈର୍ଘ୍ୟ (l),

(ii) ଟର୍ନସଂଖ୍ୟା (n), ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା (n)

(iii) ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ (cross section) ର କ୍ଷେତ୍ର (A)

(iv) ଅନ୍ତସ୍ଥଳ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ପବନପୂର୍ଣ୍ଣ ଅନ୍ତସ୍ଥଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଲମ୍ବା କୁଣ୍ଡଳିକାର ଆତ୍ମ୍ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହିପରି ଲେଖାଯିବ,

$$L = \mu_0 n^2 l A = \mu_0 \pi r^2 n^2 l \tag{5.26}$$

ଯେଉଁଠାରେ $A = \pi r^2$ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ର, n ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ଟର୍ନ ସଂଖ୍ୟା।

ଯଦି ଅନ୍ତସ୍ଥଳରେ ଥିବା ସାମଗ୍ରୀର ପାରଗମ୍ୟତା ହୁଏ ତେବେ,

$$L = \mu \text{n2lA} = \mu_0 \mu_r \pi r^2 n^2 l \tag{5.27}$$

ଯେଉଁଠାରେ ମୁକ୍ତସ୍ଥାନର ପାରଗମ୍ୟତାକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତାକୁ ବୁଝାଏ ।

5.9 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Mutual Inductance)

ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ପାଖକୁଣ୍ଡଳୀରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ପରିଘଟଣକୁ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ ବୋଲି ବିଚାର କରାଯାଏ। ଯଦି ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସମୟାନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ଅନ୍ୟ

କୁଣ୍ଡଳୀ ସଂଲଗ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଫଳରେ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀରେ *e.m.f.* ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ପ୍ରଥମ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ବିରୋଧ କରେ ଏବଂ ଉକ୍ତ ପରିଘଟଣକୁ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ କୁହାଯାଏ । ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣକୁ ଆମେ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଧର୍ମ ଭାବେ ବିଚାର କରିଥାଉ ।

ସଂଜ୍ଞା: ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଏହି ଧର୍ମ ଦ୍ୱାରା ଅନ୍ୟ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ ସେହି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

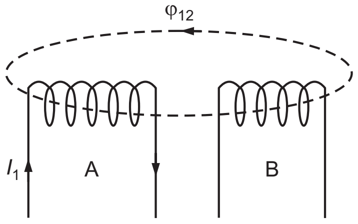
5.9.1 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣର ସହଗ (Coefficient of Mutual Induction)

ଯଦି, ଏକ ମୁହୂର୍ତ୍ତ t ରେ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ହୁଏ ଯାହା ପାଇଁ ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ φ ହେବ,

ତେବେ, $\varphi \propto I$

କିମ୍ବା, $$\varphi = MI \qquad (5.28)$$

ଯେଉଁଠାରେ ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ M ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣର ସହଗ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ (ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମିକ) ମଧ୍ୟରୁ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ଥିର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ଅଟେ ।



ଚିତ୍ର 5.8: ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ପରସ୍ପରକୁ ଲାଗି ରଖାଯାଇଛି

ଯଦି I = 1 ତା'ପରେ $M = \varphi$

ଏହିପରି, ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଏକ ଏକକ ପ୍ରବାହପାଇଁ ପାଖ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ସହ ସମାନ ।

ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକ ହେଉଛି Wb/A କିମ୍ବା volt-s/amp ଏବଂ ସାଧାରଣତଃ ହେନେରୀ (henry) (H) ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

ଚିତ୍ର. 5.8 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଯଦି I I ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ A କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତେବେ ଏଥିରେ କିଛି ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିବାହ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଏବଂ ଏହାର ଏକ ଅଂଶ φ_{12} (ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ) B କୁଣ୍ଡଳୀ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବ । ଯଦି A କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ଏବଂ B କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ e.m.f. ପ୍ରେରିତ ହେବ । କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କୁ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କୁହାଯିବ

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ରିୟାର ବିପରୀତ କ୍ରିୟା ସତ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ B କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇ A କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ର ମଧ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇ ପାରିବ । ଯେଉଁଭଳି ଆତ୍ମପ୍ରେରିତ e.m.f. ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପାଇଁ ଦାୟୀ, ସେହିଭଳି ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱପାଇଁ ଦାୟୀ ରହିବ । ମନେକର, ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ L_A ଏବଂ L_B । ଏହା ବ୍ୟତୀତ, ଆଉ ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯାହାକୁ ଆମେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବୋଲି କହିଥାଉ, ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଦୁଇ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ବୃଦ୍ଧି $(L_A + M)$ $(L_B + M)$ କିମ୍ବା ହ୍ରାସ ($L_A - M$ ଏବଂ $L_B - M$) ଯୋଗୁ ସମ୍ଭବ ହେବ । ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀ ଦ୍ୱୟର ଆୟୋଜନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ ।

M ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି: ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ $\propto$ କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର

କିମ୍ବା, $$e_M \propto \frac{dI_1}{dt}$$

କିମ୍ବା, $$e_M = M\frac{dI_1}{dt} \tag{5.29}$$

ଯେଉଁଠାରେ M ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିରାଙ୍କ, ଯାହା ଦୁଇ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।

ହେନେରୀର ସଂଜ୍ଞା: ଯଦି Eq. (5.29) ରେ, $e_M = 1$ volt, ଏବଂ $\frac{dI_1}{dt} = 1$ A/s, ତେବେ $M = 1$H.

ତେଣୁ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 1 henry ହେବ ଯଦି ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ 1 A/s ହାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଏବଂ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ 1 V ର e.m.f. ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ ।

ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପରିସର: Eq. (5.29) ରୁ ଆମେ ଜାଣୁ, $M = \frac{e_M}{\frac{dI_1}{dt}}$

ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପରିସର ଏହିପରି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଏ,

$$M = \frac{e_M}{\frac{dI_1}{dt}}$$

$$[M] = \left[\frac{emf \times \text{time}}{\text{current}}\right] = \left[\frac{\text{work} \times \text{time}}{\text{charge} \times \text{current}}\right] = \left[\frac{\text{work} \times \text{time}}{\text{charge}^2 \times \text{time}}\right]$$

$$\therefore \quad [M] = \left[ML^2T^{-2}I^{-2}\right]$$

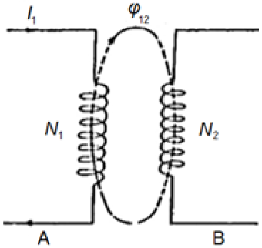
ଅନ୍ୟ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି M ପାଇଁ: Eq. (5.29), ପାଇଁ M, ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଦ୍ୱାରା ବିକଳ୍ପ ଭାବରେ ନିର୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ:

(i) ପ୍ରଥମ ପଦ୍ଧତି: ଚିତ୍ର.5.9 ରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଯୋଡି ଭାବରେ ହୋଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ପାଇଁ $$e_M = M\frac{dI_1}{dt} = \frac{d}{dt}(MI_1)$$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ $$e_M = N_2\frac{d\varphi_{12}}{dt} = \frac{d}{dt}(N_2\,\varphi_{12})$$

ଆମର ଏହି ଦୁଇଟି ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରୁ, $$MI_1 = N_2\varphi_{12}$$

କିମ୍ବା, $$M = \frac{N_2\,\varphi_{12}}{I_1} \tag{5.30}$$



ଚିତ୍ର 5.9: ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାବରେ ଯୋଡି ହୋଇ A ଏବଂ B

ହେନେରୀର ସଂଜ୍ଞା: ଯଦି $N_2\varphi_{12} = 1$ Wb-turn ଏବଂ $I_1 = 1A$ ତେବେ $M = 1H$ ତେଣୁ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 1 henry, ଯେତେବେଳେ 1 Wb-turn ଅଭିବାହ କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବ, 1 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

(ii) ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ୍ଧତି: ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ଭୌତିକ ପରିସର ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ଚିତ୍ର. 5.9 ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭାବରେ ଯୋଡି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ର ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ N_1 ଏବଂ N_2 ଧରାଯାଉ ।

ମନେକର l ଏବଂ a ଯଥାକ୍ରମେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ଲମ୍ବ ଓ ପ୍ରସ୍ଥଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ । ଯେଉଁ ସାମଗ୍ରୀକୁ ନେଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥ ରଚନା କରାଯାଏ ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା μ ହେଲେ,

ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିବାହ, $\varphi_{12} = \dfrac{m.m.f}{\text{ରିଲକ୍ଟାନ୍ସ (ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ)}} = \dfrac{N_1 I_1}{1/a\,\mu_0\mu_r}$ (5.31)

କିମ୍ବା, $\dfrac{\varphi_{12}}{I_1} = \dfrac{N_1 a\,\mu_0\mu_r}{l}$

$\therefore$ ତେଣୁ, $M = \dfrac{N_1 N_2 a\mu_0\mu_r}{l}$ [ସମୀକରଣ 5.30ରୁଆମେଜାଣିଛୁ $M = \dfrac{N_2\,\varphi_{12}}{I_1}$] (5.32)

କିମ୍ବା, $M = \dfrac{N_1 N_2}{l/a\,\mu_0\mu_r} = \dfrac{N_1 N_2}{\text{reluctance (S)}}$ (5.33)

Eq. (5.33) ଠାରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ ସହ ବିଲୋମପାତି ।

ଉଦାହରଣ 5-18 300 mm ଲମ୍ବା ଲୁହା ରିଙ୍ଗର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଅଞ୍ଚଳ ହେଉଛି 500 ଏହା 100 ମୋଡ଼ରେ ଗୁଡାହୋଇଛି । କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଅଭିବାହ 500 μWb ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବାକୁ (a) ଆବଶ୍ୟକ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଖୋଜନ୍ତୁ, (b) ତନ୍ତ୍ରର ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ଏବଂ (c) ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଯେତେବେଳେ 1 ms ମଧ୍ୟରେ କ୍ଷେତ ଭୁଶୁଡି ଯାଏ । ଧରାଯାଉ, ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା 1600 ହେବ।

ସମାଧାନ

(a) ରିଙ୍ଗର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ, $S = \dfrac{l}{\mu_0\,\mu_r\,A} = \dfrac{300\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}\times1600\times500\times10^{-6}} = 298.4\text{kA/Wb}.$

ପୁନର୍ବାର, $NI = \varphi S$ ଯେଉଁଠାରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ,

$$I = \frac{\varphi S}{N} = \frac{500\times10^{-6}\times298415.52}{100} = 1.492\text{A}.$$

(b) ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductance), $L = \dfrac{N^2}{S} = \dfrac{(100)^2}{298.4\times1000} = 33.51\text{mH}.$

(c) ପ୍ରେରିତ e.m.f., $E = -N\dfrac{d\varphi}{dt} = -100\times\dfrac{500\times10^{-6}}{1\times10^{-3}} = -50\text{V}.$

ଉଦାହରଣ 5-18

ଉଦାହରଣ 5-19 ଯଦି 400 ମୋଡ଼ ଥିବା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ 100 ms ରେ 10 mA ରୁ 35 mA ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ 75 mV ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ ସେକେଣ୍ଡାରୀ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ପ୍ରେରିତ କରିବା ପାଇଁ ଦେଖାଯାଏ, ଯାହାର ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ଅଛି, 240 ମୋଡ଼ ଅଛି । (i) ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜ, (ii) ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ ଏବଂ (iii) ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ।

ଉଦାହରଣ 5-19

ସମାଧାନ:

(a) ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, $M = \frac{E_M}{\frac{dI_1}{dt}} = \frac{75\times10^{-3}}{\frac{(35-10)\times10^{-3}}{100\times10^{-3}}} = 0.30\text{H}.$

(b) ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ, $S = \frac{N_1 N_2}{M} = \frac{400\times240}{0.30} 320000\text{A/Wb} = 320\text{kA/Wb}.$

(c) ମାଧ୍ୟମିକ ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, $L_2 = \frac{{N_2}^2}{S} = \frac{(240)^2}{320000} = 0.18\text{H}.$

ଉଦାହରଣ 5-19

ଉଦାହରଣ 5-20 ଲମ୍ବରେ 70 cm ଏବଂ 2100 ମୋଡ଼ର କୁଣ୍ଡଳିକାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 4.5 cm। 750 ମୋଡ଼ର ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ କୁଣ୍ଡଳିକାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଛି। (i) କୁଣ୍ଡଳିକାର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ (ii) ଏବଂ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଖୋଜନ୍ତୁ।

ସମାଧାନ:

ସେବେଠାରୁ μ ଦିଆଯାଏ ନାହିଁ, ଆସନ୍ତୁ ଏହାକୁ 1 ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରିବା।

ଏଠାରେ, ଅଞ୍ଚଳ $a = \pi r^2 = \pi\,(4.5 \times 10^{-2})^2\ m^2$

(i) ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductance) $L = \frac{N^2\ \alpha\ \mu_0\mu_r}{l}$

$$= \frac{(2100)^2 \times \pi \times (4.5\times10^{-2})^2 \times 4\pi\times10^{-7} \times 1}{0.7} = 51\times10^{-3}\ \text{H}.$$

(ii) ଯେପରି ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ କ୍ଷେତ୍ର ହୋଇଛି କୁଣ୍ଡଳିକାର ମଧ୍ୟଭାଗ, ସହଗକପଲିଂ ହେଉଛି, ଏକତା ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳିକା ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ସମଗ୍ର ଅଭିବାହ ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସଂଯୋଗ କରେ |

$$M = \frac{N_1\ N_2\ \alpha\ \mu_0\mu_r}{l}$$

$$= \frac{2100\times750\times\pi\times(4.5\times10^{-2})^2\times4\pi\times10^{-7}\times1}{0.7} = 18.2\times10^{-3}\text{H}.$$

ଉଦାହରଣ 5-20

ଉଦାହରଣ 5-21 ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଯଥାକ୍ରମେ 100 ଏବଂ 1000 ବର୍ଷରେ ପଦାର୍ପଣ କରିଥିବା A ଏବଂ B ଭାବରେ ଚିହ୍ନିତ। ସେମାନେ 8 cm^2 ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଅଞ୍ଚଳର ଏକ ବନ୍ଦ ଲୁହା ପରିପଥରେ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହାର ହାରାହାରି ଦୈର୍ଘ୍ୟ 80 cm। ଲୁହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା 900 ଭାବରେ ଦିଆଯାଏ। କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ। କୁଣ୍ଡଳୀ B ରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କ'ଣ ହେବ ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ A ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 0.02 s 0 ରୁ 10 A କୁ ସମାନ ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ?

ଉଦାହରଣ 5-21

ଉଦାହରଣ 5-21

ସମାଧାନ:

କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ

$$M = \frac{N_1 N_2\, a\mu_0\mu_r}{l} = \frac{100\times1000\times8\times10^{-4}\times4\pi\times10^{-7}\times900}{0.8}$$

ଏବଂ ପ୍ରେରିତ e.m.f. $e_B = M\frac{dl_1}{dt} = 0.113\times\frac{10-0}{0.02} = 56.5\text{ V}$

5.10 କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ (Coefficient Of Coupling)

ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର ଭଗ୍ନାଂଶ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ ଯେତେବେଳେ ଏହା ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସଂଯୋଗ କରେ । ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ A ଏବଂ B ବିଚାର କରିବ । ଯାହାର ଯଥାକ୍ରମେ N_1 ଏବଂ N_2 ମୋଡ ଥିବ । ସେମାନଙ୍କର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଗୁଣକ ଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ L_1 ଏବଂ L_2 ହେଉ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ M ଧରାଯାଉ ।

$$M = \frac{N_1\varphi_1}{I_2}$$

କିମ୍ବା,

$$M = \frac{N_1K_1\varphi_2}{I_2} \tag{5.34}$$

ଯେଉଁଠାରେ ଅଭିବାହ φ_2 ହେଉଛି ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ I_2 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତପାଇଁ, କେବଳ ଏକ ଭଗ୍ନାଂଶ $K_1\varphi_2$ କୁଣ୍ଡଳୀ 1 ରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଉଛି ।

କୁଣ୍ଡଳୀ 1 ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ 2 ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ ।

$$M = \frac{N_2\varphi_2}{I_1} = \frac{N_2K_2\varphi_1}{I_1} \tag{5.35}$$

ଯଦି ପ୍ରଥମ କୁଣ୍ଡଳୀରେ I_1 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ଏଥିରେ φ_1 ଅଭିବାହ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ଏକ ଭଗ୍ନାଂଶ $K_2\varphi_1$ କୁଣ୍ଡଳୀ 2 ରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ । Eq. (5.34) ଏବଂ Eq. (5.35) କୁ ଗୁଣନ କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ

$$M^2 = \frac{N_1N_2\phi_1\phi_2}{I_1I_2}K_1K_2 = K_1K_2\left(\frac{N_1\phi_1}{I_1}\right)\left(\frac{N_2\phi_2}{I_2}\right)$$

$$= K_1K_2L_1L_2 \quad \left[\because L_1 = \frac{N_1\varphi_1}{I_1} \text{and } L_2 = \frac{N_2\varphi_2}{I_2}\right]$$

$$\therefore \quad M = \sqrt{K_1K_2}\times\sqrt{L_1L_2} \tag{5.36}$$

ତେଣୁ କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ,

$$K = \sqrt{K_1K_2} = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$$

ତେଣୁ କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ସହିତ ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ବର୍ଗମୂଳ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ।

ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଭରଶୀଳତା: ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଭର କରେ

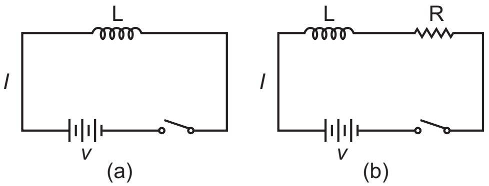
(i) ଦୂରତା (d) କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ,

(ii) କୁଣ୍ଡଳୀର ଆଭିମୁଖ୍ୟ,

(iii) କୁଣ୍ଡଳୀର ପରିସର ଏବଂ ଆକୃତି,

(iv) ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ

(v) ଯେଉଁ ସାମଗ୍ରୀ ଉପରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ ତାହାର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।



ଚିତ୍ର 5.10: (a) ଏକ dc ଉତ୍ସ (source) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ଅନୁକରଣାତ୍ମକ, (b) ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଦୁଇଟି ଲମ୍ବା କୋକ୍ସିଆଲ କୁଣ୍ଡଳିକା ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହେଉଛି,

$$M = \mu_0 n_1 n_2 Ad \quad \text{(ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ)} \qquad (5.38)\ (a)$$

$$= \mu n_1 n_2 Ad \quad \text{(ଅନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ)} \qquad (5.38)\ (b)$$

ଯେଉଁଠାରେ n_1 ଏବଂ n_2 ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପିଛା ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟା, L କୁଣ୍ଡଳିକାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, A ଭିତର କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ର, μ_0 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପାରଗମ୍ୟତା ଏବଂ μ କଥିତ ମାଧ୍ୟମର ପାରଗମ୍ୟତା ଅଟେ ।

5.11 ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି (Energy Stored In A Coil In A Magnetic Field)

ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଚାରିପାଖରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବାପାଇଁ, ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ; କିନ୍ତୁ ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣପାଇଁ କୌଣସି ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ନାହିଁ । ଏହି ଶକ୍ତି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗଚ୍ଛିତ ଏବଂ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ନାହିଁ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହ୍ରାସ ପାଇଁ ସଲଗ୍ନ ହୋଇଥିବା ଅଭିବାହରେ ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ ଆବଶ୍ୟକ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଗଚ୍ଛିତ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି ପରିପଥକୁ ଫେରସ୍ତ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆସନ୍ତୁ ଚିତ୍ର 5.10(a) ରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା dc ଉତ୍ସ (source) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ପ୍ରେରକକୁ ବିଚାର କରିବା ।

ପ୍ରେରକର ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ସହିତ ସମତୁଲ୍ୟ, ଏକ ଛୋଟ ପ୍ରତିରୋଧ R ସହିତ କ୍ରମରେ ଯୋଗ କରାଯାଇଛି ଯେପରି ଚିତ୍ର. 5.10 (b) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପରିପଥକୁ ଯୋଗାଇ ଥିବା ଶକ୍ତି ଦୁଇଟି ଉପାୟରେ ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ:

(i) ଯୋଗାଣ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତିର ଏକ ଅଂଶ I^2R କ୍ଷତି ପୂରଣ କରିବାପାଇଁ ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ, ଯାହା ପୁନରୁଦ୍ଧାର ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ।

(ii) ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ କୁଣ୍ଡଳୀ (କିମ୍ବା ଅନୁକରଣାତ୍ମକ) ଚାରିପାଖରେ ଅଭିବାହ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପାଇଁ ଖର୍ଚ୍ଚ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗଚ୍ଛିତ ରହେ । ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ର ଭୁଶୁଡିଯାଏ, ଗଚ୍ଛିତ ଥିବା ଶକ୍ତି ପରିପଥକୁ ଫେରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଗାଣିତିକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି: ଧରାଯାଉ ଯେକୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେଉଛି i ଏବଂ $\frac{di}{dt}$ ହାରରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି, ତା'ପରେ *e.m.f., e* ପ୍ରେରକ L ଚତୁପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏହିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ;

$$e = L\frac{di}{dt}$$

∴ ତତକ୍ଷଣାତ ଶକ୍ତି, $p = ei = Li\frac{di}{dt}$ (5.39)

ଅଳ୍ପ ସମୟ dt ତଫାତରେ, ଶକ୍ତି dw ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯିବା କାରଣରୁ ସମୟ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣିତ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ। ଅର୍ଥାତ,

$$dW = p.dt = \left(Li\frac{di}{dt}\right)dt = Li\,di$$

ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ମୋଟ ଶକ୍ତି ସେହି ସମୟରୁ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଶୂନ ଅଟେ ଓ ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ଅନ୍ତିମ ସ୍ଥିର ମୂଲ୍ୟ ହାସଲ କରିନାହିଁ ,

$$W = \int_0^I Li\,di = \frac{1}{2}LI^2 \tag{5.40}$$

∴ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି = $\frac{1}{2}LI^2$ joules

ଧ୍ୟାନ ଦିଅନ୍ତୁ ଯେ ଯଦି ପ୍ରେରକତ୍ୱ (L), ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (I) ଯଥାକ୍ରମେ henry ଏବଂ ampere ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ପ୍ରେରକରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ, ତେବେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହିତ ସମତାଳରେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଏହିପରି, ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, କୁଣ୍ଡଳୀ ଶକ୍ତି ଶୋଷଣ କରେ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କମିଯାଏ, ଶକ୍ତି ପରିପଥ କୁ ଫେରସ୍ତ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 5-22 ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 50 mA, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 0.5 H, ତେବେ ଏଥିରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ

ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି, $W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times 0.5\times\left(50\times 10^{-3}\right)^2 = 0.625\,\text{mJ}.$

ଉଦାହରଣ 5-22

ଉଦାହରଣ 5-23 ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ 2 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 60 J ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରେ ତେବେ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଖୋଜ ।

ସମାଧାନ

ଆମର ଅଛି $W = \frac{1}{2}LI^2$

ତେଣୁ, କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହେବ, $L = \frac{2W}{I^2} = \frac{2\times 60}{(2)^2} = 30\text{H}.$

ଉଦାହରଣ 5-23

ଉଦାହରଣ 5-24 ଯେତେବେଳେ 5 A ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ 1200 ମୋଡ଼ର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରେ 30 mWb ଅଭିବାହ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୁଏ ତେବେ (a) ପ୍ରେରକତ୍ୱ, (b) ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ଏବଂ (c) ଯଦି 250 ms ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଶୂନକୁ ହ୍ରାସ ହୁଏ ତେବେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ହାରାହାରି ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଖୋଜନ୍ତୁ।

ଉଦାହରଣ 5-24

ସମାଧାନ:

(କ) କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ, $L = \frac{N\varphi}{I} = \frac{1200 \times 30 \times 10^{-3}}{5} = 7.2\text{H}.$

(ଖ) ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି, $W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 7.2 \times (5)^2 = 90\text{J}.$

(ଗ) ପ୍ରେରିତ e.m.f., $E = L\frac{dI}{dt} = 7.2 \times \frac{5-0}{0.25} = 144\text{V}.$

ଉଦାହରଣୀ 5-24

ଉଦାହରଣ 5-25 ଏକ ବାୟୁ-ଅନ୍ତସ୍ଥଳ ହୋଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳିକାର ବ୍ୟାସ 5 cm ଏବଂ ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 50 cm । ଏହା 1000 ମୋଡ଼ ସହିତ ଗୁଡା ହୋଇଛି । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳିକାରେ ଏକ 1 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହ ହୁଏ, ତେବେ (a) ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ (b) ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ବାହାର କର ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ $a = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times 25 \times 10^{-4} = 19.63 \times 10^{-4}\ \text{m}^2.$

(a) ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductance)

$$L = \frac{N^2 a\mu_0\mu_r}{l} = \frac{(1000)^2 \times 19.63 \times 10^{-4} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1}{0.5} = 4.94\ \text{mH}.$$

(b) ଶକ୍ତି ଗଚ୍ଛିତ $\frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 4.94 \times 10^{-3} \times (1)^2 = 2.47\ \text{mJ}.$

ଉଦାହରଣୀ 5-25

5.12 ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (Eddy Currents)

ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପାଶ ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏଗୁଡ଼ିକ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ଏଗୁଡ଼ିକ ବନ୍ଦ ପାଶରେ ପରିବାହକ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ସମୟ-ଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତଗୁଡିକ ଘନିଷ୍ଠ ଭାବରେ ଅବସ୍ଥିତ ସ୍ଥିର ପରିବାହକଗୁଡିକରେ ପ୍ରେରିତ । ଏକ ବନ୍ଦ ପରିପଥ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ହେତୁ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟ ପ୍ରେରିତ ହୋଇପାରେ । ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା ପାଶରେ ଏହି ସ୍ରୋତର ରାଶି ସିଧାସଳଖ ନିର୍ଭର କରେ:

i) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଶକ୍ତି,

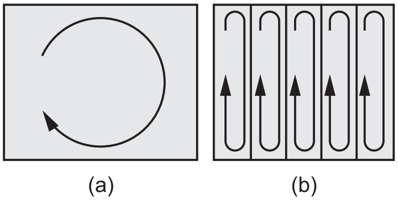
ii) ପାଶ ଅଞ୍ଚଳ, ଏବଂ

iii) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର,

ଏବଂ ବିଲୋମାପତି ଭାବରେ ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରତିରୋଧକତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରି ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ଯାହା ଉକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ନିଜେ ବିରୋଧ କରେ । ଏହିପରି ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ମୂଳ ଉତ୍ସକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବା ପାଇଁ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରେ ।

ଏହି ଘଟଣା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବ୍ରେକରେ ଭଲ ଭାବରେ ନିୟୋଜିତ ହୋଇପାରେ। ଏଗୁଡିକ ସାଧାରଣତଃ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ହଠାତ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ।



ଚିତ୍ର . 5.11: (a) ଉଚ୍ଚ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହିତ ଏକ ପରିଚାଳନା ବ୍ଲକ୍ ଏବଂ (b) କମ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସହିତ ଏକ ଲାମିନେଟେଡ ବ୍ଲକ।

କୌଣସି ସୁପରିବାହୀର ପ୍ରତିରୋଧ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଶକ୍ତି ଉତ୍ତାପ ପରିସର ରେ କ୍ଷୟ ହୋଇଥାଏ। ଆବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ରୋତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡିକରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟର ଉତ୍ସ ଅଟେ, ଯାହା ହେଉଛି ଅନୁକରଣାତ୍ମକ, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର, ବିଦ୍ୟୁତ ମୋଟର, ବିଦ୍ୟୁତ ଜେନେରେଟର ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡିକର ପ୍ରତିରୋଧ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୋଇଥାଏ। ସେଦୃଷ୍ଟିରୁ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରଭାବ ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ଏଗୁଡିକର ନିର୍ମାଣ ଶୈଳୀରେ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇଥାଏ। ଯଥା ଏହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅନ୍ତସ୍ଥଳକୁ ସ୍ତରବିଶିଷ୍ଟ (Laminate) କରିବାକୁ ସୁପାରିଶ କରାଯାଏ।

ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଗରମ କରିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ ପ୍ରକାରର ହିଟିଂ ଉପକରଣରେ, ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ସଫଳତାର ସହ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ। ଉପଯୁକ୍ତ ପରୀକ୍ଷଣ ବ୍ୟବସ୍ଥା ବ୍ୟବହାର କରି ଧାତୁ ଅଂଶରେ ତ୍ରୁଟି କିମ୍ବା ଫାଟ ଚିହ୍ନଟ କରିବା ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ସେଗୁଡିକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ।

5.13 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ (Electromagnetic Braking)

ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ। ଯଦି ଏକ ପେଣ୍ଡୁଲମର ଶେଷରେ ଏକ ଧାତୁ ପ୍ଲେଟ ସଂଲଗ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ପେଣ୍ଡୁଲମକୁ ଦୋଳନ କରିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ବେଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ହ୍ରାସ ପାଇବ ଯେତେବେଳେ ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରିବ, ଯେତେବେଳେ ପ୍ଲେଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦେଇ ଯିବ, ପ୍ଲେଟରେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରେରିତ ହେବ ଏବଂ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସୃଷ୍ଟି ହେବ।

ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମକୁ ବୈଧ କରିବାପାଇଁ ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରିବାପାଇଁ ଏହି ସ୍ରୋତଗୁଡିକ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ। ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ଲେଟକୁ ଗରମ କରିଥାଏ, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲେଟର ଗତିଶୀଳ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ। ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ ପଛରେ ଥିବା ମୌଳିକ ନୀତି।

ଉପରୋକ୍ତ ଘଟଣା ବିଭିନ୍ନ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଯେପରିକି, ଅଣଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାତୁ, କଠିନ ବର୍ଜ୍ୟବସ୍ତୁରୁ ଅଲଗା କରିବା ପାଇଁ କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ମହାକାଶଯାନରେ ଉତ୍ପାଦିତ କମ୍ପନକୁ ଦୂର କରିବା ପାଇଁ, ଯେତେବେଳେ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକ ଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରାଯାଏ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକ ଲୁହା ଧାରଣାରେ ଘୁଞ୍ଚାଯାଏ, ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଲୁହା ଧାରଣାରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ। ଏହି ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତଗୁଡିକ ଏକ ବିରୋଧୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କରେ ଏବଂ ବ୍ରେକିଂ ଫୋର୍ସ ପ୍ରଦାନ କରେ।

ଏକକ ସାରାଂଶ (Unit Summary)

• ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ

$$d\varphi = \vec{B}.d\vec{S} = BdS\cos\theta$$

• ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା

$$B = \frac{d\varphi}{dS}$$

• ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ

$$e = \frac{d}{dt}(N\varphi) = N\frac{d\varphi}{dt}$$

• ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ

$$e = -N\frac{d\varphi}{dt}\text{ volts}$$

• ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ-ହାତ ନିୟମ

ସମ କୋଣରେ ଡାହାଣ ହାତର ଫୋରଫିଙ୍ଗର (forefinger), ମଧ୍ୟମ ଆଙ୍ଗୁଠି ଏବଂ ବୁଢା ଆଙ୍ଗୁଠିକୁ ବିସ୍ତାର କରିବା ଯଦି ଫୋରଫିଙ୍ଗର୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗ ସୂଚିତ କରେ, ବୁଢା ଆଙ୍ଗୁଠି ପରିବାହକର ଗତିର ଦିଗ, ତେବେ ମଧ୍ୟମ ଆଙ୍ଗୁଠି ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗକୁ ସୂଚିତ କରିବ ।

• ପ୍ରେରିତ E.M.F.

ଗତିଶୀଳ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ $e.m.f.\ e = Blv\,\theta$

• ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ

$$L = \frac{e}{\frac{dI}{dt}}$$

• ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ

$$M = \frac{e_M}{\frac{dI_1}{dt}}$$

• କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ

$$K = \sqrt{K_1K_2} = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$$

• ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି

$$\frac{1}{2}LI^2$$

• ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତଗୁଡିକ

ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତଗୁଡିକ ଅଲଟରନେଟିଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (AC) ଅନୁକରଣାତ୍ମକରେ ଶକ୍ତି କ୍ଷତିର ଉତ୍ସ, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର, ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମୋଟର ଏବଂ ଜେନେରେଟର

• ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ

ମହାକାଶଯାନରେ କମ୍ପନ ଦୂର କରିବା ଏବଂ କଠିନ ବର୍ଜ୍ୟବସ୍ତୁରୁ ଅଣଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାତୁ ଅଲଗା କରିବାପାଇଁ ଏହି ଘଟଣା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା (Exercises)

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନ

5-1 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିବାହକର ଗତି ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳକୁ କୁହାଯାଏ

(a) e.m.f. (b) ଗତିଶୀଳ e.m.f.

(c) ସ୍ଥିର e.m.f. (d) ଘୂର୍ଣ୍ଣନ e.m.f.

5.2 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ବେଳେବେଳେ ମଧ୍ୟ ଜଣାଶୁଣା

(a) ପ୍ରେରିତ e.m.f. (b) ଡେଡ୍ରୁସ e.m.f.

(c) ପଛକୁ e.m.f. (d) ଉଭୟ (a) ଏବଂ (b)

5.3 ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥିର ଏବଂ ପରିବାହକ ଗତିଶୀଳ ତେବେ ପ୍ରେରିତ ଇଏମଏଫ (emf) କୁ କୁହାଯାଏ

(a) ଗତିଶୀଳ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. (b) ସ୍ଥିର ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f.

(c) ଆତ୍ମପ୍ରେରିତ e.m.f. (d) ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f.

5.4 ନିମ୍ନଲିଖିତ ବାକ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ସଠିକ?

(a) ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଖୋଜିବାପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(b) ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(c) ବଳର ଦିଗ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ବାମ ହାତ ନିୟମ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(d) ଏସବୁ ।

5.5 ଯଦି ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତେବେ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ ଭୋଲଟେଜ ହେବ

(a) ବଢୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରେ

(b) ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ରାଶି ହ୍ରାସ କରିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତି କରେ

(c) ବଢୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ବିପରୀତରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପାଦନ କରେ

(d) ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଭୋଲଟେଜ୍ ସହାୟତା କରେ

5.6 ଏକ ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ର ପରିମାଣ ନିର୍ଭର କରେ

(a) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିବାହ ଘନତା (b) ଅଭିବାହ ଛେଦ ରାଶି

(c) ଅଭିବାହ ଲିଙ୍କେଜ ରାଶି (d) ଅଭିବାହ ଲିଙ୍କେଜ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର

5.7 ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଆନୁପାତିକ ଅଟେ

(a) ପ୍ରେରକତ୍ୱ ରେ ଭୋଲଟେଜ (b) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

(c) ଉଭୟ (a) ଏବଂ (b) (d) ନା (a) ନା (b)

5.8 ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହେଉଛି 8 mH ଏବଂ 18 mH। ଯଦି କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ 0.5 ହୁଏ, ତେବେ କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହେଉଛି

(a) 4 mH (b) 5 mH

(c) 6 mH (d) 12 mH

5.9 ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ 1 ର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତରୁ ସମସ୍ତ ଅଭିବାହ କୁଣ୍ଡଳୀ 2 ସହ link କରିବ ତେବେ, କପଲିଂର ସହଗ ହେବ।

(a) 2.0 (b) 1.0

(c) 0.5 (d) ଶୂନ

5.10 ଯେକୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତ t ରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଦିଆଯାଇଛି $\varphi_1=5t^3-100t+200$, t= 2 ସେକେଣ୍ଡରେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ହେବ

(a) 200 V (b) 40 V

(c) 20 V (d) 20 V

5.11 ଦୁଇଟି ଏୟାର କୋର (air core) କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ କପଲିଂର ସହଗ ନିର୍ଭର କରେ

(a) କେବଳ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ

(b) କେବଳ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ

(c) ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ

(d) ଉପରୋକ୍ତ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ନୁହେଁ

5.12 ପ୍ରେରିତ *e.m.f.* ପରିମାଣ ନିର୍ଭର କରେ

(a) କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକର ଗତି (b) କୁଣ୍ଡଳୀର ଟର୍ନ ସଂଖ୍ୟା

(c) କୁଣ୍ଡଳୀ ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (d) ଉଭୟ (a) ଏବଂ (b)

5.13 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ପରିଣାମ

(a) ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (b) ଘୂର୍ଣ୍ଣନ

(c) ଶକ୍ତି (d) ପ୍ରେରିତ *e.m.f.*

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର (Answers of Multiple Choice Questions)									
5.1	*(b)*	**5.2**	*(c)*	**5.3**	*(a)*	**5.4**	*(d)*	**5.5**	*(c)*
5.6	*(d)*	**5.7**	*(b)*	**5.8**	*(d)*	**5.9**	*(b)*	**5.10**	*(b)*
5.11	*(c)*	**5.12**	*(d)*	**5.13**	*(c)*				

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ପ୍ରକାର ପ୍ରଶ୍ନ (Short and Long Answer Type Questions)

ପ୍ରଥମ ବର୍ଗ (Category I)

5.1 ଫାରାଡେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ । ଏହାର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ପରେ ଅବକଳ ରୂପ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

5.2 ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ ।

5.3 ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ କେଉଁ କାରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ?

5.4 ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବର କିଛି ପ୍ରୟୋଗ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.5 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂର କିଛି ପ୍ରୟୋଗ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

5.6 ଦେଖାନ୍ତୁ ଯେ ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ସିଧାସଳଖ ମୋଡ଼ ସଂଖ୍ୟାର ବର୍ଗ ସହିତ ଆନୁପାତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ ସହିତ ବିଲୋମ ପାତିକ ।

5.7 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଭର କରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ ଉପରେ – ଯଥାର୍ଥତା (Justify) ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

5.8 କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଉପରେ ଏବଂ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଉପରେ କିପରି ନିର୍ଭର କରେ?

5.9 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂରେ ବ୍ୟବହୃତ ମୌଳିକ ନୀତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

5.10 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତାର SI ଏକକ ସେଗୁଡିକର ସଂଜ୍ଞାରୁ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

5.11 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମର ବିବୃତ୍ତିରୁ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣର ନୀତି ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରନ୍ତୁ ।

5.12 ସଂକ୍ଷେପରେ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମର ରୂପରେଖ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.13 ଗତିଶୀଳ ଏବଂ ସ୍ଥିର ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ବିଷୟରେ ଆପଣଙ୍କ ଧାରଣା ପ୍ରକାଶ କରନ୍ତୁ ।

5.14 ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ କପଲିଂର ଗୁଣାଙ୍କ ବିଷୟରେ ଆପଣଙ୍କ ନିଜ ଭାଷାରେ ଏକ ରୂପରେଖ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.15 motinal e.m.f. ର ରୂପରେଖ ସଂକ୍ଷେପରେ ଏବଂ ଏଥିପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ । ଆପଣ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ପ୍ରାପ୍ତ କରିପାରିବେ କି?

5.16 ଆତ୍ମ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ସଂଜ୍ଞାଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସେଗୁଡିକ ପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ ।

5.17 ସର୍ବାଧିକରୁ ଶୂନ ମୂଲ୍ୟକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ କାରଣର ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

5.18 ଲେଞ୍ଜଙ୍କଦ୍ୱାରା କରାଯାଇଥିବା ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାର ଆବଶ୍ୟକତା ପାଇଁ ଆପଣଙ୍କର ମତାମତ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.19 "ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ଏବଂ ଅବକଳ ରୂପ କିଛି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଆପଣଙ୍କର ମତାମତ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.20 ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମର ଆଧାରରେ ଆପଣ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣନୀତିକୁ କିପରି ବିଚାର କରିପାରିବେ?

5.21 ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ଉପଯୁକ୍ତ, ଯେତେବେଳେ ପରିବାହକ ସମ କୋଣରେ ଏକ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଗତି କରେ । ଆପଣ ସମାନ ମତ ରଖନ୍ତି କି? ବିସ୍ତୃତ କରନ୍ତୁ ।

5.22 "ପରିବାହକର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ" – ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

5.23 ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କିଛି ସରଳ କୌଶଳ ବ୍ୟବହାର କରି ଯଥାର୍ଥରେ ହାସଲ କରାଯାଇପାରିବ । ଉପଯୁକ୍ତ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ସହିତ ଆପଣଙ୍କ ମତାମତ ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.24 ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପ୍ରଦର୍ଶନ ପାଇଁ ଏକ ସରଳ ପଦ୍ଧତି ଦିଅନ୍ତୁ ।

5.25 ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଭର କରୁଥିବା ପାରାମିଟରଗୁଡିକ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

5.26 ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ନିର୍ଭରଶୀଳତାର ବିସ୍ତୃତ ବାଖ୍ୟା କର ।

5.27 ଏକ ଇଣ୍ଡକ୍ଟ୍ୟୁଟର ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ପ୍ରତିସାମ୍ୟ ଏବଂ ଏକ ଛୋଟ ପ୍ରତିରୋଧ R ସହିତ କ୍ରମରେ ସଂଯୋଜିତ। ପରିପଥକୁ ଯୋଗାଇ ଥିବା ଶକ୍ତି ଦୁଇଟି ଉପାୟରେ ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ । ସେହି ଦୁଇଟି ଉପାୟର ରୂପରେଖ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

5.28 ପରିବାହକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ରାସ୍ତା ଦେଖାଅ ।

5.29 ମହାକାଶଯାନରେ କମ୍ପନ ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବ୍ରେକିଂ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ। ସଂକ୍ଷେପରେ ପଦ୍ଧତି ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ବର୍ଗ (Category II)

5.30 ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f ସଂଜ୍ଞାରୁ ଆପଣ ହେନେରୀ (henry) କୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବେ କି?

5.31 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ପାଇଁ ପ୍ରାଥମିକ ଆବଶ୍ୟକତା ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ |

5.32 ବ୍ୟବହାରିକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ମାପିବାର ରୂପରେଖ ଦିଅନ୍ତୁ |

5.33 ଏକ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ l ଦୂରତ୍ୱରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ରେଳ ଧାରଣାରେ ଘର୍ଷଣହୀନ ସ୍ଲାଇଡ କରେ । ଏକ ପ୍ରତିରୋଧକ R ରେଳ (rails) ଧାରଣା ଦ୍ୱୟ ସହ ସଲଗ୍ନ ଏବଂ ଏକ ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର B ସହ ସଂଯୁକ୍ତ, ଥାଇ ସମତଳକୁ ମୁହାଇ ସମଗ୍ର ଅଞ୍ଚଳକୁ ପୂରଣ କରେ | ଯଦି ଧାତବ ଦଣ୍ଡଟି ଡାହାଣକୁ ଏକ ନିରନ୍ତର ବେଗ v ରେ ଗତି କରେ, ତେବେ ପ୍ରତିରୋଧକରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କେତେ ହେବ?

5.34 ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଘନତା ଏକ ସଦିଶ, ସେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ହେଉଛି ଏକ ଅଦିଶ ରାଶି । ଏହାର କାରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ । ଏହି ଦୁଇ ରାଶିର ଏକକ ଏବଂ ପରିସର ଦିଅନ୍ତୁ ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା (Numerical Problems)

5.1 ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥର 400 ମୋଡ଼ର ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 10 mA ରୁ 100 ms ରେ 35 mA କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ, ସେତେବେଳେ 240 ମୋଡ଼ର ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ 75 mV ର e.m.f. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ଯାହା ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ହୋଇଥାଏ । (a) ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ, (b) ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ, ଏବଂ (c) ମାଧ୍ୟମିକ କୁଣ୍ଡଳୀର ଆତ୍ମ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ।
[ଉତ୍ତର: 0.3H, 320 kA/Wb, 0.18 H]

5.2 ଏକ 2000 AT/Wb ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥରେ 200 ମୋଡ଼ର କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡେଇ ହୋଇଛି । ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ 1 A ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 10 ms ରେ ଓଲଟା ହୁଏ, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ହାରାହାରି ପ୍ରେରିତ e.m.f. ବାହାର କରନ୍ତୁ । [ଉତ୍ତର: 4 V]

5.3 ଏକ ଟୋରୋଇଡର ମଧ୍ୟମ ବ୍ୟାସ 400 mm ଏବଂ ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଅଞ୍ଚଳ 400 mm2 ଯେଉଁଟା 1000 ମୋଡ଼ର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସମାନ ଭାବରେ ଗୁଡେଇ ହୋଇ 2 A ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ । (i) ଆତ୍ମ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ (ii) ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସମାନ ଭାବରେ 10 ms ରେ ଶୂନକୁ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ।

[ଉତ୍ତର: 0.4 ´ 10-3 H , 0.08 V]

5.4 0.5 m ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହକ ଯେଉଁଟା ଏକ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର 1 Wb/m2 ଅଭିବାହ ଘନତାର ସଠିକ କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ, ସେଇଟା 40 ମିଟର/ସେ. ବେଗରେ ଗତି କରେ । ପରିବାହକରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଗଣନା କରନ୍ତୁ । ଯଦି ପରିବାହକ 60° କୋଣରେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି କରେ, ତାହେଲେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. କ'ଣ ହେବ?
[ଉତ୍ତର: 20 V, 17.32 V]

5.5 ଏକ 300-ଟର୍ନ କୁଣ୍ଡଳୀର 6Ω ପ୍ରତିରୋଧ ଏବଂ 0.5 H ର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଅଛି । ଯଦି ଏକ ତୃତୀୟାଂଶ ମୋଡ଼ ଅପସାରଣ କରାଯାଏ, ତାହେଲେ ଏକ ନୂତନ ପ୍ରତିରୋଧ ଏବଂ ନୂତନ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ । ଅନୁମାନ କରନ୍ତୁ ଯେ ସମସ୍ତ ମୋଡ଼ର ସମାନ ପରିଧି ଅଛି । [ଉତ୍ତର: 4Ω, 0.22 H]

5.6 ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଅନୁକରଣାତ୍ମକର ଗଚ୍ଛିତ ଶକ୍ତି ହେଉଛି ୫0 J ଯେତେବେଳେ ଅନୁକରଣାତ୍ମକରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 2 A । କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଗଣନା କରନ୍ତୁ । [ଉତ୍ତର: 40 H]

5.7 ଏକ ଲୁହା ରିଙ୍ଗରେ 500 mm^2 ର ପ୍ରସ୍ଥଛେଦ ଅଞ୍ଚଳ ଅଛି ଏବଂ ଏହାର ମଧ୍ୟମ (mean) ଦୈର୍ଘ୍ୟ 300 mm । ଏହା 100 ମୋଡ଼ ସହିତ ଗୁଡେଇ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ହେଉଛି 1600 । (a) ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀରେ 500 μWb ର ଏକ ଅଭିବାହ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବାକୁ ଆବଶକୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ, ଏବଂ (b) ତନ୍ତ୍ରର ପ୍ରେରକତ୍ୱ,ଏବଂ (c) ଯଦି କ୍ଷେତ୍ର ଧାର୍ଯ୍ୟ 1ms ଭୁଶୁଡି ଯାଏ, ପ୍ରେରିତ e.m.f., ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।
[ଉତ୍ତର: 1.492 A, 33.51 mH, - 50 V]

5.8 ପ୍ରତେକ ମୋଡ ପାଇଁ 50 m2 ର ଏକ କ୍ଷେତ୍ର ଥିବା ଗୋଟିଏ ମୋଡ଼ କୁଣ୍ଡଳୀ 0.008 T ର ଏକ ସମାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଅଛି । ଯଦି 0.4s ରେ କ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ କରାଯାଏ, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ e.m.f. ଗଣନା କରନ୍ତୁ । [ଉତ୍ତର: 10 V]

ବ୍ୟାବହାରିକ (Practicals)

1. ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମଅଧ୍ୟୟନ (Study of Faraday's law and Lenz's law of electromagnetic induction)

ଲକ୍ଷ୍ୟ (Aim)

i) ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ଏବଂ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଗୁଣାତ୍ମକ ଭାବରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରନ୍ତୁ ।

ii) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ଏକ ଦିଆଯାଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା (କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକ କିମ୍ବା ଏକ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଭର୍ତ୍ତି କରି ଅପସାରଣ କରି) ।

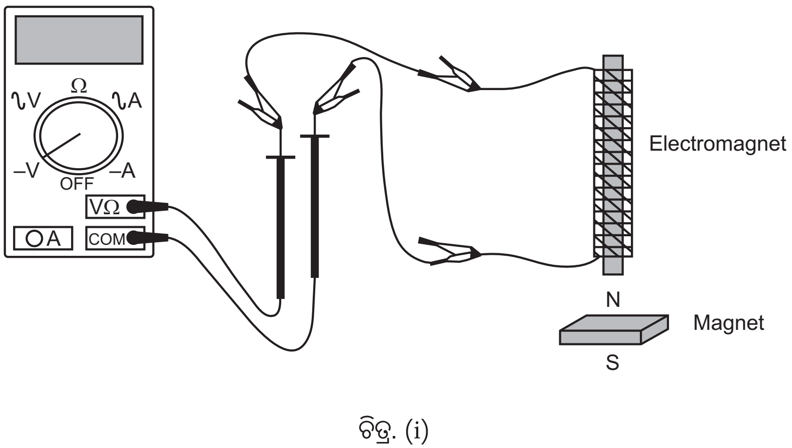
ଉପକରଣ (Apparatus)

ଗାଲଭାନୋମିଟର, କୁଣ୍ଡଳୀ (ପ୍ରାଥମିକ ଏବଂ ମାଧମିକ), ବ୍ୟାଟେରୀ (1.5 V), ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ, ଆଲୁମିନିୟମ ଏବଂ ଆଇରନ ରଡ, ସଂଯୋଗକାରୀ ତାର ।

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Theory)

ଫାରାଡେଙ୍କ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଯଦି ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ, B original ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଏ (କିମ୍ବା ବାହାର କରାଯାଏ) ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀର ମୋଡ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I_{ind} ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଯଦି କେବଳ ଚୁମ୍ବକକୁ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ କୁଣ୍ଡଳୀରୁ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଏ କିମ୍ବା ବାହାର କରାଯାଏ ତେବେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ହେବ ।

ସେଠାରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ B_{ind} ଭାବରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ଏଥିରେ N ଏବଂ S ମେରୁ ରହିବ ଅନ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ ପରି, ଏହା ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରି, ଯଦି ଜଣେ ଡାହାଣ ହାତ ବ୍ୟବହାର କରି କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଧରିଥାଏ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଆଙ୍ଗୁଠିଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗକୁ ସୂଚିତ କରେ, ତେବେ ବୁଢା ଆଙ୍ଗୁଠି N-ପୋଲ ଆଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ଯେତେବେଳେ ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡ S-ପୋଲକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରିବ ।



ଚିତ୍ର. (i)

ପଦ୍ଧତି (Procedure)

1. ପାରମ୍ପାରିକ ଭାବରେ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସକରାତ୍ମକ ଟର୍ମିନାଲ ମଧ୍ୟରେ ଆମ୍ମିଟର (କିମ୍ବା ଗାଲଭାନୋମିଟର) ପ୍ରବେଶ କରେ, ଏହାର ଛୁଞ୍ଚି ଡାହାଣ ଦିଗକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୁଏ । ଏହି ପରମ୍ପରା ଆମକୁ କୁଣ୍ଡଳିକା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଖୋଜିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ ।
2. ମାଧ୍ୟମିକକୁ ଦେଖନ୍ତୁ, ଅର୍ଥାତ, ନିମ୍ନରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଛୋଟ ଛିଦ୍ରଚିହ୍ନଟ କରିବା ପାଇଁ ବଡ଼ କୁଣ୍ଡଳିକା ଯେଉଁଠାରେ ତାର ବାହାରୁଛି । ଏଗୁଡ଼ିକ କୁଣ୍ଡଳିକାର ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଦିଗ ଖୋଜିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ପରିସର ଅତ୍ୟନ୍ତ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାରଣ ଏହା ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ସହିତ ସ୍ଥିରତା ଖୋଜିବାକୁ ଅନୁମତି ଦେଇଥାଏ ।
3. ବର୍ତ୍ତମାନ, ଗାଲଭାନୋମିଟରକୁ ମାଧ୍ୟମିକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯିବ ଏବଂ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ବିକ୍ଷେପ ଦେଖିବା ପାଇଁ ସୋଲେନୋଇଡରେ N-ପୋଲ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯିବ । ଆପଣଙ୍କ ସନ୍ଧାନର ଏହି ଅଂଶ ପରେ, ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ବାହାର କରନ୍ତୁ ଯାହା ସୋଲେନୋଇଡର ଘେରା ଗୁଡିକରେ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ଫ୍ଲେମିଂଙ୍କ ଡାହାଣ ହାତ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି, N-ପୋଲ ଏବଂ S-ପୋଲକୁ ଚିହ୍ନଟ କରିବା ପାଇଁ କୁଣ୍ଡଳୀର ଶେଷ ଭାଗର ଚିତ୍ର ବାହାର କରନ୍ତୁ । ଚୁମ୍ବକର ଗତିବିଧି, କୁଣ୍ଡଳିକାରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳିକାର N-ପୋଲ ଏବଂ S-ପୋଲ୍ ଉପସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ଏକ ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ ।
4. ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ ପାଇଁ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକର ବେଗ ଦେଖନ୍ତୁ ।
5. ବର୍ତ୍ତମାନ ଚୁମ୍ବକକୁ କୁଣ୍ଡଳୀଠାରୁ ଦୂରେଇ ଦିଅନ୍ତୁ ଏବଂ ଶେଷ ଦୁଇଟି ପଦକ୍ଷେପରେ ଥିବା ରେକର୍ଡଗୁଡିକ ପରି ନିରୀକ୍ଷଣ କରନ୍ତୁ ।
6. ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହାର S-ପୋଲ ସହିତ ଚୁମ୍ବକକୁ କୁଣ୍ଡଳିକା ନିକଟରେ ଧରି ରଖନ୍ତୁ ଏବଂ ଶେଷ ତିନୋଟି ପଦକ୍ଷେପ ପୁନରାବୃତ୍ତି କରନ୍ତୁ ।
7. କୁଣ୍ଡଳିକାର ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘଟଣାରେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକୁ ଆକର୍ଷିତ କରେ କି ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ ।
8. ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକୁ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ (ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କୁଣ୍ଡଳିକା) ସହିତ ବଦଳାନ୍ତୁ ଏବଂ ପୂର୍ବ ପଦକ୍ଷେପଗୁଡିକର ପୁନରାବୃତ୍ତି କରନ୍ତୁ। ଚିତ୍ର. (i) ରେ ଉପସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବା ପରି ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୋଗ କରନ୍ତୁ । ଚୁମ୍ବକ ଭାବରେ ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳିକା ବ୍ୟବହାର କରି (3) ରୁ ଷ୍ଟେପ (6) ର ପୁନରାବୃତ୍ତି କରନ୍ତୁ ।
9. ପ୍ରାଥମିକକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୋଗ କରିବା ପରେ, ଏହାକୁ ମାଧ୍ୟମିକରେ ରଖନ୍ତୁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହାକୁ ପରିପଥରେ ଥିବା ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଡିଫ୍ଲେକ୍ସନ ନିରୀକ୍ଷଣ କରନ୍ତୁ. ଉପରୋକ୍ତ ଚିତ୍ର ପରି ଦୁଇଟି ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ ।
10. ପ୍ରାଥମିକ ଭିତରେ ଆଇରନ ରଡ ସନ୍ନିବେଶ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଏବଂ ପୁନଃସଂଯୋଜିତ କରି ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ ଉପରେ ଏହାର ପ୍ରଭାବ ପ୍ରତି ଧ୍ୟାନ ଦିଅନ୍ତୁ ।

ବିଶ୍ଳେଷଣ (Analysis)

1. କୁଣ୍ଡଳିକା ଭିତରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦିଗ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ । ଆପଣଙ୍କ ଅଧ୍ୟୟନରୁ N ଏବଂ S କୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରୁଥିବା କୁଣ୍ଡଳିକାର ଶେଷ ପାର୍ଶ୍ୱ ସୂଚିତ କରନ୍ତୁ । ଚିତ୍ର ପଶ୍ଚାତ, ସୂଚିତ କରନ୍ତୁ ଯେ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟ ବିକର୍ଷଣ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଶକ୍ତି ଆକର୍ଷଣ ଅଟେ କି ନାହିଁ । ଏହି ଶକ୍ତି ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ନିୟମ ସହିତ ସୁସଙ୍ଗତ କି? ଆପଣଙ୍କୁ ଏହିପରି 10 ଟି ଆକଳନ ଉପରେ ବିଚାର କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ସେଥିମଧ୍ୟରୁ, ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରୁଥିବା ଚାରୋଟି, ଚାରୋଟି ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଚୁମ୍ବକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରୁଥିବାବେଳେ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବେଳେ ପ୍ରାଥମିକକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଏବଂ ପୁନଃସଂଯୋଗ ଦ୍ୱାରା କରାଯିବ ।

2. Study of the resonance condition of a series LCR circuit

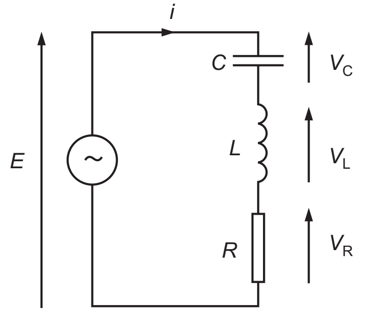
ଲକ୍ଷ୍ୟ

i) ଏକ ସିରିଜ LCR ପରିପଥ ଘଟଣା ପାଇଁ ଅନୁନାଦର ସର୍ତ୍ତ ପାଇବା

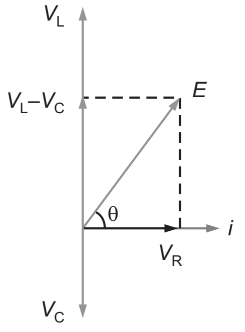
ii) ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତିରୋଧ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ ଗୁଣବତ୍ତା ଉତ୍ପାଦକ (quality factor) ଏବଂ ବ୍ୟାଣ୍ଡୱିଡଥ (bandwidth) ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା

ଉପକରଣ

ପ୍ରତିରୋଧକ, ଅନୁକରଣାତ୍ମକ, କାପାସିଟର, ସଂଯୋଗକାରୀ ତାର, ମଲ୍ଟି-ମିଟର; ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ ଜେନେରେଟର (0-30 kHz, sinusoidal)



ଚିତ୍ର. (i)



ଚିତ୍ର. (ii)

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ

LCR ପରିପଥ ଯେଉଁଟି ସିରିଜ କିମ୍ବା ସମାନ୍ତରାଳରେ ସଂଯୋଜିତ ଏକ ପ୍ରତିରୋଧ (R), ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (L) ଏବଂ ଏକ ଧାରକତା (C) ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ପରିପଥକୁ ବୁଝାଏ । ପରିପଥ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତପାଇଁ ଏକ ହାର୍ମୋନିକ ଦୋଳନକାରୀ ବିକଶିତ କରେ, ଯାହାଫଳରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିରେ ଅନୁନାଦହୁଏ । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆବୃତ୍ତିରେ ଅନୁନାଦ ପାଇଁ ଅବସ୍ଥା ହାସଲ କରିବା ପାଇଁ ଏହା ପରିପଥର ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ସମ୍ପତ୍ତି ଯାହାକୁ ଅନୁନାଦିତ ଆବୃତ୍ତି f_{res} ଭାବରେ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଏକ ଆବୃତ୍ତି ଯେଉଁଥିରେ ପରିପଥର ବାଧା ସର୍ବନିମ୍ନ ଅଟେ । ବୈକଳ୍ପିକ ଭାବରେ, ଏହାକୁ ଆବୃତ୍ତି ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଏ ଯେଉଁଥିରେ ବାଧାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରକୃତିରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ପ୍ରତିରୋଧକାରୀ । ଏହା ହୁଏ କାରଣ ଅନୁନାଦରେ ପ୍ରେରଣା ଦାୟକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ($X_L = \omega L$) ଏବଂ କ୍ଷମତା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ($X_C = 1/\omega C$) ସମାନ କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଚିହ୍ନ ଏବଂ ପରସ୍ପରକୁ ବାତିଲ କରନ୍ତୁ ।

ଅନୁରୂପ କୋଣୀୟ ଆବୃତ୍ତି ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ:

$$\omega_{res} = 2\pi F_{res}$$

ଅନୁନାଦରେ $X_L = X_C$

କିମ୍ବା, $\omega_{res} L = \frac{1}{\omega_{res} C}$

କିମ୍ବା, $$\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (i)$$

ଏଠାରେ X_L ଏବଂ X_C ଯଥାକ୍ରମେ ଏକ କୋଣ +90° ରେ ଅଛି ଏବଂ –90° w.r.t. R. ଏହିପରି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୋଣୀୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ (X_L ଏବଂ X_C) ହେଉଛି 180° ଯାହା ସେମାନଙ୍କୁ ବାତିଲ କରିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତି କରେ ।

ପ୍ରତିରୋଧର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ଏହି ଦୋଳନର କ୍ଷୟକୁ ବଢାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ସାଧାରଣତଃ ଆର୍ଦ୍ରତା ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା । ପ୍ରତିରୋଧ ମଧ୍ୟ ଶିଖର ଅନୁନାଦିତ ଆବୃତ୍ତିକୁ ହ୍ରାସ କରେ । ସେହିଭଳି, ଯଦି ପରିପଥରେ କୌଣସି ଡ୍ରାଇଭିଂ ଏସି ପାୱାର ଉତ୍ସ ନଥାଏ, ତେବେ LCR ପରିପଥ ମଧ୍ୟ ଆର୍ଦ୍ର ହୋଇଯିବ ।

ଏକ ସିରିଜ୍ LIR ପରିପଥ ବ୍ୟାଣ୍ଡୱିଡଥ ଏବଂ ଅନୁନାଦିତ ଅଧ୍ୟୟନକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା Q-ଉତ୍ପାଦକ ହେଉଛି ଦୁଇଟି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାରଣ । ବ୍ୟାଣ୍ଡୱିଡଥ ଆବୃତ୍ତି ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ମାପ କରେ ଯେଉଁଠାରେ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ଶକ୍ତି ଅନୁନାଦରେ ମୂଲ୍ୟର ଅଧାକୁ ଖସିଯାଏ । ଯଦି ω1 ଏବଂ ω2 ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉପର ଅଧା ପାୱାର ଆବୃତ୍ତି, ବ୍ୟାଣ୍ଡୱିଡଥକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \quad \text{(f}\}\text{rh;)} \qquad (ii)$$

Q-factor ପରିପଥରେ ସର୍ବାଧିକ ସଂଚିତ ଶକ୍ତି ବିଭକ୍ତ ପ୍ରତି ରେଡିଆନରେ କ୍ଷୟ ହେଉଥିବା ହାରାହାରି ଶକ୍ତି ଭାବରେ ଚିହ୍ନିତ ହୁଏ ଯେତେବେଳେ ଅନୁନାଦ ଘଟେ । ତେଣୁ,

$$Q = \frac{\omega_{res}}{\Delta\omega} \qquad (iii)$$

ତେଣୁ ନିମ୍ନ Q ପରିପଥ ଆର୍ଦ୍ର ଏବଂ ହାନିକାରକ ଆଉ ଉଚ୍ଚ Q ପରିପଥ ଗୁଡିକ ଅବମନ୍ଦିତ (underdamped) ଅଟେ । Q ମଧ୍ୟ bandwidth ସହିତ ଜଡିତ; ନିମ୍ନ Q ପରିପଥ ଗୁଡିକ ୱାଇଡ୍ ବ୍ୟାଣ୍ଡ (wide band) ଏବଂ ଉଚ୍ଚ Q ପରିପଥକୁ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣ ବ୍ୟାଣ୍ଡ (narrow band) କୁହାଯାଏ । ଏକ LCR ପରିପଥ ପାଇଁ ଏହା Q ଦ୍ୱାରା ଦେଖାଯାଇପାରିବ ।

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ପଦ୍ଧତି (Procedure)

1. ପରିପଥ ଚିତ୍ର ଅନୁସାରେ ପରିପଥକୁ ସଠିକ ଭାବରେ ସଂଯୋଗ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ପରିପଥ ସଠିକ ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବା ପରେ ପାୱାର ଯୋଗାଣ (power supply) ସୁଇଚ ଅନ କରନ୍ତୁ ।
2. ଏସି ମୋଡରେ ମଲ୍ଟି-ମିଟର ସେଟ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଡାୟଲରେ ଉପଯୁକ୍ତ ଭୋଲଟେଜ୍ (V ରେ) ପରିସର ବାଛନ୍ତୁ ।
3. ଡିଜିଟାଲ ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ ଜେନେରେଟରକୁ kHz/Frequency ମୋଡରେ ରଖିବା ଏବଂ ଡିସି-ଅଫସେଟ (dc-off-set) ଭୋଲଟେଜ ± 0V ରେ ସେଟ କରି, ଏସି ଇନପୁଟ ପାଇଁ ପିକ-ଟୁ-ପିକ (peak-to-peak) ଭୋଲଟେଜ

ସମସ୍ତ ପରିସର ରେ 6 V ରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇପାରିବ । ପରିପଥ ଉପାଦାନଗୁଡିକରେ ଭୋଲଟେଜ ପାଇଁ ଏହା ନିରାପତ୍ତା ସୀମା ନିଶ୍ଚିତ କରିବ ।

4. L ଏବଂ C ର ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥିର ରଖି, R ର ଯେକୌଣସି ମୂଲ୍ୟ ଚୟନ କରନ୍ତୁ. ଭୋଲଟେଜ VR ସମଗ୍ର R ରେ ବିଭିନ୍ନ ଏସି ଇନପୁଟ ଆବୃତ୍ତି (AC input frequencies) ପାଇଁ ମାପ କରନ୍ତୁ । ଅନୁନାଦିତ ଆବୃତ୍ତି (frequency) ରେ (f_{res}) ପ୍ରତିରୋଧ R ରେ ସର୍ବାଧିକ ଭୋଲଟେଜ ମୂଲ୍ୟ ରହିବ।
5. ଭୋଲଟେଜ VR ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି f ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ ଅଙ୍କନ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଭୋଲଟେଜ ଗ୍ରାଫର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅବସ୍ଥାନରୁ, ଅନୁନାଦ (resonance)ର ଆବୃତ୍ତି ପାଇବାପାଇଁ (f_{res}) LCR ସିରିଜ ପରିପଥର ଅନୁମାନ (deduced) କରାଯାଇପାରିବ ।
6. ଅନୁନାଦିତ ଆବୃତ୍ତିରେ V_R, V_L ଏବଂ V_C ମାପ କରନ୍ତୁ ।
7. ଦିଆଯାଇଥିବା ପ୍ରତିରୋଧକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ ଶେଷ ତିନୋଟି ପଦକ୍ଷେପ ଅନୁଯାୟୀ ପରିସର ପୁନରାବୃତ୍ତି କରନ୍ତୁ । ପ୍ରତିରୋଧର ମନୋନୀତ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା VR ବନାମ f ବକ୍ର (curves) ତୁଳନା କରନ୍ତୁ ।

ଫଳାଫଳ

Table 1: ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟର ପ୍ରତିରୋଧକପାଇଁ ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ଭୋଲ୍ଟେଜର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductance) = ...mH.

ଧାରକତା (Capacitance) = ... μF.

ପ୍ରତିରୋଧ (Resistance) (Ω)	ଆବୃତ୍ତି (Frequency) f (Hz)	ଭୋଲଟେଜ (Voltage) V_R (V)
R = fixed value		

Table 2: Voltage across R, L and C and corresponding resonant frequency

V_R (V)	V_L (V)	V_C (V)	f_{res} (gVZt)

quality factor (Q) ଗଣନା କରାଯାଇ ପାରିବ: $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f_{res} L}{R} (v)$

Bandwidth ହେଉଛି: $BW = \frac{f_{res}}{Q} (vi)$

Table 3: Comparison of bandwidth and quality factor for different values of resistors

ପ୍ରତିରୋଧ (Ω)	ବ୍ୟାଣ୍ଡୱିଡଥ (Bandwidth) (BW)	ଗୁଣବତ୍ତା ଉତ୍ପାଦକ (Quality factor) (Q)

ସତର୍କତା (Precautions)

1. ସମସ୍ତ ସଂଯୋଜନାଗୁଡିକ ସଠିକ ଭାବରେ ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ (ବିଶେଷ କରି ମଲ୍ଟି-ମିଟର (multi-meter) ଏବଂ ଡିଜିଟାଲ (digital) ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟ (function) ଜେନେରେଟର୍ (generator) ।
2. ପରୀକ୍ଷଣ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରତିରୋଧ, ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏବଂ ଧାରକତା ର ଉପଯୁକ୍ତ ମୂଲ୍ୟ ବାଛନ୍ତୁ ।
3. ସୁନିଶ୍ଚିତ କରନ୍ତୁ ଯେ, ଭୋଲଟେଜ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ମୂଲ୍ୟଆଶା କରାଯାଉଥିବା ସୀମାରେ ଅଛି । ଏହା ମଧ୍ୟ ନିଶ୍ଚିତ ହୁଅନ୍ତୁ ଯେ ପ୍ରତିରୋଧକଗୁଡିକର ୱାଟେଜ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଅଛି ଏବଂ ମୂଲ୍ୟ ଅତିକ୍ରମ କରୁନାହିଁ । ସମାନ ଉପାୟରେ, ଏହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ କ୍ୟାପାସିଟର ପାଇଁ ସର୍ବାଧିକ ଅନୁମୋଦିତ ଭୋଲଟେଜ ରେଟିଂ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଅଛି ଏବଂ ଅତିକ୍ରମ କରୁନାହିଁ ।
4. f_{res} ନିକଟରେ ଆବୃତ୍ତିର ଛୋଟ ଷ୍ଟେପ ନେଇ ସର୍ବାଧିକ ଭୋଲଟେଜ V_{Rmax} ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି f_{res} ର ଯେଉଁଥିରେ ଅନୁନାଦ (resonance) ଘଟେ, ସଠିକ ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଅଧ୍ୟୟନ କରନ୍ତୁ ।

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ମାଇକେଲ ଫାରାଡେ (ଜନ୍ମ ସେପ୍ଟେମ୍ବର 22, 1791 ନ୍ୟୁଇଂଟନ, ସରେ, ଇଂଲଣ୍ଡ; ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କଲେ ଅଗଷ୍ଟ 25, 1867 ହାମ୍ପଟନ କୋର୍ଟ, ସରେ) ଜଣେ ଇଂରାଜୀ ଥିଲେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ଏବଂ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନୀ। ତାଙ୍କର ଅନେକ ପରୀକ୍ଷଣ ମୁଖ୍ୟତଃ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ବୁଝାମଣାରେ ଯୋଗଦାନ କରିଥିଲା । .

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ଫାରାଡେ ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ, ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଜଣେ ପରିବାହକ ରଖି, ଏହା ପରିବାହକରେ ଭୋଲଟେଜ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ଏହିପରି ସେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସୃଷ୍ଟି କରିବାର ଏକ ଉପାୟ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିଥିଲେ । ଏହି ଆବିଷ୍କାର ପରେ ଆମେ ଆଜି ବ୍ୟବହାର କରୁଥିବା ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଡିଭାଇସରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିଲା ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ମାଇକେଲ୍ ଫାରାଡେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଷ୍ଟୋରେଜର ଦୁଇଟି ମୌଳିକ ଉପାଦାନ ବିକଶିତ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ଉଦ୍ଭାବନ ମୁଖ୍ୟତଃ ଘର, ଫାର୍ମ ଏବଂ କାରଖାନାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥିଲା । ଫାରାଡେଙ୍କ ଆବିଷ୍କାର କ୍ଷୁଦ୍ର ସମୟର କୃଷକମାନଙ୍କପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟରେ ବିପ୍ଳବ ଆଣିଥିଲା । ବିଦ୍ୟୁତ ଜଳ ପମ୍ପ କରିବା ପରି ମାନୁଆଲ୍ ଶ୍ରମକୁ କମ କରିଥିଲା, ଗାଈକ୍ଷୀର ପରି କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ପ୍ରଣାଳୀ କୃଷକମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କ ହାତକୁ ପଙ୍ଗୁ କରିବାରୁ ରକ୍ଷା କରିଥିଲା । ସେଲ ଫୋନଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଶୀତତାପ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ, ଫାରାଡେଙ୍କ ଆବିଷ୍କାର ବିନା ସମସ୍ତ ଆଧୁନିକ ସୁବିଧା ସମ୍ଭବ ନଥିଲା ।

ଆନାଲୋଜି

ଫାରାଡେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ମୋଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର ଏବଂ ଜେନେରେଟର ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଜ୍ଞାନ ବିନା, ଆମର ବିଦ୍ୟୁତ ଗିଟାର ପାଇଁ ୱେୟାରଲେସ୍ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତର କିମ୍ବା ପିକ୍ ଅପ୍ ମଧ୍ୟ ରହିବ ନାହିଁ । ବାସ୍ତବରେ, ଫାରାଡେ ମନୋରଞ୍ଜନରୁ ବ୍ୟବହାରିକ ଏବଂ ବ୍ୟାପକ ବ୍ୟବହାରକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିଣତ କରିଥିଲେ ।

ଇତିହାସ

ଫାରାଡେ 1831 ରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ।

ସମୟସୀମା

ସମସାମୟିକ ଡକ୍ୟୁମେଣ୍ଟଗୁଡିକ

- ଏମ ଫାରାଡେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍, ଭଲ୍ୟୁମ 1 ରେ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଅନୁସନ୍ଧାନ (ରିଚାର୍ଡ ଏବଂ ଜନ ଏଡୱାର୍ଡ ଟେଲର, 1839) [ପୁସ୍ତକଟି ପ୍ରବନ୍ଧରେ ପ୍ରକାଶିତ ପ୍ରବନ୍ଧରୁ ସଂକଳିତ ହୋଇଛି ଯେ ରୟାଲ ସୋସାଇଟିର ଦାର୍ଶନିକ କାରବାର 1831-1838 ରୁ] ।
- ଜୋସେଫ ହେନେରୀ, ଜୋସେଫ ହେନେରୀଙ୍କ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲେଖା, ସ୍ମିଥସୋନିଆନ ଇନଷ୍ଟିଚ୍ୟୁସନ , 1886।

ଅଧିକ ସୂଚନା

- "1833 - ପ୍ରଥମ ସେମିପରିବାହକ ପ୍ରଭାବ ରେକର୍ଡ ହୋଇଛି", ସିଲିକନ ଇଞ୍ଜିନ କମ୍ପ୍ୟୁଟର ଇତିହାସ ସଂଗ୍ରହାଳୟ, 2008 ।
- ଆଲାନ ଡବ୍ଲୁ ହିର୍ଶଫେଲ୍ଡ, ମାଇକେଲ ଫାରାଡେଙ୍କ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ ଲାଇଫ, ୱାକର ଏବଂ କମ୍ପାନୀ, 2006 ।
- ରୋବର୍ଟ ଡି ଫ୍ରିଡେଲ, ରେଖା ଏବଂ ତରଙ୍ଗ: ଫାରାଡେ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ୍ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର 150 ବର୍ଷ, ସେଣ୍ଟର ଫର୍ ଦି ହିଷ୍ଟ୍ରି ଅଫ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକାଲ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ, ଇନଷ୍ଟିଚ୍ୟୁଟ ଅଫ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକାଲ ଆଣ୍ଡ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଇଞ୍ଜିନିୟର୍ସ, 1981।
- ଶାନ ଏକ୍ସ ୱାଙ୍ଗ, ଆଲେକ୍ସଜାଣ୍ଡାର ଏମ ଟାରାର୍ଟୋରିନ, "ପ୍ରେରଣା ଦାୟକ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟିକ ହେଡ୍ସ" ଚୁମ୍ବକୀୟ ସୂଚନା ଷ୍ଟୋରେଜ୍ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି, ଏକାଡେମିକ ପ୍ରେସ, ପୃଷ୍ଠା 81-117, 1990 ।
- "ମାଇକେଲ୍ ଫାରାଡେ" (http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/ chemistry-in-history/ ଥିମ୍ /ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋକେମିଷ୍ଟ୍ରି/ଫାରାଡେ.aspx)
- "ଜୋସେଫ ହେନେରୀ ଜୀବନୀ" (http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Joseph_Henry)

ପ୍ରୟୋଗ (Applications) (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ / ଶିଳ୍ପ)

ମାଇକେଲ ଫାରାଡେ (1791-1867) ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କର ଆବିଷ୍କାର ପାଇଁ ଜଣାଶୁଣା, ଯାହା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଘୂର୍ଣ୍ଣନର ନୀତି ଗଠନ କରେ ।

ଆଧୁନିକ ଡାଟା ଷ୍ଟୋରେଜ ତନ୍ତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ରେକର୍ଡିଂ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମୋଟର ଟେକ୍ନୋଲୋଜିରେ ଉଭୟ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି ।

କେସ ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ (Environmental) / ସ୍ଥିରତା (Sustainability) / ସାମାଜିକ (Social) / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ (Ethical Issues)

ଲଣ୍ଡନର ରୟାଲ ସୋସାଇଟିକୁ ବକ୍ତୃତା କ୍ରମରେ, ଫାରାଡେ 1831ରେ ତାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷଣର ଫଳାଫଳ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିଥିଲେ । ସେ "ସାଧାରଣ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତର ପ୍ରବାହ" ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ ।

ଫାରାଡେ ଏକ ଛୋଟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ରୋତ ପଠାଇବା ପାଇଁ ଏକ ତରଳ ବ୍ୟାଟେରୀ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ । ଯେତେବେଳେ ଏହାକୁ ଏକ ବୃହତ କୁଣ୍ଡଳୀଭିତରକୁ କିମ୍ବା ବାହାରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଇଥିଲା, ଏହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଛୋଟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ଭୋଲଟେଜ ପ୍ରେରିତ କରିଥିଲା ଯାହା ଏକ ଗାଲଭାନୋମିଟର ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନଟ କରାଯାଇଥିଲା ।

ଜେମ୍ସ (James) କ୍ଲର୍କ (Clerk) ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ (Maxwell) (1831-1879) ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଭାବରେ ପରିଚିତ ଏକ ଭିନ୍ନ ସମୀକରଣ ଭାବରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଇଣ୍ଡକ୍ସନର ବିଭିନ୍ନ ଦିଗକୁ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ ।

ଜିଜ୍ଞାସୁତା (Inquisitiveness) ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ (Curiosity Topics)

ଊନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଅନ୍ୟତମ ମହାନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡେ ଜଣେ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନୀ ଭାବରେ ନିଜର କ୍ୟାରିୟର ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ । ସେ ବ୍ୟବହାରିକ ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନର ଏକ ମାନୁଆଲ୍ (manual) ଲେଖିଥିଲେ, ଯାହା ତାଙ୍କ କଳାର ବୈଷୟିକ ଦିଗଗୁଡ଼ିକର ବିଶେଷଜ୍ଞତାକୁ ପ୍ରତିଫଳିତ କରେ । ସେ ବେଞ୍ଜିନ ସମେତ ଅନେକ ନୂତନ ଜୈବିକ ଯୌଗିକ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ | ସେ ପ୍ରଥମେ ଏକ "ସ୍ଥାୟୀ" ଗ୍ୟାସ୍ ଲିକ୍ ଫି କରିଥିଲେ । ତଥାପି, ତାଙ୍କର ପ୍ରମୁଖ ଅବଦାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଥିଲା ଏବଂ ବାସ୍ତବରେ ସେ ପ୍ରଥମ ବ୍ୟକ୍ତି ଯିଏ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାକୁ ସକ୍ଷମ ହୋଇଥିଲେ ।

ସହାୟକ (References) ଏବଂ ପ୍ରସ୍ତାବିତ ପଠନ (Suggested Readings)

1. M. N. O. Sadiku, Elements of Electromagnetics, 4th Edition, New York & Oxford: Oxford University Press, 2007.
2. F.Ulaby, Fundamentals of Applied Electromagnetic, 5th Edition, Pearson: Prentice Hall, 2007.
3. P. Day, The Philosopher's Tree: A Selection of Michael Faraday's Writings, CRC Press, December 2019.
4. J. C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd Edition, Oxford University Press, 1904.
5. W. Hayt, Engineering Electromagnetics, 5th Edition, McGraw-Hill, 1989.
6. R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, V-II, www.feynmanlectures.caltech.edu.
7. D. J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 3rd Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
8. R/ F. Harrington, Introduction to Electromagnetic Engineering, Mineola, NY: Dover Publications, 2003.
9. https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/122101002/downloads/lec-18.pdf
10 https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/115101005/downloads/lectures-doc/Lecture-28.pdf
11. https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/115101005/downloads/lectures-doc/Lecture-29.pdf
12. http://www.phys.ufl.edu/~acosta/phy2061/lectures/2061_ch3436.pdf

6 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ

ୟୁନିଟ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଏହି ୟୁନିଟ ନିମ୍ନଲିଖିତ ମୁଖ୍ୟ ଦିଗଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ଧ୍ୟାନ ଦେଇଥାଏ:

- ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତ୍ୱପାଇଁ ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ;
- ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା;
- ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣ;
- ଇଏମ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ;
- ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମ;
- ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର;
- ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂବେଗ;
- ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିଣାମୀ ଚାପ ।

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବା ପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ ।

ବ୍ଲୁମଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣ ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚକ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ମୂଳକ ଉତ୍ତର ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସ ପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ୟୁନିଟ୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି। ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ । ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ–ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ,

ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନ ପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଯାହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ, ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ବିଷୟ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଉପରେ ଏହି ୟୁନିଟ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତ୍ୱ ପାଇଁ ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା ବିଷୟରେ ଏକ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ ଯାହା ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିପାରିବ। ଇଏମ୍ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ ଏବଂ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟରର ବୁଝାମଣା ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତିର ଗଣନା ଏବଂ ଫଳସ୍ୱରୂପ ଚାପ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରଚାର ବିଷୟରେ ଧାରଣା ବିକଶିତ କରିବା।

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମସ୍ତ ଚାରୋଟି ସମୀକରଣ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ବିତରଣରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ସହିତ ସମୟ ସହିତ ସେହି କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରକାରର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ। ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡିକ ଦଶନ୍ଧି ଧରି ରିପୋର୍ଟ ଅନୁଯାୟୀ ଚାର୍ଜ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବର ଅନେକ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣର ଗାଣିତିକ ଡିଷ୍ଟିଲେସନ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ। ଏହି ସମସ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା ବେଳେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ନିଜସ୍ୱ ଅବଦାନ ହେଉଛି ଚତୁର୍ଥ ସମୀକରଣର ଶେଷ ଶବ୍ଦ। ଏହା ପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ଯଥାର୍ଥ ଥିଲା ଯେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପର ସହିତ ଜଡିତ ଏବଂ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରଗୁଡିକ ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାଳ ପାଇଁ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରସାର କରିପାରିବ। ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ନୂତନ ଶବ୍ଦ ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ଆତ୍ମ-ସ୍ଥାୟୀ ଢଙ୍ଗରେ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିଥିଲା ଏବଂ ଆଲୋକର ବେଗ ସହିତ ସେଗୁଡିକର ବେଗକୁ ପୂର୍ବାନୁମାନ କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହୋଇଥିଲା।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ ଫଳାଫଳ ତାଲିକା

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U6-O1: ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ପାଇଁ ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U6-O2: ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U6-O3: ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U6-O4: E.M ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ ଏବଂ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର ବିଷୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U6-O5: ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି ଏବଂ ପରଣାମ ଚାପ ଗଣନା କର

ୟୁନିଟ -6 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧ୍ୟମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U6-O1	2	1	–	–	–	1
U6-O2	2	2	–	1	–	1
U6-O3	–	–	1	3	–	2
U6-O4	–	–	–	–	–	–
U6-O5	1	–	–	–	–	–

6.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ଊନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଶେଷ ଭାଗରୁ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ମୁଖ୍ୟତଃ ନିଶ୍ଚିତ ହୋଇଥିଲେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା କୌଣସି ଏକ ନିୟମରେ ଜଡିତ ଏବଂ ଏକୀକୃତ । ଯେତେବେଳେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ଆବେଶ ଗତି କରେ, ସେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ, ଫଳସ୍ୱରୂପ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ବିକଶିତ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଉତ୍ସ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ ଆବେଶ, କିନ୍ତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ଉତ୍ସ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଅର୍ଥାତ, ଚଳନ୍ତା ଆବେଶ । ଯେତେବେଳେ ଏକ ଧାତବ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ଯାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କୁହାଯାଏ । ସମୟ ସହ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ଏଥିରୁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ସମ୍ପର୍କ ଥାଏ, ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର କେତେକ ମୌଳିକ ନିୟମ ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ବୋଲି ମାଇକେଲ ଫାରାଡେ ପ୍ରଥମେ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଇଥିଲେ । ଏହିଠାରେ ଆମେ ଉପରୋକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବ୍ୟବହାର ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା । ତେଣୁ ବିଭିନ୍ନ ମାଧ୍ୟମରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣଗୁଡିକର ଅନୁଶୀଳନ କରିବା ।

6.2 ଅନ୍ତରଣ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (Displacement Current)

ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାରକୁ ଅନ୍ତରଣ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ । ଏହାର ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ସମୀକରଣରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ରହିଛି । ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଭିନ୍ନ ରାଶି ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମୌଳିକ ସମ୍ପର୍କକୁ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0; \vec{\nabla}.\vec{D} = \rho \qquad (6.1)$$

ଯେଉଁଠାରେ ଏକ ରୈଖିକ ଏବଂ ସମଦିଶୀ (isotropic) ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$

ସେହିଭଳି ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମୌଳିକ ସମ୍ପର୍କକୁ ସଂକ୍ଷିପ୍ତରେ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରିବ,

$$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0; \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} \qquad (6.2)$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{B} = \mu\vec{H}$

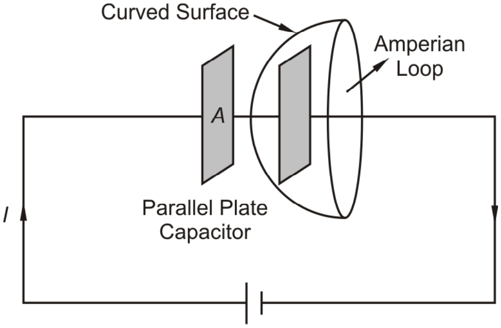
Eq. (6.1) ଏବଂ Eq. (6.2) ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏବଂ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଥିବା ବିଭିନ୍ନ ରାଶି ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ। ସମୟ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଭିନ୍ନ ମାମଲା ପାଇଁ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J} \qquad (6.3)\ (a)$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \qquad (6.3)\ (b)$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho \qquad (6.3)\ (c)$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0 \qquad (6.3)\ (d)$$



ଚିତ୍ର **6.1:** ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା

ଏହା ବ୍ୟତୀତ, ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ ନୀତିରୁ ଆମେ ନିରନ୍ତରତାର ସମୀକରଣକୁ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପାଇ ପାରିବା।

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{J} = -\frac{\partial\rho}{\partial t} \qquad (6.4)$$

Eq. (6.3) (a)-(d) ଏବଂ Eq. (6.4) ସୁସଙ୍ଗତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ।

ଅର୍ଥାତ , $\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{\nabla}\cdot\vec{J} = 0$

ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି $\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{A} = 0$ ଅର୍ଥାତ ଯେକୌଣସି ସଦିଶ $\vec{A}$ ପାଇଁ ଶୂନ ହୋଇଯାଏ। ଏହିପରି $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J}$ କେବଳ ସ୍ଥିର କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ଦୃଷ୍ଟିରୁ $\frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$ ହେବ।

ମନେକରାଯାଉ ଚିତ୍ର.6.1 ରେ ଆମେ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜଧାରକକୁ ଆବେଶ ପ୍ରଦାନ କରୁଛୁ। ଉକ୍ତ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ବନ୍ଦ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିପଥରେ ଆମ୍ପିୟରଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ, ମନେକର ଉକ୍ତପଥ ମଧ୍ୟରେ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ପ୍ରବାହିତ ହେବ। ପୁନଶ୍ଚ ଉକ୍ତ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠତଳ ସଂଯୋଗ କଲେ ଏହି ପୃଷ୍ଠତଳ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ନାହିଁ I ଅର୍ଥାତ ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠତଳ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I = 0 ହେବ I ତେଣୁ ପରିପଥ ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ଅସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା ଅବାସ୍ତବ ଅଟେ, କାରଣ ଅସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବ୍ୟବହୃତ ପୃଷ୍ଠତଳର ଆକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ। ତେଣୁ ଆମ୍ପିୟର ନିୟମ ସମୟ ସହ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ସମସ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଅଟେ। ଉପରୋକ୍ତ ଧାରଣାରୁ " ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ" ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ। ସମୟ ସହ ବଦଳୁ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ଆମେ ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରିବା।

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{H} = 0 = \vec{\nabla}\cdot\vec{J} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = \vec{\nabla}\cdot\vec{J} + \frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\cdot\vec{D}) = \vec{\nabla}\cdot\left(\vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right)$$

ତେଣୁ, $$\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

Eq. (6.5) ସ୍ଥିର ତଥା ସମୟ ଭିନ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ବୈଧ ଅଟେ। ଏହି ସମୀକରଣ ଦର୍ଶାଏ ଯେ ଯଦି କିଛି ସମୟ ଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଥାଏ ତେବେ $\vec{J}$ ର ଅନୁପସ୍ଥିତରେ ମଧ୍ୟ ଏହା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବ।

ଏଥିରେ $\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତାର ପରିସର ସହିତ ସମାନ ଅଟେ (ଯାହା A/m^2 ସହିତ ସମାନ) ଏବଂ ଏହାକୁ ବିସ୍ଥାପିତ

ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତରେ ଅପସରଣ ସତ୍ତ୍ୱେ ସମୁଦାୟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ କ୍ରମାଗତ କରିବାରେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ମୁଖ୍ୟ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରେ । ଆଲୋକୀୟ ଆବୃତ୍ତି ଅପେକ୍ଷା ଯେତେ କମ ଆବୃତ୍ତିରେ ମଧ୍ୟ ପରିବାହକରେ ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ତୁଳନାରେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ ।

କୌଣସି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ଆବେଶର ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷଣିକ ଗତିକୁ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଭାବରେ ବୁଝାଯାଏ । ଏହାକୁ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ଦିଆଯାଇଛି

$$I_d = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(\sigma A) = \frac{d}{dt}(\varepsilon_0 A \vec{E}) \qquad \text{କିମ୍ବା,} \qquad I_d = \varepsilon_0 A \frac{d\vec{E}}{dt} \qquad (6.6)$$

ଏହିପରି ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେବ ଏବଂ ଏହା ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$J_d = \frac{I_d}{A} = \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_0 \vec{E}) = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad \text{କିମ୍ବା,} \qquad J_d = \frac{d\vec{D}}{dt} \qquad [\text{ଯେଉଁଠାରେ } \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}] \qquad (6.7)$$

ଏହିପରି ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଏବଂ କୌଣସି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (dielectric) ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପରିବର୍ତ୍ତନ କାରଣ ଯୋଗୁ ଉପ୍ନ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 6-1

ଉଦାହରଣ 6-1 ଏକ ପ୍ରତିରୋଧକ ସହିତ ସିରିଜରେ ସଲଗ୍ନ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ ରକ ମଧ୍ୟରେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଖୋଜନ୍ତୁ, ଯେଉଁଠି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ବହନ କରେ । ରକ ପ୍ଲେଟର କ୍ଷେତ୍ର A କୁ ବିବେଚନା କରାଯିବ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ (vacuum) ଅଟେ।

ସମାଧାନ:

ଆମେ ଜାଣିଛେ $I_d = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(CV) = \frac{d}{dt}\left(\frac{\varepsilon_0 A}{d} V\right)$

ଯେଉଁଠାରେ $Q = CV$ ଏବଂ $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

କିମ୍ବା, $I_d = \frac{\varepsilon_0 A}{d}\frac{dV}{dt} = \varepsilon_0 A \frac{dE}{dt}$.

ଉଦାହରଣ 6-2

ଉଦାହରଣ 6-2 ଯଦି ପ୍ଲେଟ ଅଞ୍ଚଳର ଏକ ରକରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର 0.05 m^2 ଏବଂ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ହେଉଛି 1010 V/m, ଅନ୍ତରଣ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପରିମାଣ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ:

ଏଠାରେ, ପ୍ଲେଟ ଅଞ୍ଚଳ A = 0.05 m^2 ଏବଂ $\frac{dE}{dt} = 10^{10}$ V/m

ତେଣୁ, ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଛି

$$I_d = \varepsilon_0 A \frac{dE}{dt} = 8.854 \times 10^{-12} \times 0.05 \times 10^{10} = 4.43\,mA.$$

ଉଦାହରଣ 6-3 ଏକ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ ପାଇଁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ,

$\vec{B} = B_0 \cos(\omega t - kz)\hat{y}$.

i) ଯଦି କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଆବେଶ ନଥାଏ ତେବେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କ'ଣ ହେବ?

ii) Integration constantକୁ ଅଣଦେଖା କରି E ପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ।

iii) ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ ଯେ ଅବକଳ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶିତ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର E ଏବଂ B ରେ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୁଏ।

ସମାଧାନ:

ଆମେ ପାଇଛୁ $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$

i) ଏହିପରି, ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା $\vec{J} = \frac{1}{\mu_0} \vec{\nabla} \times \vec{B}$

ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ $\vec{I}_d = \vec{J}A.$

ଏଠାରେ, $\vec{B} = B_0 \cos(\omega t - kz)\hat{y}$

ତେଣୁ, $$\vec{J} = \frac{1}{\mu_0}\begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & B_0 \cos(\omega t - kz) & 0 \end{vmatrix} = \frac{B_0 k}{\mu_0} \sin(\omega t - kz)\hat{x}$$

ଏବଂ $$\vec{I}_d = \vec{J}A = \frac{AB_0 k}{\mu_0} \sin(\omega t - kz)\hat{x}$$

ii) ପୁନର୍ବାର ଆମେ ପାଇଛୁ , $\vec{I}_d = \varepsilon_0 A \frac{d\vec{E}}{dt}$

ଏହିପରି , $$\varepsilon_0 A \frac{d\vec{E}}{dt} = \frac{AB_0 k}{\mu_0} \sin(\omega t - kz)\hat{x}$$

କିମ୍ବା , $$\frac{d\vec{E}}{dt} = \frac{B_0 k}{\mu_0 \varepsilon_0} \sin(\omega t - kz)\hat{x}$$

କିମ୍ବା , $$\vec{E} = \int \frac{B_0 k}{\mu_0 \varepsilon_0} \sin(\omega t - kz)\hat{x} = \frac{B_0 k}{\mu_0 \varepsilon_0 \omega} \cos(\omega t - kz)\hat{x}$$

[neglecting integration constant]

iii) ବର୍ତ୍ତମାନ, $$\vec{\nabla} \times \vec{E} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{B_0 k}{\mu_0 \varepsilon_0 \omega} \cos(\omega t - kz) & 0 & 0 \end{vmatrix} = \frac{B_0 k^2}{\mu_0 \varepsilon_0 \omega} \sin(\omega t - kz)\hat{y}$$

କିମ୍ବା , $\vec{\nabla}\times\vec{E}=\frac{B_0 k^2 c^2}{\omega}\sin(\omega t-kz)\hat{y}=B_0\omega\sin(\omega t-kz)\hat{y}$

$\left[\because c^2=\frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}, \omega=ck\right]$

ପୁନର୍ବାର , $\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=\frac{\partial\{B_0\cos(\omega t-kz)\hat{y}\}}{\partial t}=-B_0\omega\sin(\omega t-kz)\hat{y}$

ଏହିପରି , $\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ ଏବଂ ଏହା ଅବକଳ ରୂପ ଫାରାଡେର ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମ ସହ ସହମତ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 6-3

6.2.1 ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବନାମ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (Conduction Current versus Displacement Current)

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କୌଣସି ସୁପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାକୁ ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ । ପରନ୍ତୁ କୌଣସି ଆବେଶ (ଚାର୍ଜ)-ଧାରକର ଧାତବ ଚାଦର ଉପରେ ଆବେଶ ଠୁଳକରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି କଲେ ଆବେଶ-ଧାରକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ବିସ୍ଥାପନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁହାଯାଏ ।

ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି:

i) ପରିବହନ ସ୍ରୋତ ଘନତା ଏହିପରି ଦିଆଯାଏ $\vec{J}_c=\sigma\vec{E}$ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ଏହିପରି ଦିଆଯାଏ $\vec{J}_d=\frac{d\vec{D}}{dt}$

ii) ପରିବହନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେଉଛି ଏକ ପରିପଥ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରକୃତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ, କିନ୍ତୁ ସମୟ-ଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ଏକ ପ୍ରତୀୟମାନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଅଟେ ।

iii) Ohmଙ୍କ ନିୟମ ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହୋଇଥିବାବେଳେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ପାଇଁ ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ ।

6.3 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ (Maxwell's Equations)

James Clerk Maxwell (1831 -1879) ଜଣେ Scottish ବୈଜ୍ଞାନିକ ଥିଲେ, ଯାହାଙ୍କର ସବୁଠାରୁ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ସଫଳତା ଥିଲା ବିଦ୍ୟୁତ, ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଏବଂ ଅପ୍ଟିକ୍ସ (optics) କୁ ଏକାଠି କରିବା ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା । ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ସମସ୍ତ ଘଟଣା ସାଧାରଣତଃ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା, ଯାହାକି ଚାରୋଟି ଭିନ୍ନ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ । ଏଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି:

6.3.1 ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ପରାବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ (Gauss's Law in Electrostatics & Dielectrics)

ଏହା ହେଉଛି ପ୍ରଥମ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ, ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ବନ୍ଦ ପାଶ (closed loop) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିବାହ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ଆବେଶ ସହିତ ସମାନ, ଅର୍ଥାତ,

$$\int_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{q}{\varepsilon_0} \qquad [\text{ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ପାଇଁ, } \varepsilon_0\vec{E}]$$

କିମ୍ବା, $\int_S \varepsilon_0 \vec{E}.d\vec{S} = \int_S \vec{D}.d\vec{S} = q \quad [\because \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}]$

କିମ୍ବା, $\int_S \vec{D}.d\vec{S} = \int_V \rho dV \quad [\because \rho = \frac{dq}{dV}]$

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାଇଁ ଏହା ସମୀକରଣର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ ଅଟେ । (6.8)

ପୁନର୍ବାର ଅପସରଣ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (divergence theorem) ବ୍ୟବହାର କରି, Eq. (6.8) ସମାକଳ ନିମ୍ନମତେ ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{D} dV = \int_V \rho dV$$

ସମାକଳନର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାନ କରିବା ଦ୍ୱାରା ଆମେ ପାଇବା,

$$\vec{\nabla}.\vec{D} = \rho \quad (6.9)\ (a)$$

କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} [\because \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}]$ (6.9) (b)

lEq.(6.9)(a) ଏବଂ Eq.6.9(b) ଯଥାକ୍ରମେ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ପାଇଁ ସମୀକରଣର ଅବକଳ ରୂପ ଅଟେ ।

6.3.2 ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସରେଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ (Gauss's Law in Magnetostatics)

ଏହା ହେଉଛି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣ । ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ବନ୍ଦ ପାଶ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଶୂନ ସହିତ ସମାନ ଅଟେ । ଅର୍ଥାତ,

$$\int_S \vec{B}.d\vec{S} = 0 \quad (6.10)$$

ଏହା ସମୀକରଣର ସମାକଳନ ରୂପ ଅଟେ ।

ପୁନର୍ବାର ଡାଇଭରଜେନ୍ସ ଥିଓରେମ (divergence theorem) ବ୍ୟବହାର କରି ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{B} dV = 0$$

କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ [ଏହି ସମୀକରଣଟି ଯେକୌଣସି ମନମୁଖୀ ଆୟତନ ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଅଟେ] (6.11)

ଏହା ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ପ୍ରକାର ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

6.3.3 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (Faraday's Law of Electromagnetic Induction)

ଏହା ହେଉଛି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ । ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିପଥରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ବାହକ ବଳ (e), ଏହି ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ (φ) ର ପରିବର୍ତ୍ତନହାର ସହିତ ସମାନ ଏବଂ ଏହା ଏପରି ଭାବରେ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଯେ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାରକୁ ସର୍ବଦା ବିରୋଧ କରେ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ନିୟମଟି ଏହିପରି କୁହାଯାଇପାରେ,

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

କିମ୍ବା,
$$\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}.d\vec{S}\right) \tag{6.12}$$

ଏହା Faradayଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ (EM) ପ୍ରେରଣର ନିୟମର ସମାକଳନ ରୂପ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଅଟେ ।

ପୁନର୍ବାର Stokeଙ୍କ ସଦିଶ କାଲକୁଲସ (calculus)ର theorem ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ କହିପାରିବା

$$\oint_C \vec{E}.d\vec{l} = \iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S}$$

ତେଣୁ, ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}.d\vec{S}\right)$$

କିମ୍ବା,
$$\iint_S \vec{\nabla}\times\vec{E}.d\vec{S} + \iint_S \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}.d\vec{S} = 0$$

କିମ୍ବା,
$$\iint_S \left(\vec{\nabla}\times\vec{E} + \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\right).d\vec{S} = 0$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ କୌଣସି ମନମୁଖୀ (arbitrary) ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଅଟେ । ଏଥିରୁ ଆମେ ପାଇବା $\vec{\nabla}\times\vec{E} + \frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = 0$

କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \tag{6.13}$$

ଏହା Faradayଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

6.3.4 ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆମ୍ପେରର ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ (Modified Ampere's Circuital Law)

ଆମ୍ପେର୍'ସର୍କିଟାଲ୍(circuital) ନିୟମକୁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ସଂଶୋଧନ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ ଏହା ଆମ୍ପେର୍-ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ନିୟମ କିମ୍ବା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆମ୍ପେର ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମ ଭାବେ ଜଣାଶୁଣା । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଥିବା ଏକ ବନ୍ଦ ପଥର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ରେଖୀୟ ସମାକଳନ (line integral), ଯାହା ମୁକ୍ତ ପରିସରରେ ସମୟାନୁକ୍ରମେ ବଦଳୁଥିବା ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଯାହା μ_0 ଗୁଣ ଉକ୍ତ ବନ୍ଦ ପଥରେ ଆବଦ୍ଧ ପୃଷ୍ଠତଳ ଭିତର ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ମୋଟ ସ୍ଥାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ (I) ସହ ସମାନ ଅଟେ ।

ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint_C \mu_0 \vec{H}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

କିମ୍ବା,

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = I = \int_C \vec{J}_c\cdot d\vec{S}\left[\because J_c = \frac{dI}{dS}\right]$$

ଷ୍ଟୋକ୍ସ ଥିଓରେମ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ପରେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$\int_S \vec{\nabla}\times\vec{H}\cdot d\vec{S} = \int_C \vec{J}_c\cdot d\vec{S}$$

କୌଣସି ମନମୁଖୀ dS ପାଇଁ, ଆମର ଇଣ୍ଟେଗ୍ରାଣ୍ଡକୁ ସମାନ କଲେ ଆମେ ପାଉ, $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J}_c$ ଯାହା ସ୍ଥିର କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ବୈଧ ଅଟେ ।

ଏହି ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ divergence ନେଲାପରେ,

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{\nabla}\cdot\vec{J}_c = 0$$

ପୁନର୍ବାର ସ୍ଥିର କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ନିରନ୍ତର ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{J}_c + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$$

କିମ୍ବା,

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{J}_c = -\frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$$

କିମ୍ବା,

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$$

ତେଣୁ ସମୟ-ଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ, ସମୁଦାୟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ପରିବହନ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ସହିତ ସମାନ ହେବା ଉଚିତ ଏବଂ ଆମକୁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଚତୁର୍ଥ ସମୀକରଣ ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯାହା ମୂଳତଃ ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ରୂପ ଅଟେ ।

ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ରେଖୀୟ ସମାକଳନ ଏବଂ ପରିବହନ ଓ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତରେ ପୃଷ୍ଠତଳ ସମାକଳନର ବୀଜଗାଣିତକ ମିଶାଣ ପରସ୍ପର ସମାନ ଅଟେ । ଅର୍ଥାତ,

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \vec{J}_c\cdot d\vec{S} + \int_S \vec{J}_d\cdot d\vec{S}$$

କିମ୍ବା,

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \vec{J}_c\cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S} \qquad (6.14)$$

ଏହା ସମୀକରଣର ସମାକଳ ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ । ବର୍ତ୍ତମାନ, ସଦିଶ କାଲକୁଲସରେ ଷ୍ଟୋକ୍ସ ଥିଓରେମ ବ୍ୟବହାର କଲେ,

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \vec{\nabla}\times\vec{H}\cdot\hat{n}\,dS = \int_S \vec{\nabla}\times\vec{H}\cdot d\vec{S} \qquad (6.15)$$

Eq. (6.14) ଏବଂ Eq. (6.15) ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ ,

$$\int_S \vec{\nabla}\times\vec{H}\cdot d\vec{S} = \int_S \vec{J}_c\cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S} = \int_S \left(\vec{J}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right)\cdot d\vec{S}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ କୌଣସି ମନମୁଖୀ dS ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଏବଂ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ସମାକଳନ ସମାନ ହେବ। ଅର୍ଥାତ, ଆମେ ପାଇବା।

$$\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad (6.17)$$

ଏହା ସମୀକରଣର ଅବକଳ ରୂପ ଅଟେ।

ଉଦାହରଣ 6-4

ଉଦାହରଣ 6-4 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ $\vec{E} = \cos(y-t)\hat{k}$ ଏବଂ $\vec{B} = \cos(y-t)\hat{i}$ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗଠନ କରେ।

ସମାଧାନ:

ଆମେ ପାଇଛୁ $\vec{E} = \cos(y-t)\hat{k}$ ଏବଂ $\vec{B} = \cos(y-t)\hat{i}$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $\vec{\nabla}\times\vec{E} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & 0 & \cos(y-t) \end{vmatrix} = -\hat{i}\sin(y-t)$

ଏବଂ $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\hat{i}\sin(y-t)$

ତେଣୁ, $\vec{\nabla}\times\vec{E} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

ତେଣୁ $\vec{E} = \cos(y-t)\hat{k}$ ଏବଂ $\vec{B} = \cos(y-t)\hat{i}$ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗଠନ କରେ।

6.4 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ (Significance Of Maxwell's Equations)

ଏହା ଜଣାଶୁଣା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବୁଝାଉଥିବା ବଳ ରେଖା ସକରାତ୍ମକ ଆବେଶରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଆବେଶରେ ଏକାଠି ହୁଏ। ଆବେଶ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିବାହ ଘନତା ଦ୍ୱାରା ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରିବ କାରଣ ଏହା ଆବେଶ ରାଶି ସହିତ ସବୁଠାରୁ ଘନିଷ୍ଠ ଭାବରେ ଜଡିତ। ସେଥିପାଇଁ ସମସ୍ତ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ସମୀକରଣର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମହତ୍ତ୍ୱ ଅଛି। ଏଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି।

6.4.1 ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho$ କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

i) ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଯେକୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଭିବାହ, ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ମୋଟ ଆବେଶ ରାଶିର $1/\varepsilon_0$ ଗୁଣ ଅଟେ। ଏହା ଅବକଳ ରୂପରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତରେ ଗାଉସ (Gauss)ର ନିୟମକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ।

ii) ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଆବେଶ ଘନତା ρ ଏକ ଅଦିଶ ପରିମାଣ ଅଟେ ।

iii) ଯଦି ρ ସକରାତ୍ମକ, ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଅପସରଣ ସକରାତ୍ମକ ହେବ ଏବଂ ଯଦି ρ ନକାରାତ୍ମକ, ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଅପସରଣ ନକାରାତ୍ମକ ହେବ । ତେଣୁ, ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ବଳ ରେଖା ସକରାତ୍ମକ ଆବେଶଗୁଡ଼ିକରୁ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ଏବଂ ନକାରାତ୍ମକ ଆବେଶ ଗୁଡ଼ିକରେ ଶେଷ ହୁଏ । ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଆବେଶ ବିତରଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ଦେଇଥାଏ ।

iv) ଯେହେତୁ ସମୀକରଣ ସମୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ, ଏହା ଏକ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା (steady state) ସମୀକରଣକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

6.4.2 ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\cdot\vec{B}=0$

i) ଏଥିରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ କୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ଶୂନ ଅଟେ । ଏହା ଅବକଳ ରୂପରେ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟରେ ଗାଉସ (Gauss)ର ନିୟମକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

ii) ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଏକ ଆଚ୍ଛାଦିତ ଅଞ୍ଚଳ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ରେଖା ଏଥିରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ରେଖା ସହିତ ସମାନ ଅଟେ । ତେଣୁ ଏକ ପୃଥକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଅର୍ଥାତ, ଏକକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ବିଦ୍ୟମାନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ଯୋଡିରେ ଦେଖାଯାଏ ।

iii) ତେଣୁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାପାଇଁ କୌଣସି ଉତ୍ସ କିମ୍ବା ସିଙ୍କ ନାହିଁ ।

iv) ଯେହେତୁ ସମୀକରଣ ସମୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ, ଏହା ମଧ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

6.4.3 ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

i) ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ତେଣୁ, ସମୀକରଣକୁ ଏହିପରି ଲେଖାଯାଇପାରେ, $\varepsilon=-\frac{\partial\phi}{\partial t}$

ଏହା ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ। ଏହା ମୂଳତଃ ସମୀକରଣର ଅବକଳ ରୂପ ଅଟେ।

ii) ଏହା ଏକ ସମୟ ନିର୍ଭରଶୀଳ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

6.4.4 ଚତୁର୍ଥ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\times\vec{H}=\vec{J}_C+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$

i) ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ପରିବହନ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଘନତା $\vec{J}_C$ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶ ରାଶି $\vec{D}$ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର, ଅର୍ଥାତ, ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଘନତା $\vec{J}_D$, ମିଳିତ ତଥା ପୃଥକ ଭାବେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ।

ii) ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ତଥା ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପାଇଁ ଏହା ହେଉଛି ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଅବକଳ ରୂପ ଅଟେ ।

iii) ଏହା ମଧ୍ୟ ଏକ ସମୟ ନିର୍ଭରଶୀଳ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

6.5 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା (Em Energy Density)

ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଶକ୍ତି ଘନତା ବିଦ୍ୟୁତ କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଆୟାମର ବର୍ଗ ସହିତ ଆନୁପାତିକ ବୋଲି ଜଣାପଡିଛି । ଯେକୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗରେ, ଆୟାମ (Amplitude) ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ସର୍ବୋଚ୍ଚ କ୍ଷେତ୍ର ସାମର୍ଥ୍ୟକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ । ତରଙ୍ଗ ଶକ୍ତି, ତରଙ୍ଗ ଆୟାମ ବ୍ୟବହାର କରି ଏବଂ ସମ୍ପୃକ୍ତ ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ । ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର ଏକ ଅଞ୍ଚଳରେ ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା ଭାବରେ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ,

$$U_e = \frac{1}{2}\vec{D}.\vec{E} = \frac{1}{2}\epsilon\vec{E}.\vec{E} = \frac{1}{2}\epsilon E^2 \tag{6.18}$$

ଏବଂ

$$U_m = \frac{1}{2}\vec{B}.\vec{H} = \frac{1}{2}\mu\vec{H}.\vec{H} = \frac{1}{2}\mu H^2 \tag{6.19}$$

ଏହିପରି, ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା ଅର୍ଥାତ, ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକକ ଆୟତନ ପିଛା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି

$$U_{em} = U_e + U_m = \frac{1}{2}\epsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2 \tag{6.20}$$

ମୁକ୍ତ ପରିସରରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା ହେଉଛି

$$U = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H^2 \tag{6.21}$$

6.6 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର (POYNTING VECTOR)

ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏହାର ଆବିଷ୍କାରକାରୀ(discoverer) ଜନ୍ ହେନେରୀ ପୋଏଣ୍ଟିଂ(Poynting)ଙ୍କ ନାମରେ ଲୋକପ୍ରିୟ ହୋଇଛି । ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ଯେକୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ (EM) କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରତି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ପ୍ରତି ଏକକ ସମୟରେ ଶକ୍ତି ସ୍ଥାନାନ୍ତରକୁ ବୁଝାଏ । ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର SI ଏକକ ହେଉଛି watt per square metre (W/m^2).

ଏହିପରି ଭାବରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ଶକ୍ତି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ ହାର ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ, ଏହା ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହର ଦିଗ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଏବଂ ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ,

$$\vec{P} = \vec{E}\times\vec{H} = \frac{\vec{E}\times\vec{B}}{\mu_0} \tag{6.22}$$

ଏହା ଏକ ସମୟ ଭିନ୍ନ ପରିମାଣ ଏବଂ ସ୍ଥିରକ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ । ଏହା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ର ପିଛା ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷମତା ଅଟେ । ଏହାର SI ଏକକ ହେଉଛି W/m^2 ଏବଂ ଏହା ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ 6-5

ଉଦାହରଣ 6-5 ଏକ 100 W ଦୀପରୁ 1 meter ଦୂରରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଦୀପରୁ ସମୁଦାୟ ବିକିରଣ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି ଲେଖାଯାଇପାରେ, $\wp = 4\pi R^2 P$

ଏଠାରେ, $\wp = 100$ W vkSj $R = 1$ m ଏବଂ

ତେଣୁ, ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ହେଉଛି $P = \frac{\wp}{4\pi R^2} = \frac{100}{4 \times 3.14 \times (1)^2} = 7.96\,W/m^2$.

ଉଦାହରଣ 6-6

ଉଦାହରଣ 6-6 ଯଦି ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ବିକିରଣ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି 2.8×10^{26} W ହୁଏ ତେବେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ପୃଷ୍ଠରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ ଏବଂ ସୂର୍ଯ୍ୟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେଉଛି 7×10^8 m

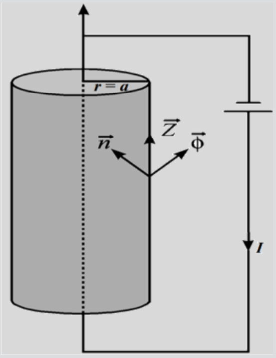
ସମାଧାନ

ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ସମୁଦାୟ ବିକିରଣ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି ଲେଖିପାରେ, $\wp = 4\pi R^2 P$

ଏଠାରେ, $\wp = 2.8 \times 10^{26}$ W ଏବଂ $R = 7 \times 10^8$ m

ତେଣୁ, ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ହେଉଛି $P = \frac{\wp}{4\pi R^2} = \frac{2.8 \times 10^{26}}{4 \times 3.14 \times (7 \times 10^8)^2} = 4.55 \times 10^7\,W/m^2$.

ଉଦାହରଣ 6-7 ଏକ a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଥିବା ବହୁତ ଲମ୍ବା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତା ବହନ କରେ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ସିଲିଣ୍ଡର ଅକ୍ଷ ସହିତ ଯିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ । ଏଠାରେ ଦିଆଯାଇଛି ଯେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବାହକ ବାହାରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ସିଲିଣ୍ଡର ପୃଷ୍ଠରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରିବ । ଏଠାରେ ଅନୁମାନ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ସାମଗ୍ରୀର ପରିବାହକତା ହେଉଛି σ



ସମାଧାନ

ଆମ୍ପେରର ସର୍କିଟାଲ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଛି କ୍ଷେତ୍ର H ଯେପରି $\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$

କିମ୍ବା, $H.2\pi r = I$

କିମ୍ବା, $H = \frac{I}{2\pi r}$

$r = a$ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି $\vec{H} = \frac{I}{2\pi a}\hat{\phi}$

ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ସ୍ପର୍ଶକାତର ହେବ । ଆମେ ଜାଣୁ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ସହିତ ଜଡିତ $\vec{J} = \sigma\vec{E}$ (ଏହା ସହିତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହେବାକୁ ଦିଅନ୍ତୁ Z-ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଅକ୍ଷ) ।

ଯେହେତୁ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ହେଉଛି $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$.

ତେଣୁ ସବ୍ ସିଟିଟିଂ ଉପରେ $\vec{E}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ଆମର ଅଛି

ଉଦାହରଣ 6-7

$$\vec{P} = \frac{I^2}{2\pi a\sigma}\hat{z}\times\hat{\phi} = \frac{I^2}{2\pi a\sigma}\hat{n}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\hat{n}$ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଅଟେ ଏବଂ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ପରିବାହକର ଭିତରକୁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ) ।

6.7 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମ୍ (Poynting Theorem)

ବିବୃତ୍ତି: ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମ ଅନୁଯାୟୀ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ଶକ୍ତିର ଠିକ ପ୍ରବାହ, ସେହି ଆୟତନରେ ସଞ୍ଚିତ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସର ହାର ଓ ପରିବହନ ଜନିତ ଶକ୍ତି କ୍ଷୟର ଫେଡ଼ାଣ ଫଳ ସହିତ ସମାନ ଅଟେ ।

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ: ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣୁ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \text{ ଏବଂ } \vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

ତେଣୁ,
$$\vec{H}.\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\vec{H}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \text{ ଏବଂ } \vec{E}.\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{E}.\left(\vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right)$$

ଏହିପରି,
$$\vec{H}.\vec{\nabla}\times\vec{E} - \vec{E}.\vec{\nabla}\times\vec{H} = -\vec{H}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} - \vec{E}.\left(\vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right) = -\left(\vec{H}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} + \vec{E}.\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right) - \vec{E}.\vec{J}$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}.\vec{E}\times\vec{H} = -\left(\vec{H}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} + \vec{E}.\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right) - \vec{E}.\vec{J} \quad \left[\because \vec{H}.\vec{\nabla}\times\vec{E} - \vec{E}.\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{\nabla}.\vec{E}\times\vec{H}\right]$$

$$= -\left(\mu\vec{H}.\frac{\partial\vec{H}}{\partial t} + \epsilon\vec{E}.\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) - \vec{E}.\vec{J}$$

କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}.\vec{E}\times\vec{H} = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{2}\mu H^2 + \frac{1}{2}\epsilon E^2\right) - \vec{E}.\vec{J} \qquad (6.23)\ (a)$$

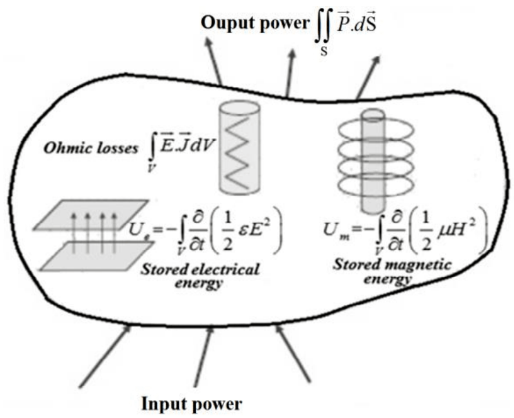
କିମ୍ବା,
$$\vec{\nabla}.\vec{P} = -\frac{\partial U_{em}}{\partial t} - \vec{E}.\vec{J} \qquad \text{[Eq. (6.22) ବ୍ୟବହାର କରି]} \qquad (6.23)\ (b)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ମାଧମର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନ ପାଇଁ, ସମାକଳିତ କଲେ

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{P}\,dV = -\int_V \frac{\partial U_{em}}{\partial t}dV - \int_V \vec{E}.\vec{J}\,dV$$

କିମ୍ବା,
$$\iint_S \vec{P}.d\vec{S} = -\int_V \frac{\partial U_{em}}{\partial t}dV - \int_V \vec{E}.\vec{J}\,dV \quad \text{[ଗାଉସର ଥିଓରେମ୍ ବ୍ୟବହାର କରିବା ପରେ]} \qquad (6.24)$$

Eq. (6.24) ହେଉଛି ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମର ଗାଣିତିକ ରୂପ ଯେଉଁଥିରେ ପ୍ରଥମ ପଦ ଆୟତନ V ଛାଡିଥିବା ମୋଟ ଶକ୍ତିକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।ପୃଷ୍ଠS ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧା, ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ ଆୟତନ V ରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ହାରକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ଏବଂ ଶେଷ ପଦ ଆୟତନ V ରେ ଓମିକ (ohmic) ଶକ୍ତିର କ୍ଷତିକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ (ଚିତ୍ର. 6.2) ।



ଚିତ୍ର. 6.2: ପୋଏଣ୍ଟିଙ୍ଗଙ୍କ ଥିଓରେମର ଚିତ୍ର

6.8 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ (Electromagnetic Potential)

ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ଆବେଶକୁ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରୁ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଣିବା ପାଇଁ କରାଯାଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ କୁହାଯାଏ । ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ, ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଦିଶ ବିଭବ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବକୁ ମିଶ୍ରଣ କରେ ।

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣ (ସ୍ଥିର-ଚୁମ୍ବକୀୟରେ ଗାଉସ (Gauss)ଙ୍କର ନିୟମ) ରୁ ଆମେ ପାଉଛେ ,
$\vec{\nabla}\cdot\vec{B}=0$

ପୁନର୍ବାର, ସଦିଶ କାଲକୁଲସ (calculus) ଅନୁସାରେ, କୌଣସି ସଦିଶର କର୍ଲର ଅପସରଣ (divergence of curl) ଶୂନ ଅଟେ ।

ଅର୍ଥାତ, $\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla}\times\vec{A}=0$

ଏହିପରି, $$\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A} \tag{6.25}$$

ଯାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A}$ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଦେଇଥାଏ ।

ପୁନର୍ବାର ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣରୁ (ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ) ଆମେ ପାଉଛେ ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=-\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times\vec{A})=-\vec{\nabla}\times\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\times\left(\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆମେ ପାଇଲୁ ଯେ ଏକ ଅଦିଶ ଫଳନର କର୍ଲ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ (curl gradient) ଶୂନ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ, $\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\phi=0$

ଏହିପରି, ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇଟି ସମୀକରଣକୁ ମିଶ୍ରଣ କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା

$$\vec{\nabla}\times\left(\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}=0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E}=-\vec{\nabla}\phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t} \qquad (6.26)$$

ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ ϕ ଏବଂ ସଦିଶ ବିଭବ $\vec{A}$ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଦେଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 6-8 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦର୍ଶାଅ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର (ଅଦିଶ ଏବଂ ସଦିଶ ବିଭବ ଦୃଷ୍ଟିରୁ) ଲେଖାଯାଇପାରିବ, ଯେପରି, $\vec{E}=-\nabla\phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$

ସମାଧାନ

ଆମେ ପାଉଛେ $\vec{E}=\vec{\Delta}\times\vec{A}$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ (ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ) ଆମେ ଜାଣିଛେ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=-\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{A}\right)=-\vec{\nabla}\times\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\times\left(\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

ପୁନର୍ବାର, ସଦିଶ କାଲକୁଲସ ଠାରୁ ଏକ ଅଦିଶ ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟର କର୍ଲ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଶୂନ୍ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ, $\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\phi=0$

ଏହିପରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ $\vec{\nabla}\times\left(\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}=0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E}=-\vec{\nabla}\phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}.$$

ଉଦାହରଣ 6-8

ଉଦାହରଣ 6-9 ଯଦି ϕ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$ ର ଅଦିଶ ବିଭବ ଅଟେ ଏବଂ $\vec{A}$ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ ର ସଦିଶ ବିଭବ ଅଟେ, ଦେଖାନ୍ତୁ ଯେ ଏଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ $\nabla^2\phi+\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}.\vec{A}\right)=-\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ସମୀକରଣ ମାଧ୍ୟମରେ ଲେଖାଯାଇପାରିବ ।

ସମାଧାନ

ଆମେ ଜାଣିଛେ $\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A}$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ (ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ) ଠାରୁ ଆମେ ପାଉଛେ,

ଉଦାହରଣ 6-9

ଉଦାହରଣ 6-6

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times\vec{A}) = -\vec{\nabla}\times\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\times\left(\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

ପୁନର୍ବାର, ସଦିଶ କାଲକୁଲସଠାରୁ ଏକ ଅଦିଶ ପ୍ରକାର୍ଯ୍ୟର କର୍ଲ୍ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ ଶୂନ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\phi=0$$

ଏହିପରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ $$\vec{\nabla}\times\left(\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\phi+\vec{E}+\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}=0$$

କିମ୍ବା, $$\vec{E}=-\vec{\nabla}\phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

ପୁନର୍ବାର ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଉଛେ,

$$\vec{\nabla}.\vec{E}=\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}.\left(-\vec{\nabla}\phi-\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\phi+\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}.\vec{A})=-\frac{\rho}{\epsilon_0}.$$

6.9 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସଂବେଗ ଏବଂ ଚାପ (Momentum & Pressure of Em Waves)

ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଗତିକୁ ଆଲୋକର ବେଗ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନକୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ କିମ୍ବା ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ, ତେବେ ତରଙ୍ଗ ସଂବେଗ ବସ୍ତୁରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୁଏ । ଯଦି ବସ୍ତୁରେ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତିଫଳନ ଅଧିକ ଲମ୍ବା ହୁଏ, ତେବେ ଅଧିକ ପପରିମାଣର ସଂବେଗ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ଘନତା ଏହିପରି ଉଲେଖ କରାଯାଏ,

ଯଥା, $$U_e=\frac{1}{2}\vec{D}.\vec{E}=\frac{1}{2}\epsilon\vec{E}.\vec{E}=\frac{1}{2}\epsilon E^2 \qquad [\because \vec{D}=\epsilon\vec{E} \text{ and } \vec{E}.\vec{E}=E^2]$$

ଏବଂ $$U_m=\frac{1}{2}\vec{B}.\vec{H}=\frac{1}{2}\mu\vec{H}.\vec{H}=\frac{1}{2}\mu H^2 \qquad [\because \vec{B}=\mu\vec{H} \text{ and } \vec{H}.\vec{H}=H^2]$$

ଅର୍ଥାତ, ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା ହେଉଛି

$$U_{em} = U_e + U_m = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2$$

ସମୟ-ନିର୍ଭରଶୀଳତା ପରି ଜଟିଳତାକୁ ଏଡାଇବା ପାଇଁ ଏଠାରେ ସଂକେତ P, " ବିକିରଣ ଚାପ " ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରେ। ଏହା ସମୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ।

ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ସଂବେଗକୁ ନିମ୍ନ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶିତ କରାଯାଏ,

$$p = \frac{U}{c} \tag{6.27}$$

ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ଅନୁରୂପ ବିକିରଣ ଚାପକୁ ନିମ୍ନରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି,

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1}{A}\frac{dp}{dt} = \frac{1}{Ac}\frac{dU}{dt} = \frac{S}{c} \quad \left[\because F = \frac{dp}{dt} \text{ और } S = \frac{1}{A}\frac{dU}{dt}\right] \tag{6.28}$$

Eq.(6.27) ଏବଂ Eq.(6.28) କେବଳ ଏକ ଶୋଷଣକାରୀ ପୃଷ୍ଠକୁ ଧକ୍କା ଦେବା ପାଇଁ ସତ୍ୟ ଅଟେ। ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତିଫଳିତ ପୃଷ୍ଠକୁ ଧକ୍କା ଦେବା ପାଇଁ ମୂଲ୍ୟଗୁଡିକ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହେବା ଉଚିତ ଏବଂ ସେହି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ସଂବେଗ ସ୍ଥାନାନ୍ତର $p = \frac{2U}{c}$ ଏବଂ ବିକିରଣ ଚାପ $P = \frac{2S}{c}$ ହେବ।

ଏକକ ସାରାଂଶ (Unit Summary)

- **ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା: ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣ**

  ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ $I_d = \varepsilon_0 A \frac{d\vec{E}}{dt}$

  ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା $\vec{J}_d = \frac{d\vec{D}}{dt}$

- **ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ସମୀକରଣ**

  1. ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକରେ ଗାଉସର ନିୟମ

     ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ $\int_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \int_V \rho\, dV$ (ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ)

     $\int_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$ (ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ)

     ଅବକଳ ରୂପ $\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho$ (ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ)

     $\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ (ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ)

  2. ସ୍ଥିରଚୁମ୍ବକୀୟରେ ଗାଉସର ନିୟମ

     ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ $\int_S \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$

     ଅବକଳରୂପ $\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$

3. ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ

ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ $\oint_C \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\left(\iint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}\right)$

ଅବକଳ ରୂପ $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

4. ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ

ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ $\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \vec{J}_c \cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

ଅବକଳ ରୂପ $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

- **ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ**

1. ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ

ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଆବେଶ ଘନତା ଏକ ଅଦିଶ ପରିମାଣ ।

ଏହା ଏକ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ସମୀକରଣକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

2. ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ

ସୂଚିତ କରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏକକ ମେରୁ ବିଦ୍ୟମାନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ

ଏହା ମଧ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ସମୀକରଣ ।

3. ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ

ଏହା ଏକ ସମୟ ନିର୍ଭରଶୀଳ ସମୀକରଣ

4. ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଚତୁର୍ଥ ସମୀକରଣର ମହତ୍ତ୍ୱ

ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇପାରିବ $\vec{J}_C$ ଏବଂ $\vec{J}_D$ ପାଇଁ

ଏହା ମଧ୍ୟ ଏକ ସମୟ ନିର୍ଭରଶୀଳ ସମୀକରଣ ।

- **ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଘନତା**

$$U = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H^2$$

- **ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ**

$$\vec{P} = \vec{E}\times\vec{H} = \frac{\vec{E}\times\vec{B}}{\mu_0}$$

- ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମ

$$\iint_S \vec{P}\cdot d\vec{S} = -\int_V \frac{\partial U_{em}}{\partial t}\,dV - \int_V \vec{E}\cdot\vec{J}\,dV$$

- ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

- ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ପରିମାଣ ଚାପ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ସଂବେଗ

ସଂବେଗ $\rho = U/C$

ବିକିରଣ ଚାପ $P = \frac{F}{A} = \frac{S}{c}$

ଅନୁଶୀଳନୀ (Exercises)

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନ

6.1 ବିସ୍ଥାପନ ସ୍ରୋତର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ

(a) କେବଳ ସକରାତ୍ମକ ଆବେଶ (b) କେବଳ ନକାରାତ୍ମକ ଆବେଶ

(c) ସମୟ-ଭିନ୍ନ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର (d) ସମୟ-ଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

6.2 ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶ $\vec{E}$ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଅଛି

(a) $\nabla^2 \vec{E} = -\mu_0\epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$ (b) $\nabla^2 \vec{E} = \mu_0\epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

(c) $\nabla^2 \vec{E} = \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$ (d) $\nabla^2 \vec{E} = -\mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

6.3 ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ଆମ୍ପେରର ସର୍କିଟାଲ ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟପାଇଁ

(a) ମହାକାଶ ଉପରେ ସ୍ଥିର (b) ସମୟ ସ୍ୱାଧୀନ

(c) ସୋଲେନୋଏଡାଲ (d) ଅବିସ୍ମରଣୀୟ

6.4 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମର ଅବକଳ ରୂପ ହେଉଛି

(a) $\vec{\nabla}\times\vec{E} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (b) $\vec{\nabla}\times\vec{E} = 2\vec{B}$

(c) $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (d) $\vec{\nabla}\times\vec{B} = -\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

6.5 ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଜଡିତ ଶକ୍ତି $\vec{H}$ କ'ଣ

(a) $\frac{1}{2}H^2$ (b) $\mu_0 H^2$

(c) $\frac{1}{2}\mu_0 H^2$ (d) $\frac{1}{2\mu_0}H^2$

6.6 ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଞ୍ଚଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଉପାଦାନ $E_x = 6x - 6z$, $E_y = -6y + 6z$ ଏବଂ $E_z = 6(y - x)$. ତା'ପରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ଉକ୍ତି ସଠିକ୍?

(a) $\vec{E}$ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ କ୍ଷେତ୍ର (b) ମହାକାଶରେ ମାଗଣା ଆବେଶ ଅଛି

(c) $\vec{E}$ ଅଘୁର୍ଣ୍ଣୟମାନ (d) $\vec{E}$ ସୋଲେନୋଏଡାଲ

6.7 ସମୀକରଣ $\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ

(a) ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ (b) ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଆମ୍ପେରନିୟମରେ ସଂଶୋଧନ

(c) ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ (d) କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ

6.8 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶ ସହିତ ଜଡିତ ଶକ୍ତି $\vec{E}$ କ'ଣ

(a) $\frac{1}{2}E^2$ (b) $\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$

(c) $\mu_0\varepsilon_0 E^2$ (d) $\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}E^2$

6.9 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର SI ଏକକ ହେଉଛି

(a) ଡବ୍ଲୁଏମ^2 (b) ଜେଏସ$^{-1}$m^{-2}

(c) ଡବ୍ଲୁଏମ (d) ଡବ୍ଲୁଏସ$^{-1}$

6.10 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣର ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ରୂପ ହେଉଛି:

(a) ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ (b) ବାୟୋଟ ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ

(c) ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ (d) ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମ

6.11 ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ହେଉଛି ଏକ

(a) ଠିଆ ହୋଇଥିବା ତରଙ୍ଗ (b) ପ୍ରଗତିଶୀଳ ତରଙ୍ଗ

(c) ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତରଙ୍ଗ (d) ଧୃବିତ ତରଙ୍ଗ

6.12 ଯଦି 1 mF ଧାରିତ୍ରରେ, 1 A ର ଏକ ତତକ୍ଷଣାତ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏହାର ପ୍ଲେଟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥାପିତ ହେବ ତେବେ ଏହା ସମ୍ଭବ।

(a) 10^6 A (b) 10^6 A/s

(c) 10^6 V (d) 10^6 V/s

6.13 କେଉଁ ବିବୃତ୍ତିରେ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ କ୍ଷେତ୍ର ରକ୍ଷଣଶୀଳ?

(a) curl E ସମାନ ଭାବରେ ଶୂନ ଅଟେ

(b) ଦୁଇଟି ପଏଣ୍ଟ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶୂନ ଅଟେ

(c) ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ ଫିଲ୍ଡ ଏକ ସ୍କାଲାର ସମ୍ଭାବନାର ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ

(d) କ୍ଷେତ୍ର ଭିତରେ ଏକ ବନ୍ଦ ପଥରେ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଶୂନ

6.14 ନିମ୍ନଲିଖିତ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ନୁହେଁ?

(a) $\vec{\nabla}\times\vec{H}=\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ (b) $\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

(c) $\vec{D}=\varepsilon\vec{E}$ (d) $\vec{\nabla}\cdot\vec{D}=\rho$

6.15 ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ ହାର ଦିଆଯାଇଛି

(a) ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ସମୀକରଣ (b) ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଭେକ୍ଟର

(c) ପୋଇସନ୍ ସମୀକରଣ (d) ନିରନ୍ତରତା ସମୀକରଣ

6.16 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\times\vec{H}=\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ

(a) ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭେକ୍ଟର ସମ୍ଭାବନା

(b) ଚୁମ୍ବକୀୟତାରେ ଗାଉସର ନିୟମ

(c) ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ୍ ନିୟମକୁ ସାଧାରଣୀକରଣ କରିଛି

(d) ବାୟୋଟ୍-ସାଭାର୍ଟ ନିୟମ

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର									
6.1	(*c*)	**6.2**	(*a*)	**6.3**	(*b*)	**6.4**	(*c*)	**6.5**	(*c*)
6.6	(*b*)	**6.7**	(*b*)	**6.8**	(*b*)	**6.9**	(*b*)	**6.10**	(*c*)
6.11	(*c*)	**6.12**	(*d*)	**6.13**	(*b*)	**6.14**	(*c*)	**6.15**	(*b*)
6.16	(*c*)								

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

ବର୍ଗ ପ୍ରଥମ (Category I)

6.1 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ନିୟମକୁ ଅବକଳ ରୂପରେ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତ କରନ୍ତୁ ।

6.2 ସମତଳ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ପୋଏଣ୍ଟିଙ୍ଗର ସଦିଶର ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ ଏବଂ ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.3 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ $\vec{E} = \sin(y - t)\hat{k}$ and $\vec{B} = \sin(y - t)\hat{i}$ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗଠନ କରେ ।

6.4 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$ କୁ ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ ଦିଅନ୍ତୁ ।

6.5 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମରୁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତୃତୀୟ ସମୀକରଣ ବାହାର କରନ୍ତୁ ।

6.6 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ଥିଓରେମର ଉପଯୋଗିତା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.7 ପ୍ରମାଣ କରନ୍ତୁ ଯେ $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\dfrac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

6.8 ଫାରାଡେଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପେରଣର ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ $\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi - \dfrac{\partial\vec{A}}{\partial t}$, ଯେଉଁଠାରେ $\vec{E}$ ଏକ ଅଦିଶ ବିଭବ ।

6.9 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣକୁ ସମୟ ଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଲେଖନ୍ତୁ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.10 ଦେଖାନ୍ତୁ ଯେ $\vec{\nabla}\cdot\vec{E}\times\vec{H} = -\dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{1}{2}\mu H^2 + \dfrac{1}{2}\varepsilon E^2\right) + \vec{E}.\vec{J}$, ଯେଉଁଠାରେ ସର୍ତ୍ତଗୁଡ଼ିକର ସାଧାରଣ ମହତ୍ତ୍ୱ ଅଛି ।

6.11 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣରୁ ଗାଉସଙ୍କ ନିୟମ, ଆମ୍ପେରଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଚିହ୍ନଟ କରନ୍ତୁ ।

6.12 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଏହି ତରଙ୍ଗର ବେଗ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

6.13 ଏକ a ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଥିବା ବହୁତ ଲମ୍ବା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ସମାନ ଭାବରେ ବିତରଣ ହୋଇଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରେ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ସିଲିଣ୍ଡର ଅକ୍ଷ ସହିତ ଯିବାକୁ ଅନୁମତି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରନ୍ତୁ । ଏଠାରେ ଦିଆଯାଇଛି ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରିବାହକ ବାହାରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ସିଲିଣ୍ଡର ପୃଷ୍ଠରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ଟିପ୍ପଣୀ କରାଯାଇପାରିବ । ଆପଣ ଅନୁମାନ କରିପାରନ୍ତି ଯେ ସାମଗ୍ରୀର ପରିବାହକତା ହେଉଛି σ

6.14 ଏକ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ ପାଇଁ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏହି ରୂପରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ, $\vec{B} = B_0\cos(\omega t - kz)\hat{k}$

i) ଯଦି କୌଣସି ମୁକ୍ତ ଆବେଶ ନଥାଏ ତେବେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କ'ଣ ହେବ ?

ii) ସମାକଳ ସ୍ଥିରାଙ୍କକୁ ଅଣଦେଖା କରି E ପାଇଁ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ ।

iii) ଯାଞ୍ଚ କରନ୍ତୁ ଯେ ଅବକଳ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶିତ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର E ଏବଂ B ରେ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୁଏ ।

6.15 ଯଦି ϕ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{E}$ ସହିତ ଅଦିଶ ବିଭବ ଅଟେ ଏବଂ $\vec{A}$ ଚମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର $\vec{B}$ ସହିତ ସଦିଶ ବିଭବ ଅଟେ, ଦେଖାନ୍ତୁ ଯେ ଏଗୁଡିକ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ $\nabla^2\phi + \frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}.\vec{A}) = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ସମୀକରଣ ମାଧ୍ୟମରେ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ ।

6.16 ଦେଖାନ୍ତୁ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ($\vec{E}$), ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ($\vec{B}$) ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ ସଦିଶ ($\hat{k}$) ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ।

6.17 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଗତି ଦ୍ୱାରା ଆପଣ କ'ଣ ବୁଝାନ୍ତି? ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ସଂବେଗ ପାଇଁ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ କରନ୍ତୁ ଏବଂ ଅନୁରୂପ ବିକିରଣ ଚାପ ମଧ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ ।

6.18 ଏକ ପ୍ରତିରୋଧକ ସହିତ ସିରିଜରେ ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ ଧାରିତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଖୋଜନ୍ତୁ ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ I ବହନ କରେ । ଧାରିତ୍ର ପ୍ଲେଟର କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି A ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ହେଉଛି ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ । ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରିବାରେ ଆପଣ ବ୍ୟବହାର କରିଥିବା ନିୟମକୁ କୁହନ୍ତୁ ।

6.19 ଏକ ସରଳ ପରିପଥ ଚିତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣା ଦିଅନ୍ତୁ ।

6.20 ସ୍ଥିର କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ରାଶି ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ କ'ଣ ଅଟେ?

6.21 ପରିବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

6.22 ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରେ ପ୍ରତୀକଗୁଡିକ ସ୍ପଷ୍ଟ କରନ୍ତୁ ।

6.23 ତୃତୀୟ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ବିବୃତ୍ତି ଦିଅନ୍ତୁ ଏବଂ ଏହାର ଉପଯୋଗିତା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.24 ଆମ୍ପେର ସର୍କିଟାଲ ନିୟମକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାର ଆବଶ୍ୟକତା କ'ଣ ଥିଲା?

6.25 ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ଯେ ସମୟ-ଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ, ସମୁଦାୟ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ପରିବାହନ ଏବଂ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ସହିତ ସମାନ ହେବା ଉଚିତ ।

6.26 ତରଙ୍ଗ ଶକ୍ତି କିପରି ତରଙ୍ଗ ଆୟାମ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଏକ ତରଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ବହନ କରାଯାଉଥିବା ଶକ୍ତି ଏହାର ଆୟାମ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ତାହା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.27 ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର ସଂଜ୍ଞା ଆଧାରରେ ଯାହା ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହର ଦିଗକୁ ଲମ୍ବ, ଏକକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତିର ପ୍ରବାହହାର ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ, ଗାଣିତିକ ରୂପ ଲେଖିବା ଏବଂ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

6.28 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବର ଭୂମିକା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ । ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଦିଶ ବିଭବ ଏବଂ ସଦିଶ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରନ୍ତୁ ।

ବର୍ଗ ଦ୍ୱିତୀୟ (Category II)

6.29 ବ୍ୟାପକ ଅର୍ଥରେ, ଆପଣଙ୍କ ମତାମତ ଅନୁଯାୟୀ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ କ'ଣ?

6.30 ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ମାପିବାର ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କରନ୍ତୁ ।

6.31 ଆମ୍ପେରଙ୍କ ସର୍କିଟାଲ ନିୟମରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସଂଶୋଧନର ଆବଶ୍ୟକତା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତୁ ।

6.32 ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ପାଇବା ପାଇଁ ଏକ ପଦ୍ଧତି ଦିଅନ୍ତୁ ।

6.33 ଅଣ-ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ବହନ କରୁଥିବା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ପରିପଥ ଯେଉଁଠାରେ ଆମ୍ପେରର ସର୍କିଟାଲ ନିୟମ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ। ଏହାର ଏକ ଉଦାହରଣ ଦିଅନ୍ତୁ।

6.34 "ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଘନତା ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଏବଂ ସମୟ-ଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ହେତୁ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ସେଟ ଅପ। " – ଯଥାର୍ଥତା ପ୍ରତିପାଦନ କରନ୍ତୁ।

6.35 "ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ସମସ୍ତ ଘଟଣା ଚାରୋଟି ଭିନ୍ନ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ। ଚାରୋଟି ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଘଟଣାଗୁଡ଼ିକୁ କିପରି ସଫଳତାର ସହ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ସମାଲୋଚନା କରନ୍ତୁ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା

6.1 ଯଦି $E = E_0 e^{i(kz - \omega t)}$ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସଦିଶକୁ ସୂଚିତ କରେ ତା'ପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ଖୋଜନ୍ତୁ।

6.2 ଯଦି ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ବିକିରଣ ହୋଇଥିବା ଶକ୍ତି 2.8×20^{26}w ହୁଏ ତେବେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ପୃଷ୍ଠରେ ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶର ମୂଲ୍ୟ ଖୋଜନ୍ତୁ। ଏବଂ ସୂର୍ଯ୍ୟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହେଉଛି 7×10^8 [ଉତ୍ତର: 4.55×10^7 V/m^2]

6.3 ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ପହଞ୍ଚିବା ସୂର୍ଯ୍ୟକିରଣର ତୀବ୍ରତା ପ୍ରାୟ 1.5 kW/m2. ଆଗମନ ସୂର୍ଯ୍ୟକିରଣର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ। [ଉତ୍ତର: 752 V/m, 1.99 A/m]

6.4 ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ଲେଟ ଚାର୍ଜଧାରକରେ 0.05 m2 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବୃତ୍ତାକାର ପ୍ଲେଟ 5 mm ଦୂରତାରେ ଅଲଗା ଅଛି, ଏହା ଅବେଶିକ ହୋଇଛି 0.2 A ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତରେ ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର।

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ଜେମ୍ସ କ୍ଲର୍କ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ମିଳିତ ଭାବରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ପାଦନ ଏବଂ ଆନ୍ତଃସମ୍ପର୍କର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବର୍ଣ୍ଣନା ପ୍ରଦାନ କରେ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ହେଉଛି ଉଭୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଇଞ୍ଜିନିୟରଙ୍କ ବହୁଳ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣୀୟ ଏବଂ ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ଉପକରଣ। ଆଜି ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡିକ ସେଲ ଫୋନଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଉପଗ୍ରହ, ଟେଲିଭିଜନ୍ ଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି କମ୍ପ୍ୟୁଟର ଏବଂ ପାୱାର ଷ୍ଟେସନଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ୱାସିଂ ମେସିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ଉପକରଣ ଡିଜାଇନ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ।

ଏହା ସତ୍ୟ ଯେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏବଂ ଇଞ୍ଜିନିୟରଙ୍କ ଆବିଷ୍କାର ଏବଂ ଅଗ୍ରଗତି ଉପରେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥିଲା କିନ୍ତୁ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଅବଦାନ ଥିଲା ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଅବଦାନ ଯିଏ ଊନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଦ୍ୱିତୀୟାର୍ଦ୍ଧରେ ବିରାଟ ଧାରଣାଗତ ଯୋଗଦାନ ଦେଇଥିଲେ ଯାହା ଶତାବ୍ଦୀ ଧରି ଟେକ୍ନୋଲୋଜିର ମହାନ ଅଗ୍ରଗତିକୁ ସକ୍ଷମ କରିବ।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ବର୍ତ୍ତମାନର ପରିପ୍ରେକ୍ଷୀରେ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଗୁଣ ଏବଂ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବା ପାଇଁ ଚାରୋଟି ସମ୍ପର୍କର ଏକ ସେଟକୁ ସୂଚିତ କରେ । ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡିକ ସଫଳତାର ସହ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରେ ଯେ ଏକ କମ୍ପାସ ଛୁଞ୍ଚି କିପରି ସର୍ବଦା ଉତ୍ତରକୁ ସୂଚିତ କରେ, ଏକ ପାୱାର ଷ୍ଟେସନ ଟର୍ବାଇନ କିପରି ବିଦ୍ୟୁତ ଉତ୍ପାଦନ କରିପାରିବ, ଯେତେବେଳେ ଜଣେ ନାଇଲନ ସ୍ୱେଟର ଅପସାରଣ କରେ ଏବଂ ଏକ ଲାଉଡସ୍ପିକର କିପରି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ରୋତକୁ ଧ୍ୱନିରେ ପରିଣତ କରିପାରିବ ।

ଯେତେବେଳେ ଚାରୋଟି ସମୀକରଣ ମିଳିତ ହୁଏ, ସେମାନେ ରେଡିଓ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ଏବଂ ଆଲୋକର ପ୍ରସାରକୁ ମଧ୍ୟ ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତି ।

ସାଦୃଶ୍ୟ

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ୟାଙ୍ଗ-ମିଲ୍ସ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଯାହା ଜ୍ୟାମିତିକ ସଂରଚନା କିମ୍ବା କ୍ୱାଣ୍ଟମ ଫିଲ୍ଡ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପପରମାଣୁ କଣିକାରେ ଦୁର୍ବଳ ଏବଂ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବଳର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଏକୀକୃତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଏକ ସାଧାରଣୀକରଣ ଯାହାକୁ "ବସ୍ତୁତ୍ୱ " କୁହାଯାଏ । ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ 1954 ରେ ଚେନ ନିଙ୍ଗୟାଙ୍ଗ ଏବଂ ରୋବର୍ଟ ଏଲ ମିଲ୍ସଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥିଲା ଯିଏ ପ୍ରଥମେ ଏକ ଗେଜ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ବିକଶିତ କରିଥିଲେ, ଉପପରମାଣୁର ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ ବର୍ଣ୍ଣନା ପାଇଁ ଲାଇ ଗ୍ରୁପ ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ ।

ୟାଙ୍ଗ-ମିଲ୍ସ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କ୍ୱାଣ୍ଟମ ଆପ୍ଲିକେସନରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କିମ୍ବା ଅଣଶୂନ୍ୟ ବସ୍ତୁତ୍ୱକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ । ଭୌତିକ ପରୀକ୍ଷଣ ଏବଂ କମ୍ପ୍ୟୁଟର-ଆଧାରିତ ଗାଣିତିକ ମଡେଲରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପାଇଁ ପ୍ରମାଣ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏହା ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ଯେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବଳ ପରମାଣୁ ନାଭି ମଧ୍ୟରେ କେବଳ ବହୁତ କମ ଦୂରତାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ଇତିହାସ

ଆନ୍ଦ୍ରେ-ମାରି ଆମ୍ପେର (1775 - 1836), ଫରାସୀ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ: 1820 ରେ, ଆମ୍ପେର୍ H .C ଓର୍ଷ୍ଟେଡ ବିଷୟରେ ଶୁଣିବାର ଏକ ସପ୍ତାହ ପରେ '1806 ର ଆବିଷ୍କାର ହେଲା ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚି ଏକ ଭୋଲ୍ଟିକ କରେଣ୍ଟ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଦେଖାଏ, ସେ ଏକାଡେମୀକୁ ଏକ କାଗଜ ଉପସ୍ଥାପନ କରିଥିଲେ, ଯେଉଁଥିରେ ସେହି ଘଟଣା ଏବଂ ଆନୁସଙ୍ଗିକ ଘଟଣାର ଅଧିକ ତଥ୍ୟ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ ଥିଲା।

କାର୍ଲ ଫ୍ରିଡରିକ ଗାଉସ (1777-1855), ଜର୍ମାନ ଗଣିତଜ୍ଞ: ସ୍ୱାଧୀନ ଭାବରେ ପରିଭାଷିତ କରିଥିଲେ ଗ୍ରୀନ'ଥିଓରେମ, କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମକୁ ମଧ୍ୟ ସାଧାରଣୀକରଣ କରିଥିଲେ ଏବଂ "ଗାଉସ" ନିୟମ ସମେତ ପୃଥକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋ-ଡାଇନାମିକ ନିୟମ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ । ଏହି 'ନିୟମ", ଯାହା ଚାରୋଟି "ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ" ସମୀକରଣ ମଧ୍ୟରୁ ଦୁଇଟି ସମୀକରଣ ଗଠନ କରେ।"

ମାଇକେଲ୍ ଫାରାଡେ (1791-1867), ବ୍ରିଟିଶ ପରୀକ୍ଷଣ ବିଷାରଦ: ଆବିଷ୍କାର କଲେ ଯେ ତାରର ଏକ ପାଶ ନିକଟରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ଘୁଞ୍ଚାଇବା ଦ୍ୱାରା ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କରେଣ୍ଟ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହା ଫାରାଡେଙ୍କ ପ୍ରେରଣ ନିୟମକୁ ଆଗେଇନେଲା ।

ଜେମ୍ସ କ୍ଲାର୍କ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ (1831-1879), ସ୍କଟିସ୍ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ: ଫାରାଡେଙ୍କ ଭୌତିକ ଚିନ୍ତାଧାରାକୁ ଗାଣିତିକ

ମଡେଲରେ ପରିଣତ କରି ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ ଫାରାଡେଙ୍କ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ ଏକ ଅନୁରୂପ "ବିସ୍ଥାପନ କରେଣ୍ଟ" ସୂଚିତ କରେ ଯାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଦେଇଥାଏ । ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ'ଚାରୋଟି ସମୀକରଣ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ସୂଚିତ କରିଛି ଯେ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ମୃତ୍ୟୁର ଆଠ ବର୍ଷ ପରେ 1887 ରେ ହେନରିଚ୍ ହର୍ଟଜ୍ ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମ୍ଭାବନା ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଥିଲା ।

ସମୟସୀମା (Timelines)

1785: Coulomb's law published

1812: Poisson's law published

1813: Gauss' divergence theorem discovered

1820: H. C. Oersted discovered that an electric current creates a magnetic field

1820: Andre-Marie Ampere's work found electrodynamics; Biot-Savart law discovered

1826: Ampere's law published

1831: Faraday's law published

1856: James Clerk Maxwell published "On Faraday's lines of force"

1861: Maxwell published "On physical lines of force"

1865: Maxwell published "A dynamical theory of the electromagnetic field"

1873: Maxwell published Treatise on Electricity and Magnetism

1888: Heinrich Hertz discovered radio waves

1940: Albert Einstein popularized the name 'Maxwell's Equations'

1966: Kane Yee introduced finite-difference time domain methods to solve Maxwell's Equations

References of Historical Significance

James Clerk Maxwell. 1856. "On Faraday's lines of force". Transactions of the Cambridge Philosophical Society, vol. 10 (1856), pp. 27-83

James Clerk Maxwell. 1862. "On physical lines of force". Philosophical Magazine Series 4, vol. 21 (1861), pp. 161-175, 281-291, 338-348; Philosophical Magazine Series 4, vol. 23 (1862), pp. 12-24, 85-95

James Clerk Maxwell. 1865. "A dynamical theory of the electromagnetic field". Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 155 (1865), p. 459-512

James Clerk Maxwell. 1873. A Treatise on Electromagnetism. Oxford: Clarendon Press, 1873

Oliver Heaviside. 1894. Electrical Papers. New York and London: Macmillan & Co, 1894

ପ୍ରୟୋଗ (Applications) (ବାସ୍ତବ ଜୀବନ (Real Life) / ଶିଳ୍ପ (Industrial)

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ଭାବରେ ସେମାନଙ୍କର ମିଶ୍ରଣ ଅନେକ ଅଗ୍ରଗତି ମାଧ୍ୟମରେ ବିକଶିତ ହୋଇଥିଲା । 1820 ରେ Oersted Copenhagen ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ ଯେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ କମ୍ପାସ (compass)ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଛୁଞ୍ଚିକୁ ବିଭ୍ରାନ୍ତ କରିପାରେ ।

ଏକ ସପ୍ତାହ ମଧ୍ୟରେ Andre Ampere ପ୍ୟାରିସରେ ଫ୍ରାନ୍ସ ବିଜ୍ଞାନ ଏକାଡେମୀରେ ଦେଖାଇଥିଲେ ଯେ ଦୁଇଟି ତାରରେ ସମାନ୍ତରାଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷିତ କରେ, ଯେତେବେଳେ ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ବିକର୍ଷଣ କରିବ। ଏହାର କିଛି ସମୟ ପରେ, Jean-Baptiste Biot ଏବଂ Philippe Savart ପ୍ରଦର୍ଶନ କଲେ ଯେ କିପରି ଶକ୍ତିର ବଳ ତାରଠାରୁ ଦୂରତା ସହିତ ଦୂରେଇ ଯାଏ । ପରବର୍ତ୍ତୀ ଛଅ ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ Ampereଙ୍କ ପ୍ରୟାସ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡାଇନାମିକ୍ସ ଏବଂ ତାଙ୍କର କାର୍ଯ୍ୟକୁ ସୁନ୍ଦର ଭାବରେ ମିଳିତ ପରୀକ୍ଷଣ ଏବଂ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲା ।

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ନିଜେ ଏହା "ବିଜ୍ଞାନର ସବୁଠାରୁ ସୁନ୍ଦର ସଫଳତା ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନା କରିଛନ୍ତି । ...... ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର Newton ଙ୍କ ମସ୍ତିଷ୍କରୁ ।"

କ୍ଷେତ୍ର ଅଧ୍ୟୟନ (Case Study) (ପରିବେଶ (Environmental) /ଅବିରତି (Sustainability) / ସାମାଜିକ (Social) / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ (Ethical Issues)

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଫାରାଡେଙ୍କ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଧାରଣାପାଇଁ ଗଣିତ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ କିନ୍ତୁ fluid ମଡେଲ (model) ମଧ୍ୟରେ ଏହାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାକୁ ଅସମର୍ଥ ହୋଇଥିଲେ । ରଙ୍ଗ ଧାରଣା ଏବଂ ଶନିର (Saturn's) ରିଙ୍ଗ (rings)ର ଗତିଶୀଳତା ପରି ଅନ୍ୟ କିଛି ବିଷୟ ଉପରେ ଧ୍ୟାନ ଦେବା ପରେ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂତନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ସହିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ବ୍ୟାଖ୍ୟାକୁ ଫେରିଥିଲେ ।

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଏକ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ମଡେଲ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ, ଯାହା ସମସ୍ତ ଜଣାଶୁଣା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଘଟଣାପାଇଁ ହିସାବ ଦେଇପାରିବ । ଏହା ତାଙ୍କୁ Ampere's, Faraday's ଏବଂ Gauss' ନିୟମ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କଲା କିନ୍ତୁ ତଥାପି ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ୟାପାସିଟର (capacitors) ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ପ୍ରବାହକୁ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିନାହିଁ ।

ଆବଶ୍ୟକ ସଂଶୋଧନ ପରେ ସେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଅତ୍ୟାବଶ୍ୟକ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ସମାପ୍ତ କରିଥିଲେ ଏବଂ 1862 ରେ " ଭୌତିକ ବଳରେଖା (ଫିଜିକାଲ ଲାଇନ୍ସ ଅଫ୍ ଫୋର୍ସ)"ର ଅନ୍ତିମ ଦୁଇଟି ଭାଗ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିଲା । ତଥାପି, ତାଙ୍କର ମୂଳ ସମୀକରଣ ଆଜି ବ୍ୟବହୃତ ଗାଣିତିକ ରୂପଠାରୁ ବହୁତ ଭିନ୍ନ ଥିଲା ।

ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳ ବିଷୟ (Inquisitiveness and Curiosity Topics)

ବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଆପେକ୍ଷିକତା ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ଆବିଷ୍କାର ଏବଂ କ୍ୱାଣ୍ଟମ୍ ମେକାନିକ୍ସର କ୍ଷେତ୍ର ସମୀକରଣରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ବାହାରେ ପ୍ରଭାବ ପକାଇଥିଲା । କମ୍ପ୍ୟୁଟିଂ ଶକ୍ତିରେ ନାଟକୀୟ ବୃଦ୍ଧି ଏବଂ 1960 ଦଶକର ମଧ୍ୟଭାଗରୁ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସୀମିତ-ପାର୍ଥକ୍ୟ କୌଶଳର ବିକାଶଗୁଡିକର ବ୍ୟାପକ ଦୈନନ୍ଦିନ ବ୍ୟବହାରକୁ ସକ୍ଷମ କରିଛି ।

ସହାୟକ ଓ ପ୍ରସ୍ତାବିତ ପଠନ

1. B. J. Hunt, The Maxwellians, Chapter 5 and Appendix, Cornell University Press, 1991.
2. D. J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 3rd Ediotion, Prentice Hall, 1999.
3. A. Zangwill, Modern Electrodynamics, Cambridge University Press, 2013.
4. P. Monk, Finite Element Methods for Maxwell's Equations, Oxford UK: Oxford University Press, 2003.
5. H. F. Harmuth and M. G. M. Hussain, Propagation of Electromagnetic Signals, Singapore: World Scientific, 1994.
6. D. M. Cook, The Theory of the Electromagnetic Field, Mineola NY: Courier Dover Publications, 2002.
7. S. F. Mahmoud, Electromagnetic Waveguides: Theory and Applications, London UK: Institution of Electrical Engineers, Chapter 2, 1991.
8. J. A. Stratton, Electromagnetic Theory, McGraw-Hill Book Company, 1941.
9. K. Imaeda, Biquaternionic Formulation of Maxwell's Equations and their Solutions, in Ablamowicz, Rafał; Lounesto, Pertti (eds.), Clifford Algebras and Spinor Structures, Springer, 1995.
10. https://nptel.ac.in/courses/115/101/115101005/
11. https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc19_ph08/preview
12. https://depts.washington.edu/mictech/optics/me557/week2.pdf

7 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ

ୟୁନିଟ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଏହି ୟୁନିଟ ମାଧ୍ୟମରେ ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦିଗଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିଛୁ:

- ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ;
- ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ;
- ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିଚାଳନା ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ;
- ପୃଷ୍ଠଗଭୀରତା ଏବଂ ଏହାର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ;
- ସାଧାରଣ ଘଟଣାପାଇଁ ଏକ ଅଣ-ପରିଚାଳନା ମାଧ୍ୟମ-ଭାକ୍ୟୁମ ଇଣ୍ଟରଫେସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ;
- ସାଧାରଣ ଘଟଣାପାଇଁ ଏକ ଅଣ-ପରିଚାଳନା ମାଧ୍ୟମ-ଭାକ୍ୟୁମ ଇଣ୍ଟରଫେସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସଂଚରଣ ।

ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗଗୁଡିକ ଅଧିକ କୌତୁହଳତା ଏବଂ ସୃଜନଶୀଳତା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହିତ ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କ୍ଷମତାରେ ଉନ୍ନତି ଆଣିବାପାଇଁ ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ ।

ବ୍ଲୁମଙ୍କ ବର୍ଗୀକରଣ ନିମ୍ନ ଏବଂ ଉଚ୍ଚକ୍ରମ ଅନୁସରଣ କରି ଦୁଇଟି ବର୍ଗରେ ଚିହ୍ନିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ ସହିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ଉତ୍ତର ଦେବା ବ୍ୟତୀତ, ଅନେକ ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଆସାଇନମେଣ୍ଟ, ରେଫରେନ୍ସର ଏକ ତାଲିକା ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ ୟୁନିଟରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଜଣେ ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ସେଗୁଡିକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ । ଏହା ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟ ଉପରେ ଅଧିକ ସୂଚନା ପାଇବାପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ବିଭାଗରେ କିଛି କ୍ୟୁଆର (QR) କୋଡ୍ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଛି ଯାହା ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ସହାୟକ ଜ୍ଞାନ ପାଇଁ ସ୍କାନ୍ କରାଯାଇପାରିବ ।

ୟୁନିଟ୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବ୍ୟବହାରିକ ପରେ, ବିଷୟବସ୍ତୁ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ "ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ" ବିଭାଗ ଅଛି । ଏହି ବିଭାଗକୁ ନ୍ୟାୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଛି, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଅଂଶରେ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ସପ୍ଲିମେଣ୍ଟାରୀ ସୂଚନା ପୁସ୍ତକ ଉପଭୋକ୍ତାମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଲାଭଦାୟକ ହେବ । ଏହି ବିଭାଗ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ, କିଛି

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟର ଉଦାହରଣ, ଅନୁରୂପ, ବିଷୟ ବିକାଶର ଇତିହାସ, ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସନ୍ଧାନକୁ ଧ୍ୟାନ ଦେଇ, ସମ୍ପ୍ରତି ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକର ବିକାଶଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଦୈନନ୍ଦିନ ବାସ୍ତବ ଜୀବନପାଇଁ ବିଷୟବସ୍ତୁର ପ୍ରୟୋଗ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରୁ ଶିଳ୍ପ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗକୁ ଆଲୋକିତ କରେ, ପରିବେଶ, ସ୍ଥିରତା, ସାମାଜିକ ଏବଂ ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ ଯାହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ, ଏବଂ ଶେଷରେ ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୁହଳତା ୟୁନିଟର ବିଷୟ ।

ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତତା

ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଉପରେ ଏହି ୟୁନିଟ ଆମ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କୁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଏବଂ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଏହାର ସମାଧାନ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ପଷ୍ଟ ଧାରଣା ପାଇବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ । ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ କରିବ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏକ ଚାର୍ଜ (ଆବେଶ) ମୁକ୍ତ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମ ମିଡିଆ ସହିତ ପୃଷ୍ଠଗଭୀରତା ଏବଂ ଏହାର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ । ଏହି ଧାରଣା ପ୍ରସାର ପ୍ରଣାଳୀ ବିଷୟରେ ଅଧିକ ବିସ୍ତୃତ ଏବଂ ଏକ ଅଣ-ପରିଚାଳିତ ମଧ୍ୟମ-ଭାକ୍ୟୁମ ଇଣ୍ଟରଫେସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଂଚାରଣ ଗୁଣକୁ ସଠିକ ଭାବରେ ବୁଝିବା ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିବ ।

ଶକ୍ତି ପରି, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ଥିର ଓ ଏହା ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ସତ୍ୟ । ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରେରଣ କରେ ଏହାର ବିପରୀତ ମଧ୍ୟ ସତ୍ୟ ଅଟେ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଉଭୟ ପରସ୍ପର ସହିତ ଜଡିତ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ କ୍ଷେତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ତଥାକଥିତ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗଠନ କରେ । ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗଯାନ୍ତ୍ରିକ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ତୀବ୍ର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଅଛି । ଯଥା ପ୍ରସାରପାଇଁ ସେମାନଙ୍କର କୌଣସି ମାଧ୍ୟମର ଆବଶ୍ୟକତା ନାହିଁ। ଏହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ବାୟୁ ଏବଂ କଠିନ ସାମଗ୍ରୀ ବ୍ୟତୀତ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରସାର କରିପାରିବ । ଏହି ପ୍ରସ୍ତୁତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କୁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟ କରାଯାଇଥିଲା । ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗଠନ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର କିପରି ଯୋଡି ହୋଇଛି ସେ ବିଷୟରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିଥିଲେ ।

ପୂର୍ବ-ଆବଶ୍ୟକୀୟ

ଗଣିତ: ଭେକ୍ଟର କାଲକୁଲସ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ: ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ (ଦ୍ୱାଦଶ ଶ୍ରେଣୀ)

ୟୁନିଟ ଫଳାଫଳଗୁଡିକ

ଏହି ୟୁନିଟର ଫଳାଫଳର ତାଲିକା ଏହିପରି ଅଟେ:

U7-O1: ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U7-O2: ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ ପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ସମାଧାନ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U7-O3: ଏକ ଚାର୍ଜ (ଆବେଶ) ମୁକ୍ତ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ମିଡିଆରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ବର୍ଣ୍ଣନା କର

U7-O4: ପୃଷ୍ଠଗଭୀରତା ଏବଂ ଏହାର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

U7-O5: ସାଧାରଣ ଘଟଣାପାଇଁ ଏକ ଅଣ-ପରିବାହକ ମଧ୍ୟମ-ଭାକ୍ୟୁମ ଇଣ୍ଟରଫେସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ଟ୍ରାନ୍ସମିସନ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର

ୟୁନିଟ -7 ଫଳାଫଳ	ଆଶା କରାଯାଉଛି ମ୍ୟାପିଂ ସହ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (1- ଦୁର୍ବଳ ସହବନ୍ଧନ; 2- ମାଧମ ସହବନ୍ଧନ; 3- ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସହବନ୍ଧନ)					
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6
U7-O1	1	–	1	3	–	3
U7-O2	–	–	1	3	–	3
U7-O3	–	–	1	2	–	3
U7-O4	2	–	–	1	–	3
U7-O5	2	1	–	–	–	3

7.1 ଉପକ୍ରମ (Introduction)

ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକ ସ୍ଥାନୀୟ ବିଶୃଙ୍ଖଳା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ (EM) ତରଙ୍ଗ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ । ଏହିପରି ଉତ୍ପନ୍ନ ତରଙ୍ଗ ଏହାର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିନ୍ଦୁରୁ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଗତି କରେ । ଯଦି ତରଙ୍ଗ ଏକ ସମାଙ୍ଗ (homogeneous) ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରେ ତେବେ ଏହା ଏହାର ଉତ୍ପତ୍ତି ବିନ୍ଦୁରୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦିଗରେ ସମାନ ଭାବରେ ବିସ୍ତାର କରେ ।

ଉତ୍ପତ୍ତି ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ବହୁତ ଦୂରରେ, ତରଙ୍ଗ ବିତରଣ ଦିଗକୁ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଥିବା ସମତଳ ଉପରେ ଏହି ତରଙ୍ଗର, ସମାନ ଆୟାମ ଥିବା ଜଣାପଡିଛି । ଏହିପରି ତରଙ୍ଗକୁ ଏକ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ବୋଲି କହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାରର ତରଙ୍ଗ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ କିମ୍ବା କିଛି ସମାଙ୍ଗ ମାଧ୍ୟମରେ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣକୁ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରେ । ସମତଳ ତରଙ୍ଗର ଏହି ଧାରଣାକୁ ବିଚାର କରି ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ ସମଗ୍ର ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦିଗରେ ଗତି କରିବା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ବିସ୍ତାର ଲାଭ କରେ ।

7.2 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ (Wave Equation For Free Space)

ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ସମୀକରଣ, ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ମାଧ୍ୟମରେ କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବିତରଣକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ । ଏହା ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣର ଏକ ତ୍ରିମୁଖୀ ରୂପକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ ।

ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଆମର ଆବେଶ (charge) ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେଉଛି e = 0, ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ସାନ୍ଦ୍ରତା $\vec{J}_c = 0$ ଏବଂ ପରିବାହିତା $\sigma = 0$ ଅଟେ ।

ତେଣୁ, ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

i) $\vec{\nabla}.\vec{D} = 0$ କିମ୍ବା $\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$ (7.1) (a)

ii) $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ (7.1) (b)

iii) $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (7.1) (c)

iv) $\vec{\nabla} \times \vec{H} = \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ କିମ୍ବା, $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ $\left[\because \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}, \vec{B} = \mu_0 \vec{H}\right]$ (7.1) (d)

Eq. (7.1) (d)ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ (curl) ନେଇ, ଆମେ ପାଇବା,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{B}=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{E}\right)=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial}{\partial t}\left(-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\right)=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{B}\right)-\nabla^2\vec{B}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{B}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}\qquad\left[\because\vec{\nabla}.\vec{B}=0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{B}=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}\tag{7.2}$$

ଏହା ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

ପୁନର୍ବାର Eq. (7.1) (c) ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ ନେଇ, ଆମେ ପାଇବା,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{B}\right)=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{E}\right)-\nabla^2\vec{E}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{E}=-\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}\qquad\left[\because\vec{\nabla}.\vec{E}=0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{E}=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}\tag{7.3}$$

ଏହା ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, ସାଧାରଣ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ, $\nabla^2\psi=\frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$ ସହିତ Eqs. (7.2) ଏବଂ (7.3) ଗୁଡିକୁ ତୁଳନା କରି, ଆମେ ପାଇବା,

$$v^2=\frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}\tag{7.4}$$

କିମ୍ବା, $$v=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}=\frac{1}{\sqrt{4\pi\times10^{-7}\times8.854\times10^{-12}}}=3\times10^8\,\text{m/s}$$

ଏହିପରି, ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇଥାଉ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ (ଇଏମ) ତରଙ୍ଗ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଆଲୋକର ବେଗ ସହିତ ସମାନ ବେଗରେ ଗତି କରେ, ଅର୍ଥାତ, ଆଲୋକ ହେଉଛି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ।

ଉଦାହରଣ 7-1

ଉଦାହରଣ 7-1 ଦର୍ଶାନ୍ତୁ ଯେ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର E ର ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ, $\nabla^2\vec{E} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$ ହେଇଥାଏ ।

ସମାଧାନ

ଆମେ ଜାଣିଛୁ $\qquad \vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

ତେଣୁ, $\qquad \vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{B}\right) = -\mu_0\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{H}\right)$

$$= -\mu_0\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right) = -\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $\qquad \vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{E}\right) - \nabla^2\vec{E} = -\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$

କିମ୍ବା, $\qquad \nabla^2\vec{E} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} \qquad \left[\because \vec{\nabla}.\vec{E} = 0\right]$

ଯାହା ହେଉଛି ଆବଶ୍ୟକ ସମୀକରଣ ।

7.3 ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତି (Transverse Nature Of Em Wave)

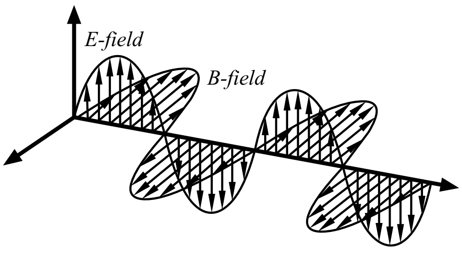
ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରକୃତି ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଅଟେ ଅର୍ଥାତ, ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର, ତରଙ୍ଗ ବିତରଣ ଦିଗକୁ ଲମ୍ବ ସମତଳରେ ଦୋଳନ (oscillate) କରେ । ଏକ ଇଏମ ତରଙ୍ଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପରକୁ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

ଇଏମ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣଗୁଡିକ ଏହିପରି ଭାବରେ ଲେଖାଯାଏ,

$$\nabla^2\vec{E} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

ଏବଂ $\qquad \nabla^2\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}$

କିମ୍ବା, $\qquad \nabla^2\vec{H} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}$



ଚିତ୍ର. 7.1: ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତି

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇଟା ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଏହିପ୍ରକାର ଦିଆଯାଏ ।

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} = \hat{e}E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} \tag{7.5}$$

ଏବଂ
$$\vec{H}(\vec{r},t) = \vec{H}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} = \hat{b}H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} \tag{7.6}$$

ପୁନର୍ବାର ଆମେ ଜାଣୁ, $\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$ ଔର $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ [ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନ ପାଇଁ]

ଏହିପରି, Eq. (7.5)ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅପସରଣ (divergence) ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}.\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{\nabla}.\left[\hat{e}E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right] = \vec{\nabla}.\left(E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right)\hat{e} + E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\vec{\nabla}.\hat{e}$$

କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\left(E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right)\hat{e}=0 \quad \left[\because \vec{\nabla}.\hat{e}=0\right]$

କିମ୍ବା, $i\vec{k}E_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\hat{e}=0$

କିମ୍ବା, $\vec{k}.\hat{e}=0$ (7.7)

ପୁନର୍ବାର, Eq. (7.6)ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅପସରଣ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}.\vec{H}(\vec{r},t)=\vec{\nabla}.\left[\hat{b}H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right]=\vec{\nabla}.\left(H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right)\hat{b}+H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\vec{\nabla}.\hat{b}$$

କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\left(H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\right)\hat{b}=0 \quad \left[\because \vec{\nabla}.\hat{b}=0\right]$

କିମ୍ବା, $i\vec{k}H_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}\hat{b}=0$

କିମ୍ବା, $\vec{k}.\hat{b}=0$ (7.8)

ଏହିପରି, Eqs. (7.7) ଏବଂ (7.8) ରୁ ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର E-କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ B-କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରସାରଣ (propagation) ସଦିଶ k ପାଇଁ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର ହୁଏ । ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତିକୁ ପ୍ରମାଣ କରେ । ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ପାଉ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}\times\vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}=-\frac{\partial\vec{B}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}}{\partial t}$

କିମ୍ବା, $i\vec{k}\times\vec{E}=i\omega\vec{B}$

କିମ୍ବା, $\vec{k}\times\vec{E}=\omega\vec{B}$ (7.9)

ତେଣୁ, B-କ୍ଷେତ୍ର E-କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ ସଦିଶ $\vec{k}$ କୁ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

କେବଳ ରାଶି ଦୃଷ୍ଟିରୁ E, B ଏବଂ k ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି, $kE=\omega B$

ଅର୍ଥାତ, $\frac{E}{B}=\frac{\omega}{k}=v$ (7.10)

ଯାହା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ, ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ଆଲୋକର ବେଗ ହେବ, ତେଣୁ,

$$\frac{E_0}{B_0}=c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} \quad (7.11)$$

କିମ୍ବା, $\frac{E_0}{H_0}=\frac{\mu_0}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}$ (7.12) (*a*)

କିମ୍ବା, $Z_0=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}=\sqrt{4\pi\times10^{-7}\times36\pi\times10^{9}}=120\pi=377\Omega$ (7.12) (*b*)

ଯେଉଁଠାରେ Z_0 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନର ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ପ୍ରତିବାଧା (intrinsic impendance) ।

ଉଦାହରଣ 7-2

ଉଦାହରଣ 7-2 କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶ ପରିମାଣ $1\ nT$ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର ପରିଣାମ ଗଣନା କରନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ, $B = 1\ \text{nT} = 10^{-9}\ \text{T}$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ଆମର ଅଛି, $\frac{E}{B} = c$

କିମ୍ବା, $E = cB = 3\times10^{8}\times10^{-9} = 0.3\text{V/m}.$

ଉଦାହରଣ 7-3

ଉଦାହରଣ 7-3 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ (permittivity) 2 ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା (permeability) *1* ସହିତ ଏକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (dielectric) ମାଧ୍ୟମରେ ସକରାତ୍ମକ Z-directionରେ ଗତି କରେ । ତରଙ୍ଗର ଗତି ଏବଂ ମାଧ୍ୟମର ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ପ୍ରତିବାଧା ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଛି, ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ = 2 ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା = 1.

ତେଣୁ, ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଗତି ହେଉଛି

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}} = \frac{3\times10^{8}}{\sqrt{2}} = 2.1\times10^{8}\,\text{m/s}.$$

ଏବଂ, ମାଧ୍ୟମର ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ପ୍ରତିବାଧା ହେଉଛି

$$z = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}} = \frac{377}{\sqrt{2}} = 266.62\Omega.$$

ଉଦାହରଣ 7-4 ଯଦି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ପହଞ୍ଚିବା ସୂର୍ଯ୍ୟକିରଣର ତୀବ୍ରତା ପ୍ରାୟ 1300 W/m^2 ଅଟେ, ଆଗମନ ସୂର୍ଯ୍ୟକିରଣର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ ।

ସମାଧାନ

ଦିଆଯାଇଛି $I = P = EH = 1300\ \text{W/m}^2$

ପୁନର୍ବାର, $E/H = 377$ ohm

ଏହିପରି, $\frac{E}{H}.EH = 377\times1300 = 490100\text{V}^2/\text{m}^2$

କିମ୍ବା, $E = \sqrt{490100}\text{V/m} = 700.07\text{V/m}.$

ତେଣୁ, $H = \frac{1300}{E} = \frac{1300}{700.07}\text{A/m} = 1.857\text{A/m}.$

ଏଗୁଡ଼ିକ ଆଗମନ ସୂର୍ଯ୍ୟକିରଣର ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ଦେଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 7-4

7.4 ଇଏମ ତରଙ୍ଗ କୁପରିବାହୀ (ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ) ମାଧ୍ୟମରେ

(EM Wave In Non_conducting (Dielectric) Media

ଯେକୌଣସି ସ୍ଥିର କୁପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଉଭୟ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା ବିନ୍ଦୁ-ଫଳନ ସହିତ ଜଡିତ ଅଟେ । ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ଆବେଶ ସାନ୍ଦ୍ରତା $\rho = 0$ ଏବଂ ପରିବାହିତା $\sigma = 0$, ଏବଂ ତେଣୁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ (ଡିଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ) ମାଧ୍ୟମର ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ε ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା μ ପାଇଁ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

(*i*) $\vec{\nabla}.\vec{D} = 0$ କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$ (7.13) (*a*)

(*ii*) $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ କିମ୍ବା, $\vec{\nabla}.\vec{H} = 0$ (7.13) (*b*)

(*iii*) $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\dfrac{\partial\vec{B}}{\partial t} = -\mu\dfrac{\partial\vec{H}}{\partial t}$ (7.13) (*c*)

(*iv*) $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \varepsilon\dfrac{\partial\vec{E}}{\partial t}$ (7.13) (*d*)

Eq. (7.13) (d) ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{H} = \varepsilon\frac{\partial\vec{\nabla}\times\vec{E}}{\partial t} = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{H}\right) - \nabla^2\vec{H} = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{H} = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2} \qquad \left[\because \vec{\nabla}.\vec{H} = 0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{H} = \mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2} \tag{7.14}$$

ଏହା ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଦେଇଥାଏ ।
ପୁନର୍ବାର, Eq. (7.13) (c) ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ୍ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\mu\frac{\partial\vec{\nabla}\times\vec{H}}{\partial t} = -\mu\frac{\partial}{\partial t}\left(\varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{E}\right) - \nabla^2\vec{E} = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{E} = -\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} \qquad \left[\because \vec{\nabla}.\vec{E} = 0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{E} = \mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} \tag{7.15}$$

ଏହା ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ, Eq. (7.14) ଏବଂ (7.15) ଗୁଡିକୁ, ସାଧାରଣ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ସହିତ, $\nabla^2\psi = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$ ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ

$$v^2 = \frac{1}{\mu\varepsilon}$$

କିମ୍ବା,
$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} < c \quad \left[\because \varepsilon > \varepsilon_0, \mu > \mu_0\right] \tag{7.16}$$

ଏହିପରି, ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବା ଯେ କୌଣସି ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ କିମ୍ବା ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମରେ ଇଏମ ତରଙ୍ଗ ଆଲୋକର ବେଗଠାରୁ କମ ବେଗରେ ଗତି କରେ । Eq. (7.14) ଏବଂ (7.15) ରୁ ଆମେ ପାଉ ଯେ କୌଣସି ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ଗତି କରିବା ସମୟରେ ଇଏମ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷୟ ହେବ ନାହିଁ । ଏହି ପ୍ରକାରର ପ୍ରକୃତି ହେତୁ ଏହି ମାଧ୍ୟମକୁ କ୍ଷତିବିହୀନ ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ 7-5

ଉଦାହରଣ 7-5 ; ଯଦି ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 5 ଏବଂ 2 । ଏହା ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଗତିର ବେଗ ଖୋଜ ।

ସମାଧାନ

ଏଠାରେ,

ତରଙ୍ଗ ଗତିର ବେଗ ହେବ,

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}\frac{1}{\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}} = \frac{3\times10^8}{\sqrt{5\times2}} = 9.5\times10^7 \text{ m/s.}$$

7.5 ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ (EM WAVE IN CONDUCTING MEDIA)

ସାଧାରଣତଃ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର, ଏକ ପରିବାହକ ଭିତରେ ଶୂନ ଏବଂ ଇଏମ ତରଙ୍ଗ ପରିବାହକଗୁଡିକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ ।

ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣଗୁଡିକ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

(*i*) $\vec{\nabla}.\vec{D} = 0$ ଯା, $\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$ (7.17) (*a*)

(*ii*) $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ ଯା, $\vec{\nabla}.\vec{H} = 0$ (7.17) (*b*)

(*iii*) $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = -\mu\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}$ (7.17) (*c*)

(*iv*) $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{J}c + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = \sigma\vec{E} + \varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$ (7.17) (*d*)

Eq. (7.17) (d) ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{H} = \vec{\nabla}\times\left(\sigma\vec{E} + \varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) = \sigma\vec{\nabla}\times\vec{E} + \varepsilon\frac{\partial\vec{\nabla}\times\vec{E}}{\partial t} = -\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t} - \mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{H}\right)-\nabla^2\vec{H}=-\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{H}=-\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}\qquad\left[\because\vec{\nabla}.\vec{H}=0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{H}-\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}=0\qquad(7.18)$$

ଏହା ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

ପୁନର୍ବାର, Eq. (7.17) (c) ର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କର୍ଲ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\vec{E}=-\mu\frac{\partial\vec{\nabla}\times\vec{H}}{\partial t}=-\mu\frac{\partial}{\partial t}\left(\sigma\vec{E}+\varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)=-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla}.\vec{E}\right)-\nabla^2\vec{E}=-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

କିମ୍ବା, $$-\nabla^2\vec{E}=-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}\qquad\left[\because\vec{\nabla}.\vec{E}=0\right]$$

କିମ୍ବା, $$\nabla^2\vec{E}-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}=0\qquad(7.19)$$

ଏହା ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଅଟେ ।

ଉଭୟ Eq. (7.18) ଏବଂ (7.19) ରେ, ପଦ $-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$ ଏବଂ $-\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}$ ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରସାରଣ ସମୟରେ ଇଏମ ତରଙ୍ଗ କ୍ଷୟ ହେବ । ଏହି ପ୍ରକାରର ଆଚରଣ ହେତୁ ଏହି ମାଧ୍ୟମ ମଧ କ୍ଷୟକାରୀ ମାଧ୍ୟମ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ।

7.6 ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର କ୍ଷୀଣନ

(Attenuation of Em Wave in Conducting Media)

କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଅଭିବାହ ତୀବ୍ରତାର କ୍ରମଶଃକ୍ଷତିକୁ କ୍ଷୀଣନ (attenuation) କୁହାଯାଏ । କ୍ଷୀଣନ ବାୟୁରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ପରିପଥ ଏବଂ ଅପ୍ଟିକାଲ ଫାଇବରରେ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ସଙ୍କେତର ଗତିକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ ।

କୌଣସି ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ Eq. (7.18) ଏବଂ (7.19) ରୁ ଏହି ପ୍ରକାର ଲେଖାଯାଏ,

$$\nabla^2\vec{E}-\mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}=0$$

ଏବଂ $$\nabla^2\vec{H}-\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}-\mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}=0$$

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇଟି ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି,

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} \tag{7.20}$$

ଏବଂ $$\vec{H}(\vec{r},t) = \vec{H}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} \tag{7.21}$$

Eq (7.20) କୁ Eq. (7.19) ରେ ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\nabla^2 \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}}{\partial t} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)}}{\partial t^2} = 0$$

କିମ୍ବା, $$-k^2 \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} + i\mu\sigma\omega \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} + \varepsilon\mu\omega^2 \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} = 0$$

କିମ୍ବା, $$-k^2 \vec{E} + i\mu\sigma\omega \vec{E} + \varepsilon\mu\omega^2 \vec{E} = 0$$

କିମ୍ବା, $$\left(-k^2 + i\mu\sigma\omega + \varepsilon\mu\omega^2\right)\vec{E} = 0$$

କିମ୍ବା, $$k^2 = i\mu\sigma\omega + \varepsilon\mu\omega^2 = \varepsilon\mu\omega^2\left(1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon\omega}\right)$$

କିମ୍ବା, $$k = \omega\sqrt{\varepsilon\mu}\sqrt{\left(1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon\omega}\right)} \tag{7.22}$$

ଏହିପରି କୌଣସି ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମପାଇଁ ପ୍ରସାରଣ constant k ଏକ ଜଟିଳ ରାଶି ଅଟେ, Eq. (7.22) ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇଥିବା ସମ୍ପର୍କକୁ କୌଣସି ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମପାଇଁ ବିସ୍ତାର ସମ୍ପର୍କ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । Eq. (7.22)ରେ, ଉତ୍ପାଦକ $\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}$ କୁ କ୍ଷୟ ଉତ୍ପାଦକ କୁହାଯାଏ । $k = \alpha + i\beta$ ଧରି ଏବଂ Eq. (7.22) ବ୍ୟବହାର କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ $\alpha + i\beta = \omega\sqrt{\varepsilon\mu}\sqrt{\left(1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon\omega}\right)}$

କିମ୍ବା, $$(\alpha + i\beta)^2 = \alpha^2 - \beta^2 + 2i\alpha\beta = \varepsilon\mu\omega^2\left(1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon\omega}\right)$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ପ୍ରକୃତ ଏବଂ କାଳ୍ପନିକ ପଦ ତୁଳନା କରି ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$\alpha^2 - \beta^2 = \varepsilon\mu\omega^2$ ଏବଂ $2\alpha\beta = \sigma\mu\omega$, α ଏବଂ β କୁ ସମାଧାନ କରି, ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\alpha = \omega\sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{2}}\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}\right)^2\right\}^{1/2} + 1} \tag{7.23}$$

ଏବଂ $$\beta = \omega\sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{2}}\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}\right)^2\right\}^{1/2} - 1} \tag{7.24}$$

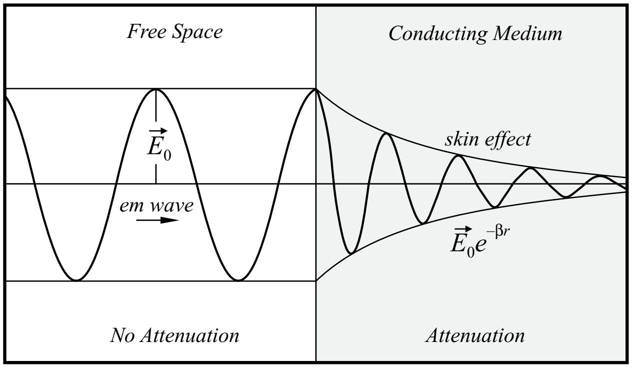
ଯେଉଁଠାରେ α କୁ କ୍ଷୀଣନ ସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ଏବଂ β କୁ ପ୍ରାବସ୍ଥା (phase) ସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରସାରଣ ନିରନ୍ତରତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ Eq. (7.18) ଏବଂ (7.19) ର ସମାଧାନ ଏହି ପ୍ରକାର ଦିଆଯାଏ ।

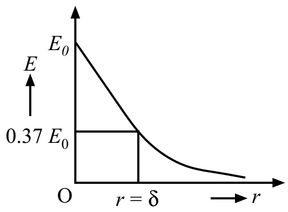
$$\vec{E}(\vec{r},t)=\vec{E}_0 e^{-r/\delta} e^{i(r/\delta-\omega t)} \tag{7.25}$$

ଏବଂ
$$\vec{H}(\vec{r},t)=\vec{H}_0 e^{-r/\delta} e^{i(r/\delta-\omega t)} \tag{7.26}$$

ଯେଉଁଠାରେ $e^{-\beta r}$ କୁ କ୍ଷୀଣନ ଉତ୍ପାଦକ (factor) ଏବଂ $e^{i(\alpha r-\omega t)}$ କୁ ପ୍ରାବସ୍ଥା ଉତ୍ପାଦକ (Phase factor) କୁହାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର. 7.2: ଇଏମ ତରଙ୍ଗର କ୍ଷୀଣନ



ଚିତ୍ର. 7.3: ଧାରଣା ଚର୍ମ ଗଭୀରତା

7.6.1 ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା (Skin Depth)

ପ୍ରବେଶ ଗଭୀରତା ହେଉଛି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିକୀରଣ ଯାହାକି ଏକ ସାମଗ୍ରୀ ଭିତରେ କେତେ ଗଭୀର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରବେଶ କରିପାରିବ ତାହାର ପରିସର ଅଟେ । ଏହା ହେଉଛି ଏପରି ଏକ ଗଭୀରତା, ଯାହା କୌଣସି ସାମଗ୍ରୀ ମଧ୍ୟରେ ବିକୀରଣର ତୀବ୍ରତାକୁ ବୁଝାଏ, ଏହା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ତୀବ୍ରତାର ପ୍ରାୟ 37% କୁ କମି ଆସେ ।

ଅପରପକ୍ଷରେ, ପୃଷ୍ଠର ଗଭୀରତା ହେଉଛି ସେହି ଗଭୀରତା, ଯେଉଁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ଉପର ପୃଷ୍ଠରୁ ଭିତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ।

ଯଦି ପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମର ଆବୃତ୍ତି ଏତେ ଅଧିକ ନୁହେଁ, ଅର୍ଥାତ, ଯଦି $>>\varepsilon\omega$, Eq. (7.23) ଏବଂ (7.24) ରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$\alpha=\beta=\omega\sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{2}}\sqrt{\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}}$$

$$=\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}=\frac{1}{\delta} \text{ ଧରାଯାଉ}$$

ଯେଉଁଠାରେ,
$$\delta=\sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \tag{7.27}$$

ପୃଷ୍ଠଗଭୀରତା ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା, ଯାହା ମାଧ୍ୟମର ଆବୃତ୍ତି ଏବଂ ପରିବାହକତାର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି ।

$$\vec{E}(\vec{r},t)=\vec{E}_0 e^{-r/\delta} e^{i(r/\delta-\omega t)} \tag{7.28}$$

ଏବଂ
$$\vec{H}(\vec{r},t)=\vec{H}_0 e^{-r/\delta} e^{i(r/\delta-\omega t)} \tag{7.29}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\vec{E}_0 e^{-r/\delta}$ ଏବଂ $\vec{H}_0 e^{-r/\delta}$ ଆୟାମ (Amplitude)କୁ ବୁଝାଏ ।

ଯଦି $r = \delta$, ତାହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଆୟାମ ହ୍ରାସ ହୋଇ, ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମର ପୃଷ୍ଠ ମୂଲ୍ୟର 1/e ଗୁଣ (37%) କୁ କମିଯାଏ।

ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତାର ଭୌତିକ ମହତ୍ତ୍ୱ: i) ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତାର ଅଧିକ ମୂଲ୍ୟ, ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର କମ କ୍ଷୀଣନ ସୂଚିତ କରେ।

ii) ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତିର କୌଣସିତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟରେ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରସାର କରିପାରିବ ନାହିଁ। ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆବରଣରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ।

ଉଦାହରଣ 7-6

ଉଦାହରଣ 7-6 କୌଣସି ଏକ ପରିବାହକତା ମାଧ୍ୟମର ପରିବାହୀତା 6×10^7 mho/m ପାଇଁ ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା ଖୋଜନ୍ତୁ, ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି 10^4 Hz ଅଟେ।

ସମାଧାନ

ଆମର ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା ଅଛି $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\omega\mu\sigma}}$

ଏଠାରେ, $\sigma = 6\times10^7$ mho/m, $\omega = 2\pi f = 2\pi\times10^4$ Hz

ତେଣୁ, $$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi\times10^4\times4\pi\times10^{-7}\times6\times10^7}} = 0.042\text{mm.}$$

ଉଦାହରଣ 7-7

ଉଦାହରଣ 7-7 ଯଦି କୌଣସି ଏକ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମର ପରିବାହୀତା 4×10^7 mho/m ପାଇଁ ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା 0.02mm, ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ଖୋଜନ୍ତୁ। [ନିଅନ୍ତୁ, ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ = ଆପେକ୍ଷିକ ପାରଗମ୍ୟତା = 1]

ସମାଧାନ

ଆମର ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା ଅଛି $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\omega\mu\sigma}} = \sqrt{\dfrac{1}{\pi f\mu\sigma}}$

ତେଣୁ, ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି ହେଉଛି

$$f = \frac{1}{\pi\mu\sigma\delta^2} = \frac{1}{4\times\pi^2\times10^{-7}\times4\times10^7\times\left(0.02\times10^{-3}\right)^2} = 15.87\text{MHz.}$$

7.7 ଇଏମ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ (BOUNDARY CONDITIONS FOR EM WAVES)

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଦୃଢ ଭାବରେ ଅସମାନ ଗୁଣ ଥିବା ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ସୀମାରେ ଇଏମ କ୍ଷେତ୍ରର ଆଚରଣ ପାଇଁ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶ $\vec{E},\vec{D},\vec{B}$ और $\vec{H}$ ଦ୍ୱାରା କିଛି ନିଶ୍ଚିତ ସର୍ତ୍ତ ସନ୍ତୁଷ୍ଟ କରିଥାଏ।

ଏଗୁଡିକ ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। ଏହି ସମସ୍ତ ସର୍ତ୍ତଗୁଡିକ ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି।

D ପାଇଁ ସର୍ତ୍ତ: ଯେକୌଣସି ଇଣ୍ଟରଫେସ (interface) ରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମରେ ନଗଣ୍ୟ ଉଚ୍ଚତା (ଚିତ୍ର. 7.4) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବା (pillbox) କୁ ବିଚାର କରାଯାଉ। ପ୍ରଥମ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\vec{\nabla}.\vec{D} = \rho$ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଆୟତନ ସମାକଳନ (volume integration)

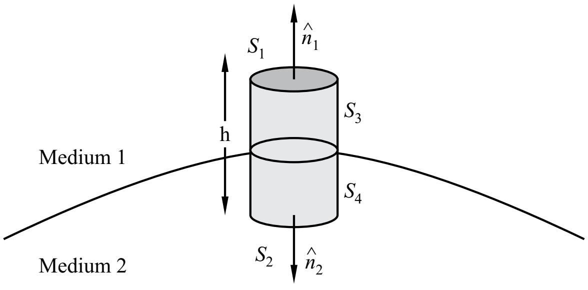
ନେଇ ଆମେ ପାଇବା,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{D}dV = \int_V \rho dV$$

କିମ୍ବା, $$\int_S \vec{D}.\hat{n}dS = \int_V \rho dV$$

ଅର୍ଥାତ, $$\int_{S_1} \vec{D}_1.\hat{n}_1 dS + \int_{S_2} \vec{D}_2.\hat{n}_2 dS + \int_{S_3} \vec{D}_1^{'}.\hat{n}_1^{'} dS$$

$$+ \int_{S_4} \vec{D}_2^{'}.\hat{n}_2^{'} dS = \int_V \rho dV$$



ଚିତ୍ର. 7.4: ପାଇଁ ସୀମା ସ୍ଥିତି D ଏବଂ B

ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିର ଶେଷ ଦୁଇଟି ପଦ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବା ର କାନ୍ଥ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ଏବଂ ସେଗୁଡିକ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବା ର ବହୁତ କମ ଉଚ୍ଚତା h ପାଇଁ ଅବହେଳିତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ, ସୀମାରେ $h \to 0$ ପାଇଁ ଆମେ ପାଇବା

$$\lim_{h\to 0}\left[\int_S \vec{D}_1.\hat{n}_1 dS + \int_S \vec{D}_2.\hat{n}_2 dS\right] = \lim_{h\to 0}\int_V \rho dV = \lim_{h\to 0}\int_V \sigma S dV \qquad [\text{where } \rho = \sigma S]$$

କିମ୍ବା, $$[\vec{D}_1.\hat{n} - \vec{D}_2.\hat{n}]S = \sigma S\ [\because S_1 = S_2 = S;\ n_1 = n \text{ और } n_2 = -n]$$

କିମ୍ବା, $$D_{1n} - D_{2n} = \sigma \tag{7.30}$$

ଏଠାରେ, D_{1n} ଏବଂ D_{2n} ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନ ଅଟେ । Eq. (7.30)ରୁ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେବା ଯେ, ବିଦ୍ୟୁତ ବିସ୍ଥାପନ ସଦିଶର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ଇଣ୍ଟରଫେସରେ କ୍ରମାଗତ ନୁହେଁ ।

B ପାଇଁ ସର୍ତ୍ତ: ଦ୍ୱିତୀୟ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$

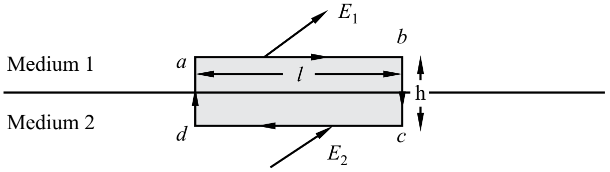
ଯେକୌଣସି ଇଣ୍ଟରଫେସ(interface)ରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ ନଗଣ୍ୟ ଉଚ୍ଚତା (ଚିତ୍ର. 7.4) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଛୋଟ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବାକୁ ଆସନ୍ତୁ ବିଚାର କରିବା । ଦ୍ୱିତୀୟ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଆୟତନ ସମାକଳନ ନେଇ ଆମେ ପାଇବା,

$$\int_V \vec{\nabla}.\vec{B}dV = 0$$

କିମ୍ବା, $$\int_S \vec{B}.\hat{n}dS = 0$$

ଅର୍ଥାତ, $$\int_{S_1} \vec{B}_1.\hat{n}_1 dS + \int_{S_2} \vec{B}_2.\hat{n}_2 dS + \int_{S_3} \vec{B}_1^{'}.\hat{n}_1^{'} dS + \int_{S_4} \vec{B}_2^{'}.\hat{n}_2^{'} dS = 0$$

ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିର ଶେଷ ଦୁଇଟି ପଦ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବାର କାନ୍ଥପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ଏବଂ ସେଗୁଡିକ ଗଭୀର ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଡବାର ବହୁତ କମ ଉଚ୍ଚତା h ପାଇଁ ଅବହେଳିତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ, ସୀମାରେ $h \to 0$ ପାଇଁ ଆମେ ପାଇବା



ଚିତ୍ର 7.5: ପାଇଁ ସୀମା ସ୍ଥିତି E ଏବଂ H

$$\lim_{h\to 0}\left[\int_S \vec{B}_1.\hat{n}_1 dS + \int_S \vec{B}_2.\hat{n}_2 dS\right] = 0$$

କିମ୍ବା, $[\vec{B}_1.\hat{n} - \vec{B}_2.\hat{n}]S = 0\ [\because S_1 = S_2 = S; n_1 = n$ और $n_2 = -n]$

କିମ୍ବା, $B_{1n} - B_{2n} = 0$

କିମ୍ବା, $B_{1n} - B_{2n}$ (7.31)

ଏଠାରେ, B_{1n} ଏବଂ B_{2n} ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ସଦିଶର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନ ଅଟେ । Eq. (7.31) ରୁ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେବା ଯେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ସଦିଶର ଲମ୍ବ ଉପାଦାନଗୁଡିକ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ଇଣ୍ଟରଫେସରେ କ୍ରମାଗତ ଅଟେ ।

E ପାଇଁ ସର୍ତ୍ତ: ତୃତୀୟ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ ଯେକୌଣସି ଇଣ୍ଟରଫେସରେ, ଆସନ୍ତୁ ଏକ ଆୟତାକାର ପାଶ abcd ସୀମାବନ୍ଧ ପୃଷ୍ଠ (bounding surface) S ବିଚାରକୁ ନେବା ଯେଉଁଟା ଚିତ୍ର. 7.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ତୃତୀୟ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେପୃଷ୍ଠ ସମାକଳନ (surface integration) ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\int_S (\vec{\nabla}\times\vec{E}).\hat{n}dS = \oint_{abcd} \vec{E}.d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.\hat{n}dS$$

କିମ୍ବା, $$\int_{ab} \vec{E}_1.d\vec{l} + \int_{cd} \vec{E}_2.d\vec{l} + \int_{bc} \vec{E}_1'.d\vec{l} + \int_{da} \vec{E}_2'.d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.\hat{n}dS$$

ବାମ ହାତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଶେଷ ଦୁଇଟି ପଦର ଅବଦାନ ପରସ୍ପରକୁ ବାତିଲ କରିବ ଏବଂ ଯଦି ପାଶ ପାଇଁ $h\to 0$, ଡାହାଣ ହାତ ପାର୍ଶ୍ୱରେପୃଷ୍ଠ ସମାକଳନ ଶୂନ୍ୟ ପ୍ରଦାନ କରିବାକୁ ଅଗ୍ରସର ହେବ କାରଣ $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ସବୁସ୍ଥାନରେ ସୀମିତ ଅଟେ ।

ତେଣୁ, $\int_{ab} \vec{E}_1.d\vec{l} + \int_{cd} \vec{E}_2.d\vec{l} = 0$

କିମ୍ବା, $(E_{1t} - E_{2t})l = 0$

କିମ୍ବା, $E_{1t} = E_{2t}$ (7.32)

ଏଠାରେ, E_{1t} ଏବଂ E_{2t} ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର ସ୍ପର୍ଶକ (tangential) ଉପାଦାନ । Eq. (7.32) ରୁ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେବା ଯେ, ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର ସ୍ପର୍ଶକ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ଇଣ୍ଟରଫେସରେ କ୍ରମାଗତ ଅଟେ ।

H ପାଇଁ ସର୍ତ୍ତ: ଚତୁର୍ଥ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ, $\vec{\nabla}\times\vec{H}=\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$

ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ ଯେକୌଣସି ଇଣ୍ଟରଫେସରେ, ଆସନ୍ତୁ ଏକ ଆୟତାକାର ପାଶ abcd ବନ୍ଧିତ ପୃଷ୍ଠ S ର ବିଚାର କରିବା ଯେଉଁଟା ଚିତ୍ର. 7.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଚତୁର୍ଥ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ପୃଷ୍ଠ ସମାକଳନ ନେଇ ଆମେ ପାଇଥାଉ,

$$\int_S\left(\vec{\nabla}\times\vec{H}\right).\hat{n}dS=\oint_{abcd}\vec{H}.d\vec{l}=\int_S\left(\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right).\hat{n}dS$$

କିମ୍ବା, $$\int_{ab}\vec{H}_1.d\vec{l}+\int_{cd}\vec{H}_2.d\vec{l}+\int_{bc}\vec{H}_1'.d\vec{l}+\int_{da}\vec{H}_2'.d\vec{l}=\int_S\left(\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right).\hat{n}dS$$

ବାମ ହାତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଶେଷ ଦୁଇଟି ପଦର ଅବଦାନ ପରସ୍ପରକୁ ବାତିଲ କରିବ ।

ଯଦି ପାଶ ପାଇଁ $h\rightarrow 0$, ଡାହାଣ ହାତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ପୃଷ୍ଠ ସମାକଳନ $\int_S\vec{J}.\hat{n}dS$ ଆଡକୁ ଅଗ୍ରସର କରିବ, କାରଣ $\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ ସବୁଆଡେ ବନ୍ଧା ହୋଇଛି ।

ତେଣୁ, $$\int_{ab}\vec{H}_1.d\vec{l}+\int_{cd}\vec{H}_2.d\vec{l}=\lim_{h\rightarrow 0}\int_S\vec{J}.\hat{n}dS=J_{s\perp}l$$

କିମ୍ବା, $$\left(H_{1t}-H_{2t}\right)l=J_{s\perp}l$$

କିମ୍ବା, $$H_{1t}-H_{2t}=J_{s\perp} \tag{7.33}$$

ଏଠାରେ, H_{1t} ଏବଂ H_{2t} ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ସ୍ପର୍ଶକ ଉପାଦାନ । Eq. (7.33) ରୁ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେବା ଯେ, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ସ୍ପର୍ଶକ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ଇଣ୍ଟରଫେସରେ କ୍ରମାଗତ ନୁହେଁ । ଏଠାରେ $J_{s\perp}$ ପୃଷ୍ଠ ବିଦ୍ୟୁତ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ ପରିବାହକତା ଅସୀମ ନହେଲେ ଶୂନ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ, ସୀମିତ ପରିବାହୀ ପାଇଁ,

$$H_{1t}=H_{2t} \tag{7.34}$$

7.8 ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଂଚାରଣ (Reflection & Transmission of Em Waves)

ଇଏମ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ (reflection) ଏବଂ ସଂଚାରଣ (transmission) ଏକ ଗତିଶୀଳ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମ ଦ୍ୱାରା ତାତ୍ତ୍ୱିକ (theoretically) ଭାବରେ ବୁଝି ପାରିବା ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଂଚାରଣ ଗୁଣାଙ୍କ ପାଇପାରିବା । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ସୀମାରୁ ଦୂରେଇ ଯାଏ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ ପରି ଉକ୍ତ ମାଧ୍ୟମରେ, ମାତ୍ର ସଂଚାରିତ ତରଙ୍ଗ ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରୁ ଅନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମକୁ ଗଲାବେଳେ ଅନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଆପତିତ ତରଙ୍ଗ

ଠାରୁ ଦୂରେଇଯାଏ ।

ମନେକରାଯାଉ ଦୁଇଟି ସମତଳ ପୋଲାରାଇଜଡ (polarized) ତରଙ୍ଗ $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(kz-\omega t)}$ ଏବଂ $\vec{B} = \vec{B}_0 e^{i(kz-\omega t)}$ Z-direction ରେ ଗତି କରୁଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ରୁ ଆମେ ପାଇବା,

$$ik\hat{e}_z \times \vec{E}_0 = i\omega B_0 \hat{e}_y$$

ଏଠାରେ ଆମେ ଅନୁମାନ କରୁଛୁ ଯେ $\vec{E}_0 = E_0 \hat{e}_x$ ଏବଂ $\vec{B}_0 = \frac{kE_0}{\omega}\hat{e}_y$

ଏଠାରେ E_0 ଏବଂ B_0 ଗୁଡିକୁ ଜଟିଳ ପରିମାଣ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ ଏବଂ ଅନୁରୂପ ପ୍ରକୃତ ପରିମାଣ ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଏ,

$$E_0 = |E_0| e^{i\delta}$$

ଜଟିଳ ପ୍ରତିବାଧା ଆୟାମର ଅନୁପାତ ରୁ ମିଳିଥାଏ ।

$$Z = \frac{E_0}{H_0} = \frac{\mu E_0}{B_0} \tag{7.35}$$

ଯାହା E ଏବଂ H ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପ୍ରବସ୍ଥା ବିସ୍ଥାପନ (phase shift) କୁ ଅନୁମତି ଦେଇଥାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଧରାଯାଉ ଯେ Z-direction ରେ ଗତି କରୁଥିବା ଏକ ସମତଳ ପୋଲାରାଇଜ ତରଙ୍ଗ ଏକ ଇଣ୍ଟରଫେସ $\vec{E}_i$ ରେ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୁଏ । ସାଧାରଣତଃ ମାଧ୍ୟମ 1 ରେ ଜଟିଳ ପ୍ରତିବାଧା $Z = Z_1$ ଥାଏ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମ 2 ରେ ଜଟିଳ ପ୍ରତିବାଧା ହେଉଛି $Z = Z_2$. ଆମେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ $\hat{e}_x, \vec{H}_i$; ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ $\hat{e}_y$ ଏବଂ $\hat{e}_z$ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ k_1 ଦିଗରେ ନେବା । ଆମେ ସୀମା $Z = 0$ ସ୍ଥାନରେ ସୀମା ଧାର୍ଯ୍ୟ କଲେ X-Y ସମତଳ ଦୁଇ ମାଧ୍ୟମର Interface ହେବ ।

ଦୁଇଟି ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମକୁ ବିଚାର କରି ଆମେ ସବୁଠାରୁ ସରଳ ଭାବରେ ଆରମ୍ଭ କରିବା ଯେଉଁଠାରେ ଆମେ ତାହା ଦେଖିବା ।

$$Z_i = v_i \mu_i \tag{7.36}$$

ଏହା ବାସ୍ତବ ଅଟେ ଏବଂ $\vec{E}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ପ୍ରବସ୍ଥା ବ୍ୟବଧାନ(phase lag) ନାହିଁ ।

$$\vec{E_i} = E_i \hat{e}_x e^{i(k_1 z - \omega t)}, \vec{H_i} = \frac{E_i}{\mu_1 v_1} \hat{e}_y e^{i(k_1 z - \omega t)} \tag{7.37 (a)}$$

ଆହୁରି ବାସ୍ତବ ହେବା ପାଇଁ, ଆମେ ଆୟାମକୁ Ei ନେଇପାରିବା । ସେହିଭଳି ସଂଚରିତ ଏବଂ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା:

$$\vec{E_t} = E_t \hat{e}_x e^{i(k_2 z - \omega t)}, \vec{H_t} = \frac{E_t}{\mu_2 v_2} \hat{e}_y e^{i(k_2 z - \omega t)} \tag{7.37 (b)}$$

ଏବଂ
$$\vec{E_r} = E_r \hat{e}_x e^{i(-k_2 z - \omega t)}, \vec{H_r} = -\frac{E_r}{\mu_1 v_1} \hat{e}_y e^{i(-k_2 z - \omega t)} \tag{7.37 (c)}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, $\hat{e}_x$ ଏବଂ $\hat{e}_y$ ଇଣ୍ଟରଫେସ ପାଇଁ ସ୍ପର୍ଶକ ଅଟେ ଏବଂ $\vec{E}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ର ସ୍ପର୍ଶକ ଉପାଦାନଗୁଡିକ କ୍ରମାଗତ ଅଟେ । ତେଣୁ, ନିରନ୍ତରତା ଅବସ୍ଥା,

$\vec{E}_{\tan} = E_x$ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଅଟେ: $E_i + E_r = E_t$ (7.38) (*a*)

ଏବଂ $\vec{H}_{\tan} = H_y$ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଅଟେ: $\dfrac{E_i}{\mu_1 v_1} - \dfrac{E_r}{\mu_1 v_1} = \dfrac{E_t}{\mu_2 v_2}$ (7.38) (*b*)

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇଟି ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିର ସମାଧାନ କରି, ଆମେ ଆୟାମ ସଂଚରଣ ଗୁଣାଙ୍କ (amplitude transmission coefficient) ନିମ୍ନ ଭାବରେ ପାଇଥାଉ,

$$t = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2}{1+\beta} \tag{7.39}$$

ଏବଂ ଆୟାମ ପ୍ରତିଫଳନ ଗୁଣାଙ୍କ

$$r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{1-\beta}{1+\beta} \tag{7.40}$$

ଯେଉଁଠାରେ $\beta = \dfrac{\mu_1 v_1}{\mu_2 v_2}$ (7.41)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ପାରଗମ୍ୟତା $\mu_i = \mu_0$ (ଅଣ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାଧ୍ୟମ) ହୁଏ, ଆମେ ପାଇଥାଉ

$$r = \frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \tag{7.42}$$

ଏବଂ $t = \dfrac{2v_2}{v_2 + v_1} = \dfrac{2n_1}{n_1 + n_2}$ (7.43)

ତେଣୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରବସ୍ଥାରେ ରହିବ ଯଦି $v_2 > v_1$ କିନ୍ତୁ ପ୍ରବସ୍ଥା ବାହାରେ ରହିବ ଯଦି $v_2 < v_1$. ଯଦି $v_2 = v_1$ (ଦୁଇ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ସମାନ) କୌଣସି ପ୍ରତିଫଳିତ ତରଙ୍ଗ ଆଶା କରାଯିବ ନାହିଁ।

ଶକ୍ତି ପ୍ରବାହ: ପୋଏଣ୍ଟିଂ ସଦିଶ ହେଉଛି $\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} = \dfrac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu}$

ତେଣୁ, ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅବଧି ପାଇଁ ପ୍ରତି ଏକକ ଆୟତନରେ ହାରାହାରି ଶକ୍ତି ଅଭିବାହକୁ ଏହି ପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ।

$$\left|\langle \vec{P} \rangle\right| = \frac{\left|\langle \vec{E} \times \vec{B} \rangle\right|}{\mu} = \frac{E_0^2}{2\mu v} = \frac{\varepsilon v E_0^2}{2} \tag{7.44}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ, ପ୍ରତିଫଳିତ ଏବଂ ଆପାତିତ ତୀବ୍ରତାର ଅନୁପାତ R ଏବଂ ସଂଚରିତ ଏବଂ ଆପାତିତ ତୀବ୍ରତାର ଅନୁପାତ T ଅଟେ।

$$\therefore \quad R = r^2 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 \tag{7.45}$$

ଏବଂ $T = \dfrac{\varepsilon_2 v_2}{\varepsilon_1 v_1} t^2 = \dfrac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2}$ (7.46)

ତେଣୁ $R + T + 1$; ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣକୁ ଆଗେଇ ନେଉଛି ।

ଜଟିଳ ପ୍ରତିବାଧା ପାଇଁ $\vec{E}$ ଏବଂ $\vec{H}$ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବସ୍ଥା ବ୍ୟବଧାନ ରହିପାରେ ।

ତେଣୁ, $\vec{E_i} = E_i \hat{e}_x e^{i(k_1 z - \omega t)}, \vec{H_i} = \frac{E_i}{Z_1}\hat{e}_y e^{i(k_1 z - \omega t)}$

$$\vec{E_t} = E_t \hat{e}_x e^{i(k_2 z - \omega t)}, \vec{H_t} = \frac{E_t}{Z_2}\hat{e}_y e^{i(k_2 z - \omega t)}$$

ଏବଂ $\vec{E_r} = E_r \hat{e}_x e^{i(-k_2 z - \omega t)}, \vec{H_r} = -\frac{E_r}{Z_1}\hat{e}_y e^{i(-k_2 z - \omega t)}$

ଅନୁମାନ କରନ୍ତୁ ଯେ ଯଦି କୌଣସି ପୃଷ୍ଠରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କିମ୍ବା ଆବେଶ ନାହିଁ, ତେବେ ନିରନ୍ତରତା ଅବସ୍ଥା ନିମ୍ନ ଲିଖିତ ଭାବେ ହ୍ରାସ ହେବ ।

$\vec{E}_{\tan} = E_x$ ˙ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଅଟେ: $E_i + E_r = E_t$

ଏବଂ $\vec{H}_{\tan} = H_y$ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଅଟେ: $\frac{E_i}{Z_1} - \frac{E_r}{Z_1} = \frac{E_t}{Z_2}$

ତେଣୁ, ଆୟାମ ସଂରଚଣ ଗୁଣାଙ୍କ

ଏବଂ $$t = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \tag{7.47}$$

ଏବଂ ଆୟାମ ପ୍ରତିଫଳନ ଗୁଣାଙ୍କ

ଏବଂ $$r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \tag{7.48}$$

ଏଗୁଡ଼ିକ ବର୍ତ୍ତମାନ ଜଟିଳ ରାଶି ଅଟେ ।

ଏକକ ସାରାଂଶ

- **ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ଏବଂ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନପାଇଁ ଏହାର ସମାଧାନ**

  E-ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

  H-ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{H} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$

  ପ୍ରସାରଣ ବେଗ $v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

- **ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (transverse) ପ୍ରକୃତି**

  $\vec{k}.\hat{e} = 0$ $\vec{k}.\hat{b} = 0$

- **ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ (ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ) ମାଧ୍ୟମରେ EM ତରଙ୍ଗ**

  E-ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{E} = \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

  H-ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{H} = \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$

  ପ୍ରସାରଣର ବେଗ $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} < c \quad [\because \varepsilon > \varepsilon_0, \mu > \mu_0]$

- **ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ EM ତରଙ୍ଗ**

  E-ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{E} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$

  H- ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{H} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$

- **ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ EM ତରଙ୍ଗର ଆଟେନୁଏସନ (attenuation)**

  ପ୍ରସାରଣର ସ୍ଥିରାଙ୍କ $\gamma = \omega\sqrt{\varepsilon\mu}\sqrt{\left(1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon\omega}\right)}$

  [ବିସ୍ତାର ସମ୍ପର୍କ]

  ଆଟେନୁଏସନ ସ୍ଥିରାଙ୍କ $\alpha = \omega\sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{2}}\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}\right)^2\right\}^{1/2} + 1}$

  ପ୍ରବସ୍ଥା ସ୍ଥିରାଙ୍କ $\beta = \omega\sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{2}}\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}\right)^2\right\}^{1/2} - 1}$

  ଅନୁପ୍ରବେଶ ଗଭୀରତା କିମ୍ବା ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$

- **ଦୁଇଟି ମାଧ୍ୟମର ଇଣ୍ଟରଫେସରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ**

  $D_{1n} - D_{2n} = s$

  $B_{1n} - B_{2n}$

  $E_{1t} - E_{2t}$

  $H_{1t} - H_{2t} = J_{s\perp}$

- **ସାଧାରଣ incidence ପାଇଁ ଏକ କୁପରିବାହୀ medium-vacuum ଇଣ୍ଟରଫେସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରତିଫଳନ ଏବଂ ସଂଚରଣ**

  ଆୟାମ ସଂଚରଣ ଗୁଣାଙ୍କ $t = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$

  ଆୟାମ ପ୍ରତିଫଳନ ଗୁଣାଙ୍କ $r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$

ଅନୁଶୀଳନୀ

ଏକାଧିକ ସମ୍ଭାବିତ ଉତ୍ତରମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନ

7.1 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ହେଉଛି

(a) ଆଲୋକର ବେଗ ସହିତ ସମାନ
(b) ଆଲୋକର ବେଗଠାରୁ ଅଧିକ
(c) ଆଲୋକର ବେଗଠାରୁ କମ
(d) ଶୂନ

7.2 ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ε,, ପାରଗମ୍ୟତା μ, ଏବଂ ପରିବାହକତା σ ଗୁଡିକର ଏକ ସମାଙ୍ଗ, ସମଦିଶୀ, ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା d ଅଟେ ।

(a) $\sqrt{\frac{1}{\omega\mu\sigma}}$
(b) $\sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$
(c) $\sqrt{\frac{\mu}{\omega\sigma}}$
(d) $\sqrt{\frac{2\mu}{\omega\sigma}}$

7.3 କୌଣସି ସମତଳ EM ତରଙ୍ଗରେ ହୁଏ ।

(a) $\vec{E}\times\vec{B}=0$
(b) $\vec{E}||\vec{B}$
(c) $\vec{E}\perp\vec{B}$
(d) $\vec{k}\times\vec{B}=0$

7.4 $1/\mu_0 e_0$ ର ପରିସର କ'ଣ ଅଟେ

(a) $L^{-2}T^{-2}$
(b) $L^{-2}T^{2}$
(c) LT^{-1}
(d) L^2T^{-2}(d) L2T – 2

7.5 କୌଣସି ଏକ କ୍ଷତିକାରକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକରେ ଏକ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରବେଶ ଗଭୀରତା_______ ବଢ଼ିବାରୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

(a) ପରିବାହୀ
(b) ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ
(c) ପାରଗମ୍ୟତା
(d) ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ

7.6 ଯଦି E_0ଏବଂ B_0 ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଗତି କରୁଥିବା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସହିତ ଜଡିତ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ଆୟାମ ହୁଏ, ତାହେଲେ E_0/B_0 କ'ଣ ଅଟେ ।

(a) $\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}$
(b) $\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}$
(c) $\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$
(d) $\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}}$

7.7 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ପ୍ରତିବାଧା ହେଉଛି ।

(a) 0 ohm
(b) 370 ohm
(c) 377 ohm
(d) none of these

7.8 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ନିମ୍ନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ।

(a) EB (b) E – B (c) E (d) E/B

7.9 ପାରଗମ୍ୟତା μ ଏବଂ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ε ସହିତ କୌଣସି ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ତରଙ୍ଗ ପ୍ରତିବାଧା କ'ଣ ହେବ

(a) $\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$ (b) $\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}$

(c) $\sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$ (d) $\sqrt{\varepsilon\mu}$

7.10 ଏକ ଭଲ ସମତଳ ପରିବାହକ ପାଇଁ, ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ।

(a) ସିଧାସଳଖ ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗମୂଳ ଭାବରେ (b) ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗମୂଳ ଭାବରେ ଓଲଟା

(c) ସିଧାସଳଖ ଆବୃତ୍ତିର ଏକ ଫଳନ ଭାବରେ (d) ଆବୃତ୍ତି ସହିତ ଓଲଟା

7.11 ଯଦି $\vec{E}$ ଏବଂ $\vec{B}$ ଦିଗ ସଦିଶ $\hat{k}$ ସହିତ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଯାତ୍ରା କରୁଥିବା ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଯଥାକ୍ରମେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ । ତା'ପରେ କେଉଁ ଅବସ୍ଥା ସଠିକ ଅଟେ?

(a) $\hat{k}.\vec{E}=0$ (b) $\hat{k}\times\vec{E}=0$

(c) $\vec{B}\times\vec{E}=0$ (d) $\hat{k}\times\vec{E}=-\vec{B}$

7.12 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର କୌଣସି ଆବେଶ କିମ୍ବା ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ନଥିବା ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରଚାରିତ ହୁଏ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ ସଦିଶ $\vec{E}=E_0\exp i(kx-\omega t)\hat{j}$ ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ , ତା'ପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ହେଉଛି

(a) X ଦିଗରେ (b) Y ଦିଗରେ

(c)Z ଦିଗରେ (d) X-Y ସମତଳରେ ସମାନ ଭାବରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରୁଛି

7.13 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗକୁ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କୁହାଯାଏ କାରଣ

(a) ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପର ପାଇଁ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

(b) ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଚାର ଦିଗରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

(c) ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଚାର ଦିଗରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

(d) ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଂଚରଣ ଦିଗରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

7.14 ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗରେ, ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି

(a) ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ (b) ପରସ୍ପରକୁ ପର୍ପେଣ୍ଡିକୁଲାର୍

(c) ଏକ କୋଣରେ ଇଚ୍ଛୁକ (d) ଏକ ଓବ୍ୟୁଜ କୋଣରେ ଇଚ୍ଛୁକ

7.15 ପରିସର $\mu_0 e_0$ (ସେମାନଙ୍କର ସାଧାରଣ ମହତ୍ତ୍ୱ ସହିତ ପ୍ରତୀକ) ହେଉଛି

(a) $L^{-2}T^{-2}$ (b) LT^{-1}

(c) $L^{-2}T^{-1}$ (d) $L^{-2}T^{2}$

7.16 ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସନ୍ଦର୍ଭରେ ଏକ ପରିବାହକ ପାଇଁ ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ

(a) ଆବୃତ୍ତି ଭାବରେ ଓଲଟା (b) ସିଧାସଳଖ ଆବୃତ୍ତି ଭାବରେ

(c) ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗମୂଳ ଭାବରେ ଓଲଟା (d) ସିଧାସଳଖ ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗମୂଳ ଭାବରେ

7.17 ଯଦି ତରଙ୍ଗର ଆବୃତ୍ତି 4 ଗୁଣ କରିଦିଆଯାଏ ତାହେଲେ ଏକ ଗଭୀରତା ଯେଉଁଥିରେ କି ଏକ ତରଙ୍ଗ କୌଣସି ଏକ ପରିବହନ ସାମଗ୍ରୀ ଭିତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରେ ।

(a) 2 ର ଏକ ଉତ୍ପାଦକଦ୍ୱାରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ (b) 4 ର ଏକ ଉତ୍ପାଦକଦ୍ୱାରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ

(c) 2 ର ଏକ ଉତ୍ପାଦକଦ୍ୱାରା ହ୍ରାସ ହୁଏ (d) ଏକ ଉତ୍ପାଦକ 4 ଦ୍ୱାରା ହ୍ରାସ ହୁଏ

7.18 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ଏହି ଦିଗରେ ଥାଏ ।

(a) $\vec{E}$ (b) $\vec{B}$

(c) $\vec{B}\times\vec{E}$ (d) $\vec{B}\times\vec{E}$

ଏକାଧିକ ପସନ୍ଦ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର									
7.1	(*a*)	**7.2**	(*b*)	**7.3**	(*c*)	**7.4**	(*d*)	**7.5**	(*b*)
7.6	(*d*)	**7.7**	(*c*)	**7.8**	(*d*)	**7.9**	(*a*)	**7.10**	(*b*)
7.11	(*a*)	**7.12**	(*c*)	**7.13**	(*d*)	**7.14**	(*a*)	**7.15**	(*d*)
7.16	(*c*)	**7.17**	(*c*)	**7.18**	(*c*)				

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଏବଂ ଦୀର୍ଘ ଉତ୍ତର ମୂଳକ ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡିକ

ବର୍ଗ ପ୍ରଥମ (Category I)

7.1 କୌଣସି ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ କୁପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଲେଖ ଏବଂ, ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ବେଗ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଆଲୋକର ବେଗଠାରୁ କମ ।

7.2 ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣଠାରୁ ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ପୃଷ୍ଠ ଗଭୀରତାର ଧାରଣାରେ ପହଞ୍ଚ ।

7.3 ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ସମୀକରଣ ଲେଖ । ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

7.4 ପ୍ରମାଣ କର ଯେ $\vec{E},\vec{B}$ ଏବଂ $\vec{k}$ ପାରସ୍ପରିକ ଭାବରେ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

7.5 ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ଯେ ଆଲୋକର ବେଗ କିପରି ମାଧ୍ୟମର ଗୁଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

7.6 ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଦିଶ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ପାଳନ କରେ । ଏକ ସମତଳ ତରଙ୍ଗ ସମାଧାନକୁ ମାନି ଦର୍ଶାଇବା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସର୍ବଦା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ସମକୋଣୀ (ଅର୍ଥୋଗୋନାଲ) ।

7.7 ଦର୍ଶାଅ ଯେ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ, $\vec{E}$ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ $\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$ ହୋଇଥାଏ, ଯେଉଁଠାରେ ପ୍ରତୀକଗୁଡ଼ିକର ସାଧାରଣ ମହତ୍ତ୍ୱ ଅଛି ।

7.8 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରକୃତି କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝାଯାଏ?

7.9 ତୁମେ କିପରି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନେଇପାରିବେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର E-କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ B-କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରସାରଣ ସଦିଶ k ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଅଟେ ।

7.10 କ୍ଷୀଣନ କ'ଣ ଏବଂ କ୍ଷୀଣନ ତରଙ୍ଗ ଏବଂ ସଙ୍କେତ ପ୍ରସାରଣକୁ କିପରି ପ୍ରଭାବିତ କରେ?

7.11 ଗାଣିତିକ ଭାବରେ ଦେଖାଅ ଯେ ପ୍ରସାରଣ ସ୍ଥିରାଙ୍କ k ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବହନ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ ଏକ ଜଟିଳ ରାଶି ।

7.12 କ୍ଷୀଣନ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପ୍ରବସ୍ଥା ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଏବଂ ପ୍ରସାରଣ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

7.13 ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ମୁକ୍ତ ସ୍ଥାନରେ ଆଲୋକର ବେଗ ସହିତ ଗତି କରେ ।

7.14 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗପାଇଁ ସୀମା ସର୍ତ୍ତାବଳୀ ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

ବର୍ଗ ଦ୍ୱିତୀୟ (Category II)

7.15 ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ଅଣ-ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣରୁ, କେଉଁ ପ୍ରକାରର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ନିଆଯାଇପାରିବ?

7.16 ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାଧ୍ୟମ ଏବଂ ଭଲ ପରିବାହକ ପାଇଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣର ରୂପ କ'ଣ ହେବ?

7.17 ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରୁଥିବା ବିବୃତ୍ତିକୁ ଯଥାର୍ଥ କର ।

7.18 କେଉଁ ପ୍ରକାରର ଆଚରଣପାଇଁ ଅଣ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମକୁ କ୍ଷତିହୀନ ମାଧ୍ୟମ କୁହାଯାଏ?

7.19 ଏକ ଆବେଶ ମୁକ୍ତ ପରିବାହକ ମାଧ୍ୟମରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ ସମ୍ପର୍କରେ, ତୁମର ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ମନ୍ତବ୍ୟଗୁଡିକ ଉଲେଖ କର ।

7.20 ପ୍ରବେଶ ଗଭୀରତା ଏବଂ ପୃଷ୍ଟ ଗଭୀରତା ମଧ୍ୟରେ ଏକ ମୌଳିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଅଛି । ଏହାକୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

7.21 ଏକ ଭଲ ପରିବାହକରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ ସଂକେତ ଆବୃତ୍ତି ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପୃଷ୍ଟର ଗଭୀରତା ଖୋ ।

ସଂଖ୍ୟାଗତ ସମସ୍ୟା

7.1 ଯଦି କୌଣସି ଏକ ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ ଏବଂ ପାରଗମ୍ୟତା ଯଥାକ୍ରମେ 50 ଏବଂ 2, ତେବେ ଏହି ମାଧ୍ୟମରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରଣ ବେଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଉତ୍ତର: 3×10^7 m/s]

7.2 ଯଦି କୌଣସି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର ରାଶି 1μT ଅଟେ, ତାହେଲେ ଅନୁରୂପ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସଦିଶର ପରିମାଣ ବାହାର କର । [ଉତ୍ତର: 300 ଭି/ମି]

ଅଧିକ ଜାଣନ୍ତୁ

କୁହାଯାଏ ଯେ ଊନବଂଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ସବୁଠାରୁ ବଡ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ସଫଳତା ହେଉଛି ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଆବିଷ୍କାର। ପ୍ରକୃତିରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର, ଯଥା, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆକର୍ଷଣ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିକର୍ଷଣ (+) ଏବଂ (-) ବିଦ୍ୟୁତ ଆବେଶ ମଧ୍ୟରେ। ସମାନ୍ତରାଳ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ରୋତ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ଏବଂ ବିକର୍ଷଣ ମଧ୍ୟ ଅଛି। ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ ଆବେଶ ସମ୍ପର୍କୀୟ ଅଟେ।

ଆମେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଏକକକୁ ଆବେଶ ଏକକ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ଆଧାରିତ କରିପାରିବା। ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ହେଉଛି ଗୋଟିଏ ୟୁନିଟ ଆବେଶ ତାରର ଯେକୌଣସି କ୍ରସ ବିଭାଗ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରମ କରେ। ଏହି ସଂଜ୍ଞା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଲଗା ହୁଏ ଯଦି ସମସ୍ତ ସଂଜ୍ଞାରେ ମିଟର ଏବଂ ସେକେଣ୍ଡ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ତେବେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତର ଦୁଇଟି ୟୁନିଟର ଅନୁପାତ ଆଲୋକର ବେଗ ହୋଇଯାଏ, ଯଥା 3×10^8 ମିଟର ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ।

କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ

ଆଲୋକର ତରଙ୍ଗ ପ୍ରକୃତି ସୂକ୍ଷ୍ମ ସମାନ୍ତରାଳ ରେଖା ଦ୍ୱାରା ଖୋଦିତ ଏକ ପୃଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ଭିନ୍ନ ଭାବରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ବିଭିନ୍ନ ରଙ୍ଗ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ। ଏହି କାରଣରୁ ଏକ କମ୍ପାକ୍ଟ ଲେଜର ଡିସ୍କ, ସଙ୍ଗୀତ କିମ୍ବା କମ୍ପ୍ୟୁଟର ବ୍ୟବହାର ପାଇଁ, ଇନ୍ଦ୍ରଧନୁର ସମସ୍ତ ରଙ୍ଗରେ ଝଲସି ଥାଏ।

ସେହିଭଳି, ଏକ ସ୍ଫଟିକ ରୂପସମାନ୍ତରାଳ ରେଖାରେ ପରମାଣୁର ଶୃଙ୍ଖଳିତ ଧାଡି ଯୋଗୁଁ ସମାନ୍ତରାଳ ରେଖା ଗଠନ କରେ କିନ୍ତୁ ବହୁତ ପାଖାପାଖି ଥାଏ ଏବଂ ସେମାନେ ଏକ୍ସ-ରେ ଉପରେ ସମାନ ପ୍ରଭାବ ପକାଏ ଯାହା ସୂଚିତ କରେ ଯେ, ଆଲୋକ ପରି ଏକ୍ସ-ରେ, ଛୋଟ ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଥାଏ, ଏହା ମଧ୍ୟ ଜଣାପଡିଛି ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭାକ୍ୟୁମ ଟ୍ୟୁବ ବିମ୍ ଭିତରେ ଅସ୍ଥିର ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଆଲୋକଠାରୁ ବଡ଼ ତରଙ୍ଗ ନିର୍ଗତ ହୋଇପାରେ। ମ୍ୟାଗ୍ନେଟ୍ରନ୍ ଟ୍ୟୁବ୍ ଯେଉଁଠାରେ ଏହା ଘଟିଥିଲା ତାହା ଦ୍ୱିତୀୟ ବିଶ୍ୱଯୁଦ୍ଧରେ ଏକ ଶୀର୍ଷ-ଗୁପ୍ତ ରାଡାର ଡିଭାଇସ୍ ଥିଲା, ଏବଂ ଏହା ପରେ ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍ ଓଭେନ୍ ସମ୍ଭବ ହେଲା।

ଆକର୍ଷଣୀୟ ତଥ୍ୟ

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଜଣାଶୁଣା ଫାରାଡେଙ୍କ "ବଳ ରେଖା"କୁ ଗାଣିତିକ ରୂପରେ ପରିଣତ କରିଥିଲେ ଯାହା ଆମେ ଆଜି ବ୍ୟବହାର କରୁଛୁ। ଗଣିତରେ ଅନେକ ବିଭାଗରେ ଇଏମ କ୍ଷେତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ। ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଉଲ୍ଲେଖ କ୍ଷେତ୍ର "ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ଉପରେ ଏକ ଚୁକ୍ତି" ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ଥିଲା, ଯାହାକୁ ସେ "ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶରୀରର ପଡ଼ୋଶୀଅଞ୍ଚଳରେ ସ୍ଥାନର ଅଂଶ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଘଟଣା ସହିତ ବିବେଚନା କରିଥିଲେ " (ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ୍, 1892, ପୃଷ୍ଠା 47–48) ଏହା ବାୟୁ କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଦଖଲ କରାଯାଇପାରେ ଯେଉଁଠାରୁ ଆମେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥକୁ ପ୍ରତ୍ୟାହାର କରି ନେଇଛୁ ଯାହା ଦ୍ୱାରା ଆମ ଅଧୀନରେ ଥିବା ଅଭିପ୍ରାୟ ସହିତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ। ଯଦି ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ଅଂଶରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତକରଣ ବସ୍ତୁକୁ ରଖାଯାଏ ତେବେ ଏହା ସାଧାରଣତଃ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତକରଣରେ ଏକ ଅନୁଭବ ହେଲାପରି ବିଶୃଙ୍ଖଳା ସୃଷ୍ଟି କରେ।

ସାଦୃଶ୍ୟ

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ କେବଳ ରେଡିଓ ଏବଂ ଟେଲିଭିଜନକୁ ଆଗକୁ ନେଇନଥିଲା, ବରଂ ଆଜି ଏହାର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ଶିଳ୍ପରେ ପ୍ରମୁଖ ଭୂମିକା ରହିଛି । ଏମଇଏମ ତରଙ୍ଗ ମଧ୍ୟ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟୋସ୍ପିୟରରେ ଅସ୍ଥିର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବିମ୍ ଦ୍ୱାରା ମହାକାଶରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ସୂର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ଦୂର ବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡମଧ୍ୟରେ, ଆମକୁ ଦୂର ମହାକାଶରେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ କଣିକା ବିଷୟରେ ପରାମର୍ଶ ଦିଏ କିମ୍ବା ଆମକୁ ଅସମାହିତ ରହସ୍ୟ ସହିତ ପରିଚିତ କରାଏ ।

ଇତିହାସ

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗର ଇତିହାସ ବିଷୟରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ମାଇଲଖୁଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକ ବାଖ୍ୟା ନକରି ନିମ୍ନରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇଛି:

1770-90	କ୍ୟାଭେଣ୍ଡିଶ ଏବଂ କୁଲୋମ୍ବ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସର ମୂଳଦୁଆ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲେ
1820	ଓର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ପ୍ରବାହିତ ଆବେଶ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଗ ତିଆରି କଲେ
1820	ଆମ୍ପେର୍ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ପାଇଁ ତଥା ସମସ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତକୁ ଉତ୍ସ ଭାବରେ ଚିହ୍ନଟ କଲେ
1831	ଫାରାଡେଙ୍କ ସହିତ ହେନେରୀ ଆବିଷ୍କାର କଲେ ଯେ ସମୟ ଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଉତ୍ସ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।
1864	ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଏକତ୍ର କଲେ
1887	ହର୍ଟଜ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିକିରଣର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ପ୍ରଦର୍ଶନ କଲେ

ସମୟସୀମା

600	:	ବିସିଇ: ପ୍ରାଚୀନ ଗ୍ରୀସରେ ଆମ୍ବରସ୍ପାର୍କିଂ
221-206	:	ବିସିଇ: ଚାଇନିଜ୍ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍ କମ୍ପାସ୍
1600	:	ଗିଲବର୍ଟ ଏବଂ ଲୋଡେଷ୍ଟୋନ୍
1752	:	ଫ୍ରାଙ୍କଲିନଙ୍କ କାଇଟ ପରୀକ୍ଷଣ
1785	:	କୁଲୋମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ
1789	:	ଗାଲଭାନିକ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିସିଟି
1790	:	ଭୋଲ୍ଟେକ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍
1820	:	ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର

ପ୍ରୟୋଗ (ବାସ୍ତବ ଜୀବନରେ / ଶିଳ୍ପରେ)

1873 ରେ ପ୍ରକାଶିତ 'ଏ ଟ୍ରିଟିଜ୍ ଅନ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିସିଟି ଆଣ୍ଡ ମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍' ଗବେଷଣାର ଏକ ସମଗ୍ର କ୍ଷେତ୍ରକୁ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ କରି ବାର ଟି ସମୀକରଣରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଦର୍ଶାଉଥିଲା । ଅଲିଭର ହେଭିସାଇଡ୍ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ଚାରୋଟି ସମୀକରଣରେ ଘନୀଭୂତ କରିଥିଲେ ଯାହା ଆଜି ଜଣାଶୁଣା ।

ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ବୈପ୍ଳବିକ ଥିଲା କାରଣ ଏହା ସଠିକ୍ ଦିଗରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ଅଧ୍ୟୟନକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥିଲା । ଯେତେବେଳେ ହର୍ଟଜ୍ ମହାକାଶରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଆବିଷ୍କାର କଲେ, ୱେୟାରଲେସ୍ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ ଉଦ୍ଭାବନ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ ପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ମହାସାଗରରେ ଦ୍ରୁତ ଯୋଗାଯୋଗ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥିଲା । ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଲମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତାରକୁ ଅଧିକ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ କଲେ ଏବଂ ଆମେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମ୍ୟାଗ୍ନେଟିଜିମ୍ ସିଦ୍ଧାନ୍ତରୁ ବିପୁଳ ରାଶି ର ଟେକ୍ନୋଲୋଜି ହାସଲ କଲୁ ।

ମାମଲା ଅଧ୍ୟୟନ (ପରିବେଶ / ସ୍ଥିରତା / ସାମାଜିକ / ନୈତିକ ପ୍ରସଙ୍ଗ)

ସମୀକରଣ ବିକାଶ କରିବା ସମୟରେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଯେ ଆଲୋକ ବିଦ୍ୟୁତ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟତା ସହିତ ପ୍ରତିସାମ୍ୟ । ଉନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀର ମଧ୍ୟଭାଗରେ, ୟୁରୋପୀୟ ସମାଜରେ ଏହି ଧାରଣା ବ୍ୟାପିବାକୁ ଲାଗିଲା ଯେ ମୁକ୍ତ ବାଣିଜ୍ୟର ନୀତି ଶାନ୍ତି ଏବଂ ସମୃଦ୍ଧି ଆଣିବ ଏବଂ ବାସ୍ତବରେ, କିଛି ସମୟ ପାଇଁ, ଅର୍ଥନୈତିକ ଦର୍ଶନର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ବ୍ୟବସାୟିକ ଥିଲା । ଏହା ଏକ ରାଜ୍ୟର ସମ୍ବଳର କଠୋର ସୁରକ୍ଷା, ବାଣିଜ୍ୟ ଉପରେ ଉଚ୍ଚ ଶୁଳ୍କ ଏବଂ ଉପନିବେଶୀୟ ଆଧିପତ୍ୟର ଏକ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଥିଲା । ବୌଦ୍ଧିକ ସଂସ୍କୃତିରେ ମୁକ୍ତ ବାଣିଜ୍ୟର ଲାଭବିଷୟରେ ଏହି ଚିନ୍ତାଧାରା ବୈଜ୍ଞାନିକ ସଂସ୍କୃତିରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ପାଇଥିଲା । ସ୍ୱାଧୀନ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପରିବର୍ତ୍ତେ, ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ସେମାନଙ୍କ ସାଥୀମାନଙ୍କ ଚିନ୍ତାଧାରା ଉପରେ ବିକାଶ ର ଲାଭ ଖୋଜିବା ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଏକ ସମ୍ପ୍ରଦାୟ ଭାବରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ତତ୍ତ୍ୱର ଆପେକ୍ଷିକ ଯୋଗ୍ୟତା କୁ ବିସ୍ତୃତ କରିବା ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ (Turner, 1980) ।

ମୁକ୍ତ ବାଣିଜ୍ୟର ଏହି ଧାରଣା ହିଁ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ ୟୁରୋପ ସହିତ ତାଙ୍କର ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ଅଗ୍ରଣୀ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ସହିତ ତୁଳନା କରିବାକୁ ଶାନ୍ତିପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରସ୍ତାବ ଦେଇଥିଲେ (Forfar, 1995) । ତଥାପି, ରାଜନେତା ଏବଂ ବ୍ୟବସାୟୀଙ୍କ ସମେତ ସେହି ସମୟରେ ଜନସାଧାରଣଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଲୋକମାନେ, ବୈଜ୍ଞାନିକ କାର୍ଯ୍ୟର ସେମାନଙ୍କ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ କୌଣସି ସମ୍ପର୍କ ନାହିଁ, ଏହା କହି, ଏହି ଧାରଣାକୁ ଖାରଜ କରିଦେଇଥିଲେ । ଉନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀ ଶେଷ ସୁଦ୍ଧା, ଜର୍ମାନୀ ଗ୍ରେଟ୍ ବ୍ରିଟେନର ଅର୍ଥନୈତିକ ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ପାଇଁ ଏକ ଶିଳ୍ପ ପ୍ରତିଦ୍ୱନ୍ଦୀ ହେଇଗଲା ଏବଂ ଧୀରେ ଧୀରେ ଏକ ସାମରିକ ବିପଦ ରେ ପରିଣତ ହେଇ ଯାଇଥିଲା । ଜର୍ମାନୀର ସାର୍ବଜନୀନ ପାଣ୍ଠି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ଗବେଷଣାର ସ୍ୱୀକୃତି ରେ ଜର୍ମାନ ବିଜ୍ଞାନକୁ ଉନବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ବୃଦ୍ଧି କରିଥିଲା ଏବଂ ବ୍ରିଟିଶ ବିଜ୍ଞାନ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଏବଂ ସମୃଦ୍ଧ ଥିଲା (Turner, 1980) ।

ଜିଜ୍ଞାସୁତା ଏବଂ କୌତୂହଳ ବିଷୟ

ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ମୁଖ୍ୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ହେଉଛି, "action at a distance", ଜର୍ମାନୀରେ ବିକଶିତ ହୋଇଥିଲା । ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ସ୍ୱୀକାର କରିବାକୁ ମନା କରିଦେଇଥିଲେ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ସମ୍ପ୍ରଦାୟର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅଭାବରୁ ତାଙ୍କ କାଗଜ "On Faraday's Lines of Force"ରେ ନିରାଶ ହୋଇ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲ୍ ତାଙ୍କର ବ୍ୟାପକ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ବାର ଟି ସମୀକରଣରେ ପରିଣତ କରିଥିଲେ, ଯାହା ଆଜିର ବୈଜ୍ଞାନିକ ପ୍ରଗତିର ଗତି (Forfar, 1995) ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଏକ ବଡ଼ ସଫଳତା । ତଥାପି, ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉପରେ ଏକାଧିକ ତ୍ୟାଗ କରିବାକୁ ମନା କରିଦେଇଥିଲେ ଏବଂ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ଏପରି କିଛି ପରିମାଣରେ ଖାରଜ କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିଥିଲେ ଯାହା କେବଳ କାଗଜରେ କାମ କରେ (Turner, 1980) । ତଥାପି, ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ଅଲିଭର ହେଭିସାଇଡଙ୍କ ସମ୍ପାଦନା ମୋଡ଼ ବଦଳାଇବା ଆରମ୍ଭ କଲା, ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ଜର୍ମାନ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ହେନରିଚ୍ ହର୍ଟଜ୍ 1887

ରେ ମହାକାଶରେ ବିଦ୍ୟୁତ-ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ ଚିହ୍ନଟ କରି ବିଦ୍ୟୁତଚୁମ୍ବକତ୍ୱ କ୍ଷେତ୍ରର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥିଲେ ତାପରେ ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Hunt, 1983) ଗ୍ରହଣ କରିବାକୁ ଲାଗିଲେ ।

References for Case study; Inquisitiveness and Curiosity Topics

Forfar, D. O. (1995, July). *James Clerk Maxwell: Maker of Waves*. Retrieved November 30, 2011, from James Clerk Maxwell Foundation: http://www.clerkmaxwellfoundation.org/Maker_of_Waves.pdf

Hunt, B. J. (1983, September). "Practice vs. Theory": The British Electrical Debate, 1888-1891. *Isis*, *74*(3), 341-355

Turner, F. M. (1980, December). Public Science in Britain, 1880-1919, *Isis*, *71*(4), 589-608.

ସହାୟକ ଏବଂ ପରାମର୍ଶ ମୂଳକ ପଠନ

1. J. D. Jackson, Classical Electrodynamics, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 1999.
2. E. Hecht, Optics, 4th Edition, Pearson Education, 2001.
3. P. Tipler, G. Moscsa, Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics 2, 5th Edition, W. H. Freeman, 2004.
4. J. Reitz, F. Milford, R. Christy, Foundations of Electromagnetic Theory, 4th Edition, Addison Wesley, 1992.
5. A. Bettini, A Course in Classical Physics, Vol. 4 - Waves and Light, 2016.
6. G. Elert, Electromagnetic Waves, The Physics Hypertextbook, 2018.
7. "The Impact of James Clerk Maxwell's Work", (www.clerkmaxwellfoundation.org) Archived from the original on 17 September 2017.
8. "Discovering the Electromagnetic Spectrum" (imagine.gsfc.nasa.gov), 2013.
9. Jeans James, The Growth of Physical Science, Cambridge University Press, 1st Edition, 1947.
10. https://nptel.ac.in/courses/115/101/115101005/
11. https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc19_ph08/preview
12. https://depts.washington.edu/mictech/optics/me557/week2.pdf

ଭୌତିକ କନଷ୍ଟାଣ୍ଟଗୁଡିକର ଟେବୁଲ୍

ଟେବୁଲ I: 20 ο C ରେ ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ମୋଲାର ସମ୍ବେଦନଶୀଳତା ।

ହିଲିୟମ୍	-2.38×10^{-11}
ଜେନନ୍	-5.71×10^{-10}
ଅମ୍ଳଜାନ	$+4.3 \times 10^{-8}$
ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍	-1.56×10^{-10}
ଜଳ	-1.631×10^{-10}
ବିସ୍ମୁଥ୍	-3.55×10^{-9}

ଟେବୁଲ II: ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ଅନୁମତି ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ଅନୁମତି ।

ମଧ୍ୟମ	ଅନୁମତି, μ(H/m)	ଆପେକ୍ଷିକ ଅନୁକୂଳତା, ସର୍ବାଧିକ, μ/μ_0
ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ	$4\pi \times 10^{-7}$	1
ଜଳ	1.256627×10^{-6}	0.999992
ହାଇଡ୍ରୋଜେନ	1.2566371×10^{-6}	1
କାଠ	$1.25663760 \times 10^{-6}$	1.00000043
ବାୟୁ	$1.25663753 \times 10^{-6}$	1.00000037
ବିସ୍ମୁଥ୍	1.25643×10^{-6}	0.999834
କାର୍ବନ ଷ୍ଟିଲ	1.26×10^{-4}	100
ତମ୍ବା	1.256629×10^{-6}	0.999994
ନିକେଲ୍	1.26×10^{-4} - 7.54×10^{-4}	100 - 600
ପ୍ଲାଟିନମ୍	1.256970×10^{-6}	1.000265
ନୀଳମଣି	1.2566368×10^{-6}	0.99999976
ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଇସ୍ପାତ	5.0×10^{-3}	4000
ଫେରିଟ୍ (ନିକେଲ୍ ଜିଙ୍କ)	1.26×10^{-5} - 2.89×10^{-3}	10 - 2300
ଫେରିଟ୍ (ମାଙ୍ଗାନିଜ୍ ଜିଙ୍କ)	4.4×10^{-4} - 2.51×10^{-2}	350 - 20000

ଫେରିଟ୍ (କୋବାଲ୍ଟ ନିକେଲ୍ ଜିଙ୍କ)	5.03×10^{-5} - 1.57×10^{-4}	40 - 125
କୋବାଲ୍ଟ ଲୁହା	2.3×10^{-2}	18000
ଆଷ୍ଟେନେଟିକ୍ ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍	1.260×10^{-6} - 8.8×10^{-6}	1.003 - 1.05
ଟଫେଲନ୍	1.2567×10^{-6}	1
ସିଲିକନ୍ ଲୁହା ପାଉଡର ଯୌଗିକ	2.39×10^{-5} - 1.13×10^{-4}	19 – 90
ପରମାଲୋଇ	1.25×10^{-1}	100000

ଟେବୁଲ III: ବିଭିନ୍ନ ସାମଗ୍ରୀର ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ କନଷ୍ଟାଣ୍ଟ ।

ମଧ୍ୟମ	ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଥିର
ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ	1
ପଲିମିଡ୍	3.4
ପଲିପ୍ରୋପିଲିନ୍	2.2 - 2.36
ପଲିଷ୍ଟାଇରନ୍	2.4 - 2.7
କାର୍ବନ ଡିସଲଫାଇଡ୍	2.6
ମାଇଲର୍	3.1
ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋ-ଆକ୍ଟିଭ୍ ପଲିମର୍	2 - 12
ମିକା	3 - 6
ସିଲିକନ୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍	3.9
କଂକ୍ରିଟ୍	4.5
ପାଇରକ୍ସ	4.7
ନିଓପ୍ରେନ୍	6.7
ରବର	7
ହୀରା	5.5 - 10
ଲୁଣ	3 - 15

ଗ୍ରାଫାଇଟ୍	10 - 15
ସିଲିକନ୍ ରବର	2.9 - 4
ସିଲିକନ୍	11.68
GaAs	12.4
ଗ୍ଲାସ	3.7 - 10
ମିଥାନୋଲ୍	30
ଇଥିଲିନ୍ ଗ୍ଲାଇକଲ୍	37
ଫର୍ଫୁରାଲ୍	42
ଟାଇଟାନିୟମ୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍	86 - 173
ଷ୍ଟ୍ରୋଣ୍ଟିଅମ୍ ଟାଇଟାନେଟ୍	310
ବାରିୟମ୍ ଷ୍ଟ୍ରୋଣ୍ଟିଅମ୍ ଟାଇଟାନେଟ୍	500
ଲିଡ୍ ଜିର୍କୋନେଟ୍ ଟାଇଟାନେଟ୍	500 - 6000
କ୍ୟାଲସିୟମ୍ ତମ୍ବା ଟାଇଟାନେଟ୍	> 250000

ଅନୁକ୍ରମଣିକା

ପରିଶିଷ୍ଟ-A: ଅଭ୍ୟାସପାଇଁ ପରାମର୍ଶ ଟେମ୍ପଲେଟ ।

-ଲକ୍ଷ୍ୟ

ପରୀକ୍ଷଣର ଲକ୍ଷ୍ୟ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷେପରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

-ପ୍ରାସଙ୍ଗିକତା

ନିଜ ଶବ୍ଦରେ ପରୀକ୍ଷଣର ପ୍ରାସଙ୍ଗିକତା ବିଷୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

-ଆବଶ୍ୟକତା

ସେମାନଙ୍କର ସଠିକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟତା ସହିତ ସମସ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ତାଲିକାଭୁକ୍ତ କର ।

-ପ୍ରଣାଳୀ, ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଏବଂ ସୂଚନା

ପରୀକ୍ଷଣର ପଦ୍ଧତିକୁ ଚରଣବଦ୍ଧ ଏବଂ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକୁ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଧ୍ୟାନ ଦିଅନ୍ତୁ | ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଆଧାରରେ କିଛି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯିବା ଆବଶ୍ୟକ | ତୁମେ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ପରି ଏକ ଟେବୁଲ୍ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବ:

ଷ୍ଟେପ୍ ନଂ	ପ୍ରଣାଳୀ	ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ	ସୂଚନା
1			
2			
3			

- **ଭିଡିଓ / ଆନିମେସନ୍**

ଯଦି ସମ୍ଭବ, ତୁମେ କିଛି ଭିଡିଓ / ଆନିମେସନ୍ ଦେଇ ଭୌତିକ ଭାବରେ ପଦକ୍ଷେପଗୁଡ଼ିକୁ ଭିଜୁଆଲ୍ କରିପାରିବେ ।

-ଗଣନା

ତୁମର ପରୀକ୍ଷଣପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମସ୍ତ ଭୌତିକ ପରିମାଣକୁ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଗଣନା କର ।

-ଫଳାଫଳ ଏବଂ ଆଲୋଚନା (ତ୍ରୁଟି ମାପ)

ଅନ୍ତିମ ଫଳାଫଳ ପ୍ରାପ୍ତ କର ଏବଂ ତ୍ରୁଟିର ସଠିକ୍ ବିଚାର ସହିତ ଏହା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କର ଯାହା ତୁମର ପରୀକ୍ଷଣ ସମୟରେ ପରିଚିତ ହୋଇପାରେ ।

ପରିଣାମ

ଶେଷରେ ପ୍ରାପ୍ତ ଫଳାଫଳ ଉପରେ ଆଧାର କରି ତୁମର ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଦିଅ ।

-ପରୀକ୍ଷଣରେ ବିଷୟଗୁଡିକର ବୈଧତା ।

ବାସ୍ତବ ଜୀବନର ପରିସ୍ଥିତିରେ ପରୀକ୍ଷଣର ଫଳାଫଳକୁ ବୈଧତା (validate) କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ।

-ICT ର ବ୍ୟବହାର

ନିମ୍ନରେ ଉପଲବ୍ଧ ଅନଲାଇନ୍ ଉତ୍ସଗୁଡିକ ବ୍ୟବହାର କରି ତୁମେ ଅଧ୍ୟୟନ ମଧ୍ୟ କରିପାରିବ ।

https://swayam.gov.in/
https://nptel.ac.in/
https://www.swayamprabha.gov.in./

ଶିକ୍ଷକ ଏବଂ ଲ୍ୟାବ-ଟେକ୍ନିସିଆନମାନଙ୍କପାଇଁ ଟିପ୍ପଣୀ ।

ଲାବୋରେଟୋରୀ ପ୍ରସ୍ତୁତି, ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ, ନିରାପତ୍ତା ଦିଗ ଇତ୍ୟାଦିପାଇଁ କେତେକ ସାଧାରଣ ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ ପୃଥକ ଭାବରେ ତାଲିକାଭୁକ୍ତ ହୋଇଛି ।

ପରିଶିଷ୍ଟ-B:

ଗୋଷ୍ଠୀର ପ୍ରାକ୍ଟିକାଲ୍ / ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ / କାର୍ଯ୍ୟକଳାପପାଇଁ ସୂଚକ ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ।

ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କୌଶଳ

ମାନଦଣ୍ଡ ଏବଂ ସ୍ତର	ବିକାଶ	ଦକ୍ଷ	ନିପୁଣ
ସେଟ୍ ଅପ୍ ପରିଚାଳନା କରିବା			
ତଥ୍ୟର ରେକର୍ଡିଂ			
ସମୟ ପରିଚାଳନା			
ଦଳ କାର୍ଯ୍ୟ			
ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କାର୍ଯ୍ୟ			
ସୁରକ୍ଷା ସତର୍କତା			

ଉତ୍ପାଦ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କୌଶଳ

ମାନଦଣ୍ଡ ଏବଂ ସ୍ତର	ବିକାଶ	ଦକ୍ଷ	ନିପୁଣ
ବିଷୟବସ୍ତୁ			
ଅନୁସନ୍ଧାନ / ସର୍ବେକ୍ଷଣ			
ଅତ୍ୟାଧୁନିକ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି ବ୍ୟବହାର			
ବିଷୟ ଉପରେ ରୁହ			
ପ୍ରସ୍ତୁତି			
ଉପସ୍ଥାପନାର ଆତ୍ମବିଶ୍ୱାସ			
ଆଇସିଟି ବ୍ୟବହାର ppt ତିଆରି କୌଶଳ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ			
ସମୟ ପରିଚାଳନା			
ଗୋଷ୍ଠୀ ପ୍ରୟାସ			
ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ପ୍ରୟାସ			

ପରିଶିଷ୍ଟ-C: ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନଗୁଡିକ ବ୍ଲୁମ୍ ସ୍ତର ସହିତ ସଜ୍ଜିତ ।

- ବ୍ଲୁମର ଟ୍ୟାକ୍ସୋନୋମି - ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ପରି ଏହି ପୁସ୍ତକପାଇଁ ପ୍ରଶ୍ନର ବିକାଶ ପାଇଁ ଏହାକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦୁଇଟି ଶ୍ରେଣୀରେ ଯୋଡି ଦିଆଯାଇଛି:

ଶ୍ରେଣୀ I ପ୍ରଶ୍ନଗୁଡିକ ।	ଶ୍ରେଣୀ II ପ୍ରଶ୍ନ । - ଉଚ୍ଚ ଅର୍ଡର ଚିନ୍ତାଧାରା |
ବ୍ଲୁମ ସ୍ତର 1: ମନେରଖ । ବ୍ଲୁମ ସ୍ତର 2: ବୁଝିବା । ବ୍ଲୁମ ସ୍ତର 3: ପ୍ରୟୋଗ କର ।	ବ୍ଲୁମ୍ ର ସ୍ତର 4: ବିଶ୍ଳେଷଣ କର । ବ୍ଲୁମ୍ ର ସ୍ତର 5: ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କର । ବ୍ଲୁମ୍ ର ସ୍ତର 6: ସୃଷ୍ଟି କର ।

ପରିଶିଷ୍ଟ-D: ବ୍ୟବହାରିକପାଇଁ ରେକର୍ଡଗୁଡିକ ।

SI	ପୃଷ୍ଠା	ପରୀକ୍ଷଣର ନାମ	ତାରିଖ			ଚିହ୍ନଗୁଡିକ	ଦସ୍ତଖତ
			ପ୍ରକୃତ	ପୁନରାବୃତ୍ତି କର	ଟିପ୍ପଣୀ		
1.		ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସ୍ଥିର a ଡାଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ସାମଗ୍ରୀ ଦିଆଯାଇଛି ।					
2.		ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଲେଞ୍ଜର ନିୟମର ଅଧ୍ୟୟନ କର					
3.		BH ବକ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାମଗ୍ରୀ ଶକ୍ତି କ୍ଷତି ଗଣନା କର ।					
4.		ହଲ୍ ଇଫେକ୍ଟ ବ୍ୟବହାର କରି ହଲ ମାପ ସହ-ଦକ୍ଷ ଏବଂ ବାହକ ଅର୍ଦ୍ଧ ପରିବାହକ ନମୁନା ଏକାଗ୍ରତା ପରୀକ୍ଷଣ କର।					
5.		ଏକ କ୍ରମର ଅବସ୍ଥା LCR ସର୍କିଟ ରିଜୋନାନ୍ସର ଅଧ୍ୟୟନ କର ।					
6.		JJ ଥମସନଙ୍କ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାର୍ଜ (ଇ / ମି) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।					
7.		ହେଲମହୋଲ୍ଟଜ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ବ୍ୟବହାର କରି ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧ୍ୟୟନ କର					

ସଂଲଗ୍ନକ

ସଂଲଗ୍ନ- I: କିଛି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ରମ ଆଂଶିକ ଅବକଳ ସମୀକରଣ |

(i)ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ: ଏକ ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ହେତୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ V ହେଉଛି ଏକ ସ୍ଥାନ ଭେରିଏବଲ x, y ଏବଂ z ର କାର୍ଯ୍ୟ ଅଟେ | V ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରୁଥିବା ସମୀକରଣ ହେଉଛି ଜଣାଶୁଣା ଆଂଶିକ ଅବକଳ ସମୀକରଣ |

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) V = 4\pi\rho$$

ଯେଉଁଠାରେ $\rho = \phi(x, y, z)$, ଚାର୍ଜର ଏକ ଭଲ୍ୟୁମ୍-ବଣ୍ଟନ ଅଟେ |

ସମୀକରଣ $\nabla^2 V = 4\pi\rho$; ହେଉଛି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତର ପଏସନର ସମୀକରଣ |

;ଯଦି ତଥାପି ଏହି ଅଞ୍ଚଳ ମୁକ୍ତ ଅଟେ, $\rho = 0$.

$$\therefore \quad \nabla^2 V = 0$$

ଏହା ହେଉଛି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ସର ଲାପ୍ଲେସ୍ ର ସମୀକରଣ ଏବଂ

$$\nabla^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \sum \frac{\partial^2}{\partial x^2}$$

ହେଉଛି ଲାପ୍ଲାସିଆନ୍ ଅପରେଟର୍ କିମ୍ବା କେବଳ ଲାପ୍ଲାସିଆନ୍ |

ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାର: ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରିମାଣ ତରଙ୍ଗ ଆକାରରେ ବିସ୍ତାର ହୁଏ, ଏହା x , y , z (ସ୍ପେସ୍ କୋର୍ଡିନେଟ୍) ଏବଂ t (ଟାଇମ୍ ଭେରିଏବଲ୍) ର କାର୍ଯ୍ୟ ଅଟେ |

$$\therefore \quad \psi = \phi(x, y, z, \mathrm{t})$$

ψ ଦ୍ୱାରା ସନ୍ତୁଷ୍ଟ ହୋଇଥିବା ସମୀକରଣ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି | $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) = c^2 \nabla^2 \psi$

ଯେଉଁଠାରେ c ହେଉଛି ତରଙ୍ଗର ପ୍ରସାରର ବେଗ | ଏହାକୁ ତରଙ୍ଗ ସମୀକରଣ କୁହାଯାଏ |

ବିଦ୍ୟୁତ ତରଙ୍ଗ ପାଇଁ, ψ ବିସ୍ଥାପନର ଏକ ଉପାଦାନ କିନ୍ତୁ ବୈଦୁତିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗପାଇଁ ଏହା ବୈଦୁତିକ କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତାର ଏକ ଉପାଦାନ |

(ii)ମ୍ୟାକ୍ସୱେଲର ଫିଲ୍ଡ ସମୀକରଣ : ଏଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ ସହିତ ଜଡିତ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମୀକରଣର ଏକ ସେଟ୍ ଗଠନ କରେ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା ଭେକ୍ଟର E ଏବଂ H ଏବଂ ବୈଦୁତିକ ଚୁମ୍ବକୀୟତାର ସମସ୍ତ ସମସ୍ୟାରେ ମୌଳିକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ |

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} \qquad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} . \vec{D} = \rho \qquad \vec{\nabla} . \vec{B} = 0$$

ସଂଲଗ୍ନ- 2: ଲାପ୍ଲେସ୍ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ |

ତିନୋଟି ଡାଇମେନ୍ସନାଲ୍ କାର୍ଟେସିଆନ୍ ଫର୍ମ: ଆସ |

$$u(x, y, z) = X(x)Y(y)Z(z)$$

ତିନୋଟି ଡାଇମେନ୍ସନାଲ୍ (କାର୍ଟେସିଆନ୍) ଲାପ୍ଲେସ୍ ର ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଭାବରେ:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}=0$$

u(x, y, z) ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବଦଳାଇ ଏବଂ XYZ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କରି , ଆମେ ପ୍ରାପ୍ତ କରୁ |

$$\frac{1}{X}\frac{d^2X}{dx^2}+\frac{1}{Y}\frac{d^2Y}{dy^2}+\frac{1}{Z}\frac{d^2Z}{dz^2}=0$$

ଏହି ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନ ଫର୍ମର ଅଟେ |

$$f_1(x) + f_2(y) + f_3(z) = 0$$

x, y, z ସ୍ୱାଧୀନ, f_1, f_2, f_3 f3 ସ୍ଥିର କାର୍ଯ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ନହେଲେ ଏହା ସତ୍ୟ ହେବ ନାହିଁ। ଏହି ସ୍ଥିରଗୁଡ଼ିକ k^2, l^2, $-(k^2 + l^2)$ ନେଇ ଯଥାକ୍ରମେ, ଆମେ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣ ପାଇଥାଉ।

$$\frac{d^2X}{dx^2}-k^2X=0$$

$$\frac{d^2Y}{dy^2}-l^2y=0$$

$$\frac{d^2Z}{dz^2}+(k^2+l^2)=0$$

ଯେଉଁଠାର k^2, l^2 ବାସ୍ତବ କିମ୍ବା ଜଟିଳ ହୋଇପାରେ।

ଏଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ପୃକ୍ତ ସମାଧାନ ଅଛି।

$$X = Ae^{kx} + Be^{-kx}$$

$$Y = Ce^{ly} + De^{-ly}$$

$$Z = E\cos\sqrt{k^2+l^2z} + F\sin\sqrt{k^2+l^2z}$$

\

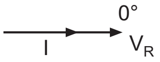
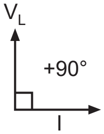
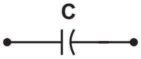
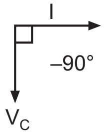
$$u = XYZ = (Ae^{kx} + Be^{-kx})(Ce^{ly} + De^{-ly})(E\cos\sqrt{k^2+l^2z} + F\sin\sqrt{k^2+l^2z})$$

ସଂଲଗ୍ନ- III: ସିରିଜ୍ RLC ପରିପଥ ଚରଣ କୋଣ।

ପରିପଥର ଫେଜ୍ ଆଙ୍ଗଲ୍ ଥାଟା (ϕ) ସର୍ବଦା କୋଣ ଅଟେ ଯାହା ପରିପଥ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଏବଂ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଭୋଲଟେଜ୍ ଉତ୍ସକୁ ପୃଥକ କରେ।

- ଏକ ସିରିଜ୍ RLC ପରିପଥ ଇନ୍ଦ୍ରିୟାତ୍ମକ ହେବ ଏବଂ ଏକ ସକାରାତ୍ମକ ପର୍ଯ୍ୟାୟ କୋଣ ରହିବ ଯେତେବେଳେ ଇନଡକ୍ଟିଭ୍ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏବଂ ଇନଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଫଳାଫଳ ଭୋଲଟେଜ୍ କ୍ୟାପସିଟିଭ୍ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏବଂ କ୍ୟାପେସିଟର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଭୋଲଟେଜ୍ ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବ।
- ଏକ ସିରିଜ୍ RLC ପରିପଥ କ୍ୟାପସିଟିଭ୍ ହେବ ଏବଂ ଏକ ନକାରାତ୍ମକ ଚରଣ କୋଣ ରହିବ ଯେତେବେଳେ କ୍ୟାପେସିଟିଭ୍ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏବଂ କ୍ୟାପେସିଟର ଉପରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଇନ୍ଦ୍ରିୟାତ୍ମକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏବଂ ଇନଡକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଫଳାଫଳ ଭୋଲଟେଜ୍ ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବ।

ଟେବୁଲ A.1: ବିଭିନ୍ନ ପରିପଥ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକପାଇଁ ଇମ୍ପେଡାନ୍ସ ମୂଲ୍ୟ ଏବଂ ଫେଜ୍ କୋଣ।

Circult Elements	Impedance Z	Phase Angle (ϕ)
	Z = R	
	$Z = X_L$	
	$Z = X_C$	
	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	Positive, between 0° and 90°
	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	Negative, between –90° and 0°
	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Negative if $X_C > X_L$ Positive if $X_C < X_L$

ସଂଲଗ୍ନ - IV: ଲିଜେଣ୍ଡ୍ରେ ପଲିନୋମିଆଲ୍

ଲିଜେଣ୍ଡ୍ରେ ପଲିନୋମିଆଲ୍ Pn (u) ଅର୍ଡର n ର ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉତ୍ପାଦନ କାର୍ଯ୍ୟ ଦ୍ଵାରା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇପାରେ:

$$\frac{1}{\sqrt{1+h^2-2hu}}=\sum_{n=0}^{\infty}h^nP_n(u)$$

ଯେଉଁଠାରେ $|h| < 1$, $|u| < 1$

ଏଗୁଡ଼ିକ ହେଉଛି:

$$P_0(u) = 1$$

$$P_1(u) = u$$

$$P_2(u)=\frac{3u^2-1}{2}$$

$$P_3(u)=\frac{5u^2-3u}{2}$$

$$P_4(u)=\frac{35u^2-30u^2+3}{8}$$

କେତେକ ଲିଜେଣ୍ଡ୍ରେ ପଲିନୋମିଆଲ୍ ବା କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ବହୁଭୂତ ସୂତ୍ରରେ n = -1 ସୂଚକାଙ୍କ ମଧ୍ୟ ହୋଇପାରେ। ଏହି ସୂଚକାଙ୍କ ପାଇଁ ସୂତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ବୈଧ ହେବା ପାଇଁ, $P_{-1}(u)=P'_{-1}(u)=P''_{-1}(u)=0$ ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପଡିବ

ଯେଉଁଠାରେ $P'_n=P'_n(u)$ ଔର $P''_n(u)=P''_n(u)$ ପ୍ରଥମ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ଡେରିଭେଟିଭ୍କୁ ସୂଚିତ କରେ $P_n = P_n(u)$

ବିଶେଷ ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ଲିଖିତ ହୋଇଛି:

$$P_n(1) = 1$$

$$P_n(-1) = (-1)^n$$

$$P_{2n+1}(0) = 0$$

$$P_{2n}(0)=(-1)^n\frac{2n!}{(2^n n!)^2}$$

$$P'_n(\pm1)=(\pm1)^{n+1}\frac{n(n+1)}{2}$$

ନିମ୍ନଲିଖିତ 2 ପୁନରାବୃତ୍ତି ସମ୍ପର୍କଗୁଡିକ କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ପଲିନୋମିଆଲ୍ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରଥମ derivatives (n > 1 ୦ପାଇଁ) ଦ୍ରୁତ ଗଣନାପାଇଁ ସୁପାରିଶ କରାଯାଇଛି:

$$P_n = 2uP_{n-1} - P_{n-2} - (uP_{n-1} - P_{n-2})/n$$
$$P_n' = 2uP_{n-1}' - P_{n-2}' + (uP_{n-1}' - P_{n-2}')/(n-1)$$

$P_0'(u) = 0, P_1'(u) = 1$ ସହିତ।

ନିମ୍ନଲିଖିତ ପୁନରାବୃତ୍ତି ସମ୍ପର୍କ ଇଚ୍ଛାଧୀନ ଉଚ୍ଚ ଡେରିଭେଟିଭପାଇଁ ବୈଧ।

$$P_n^{(m)} = d^m P_n / du^m \ \ (\text{for}\, n > m)$$
$$P_n^{(m)} = 2uP_{n-1}^{(m)} - P_{n-2}^{(m)} + \frac{2m-1}{n-m}\left(uP_{n-1}^{(m)} - P_{n-2}^{(m)}\right)$$

କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ପଲିନୋମିଆଲ୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଆନାଲିଟିକାଲ୍ ଏବଂ ସାଂଖ୍ୟିକ ଅନୁସନ୍ଧାନ ପାଇଁ ପୁନରାବୃତ୍ତି ସମ୍ପର୍କ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଉପଯୋଗୀ। ସେଠାରେ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ମିଶ୍ରିତ ପୁନରାବୃତ୍ତି ସମ୍ପର୍କ ଅଛି ଯାହା ଉଭୟ P_n ଏବଂ P_n ଧାରଣ କରିଥାଏ।

$$nP_n = uP_n' - P_{n-1}'$$
$$(n+1)P_n = P_{n+1}' - uP_n'$$
$$(2n+1)P_n = P_{n+1}' - P_{n-1}'$$
$$(1-u^2)P_n' = n(P_{n-1} - uP_n)$$
$$(1-u^2)P_n' = (n+1)(uP_n - P_{n+1})$$

U ଉପରେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଭିନ୍ନ କରି , ଆମେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଡେରିଭେଟିଭ୍ P_n'' ଠଧାରଣ କରିଥିବା ଉପଯୋଗୀ ସମ୍ପର୍କ ପାଇଥାଉ।

$$(1-u^2)P_n'' = (n+2)uP_n' - nP_{n+1}'$$
$$(1-u^2)P_n'' = (n+1)P_{n-1}' - (n-1)uP_n'$$
$$(1-u^2)P_n'' = 2P_{n-1}' - n(n-1)P_n$$
$$(1-u^2)P_n'' = 2P_{n+1}' - (n+1)(n+2)P_n$$

ସଂଲଗ୍ନ - V: ମାପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ତ୍ରୁଟି।

ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପ୍ରଯୁକ୍ତିବିଦ୍ୟାରେ ମାପ ଏବଂ ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱ:

ମାପଗୁଡିକ ସାଂଖ୍ୟିକ ମୂଲ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ଏକ ପ୍ରକୃତ ସମୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ସହିତ ଜଡିତ ପରିମାଣକୁ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରେ।

ସଠିକ୍ ମାପ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଉଛି:

i)ଉପକରଣ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ସଠିକ୍,

ii)ବ୍ୟବହୃତ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରମାଣିତ ହେବା ଉଚିତ ଏବଂ

iii)ବ୍ୟବହୃତ ମାନକ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯିବା ଉଚିତ୍।

ବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପ୍ରଯୁକ୍ତିବିଦ୍ୟାରେ, ବ୍ୟବହାରିକ ପ୍ରମାଣ ସହିତ ପ୍ରକୃତ ମାପ ହୋଇଥିବା ମୂଲ୍ୟଗୁଡିକର ଉପଲବ୍ଧତା ବିନା ଅଗ୍ରଗତିର ସାମାନ୍ୟ ଗୁରୁତ୍ୱ ନାହିଁ। ଭେରିଏବଲ୍ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ଏକ ଉପକରଣ ଏକ ଉପକରଣ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। ଅଜ୍ଞାତ ପରିମାଣର ମୂଲ୍ୟ ମାପିବା ପାଇଁ ଏହା ମଣିଷ ପାଇଁ ଏକ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ। ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍, ଯାନ୍ତ୍ରିକ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ହୋଇପାରେ। ସମୟ ସହିତ ମାପ ହୋଇଥିବା ପରିମାଣର ପରିବର୍ତ୍ତନର ଡିଗ୍ରୀ ଉପରେ ଆଧାର କରି, ଏକ ଯନ୍ତ୍ରରେ ସ୍ଥିର କିମ୍ବା ଗତିଶୀଳ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ରହିପାରେ

ମାପରେ ତ୍ରୁଟି:

ଯଦି କୌଣସି ପାରାମିଟର ମାପିବାପାଇଁ ଆଦର୍ଶ ଅବସ୍ଥା ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ବିଭିନ୍ନ କାରଣଗୁଡ଼ିକର ହାରାହାରି ବିଚ୍ୟୁତି ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ। ମାପାଯାଇଥିବା ଏହି ଅସୀମ ସଂଖ୍ୟାର ହାରାହାରି ସତ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। କିନ୍ତୁ ଏହା କଳ୍ପନାତ୍ମକ କାରଣ ନକାରାତ୍ମକ ଏବଂ ସକରାତ୍ମକ ବିଚ୍ୟୁତି ଅଭ୍ୟାସରେ ପରସ୍ପରକୁ ବାତିଲ କରିନଥାଏ। ଆଦର୍ଶ ଅବସ୍ଥାରେ ପ୍ରାପ୍ତ ମାପ ହୋଇଥିବା ମୂଲ୍ୟକୁ ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ବା ସର୍ବୋତ୍ତମ-ମାପ ମୂଲ୍ୟ ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ। ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ଏବଂ ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପାର୍ଥକ୍ୟକୁ ଏକ ତ୍ରୁଟି କୁହାଯାଏ।

ତ୍ରୁଟିର ପ୍ରକାରଗୁଡିକ:

ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ତ୍ରୁଟିଗୁଡିକ ବ୍ୟାପକ ଭାବରେ ତିନୋଟି ବର୍ଗର ଅଟେ;

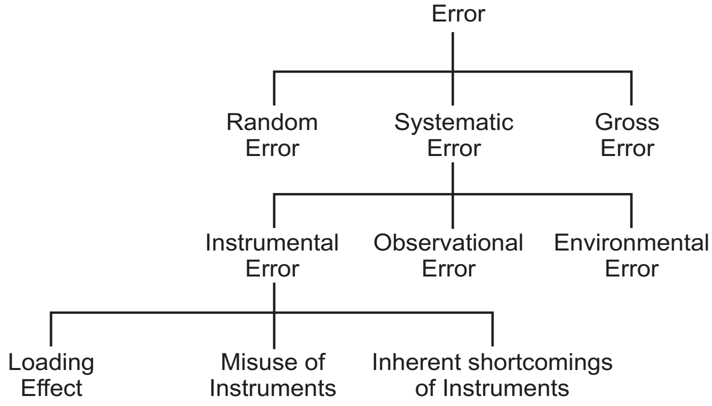
i) ସାଧନ ତ୍ରୁଟି,

ii)ପରିବେଶ ତ୍ରୁଟି ଏବଂ

iii) ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ତ୍ରୁଟି।

ଯନ୍ତ୍ରରେ ତ୍ରୁଟି, ଯନ୍ତ୍ରର ଅନୁପଯୁକ୍ତ ବ୍ୟବହାର କିମ୍ବା ଯନ୍ତ୍ରର ଲୋଡିଂ ପ୍ରଭାବ ହେତୁ ଇନଷ୍ଟ୍ରୁମେଣ୍ଟାଲ୍ ତ୍ରୁଟି ଘଟେ। ଅନୁପଯୁକ୍ତ ନିର୍ମାଣ, କାଲିବ୍ରେସନ୍ କିମ୍ବା ଏକ ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟ ହୁଏତ କିଛି ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ତ୍ରୁଟି ଘଟାଇପାରେ। ଯନ୍ତ୍ରର ବାହ୍ୟ ପରିବେଶ କାରଣରୁ ପରିବେଶ ତ୍ରୁଟି ଘଟିଥାଏ ଯେଉଁଥିରେ ତାପମାତ୍ରା, ଆର୍ଦ୍ରତା, ଧୂଳିର ଉପଲବ୍ଧତା, କମ୍ପନ କିମ୍ବା ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ କିମ୍ବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଷ୍ଟାଟିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ। କିଛି ଛୋଟ କାରଣ ହେତୁ ଅନିୟମିତ ତ୍ରୁଟି ଘଟିଥାଏ ଯାହା ଗୋଟିଏ ମାପରୁ ଅନ୍ୟ ମାପକୁ ବଦଳିଥାଏ।

ଯେକୌଣସି ଯନ୍ତ୍ରର ନିର୍ମାତା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଠିକତାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ ଯାହା ସାମଗ୍ରୀର ପ୍ରକାର ଏବଂ ଯନ୍ତ୍ର ତିଆରି କରିବାର ପ୍ରୟାସ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ। ଏହି ସଠିକତା ନାମକରଣ ମୂଲ୍ୟରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଚ୍ଛିନ୍ନତା ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି। ଏହି ବିଚ୍ୟୁତିଗୁଡିକର ସୀମାକୁ ସୀମିତ ତ୍ରୁଟି କୁହାଯାଏ। ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନାମକରଣ ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ତ୍ରୁଟିର ଅନୁପାତକୁ ଆପେକ୍ଷିକ ସୀମିତ ତ୍ରୁଟି କୁହାଯାଏ। ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ପଢିବା କିମ୍ବା ଯେକୌଣସି ମାପ ରେକର୍ଡିଂ କରିବାରେ ମାନୁଆଲ୍ ତ୍ରୁଟିଗୁଡିକ ମୋଟ ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା ଯାହା ପରୀକ୍ଷଣ ସମୟରେ ଘଟେ। ଯେକୌଣସି ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାପରେ ତ୍ରୁଟି ବିଭିନ୍ନ ଉତ୍ସରୁ ହୋଇପାରେ ଯାହା ଚିତ୍ର A.1 ରେ ଉପସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି। ଅନେକ ଉତ୍ସ ପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ର ପଢିବା ତ୍ରୁଟି ଅଧ୍ୟୟନ ହେତୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ତ୍ରୁଟି ଘଟିପାରେ। ଅନ୍ୟପକ୍ଷରେ, ପରିବେଶ ତ୍ରୁଟି, ମାପ ଯନ୍ତ୍ରର ବାହ୍ୟ ପରିସ୍ଥିତି ହେତୁ ଘଟିଥାଏ, ମୁଖ୍ୟତଃ ତାପମାତ୍ରା ଫଳାଫଳ, ବଳ, ଆର୍ଦ୍ରତା, ମଇଳା, କମ୍ପନ ଇତ୍ୟାଦି।



ଚିତ୍ର A.1: ମାପରେ ତ୍ରୁଟି।

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବ୍ୟବସ୍ଥା ହେତୁ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକର ଏକ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ସୀମା ଅଛି।

ମାପରେ ତ୍ରୁଟିର ଗଣନା।

ଏହି ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକୁ ତିନି ପ୍ରକାରରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଛି:

i) ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି,

ii) ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି, ଏବଂ

iii) ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି।

ପ୍ରକୃତ ଏବଂ ମାପ ହୋଇଥିବା ପରିମାଣର ମୂଲ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଭାବରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାଯାଇଛି। ଯଦି ଆମେ ମାପାଯାଇଥିବା ମୂଲ୍ୟକୁ V_A ଏବଂ V_E ପରି ସଠିକ୍ ମୂଲ୍ୟକୁ ସୂଚୀତ କରୁ, ତେବେ ଆମ ପାଖରେ ଅଛି।

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି $= |V_A - V_E|$

ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି = ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି / ଆକ୍ଟୁଆଲର୍

$$=\frac{|V_A - V_E|}{V_E}$$

ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି $(\%) = \frac{|V_A - V_E|}{V_E} \times 100$

ଉଦାହରଣ: ଏକ ଦର୍ଘ୍ୟ 6.8 ସେମି ହିସାବ କରାଯାଇଥିଲା କିନ୍ତୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଦୈର୍ଘ୍ୟ 6.74 ସେମି ଥିଲା। ଏହାର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଆପେକ୍ଷିକ ଏବଂ ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି ଅନ୍ୱେଷଣ କର ।

ଉତ୍ତର: ଦିଆଯାଇଛି : $V_A = 6.8$ ସେମି ଏବଂ $V_E = 6.74$ ସେମି

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି $= |V_A - V_E| = |6.8 - 6.74| = 0.06$ ସେମି

ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି $= \frac{|V_A - V_E|}{V_E} = \frac{0.06}{6.74} = 0.0089$

ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି (%) $(\%) = \frac{|V_A - V_E|}{V_E} \times 100 = \frac{0.06}{6.74} \times 100 = 0.89\%$

ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ମୂଲ୍ୟ:

ଅନିୟମିତ ତ୍ରୁଟିକୁ କମ୍ କରିବାକୁ, ମାପଗୁଡିକ ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୁଏ ଏବଂ ହାରାହାରି ମୂଲ୍ୟ ମାପ ପରିମାଣର ସଠିକ ମୂଲ୍ୟ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ। ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ମୂଲ୍ୟ ଅତି ସଠିକ୍ ପଢିବା ସହିତ ଅତି ନିକଟତର ହେବ। ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସଂଖ୍ୟା 'n' ' ଥର ନିଆଯାଏ, ତେବେ ଅନିୟମିତ ତ୍ରୁଟି 1/n କୁ କମିଯାଏ

ଏକ $a_1, a_2, a_3 \dots, a_n$ ହେଉଛି ଭୌତିକ ପରିମାଣର n ଭିନ୍ନ ମାପ ହୋଇଥିବା ପଠନ। ସବୁଠାରୁ ସଠିକ୍ ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି ଏହାର ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ମୂଲ୍ୟ ଯାହା ଏଥିରୁ ମିଳିପାରିବ।

$$a_{mean} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_i$$

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି:

ପରିମାଣର ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ଏବଂ ମାପ ହୋଇଥିବା ମୂଲ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟର ପରିମାଣ ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। ଯେହେତୁ ପରିମାଣର ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ଜଣା ନାହିଁ, ମାପାଯାଇଥିବା ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକର ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ।

ଯଦି $a_1, a_2, \dots, a_n$,ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ମାପ ହୋଇଥିବା ମୂଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ, ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକ $\Delta a_1, \Delta Da_2, \dots\dots\dots\dots$ ମାପ ହେଉଛି।

$Da_1 = a_{mean} - a_1$

$Da_2 = a_{mean} - a_2$

$Da_3 = a_{mean} - a_3$

$Da_4 = a_{mean} - a_4$ ଇତ୍ୟାଦି।

ସମସ୍ତ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟିର ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ମାପର ଅନ୍ତିମ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ବିବେଚନା କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ଅର୍ଥ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି କୁହାଯାଏ। ଗୋଟିଏ ମାପରେ ପ୍ରାପ୍ତ ମୂଲ୍ୟ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ହୋଇପାରେ: $a_{mean} \pm Da_{mean}$

ଆପକେ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି।

ମାପ ହୋଇଥିବା ପରିମାଣର ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟିର ଅନୁପାତ ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି ବା ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା। ଯେହେତୁ ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରକୃତ ମୂଲ୍ୟ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ, ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ,

ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି $\delta a = \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}}$

ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି:

ଶତକଡା expressed ଠରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲେ ଏହା ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି। ଏହିପରି,

ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି $= \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}} \times 100\%$

ଉଦାହରଣ: ଏକ ତାରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର କ୍ରମାଗତ ମାପ ହୋଇଥିବା ପଠନଗୁଡିକ ଏକ ସ୍କ୍ରୁ ଗେଜ୍ ବ୍ୟବହାର କରିବା ହେଉଛି 1.21 ମିଲିମିଟର, ଯଥାକ୍ରମେ 1.19 ମିମି, 1.20 ମିମି, 1.18 ମିମି ଏବଂ 1.17 ମିମି। ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର।

ଉତ୍ତର: ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ହେଉଛି, $a_{mean} = \frac{1.21+1.19+1.20+1.18+1.17}{5} = 1.19$ ମିମି

ଟେବୁଲ A.2: ମାପରେ ତ୍ରୁଟି।

a_{mean} ଏବଂ ମାପ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ mm ରେ ମୂଲ୍ୟ	mm ରେ ତ୍ରୁଟିର ପରିମାଣ।
1.21–1.19 = 0.02	0.02
1.19–1.19 = 0.00	0.00
1.20–1.19 = 0.01	0.01
1.18–1.19 = –0.01	0.01
1.17–1.19 = –0.02	0.02

ତ୍ରୁଟିର ଗାଣିତିକ ଅର୍ଥ ହେଉଛି, $\Delta a_{mean} = \frac{0.02+0.00+0.01+0.01+0.02}{5} = 0.016\,\text{mm}$

ଆପେକ୍ଷିକ ତ୍ରୁଟି $\delta a = \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}} = \frac{0.016}{1.19} = 0.0134$

ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି $= \frac{\Delta a_{mean}}{a_{mean}} \times 100\% = \pm 1.34\%$

ତ୍ରୁଟିର ମିଶ୍ରଣ:

ଯଦି କିଛି ପରିମାପକୁ ମିଶ୍ରଣ କରି ଏକ ପରିମାଣ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ, ତେବେ ସେହି ମାପରେ ଥିବା ତ୍ରୁଟିଗୁଡିକ କୌଣସି ପ୍ରକାରେ କିମ୍ବା ଅନ୍ୟ ଉପାୟରେ ମିଳିତ ହୋଇପାରେ।

ପରିମାଣ ରାଶିରେ ତ୍ରୁଟି:

ଆମେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ A ଏବଂ B କୁ ବିଚାର କରୁ ଯାହା A ମୂଲ୍ୟ ମାପ କରିଛି। ± ΔA ଏବଂ B ± ଯଥାକ୍ରମେ B; ΔA ଏବଂ ΔB ହେଉଛି ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି।

ତ୍ରୁଟି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ΔZ ଯାହାକି Z = A + B ରାଶିରେ ହୋଇପାରେ,

ଆମେ $Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B) = A + B \pm \Delta A \pm \Delta B$

Z ର ମୂଲ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି,

$$\Delta Z = \Delta A + \Delta B$$

ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ ଯୋଡାଯାଏ, ଫଳାଫଳର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି ମାପାଯାଇଥିବା ପରିମାଣରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟିର ସମଷ୍ଟି।

ପରିମାଣର ପାର୍ଥକ୍ୟରେ ତ୍ରୁଟି:

ଆମେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ, A ଏବଂ B କୁ ବିଚାର କରୁ ଯାହା A ମୂଲ୍ୟ ମାପ କରିଛି। ± Δ A ଏବଂ B ± ଯଥାକ୍ରମେ B ; Δ A ଏବଂ Δ B ହେଉଛି ସେମାନଙ୍କର ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି।

Z = A - B ପାର୍ଥକ୍ୟରେ ଘଟିପାରେ , ଆମେ ବିଚାର କରୁ।

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B) = A - B \pm \Delta A \pm \Delta B$$

ତେଣୁ Z ର ମୂଲ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ତ୍ରୁଟିଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଏ।

$$\Delta Z = \Delta A + \Delta B$$

ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ ବିଛିନ୍ନ ହୁଏ, ଫଳାଫଳର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି ମାପାଯାଇଥିବା ପରିମାଣରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟିର ସମଷ୍ଟି।

ପରିମାଣର ଉତ୍ପାଦରେ ତ୍ରୁଟି:

ଆମେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ, A ଏବଂ B କୁ ବିଚାର କରୁ ଯାହା A ମୂଲ୍ୟ ମାପ କରିଛି। ± ΔA ଏବଂ B ± ଯଥାକ୍ରମେ ΔB ; ΔA ଏବଂ ΔB ହେଉଛି ସେମାନଙ୍କର ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି।

ErzZ ତ୍ରୁଟି ପାଇବାପାଇଁ ଯାହା ଉତ୍ପାଦ Z = AB ରେ ହୋଇପାରେ , ଆମେ ବିଚାର କରୁ।

$$Z \pm \Delta Z = (A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B) = AB \pm A\Delta B \pm B\Delta A \pm \Delta A\Delta B$$

ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱରେ Z ଏବଂ ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ABଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ,

$$1\pm\frac{\Delta Z}{Z}=1\pm\frac{\Delta A}{A}\pm\frac{\Delta B}{B}\pm\frac{\Delta A\Delta B}{AB}$$

Z ରେ ସର୍ବାଧିକ ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି,

$$\frac{\Delta Z}{Z}=\frac{\Delta A}{A}\pm\frac{\Delta B}{B}$$

(ଯେହେତୁ ΔA ଏବଂ ΔB ଛୋଟ, ସେମାନଙ୍କର ଉତ୍ପାଦ $\frac{\Delta A\Delta B}{AB}$ Bବହୁତ ଛୋଟ ଏବଂ ଏହାକୁ ଅଣଦେଖା କରାଯାଇପାରେ)

ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣକୁ ଗୁଣିତ କରାଯାଏ, ଫଳାଫଳରେ ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି ମାପାଯାଇଥିବା ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟିର ସମଷ୍ଟି।

ପରିମାଣର ଭାଗରେ ତ୍ରୁଟି:

ଆମେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ, A ଏବଂ B କୁ ବିଚାର କରୁ ଯାହା A ମୂଲ୍ୟ ମାପ କରିଛି। ± ΔA ଏବଂ B ± ଯଥାକ୍ରମେ ΔB ; Δ A ଏବଂ Δ B ହେଉଛି ସେମାନଙ୍କର ମାପରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ରୁଟି।

ତ୍ରୁଟି ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଯାହା ΔZ ରେ ଭାଗ ହୋଇପାରେ , , Z=**A / B** , ଆମେ ବିଚାର କରିବା

$$Z\pm\Delta Z=\frac{A\pm\Delta A}{B\pm\Delta B}$$

ସେହିଭଳି, ଆମର ସମାଧାନ Z ରେ ସର୍ବାଧିକ ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟି,

$$\frac{\Delta Z}{Z}=\frac{\Delta A}{A}\pm\frac{\Delta B}{B}$$

ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପରିମାଣ ବିଭାଜିତ ହୁଏ, ଫଳାଫଳରେ ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି ମାପାଯାଇଥିବା ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟିର ସମଷ୍ଟି।

ଏହା ଦର୍ଶାଏ ଯେ Z ରେ ସର୍ବାଧିକ ଶତକଡା ତ୍ରୁଟି ହେଉଛି A ରେ ସର୍ବାଧିକ ଶତକଡ଼ା ତ୍ରୁଟିର ସମଷ୍ଟି ଏବଂ B ରେ ସର୍ବାଧିକ ଶତକଡ଼ା ତ୍ରୁଟି ଅର୍ଥାତ୍ ,

$$\frac{\Delta Z}{Z}\times100=\frac{\Delta A}{A}\times100+\frac{\Delta B}{B}\times100$$

ଯେତେବେଳେ ଏକ ଶକ୍ତି ଏକ ପରିମାଣକୁ ଉଠାଯାଏ ତ୍ରୁଟି।

ΔZ ତ୍ରୁଟି ଯାହା ଘଟିପାରେ ଯେତେବେଳେ ଏକ ପରିମାଣ ଏହାର n ଶକ୍ତିକୁ ବଢିଯାଏ , ସେହି ପରିମାଣର ଭଗ୍ନାଂଶ ତ୍ରୁଟିର n ଗୁଣ ଅଟେ , ଯଦି $Z = A^n$,

$$\frac{\Delta Z}{Z}=n\frac{\Delta A}{A}$$

Z ରେ ସର୍ବାଧିକ ଶତକଡ଼ା ତ୍ରୁଟି ଭାବରେ ଲେଖାଯାଇପାରିବ,

$$\frac{\Delta Z}{Z}\times 100 = n\times\frac{\Delta A}{A}$$

ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ତ୍ରୁଟି:

ମାପ ଉପକରଣରେ ତ୍ରୁଟି ହେତୁ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ତ୍ରୁଟି ଘଟେ। ସେମାନଙ୍କୁ ଜିରୋ ଏରର୍ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ - ଏକ ସକାରାତ୍ମକ କିମ୍ବା ନକାରାତ୍ମକ ତ୍ରୁଟି। ମାପ ଉପକରଣର ସଂଶୋଧନ ପରେ ଏହି ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକୁ ଅଲଗା କରାଯାଇପାରିବ। ଏହି ତ୍ରୁଟିଗୁଡ଼ିକୁ ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଛି।

ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ତ୍ରୁଟିଗୁଡିକ ଏହିପରି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି:

- ସାଧନ ତ୍ରୁଟି।
- ପରିବେଶ ତ୍ରୁଟି।
- ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ତ୍ରୁଟି।
- ତତ୍ତ୍ୱଗତ ତ୍ରୁଟି।

ସମାନ୍ତରାଳ ତ୍ରୁଟି:

ଯନ୍ତ୍ରରେ ପଢିବାର ଭୁଲ ନୀରିକ୍ଷଣ ହେତୁ ଏହି ତ୍ରୁଟି ଘଟିଥାଏ। ଭୁଲ୍ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣଗୁଡ଼ିକ ସମାନ୍ତରାଳ କାରଣରୁ ହୋଇପାରେ। ପାରାଲାଲକ୍ସ ତ୍ରୁଟିକୁ କମ୍ କରିବାକୁ ଦର୍ପଣ ମାପକାଠି ସହିତ ପ୍ରଦାନ କରାଯାଇଥିବା ଅତ୍ୟଧିକ ସଠିକ୍ ମିଟରଗୁଡିକ ଜରୁରୀ।

ଅନିୟମିତ ତ୍ରୁଟିର ଆକଳନ:

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାପରେ ଅନିୟମିତ ତ୍ରୁଟିର ଆକଳନ କରିବାର ଅନେକ ଉପାୟ ଅଛି। ସରଳ ଉପାୟ ହେଉଛି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ମାପର ଏକ କ୍ରମ ଏବଂ ହାରାହାରି ଏବଂ ମାନକ ବିଘ୍ନ (x ଏବଂ $\chi\ \alpha\ \lambda$) ଗଣନା କରିବା।$_x$) ଏହି ତଥ୍ୟରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା (x) ।

X ର ଅର୍ଥ ହେଉଛି,

$$\overline{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

ଯେଉଁଠାରେ x_i, i^{th} ମାପ, N ହେଉଛି ମାପର ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ଷ୍ଟାଣ୍ଡାର୍ଡ ଭେରିଏସନ,

$$\sigma_x = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2$$

ସଂଲଗ୍ନ- VI: ଲାବୋରେଟୋରୀରେ କାମ କରିବାବେଳେ କିଛି ସାଧାରଣ ଏବଂ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ।

ସାଧାରଣ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ:

1. ଲାବୋରେଟୋରୀରେ, ଚୁପଚାପ୍ ଏବଂ ସତର୍କତାର ସହିତ କାର୍ଯ୍ୟ କର। ମନେରଖ କୌଣସି ପରୀକ୍ଷଣ କରିବାର ମୂଳ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ହେଉଛି ବିଶ୍ୱସ୍ତ ମାପ କରିବା।

2. ସର୍ବଦା ନିଜ ସାଥୀଙ୍କ ସହିତ କାର୍ଯ୍ୟର ସମସ୍ତ ପଦକ୍ଷେପରେ ସମାନ ଭାବରେ ଅଂଶୀଦାର କର।

3. ଟାବୁଲାର୍ ଫର୍ମ, ଗ୍ରାଫ୍ ଏବଂ ଗଣନାରେ ତଥ୍ୟର ଉପସ୍ଥାପନା ସଠିକ୍ ଏବଂ ଆନ୍ତରିକତାର ସହିତ କରାଯିବା ଉଚିତ।

4. ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ତଥ୍ୟକୁ ରେକର୍ଡିଂ ଏବଂ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ୱ କରିବା ସମୟରେ ସର୍ବଦା ସଚ୍ଚୋଟ ରୁହ।

5. ଏହା ମନେ ରଖିବା ଅତ୍ୟନ୍ତ ଜରୁରୀ ଯେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁଯାୟୀ ଗ୍ରାଫର ଏକ ଭଲ ଫିଟ୍ ପାଇବା ପାଇଁ କେବେବି ପଠନ କିମ୍ବା ଡାକ୍ତର ସେମାନଙ୍କୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରନ୍ତି ନାହିଁ। ଯଦି କୌଣସି ପଠନ ଭୁଲ ଦେଖାଯାଏ, ତ୍ରୁଟିର ଉତ୍ସ ଖୋଜିବା ପାଇଁ ଆପଣଙ୍କୁ ବାରମ୍ବାର ମାପକୁ ପୁନରାବୃତ୍ତି କରିବାକୁ ପଡିବ।

6. ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ ସମୟରେ ପରୀକ୍ଷଣରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ସମସ୍ତ ତଥ୍ୟ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଷଡଯନ୍ତ୍ର କରାଯିବ।

7. ଏହା ଏକ ସତ୍ୟ ଯେ ଲାବୋରେଟୋରୀର ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ହେଉଛି ଶିଖିବା ଏବଂ ଆପଣ ସଂଗ୍ରହ କରିଥିବା ଜ୍ଞାନର ଏକ ଯାଞ୍ଚ। ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ସମସ୍ତ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଭିନ୍ନ ଘଟଣାକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଏହି ପରୀକ୍ଷଣଗୁଡିକ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ପରିକଳ୍ପନା କରାଯାଇଛି।

8. କେବଳ ତୁମର ଆଗ୍ରହ ସହିତ ପରୀକ୍ଷଣ କରି ସମସ୍ତ ସୂକ୍ଷ୍ମ ପଏଣ୍ଟ ସହିତ ପରିଚିତ ହେବା ଏବଂ ତୁମକୁ ମାପ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରକାଶ କରିବା ସମ୍ଭବ।

9. ଶିକ୍ଷଣର ମନୋଭାବ ଏବଂ ତୁମେ ସଂଗ୍ରହ କରିଥିବା ତତ୍ତ୍ୱଗତ ଜ୍ଞାନକୁ ଯାଞ୍ଚ କରିବାକୁ ତୁମର ଆଗ୍ରହ ସହିତ ସର୍ବଦା ପରୀକ୍ଷଣ କର।

10. ଲାବୋରେଟୋରୀରେ ସମୟ ଆସିବା ଏବଂ ପରୀକ୍ଷଣ ବିଷୟରେ ଏକ ସ୍ୱଷ୍ଟ ଜ୍ଞାନ ସହିତ ସର୍ବଦା ଉପଯୁକ୍ତ ପ୍ରସ୍ତୁତି ସହିତ ଅତି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହୁଅ।

ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ:

1. ତୁମର ପରୀକ୍ଷଣର ତଥ୍ୟ ସଂଗ୍ରହ ପାଇଁ ଲାବୋରେଟୋରୀରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାବେଳେ, ସମସ୍ତ ମାପାଯାଇଥିବା ତଥ୍ୟକୁ ନୋଟବୁକ୍ ରେ ସୁନ୍ଦର ଭାବରେ ଧ୍ୟାନ ଦେବା ଜରୁରୀ।

2. ନୋଟବୁକରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଇଥିବା ରେକର୍ଡ ହୋଇଥିବା ତଥ୍ୟକୁ ଲାବୋରେଟୋରୀ ଛାଡିବା ପୂର୍ବରୁ ତୁମ ପ୍ରଶିକ୍ଷକଙ୍କ ଦ୍ଵାରା ନିଶ୍ଚିତ କରିବାକୁ ପଡିବ।

3. ସମାନ ପରୀକ୍ଷଣ କରୁଥିବା ସମସ୍ତ ଛାତ୍ରଙ୍କୁ ରେକର୍ଡ ହୋଇଥିବା ତଥ୍ୟର ବ୍ୟକ୍ତିଗତ କପି ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ପଡିବ। ଯେତେବେଳେ ଆପଣ ପରୀକ୍ଷଣ କରିବାକୁ ଆସନ୍ତି ନିୟମିତ ଭାବରେ ଲାବୋରେଟୋରୀ ନୋଟବୁକ୍ ଆଣିବା ଆବଶ୍ୟକ।

4. ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରୀକ୍ଷଣର ଶେଷରେ ଗ୍ରାଫ୍ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଅଙ୍କିତ ହେବ।

5. ଏଥିପାଇଁ ତୁମକୁ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ଗ୍ରାଫ୍ ପେପରର ବ୍ୟବହାର ଉପରେ କିପରି ଅପ୍ଟିମାଇଜ୍ କରାଯାଏ। ମନେରଖ ସମସ୍ତ ପୁନରାବୃତ୍ତି ତଥ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ ଶୀଟ୍ ରେ ସ୍ଥାନିତ ହେବ।

6. ଅନୁରୂପ ୟୁନିଟ୍ ଦେଖାଉଥିବା ଅକ୍ଷଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ଗ୍ରାଫ୍ ଗୁଡିକ ସଠିକ୍ ଭାବରେ ଲେବଲ୍ ହେବ।

7. ଲାବୋରେଟୋରୀରେ କାର୍ଯ୍ୟ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ତୁମର ଏହି ସମୟକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ଉପଯୋଗ କରିବା ଉଚିତ୍ ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟ ସମୟ ସମାପ୍ତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଲାବୋରେଟୋରୀ ଛାଡ ନାହିଁ। ଯଦି ତୁମେ ଶୀଘ୍ର ଶେଷ କର, ତୁମେ ଗଣନା ଏବଂ ଗ୍ରାଫ୍ ଚିତ୍ରାଙ୍କନ ସମାପ୍ତ କରିବାକୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ସମୟ ବିତାଇ ପାରିବ ଏବଂ ଏଥିପାଇଁ ଲାବୋରେଟୋରୀରେ ତୁମେ କାଲକୁଲେଟର, ପେନ୍ସିଲ୍ ଏବଂ ସ୍କେଲ୍ ସହିତ ସଜ୍ଜିତ ହେବାକୁ ପଡିବ।

ଅଧିକ ଶିକ୍ଷାପାଇଁ ସନ୍ଦର୍ଭ

କିଛି ବହି (ଉଭୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଏବଂ ବ୍ୟବହାରିକ) ତାଲିକା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି, ଯାହା ବିଷୟର ଅଧିକ ଶିକ୍ଷାପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ:

1. C. H. Bernard and C. D. Epp, Laboratory Experiments in College Physics, John Wiely and Sons Inc., New York, 1995.
2. G. L. Squiers, Practical Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
3. M. H. Shamos, Great Experiments in Physics, Holt Rinehrt and Winston Inc., 1959.
4. A. C. Melissions, Experiments in Modern Physics, Academic Press, New York, 1978.
5. J. Ziman, Reliable Knowledge, Cambridge University Press, Cambridge, 1978.
6. "Introductory Readings in the Philosophy of Science", Edited by E.D. Klenke,R. Hollinger and A.D. Kline, Prometheous Books, Bufallo, New York, 1988.

7. R. P. Feymann, R. B. Leighton and M. Sands, The Feynman Lectures in Physics, Vol. I, II and III, Addison Wesley, 1963.
8. A.P. French, Vibration and Waves, Arnold-Heineman, New Delhi, 1972.
9. M. Browne, Physics for Engineering and Science, 2nd Edition, McGraw-Hill/Schaum, 2008.
10. B. Dibner, Oersted and the discovery of electromagnetism, Literary Licensing, LLC, 2012.
11. C. H. Durney and C. C. Johnson, Introduction to modern electromagnetics. McGraw-Hill, 1969.
12. D. Fleisch, A Student's Guide to Maxwell's Equations. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2008.
13. I. S. Grant and W. R. Phillips, Manchester Physics, Electromagnetism, 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2008.
14. D. J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 3rd Edition, Prentice Hall, 1998.
15. J. D. Jackson, Classical Electrodynamics, 3rd Edition, Wiley, 1998.
16. A. Moliton, Basic electromagnetism and materials, 430 pages, New York City: SpringerVerlag New York, LLC, 2007.
17. E. M. Purcell, Electricity and Magnetism Berkeley, Physics Course Volume 2, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1985.
18. E. M. Purcell and D. Morin, Electricity and Magnetism, 820p, 3rd Edition, Cambridge University Press, New York, 2013.
19. E. J. Rothwell and M. J. Cloud, Electromagnetics, CRC Press, 2001.
20. T. A. Beiser, Concepts of Modern Physics, 4th Edition, McGraw-Hill (International), 1987.
21. L. H. Greenberg, Physics with Modern Applications. Holt-Saunders International W.B. Saunders and Co, 1978.
22. R. G. Lerner and G. L. Trigg, Encyclopaedia of Physics, 2nd Edition, VHC Publishers, Hans Warlimont, Springer, pp. 12–13, 2005.
23. H. J. Pain, The Physics of Vibrations and Waves, 3rd Edition, John Wiley and Sons, 1984. 280 | Physics - Introduction to Electromagnetic Theory
24. R. Penrose, The Road to Reality, Vintage books, 2007.
25. P. A. Tipler and G. Mosca, Physics for Scientists and Engineers: With Modern Physics, 6th Edition, W. H. Freeman and Co, 2008.
26. P. M. Whelan and M. J. Hodgeson, Essential Principles of Physics, 2nd Edition, John Murray, 1978.

CO ଏବଂ PO ATTAINMENT TABLE

ଏହି ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ପାଇଁ ପାଠ୍ୟକ୍ରମର ଫଳାଫଳ (COs) ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ସମାପ୍ତ ହେବା ପରେ ପ୍ରୋଗ୍ରାମ ଫଳାଫଳ (POs) ସହିତ ମ୍ୟାପ୍ ହୋଇପାରିବ ଏବଂ ବ୍ୟବଧାନକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା ପାଇଁ PO ର ପ୍ରାପ୍ତି ପାଇଁ ଏକ ସମ୍ପର୍କ କରାଯାଇପାରିବ। PO ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବଧାନରେ ବ୍ୟବଧାନର ସଠିକ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପରେ ଏହି ବ୍ୟବଧାନକୁ ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ପଦକ୍ଷେପ ନିଆଯାଇପାରେ।

CO ଏବଂ PO ପ୍ରାପ୍ତିପାଇଁ ଟେବୁଲ

ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଫଳାଫଳ (COs)	ପ୍ରୋଗ୍ରାମ ଫଳାଫଳଗୁଡିକର ପ୍ରାପ୍ତି। (1- ଦୁର୍ବଳ ସମ୍ପର୍କ; 2- ମଧ୍ୟମ ସମ୍ପର୍କ; 3- ଦୃଢ ସମ୍ପର୍କ)											
	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	PO-6	PO-7	PO-8	PO-9	PO-10	PO-11	PO-12
CO-1												
CO-2												
CO-3												
CO-4												
CO-5												
CO-6												

ଫାଙ୍କା ବିଶ୍ଳେଷଣ ପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ସାରଣୀରେ ଭରାଯାଇଥିବା ତଥ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ।

ଶବ୍ଦକୋଷ(Glossary)

ଅଦିଶ-Scalar
ଅଭିବାହ-Flux
ଅନୁକରଣାତ୍ମକ- Inductor
ଅଧାରୋପଣ-Superposition
ଅନୁଚ୍ଛେଦ-Chapter
ଅବିଶ୍ରାନ୍ତ-Contineus
ଅବକଳ-Differential
ଅବକଳନ-Differentiation
ଅବକଳ ସମୀକରଣ-Differential equation
ଅପସରଣ- Divergence
ଅବାସ୍ତବ-Vegue
ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି-Expression
ଅନୁଶୀଳନୀ- Exercise
ଆୟାମ-Amplitude
ଆଞ୍ଚଳିକ-Zonal
ଆଣବିକ ସଂରଚନା-Atomic configuration
ଆବେଶ-Charge
ଆୟନ ପରିମାଣ-Concentration
ଆବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ Eddy Current
ଆବୃତି-Frequency
ଅବିଶୁଦ୍ଧତା, ଅପରିସ୍କୃତତା -Impurity
ଅପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ-Isotropic
ଅବିଚ୍ଛେଦ୍ୟ ପ୍ରକାର-Integral form
ଅଭେଦ-Identity
ଅଣଦେଖା-Ignore
ଅଧିକ ଜାଣିବା-Know more
ଆଘୁର୍ଣ୍ଣ-Moment
ଅସ୍ଥିର-Non steady
ଅଭିବିନ୍ୟସ୍ତ- Orient
ଆଶାବାଦ-Optimization
ଆଦେଶ-Order
ଅବଶିଷ୍ଟ, ଅବଶେଷ-Residue
ଅନୁବାଦ କରିବା-Translate
ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ-Transverse
ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ-Time period
ଅଧ୍ୟାୟ-Unit
ଅଧ୍ୟାୟ ସାରାଂଶ-Unit summery
ଉପକରଣ ଗୁଡିକ-Devices
ଉଦାହରଣ-Example
ଉପକ୍ରମ-Introduction
ଉଲେଖନୀୟ-Phenomenon
ଏକାପରି-Identical
ଏକାଧିକ ବିକଳ୍ପ ପ୍ରଶ୍ନ-Multiple choice question
କ୍ରାନ୍ତିକ-Critical
କୁପରିବାହୀ-Insulator
କୁଣ୍ଡଳୀ- Coil
କ୍ରମ-Order
କକ୍ଷପଥ-Orbit
କାଦୁଅ-Puddle
କ୍ରମନିମ୍ନ-Slope
ଗାଢତା-Concentration
ଗୁଣାଙ୍କ-Coefficient

ଗୁଣନାୟକ-Factor

ଗୁଣାକୃତିମାନ-Harmonic

ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ-Important

ଗୁଣିତକ-Integer

ଘନତା, ଘନତ୍ୱ- Density

ଚଳ ବିଦ୍ୟୁତ –Current electricity

ଚରମ-Maximum

ଚାର୍ଜ ଧାରକ-Capacitor

ଚକ୍ରାକୃତି-Circuital

ଚଳନ ପରିବେଗ-Drift velocity

ଚୁମ୍ବକୀୟ ବୋତଲ-Magnetic bottle

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ- Magnetic dipole

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିସର- Magnetic domain

ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର- Magnetic field

ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସାମର୍ଥ୍ୟ- Magnetic field strength

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଭିବାହ- Magnetic flux

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏକକ ମେରୁ- Magnetic monopole

ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ- Magnetic pole

ଚୁମ୍ବକୀୟତା, ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପ୍ରଦାନ ପ୍ରକ୍ରିୟା-Magnetization

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା- Magnetic permeability

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପାରଗମ୍ୟତା- Magnetic susceptibility

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ- Magnetic induction

ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରକ୍ରିୟା-Magnetism

ଚୁମ୍ବକ ଝଡ଼- Magnetic storm

ଚୁମ୍ବକ ମୂଳଅଂଶ- Magnetic element

ଚୁମ୍ବକ ମଣ୍ଡଳ- Magnetosphere

ଚିହ୍ନ-Notation

ଚାପ-Pressure

ଛାଞ୍ଚଢଳା ଲୁହା-Wrought iron

ଜଡତ୍ୱ-Inertia

ଝୁଲୁଥିବା-Suspended

ଦୋଳନ -Oscillate

ଦ୍ୱିରାଶିକ-Binomial

ଧ୍ରୁବ, ଧ୍ରୁବାଙ୍କ- Constant

ଧ୍ରୁବୀୟତା- Polarity

ଧ୍ରୁବକ- Coefficient

ଧାଡିରେ ସ୍ଥାପିତ-Alignment

ନିଗ୍ରାହତା-Coercivity

ତୀବ୍ରତା- Intensity

ପଦ-Term

ପରମାଣୁ-Atom

ପରମ ତାପମାତ୍ରା-Critical temperature

ପରିପଥ-Circuit

ପରିବାହକ-Conductor

ପରିବାହୀ-Conductivity

ପରିବହନ-Conduction

ପରିବାହିତା-Conductance

ପରିଚଳନ-Convection

ପରିମେୟ, ପରିସର- Dimension

ପରିସର କ୍ଷେତ୍ର- Domain

ପରିସୀମା-Perimeter

ପରିମାଣ-Quantity

ପରିଣାମୀ- Resultant

ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ-Test charge

ପରିବର୍ତ୍ତିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ-Varying electric current

ପର୍ଯ୍ୟାୟ-Series

ପରିପକ୍ୱ-Saturation

ପରାବୈଦ୍ୟୁତିକ-Dielectric

ପରାବୈଦ୍ୟୁତାଙ୍କ-Permeability

ପରିଚ୍ଛେଦ-Section

ପ୍ରୟୋଗ-Application

ପ୍ରବେଶ୍ୟତା, ପ୍ରବଣତା-Susceptibility

ପରିକଳ୍ପନା-Hypothesis

ପ୍ରେରିତ-Induced

ପ୍ରେରକତ୍ୱ- Inductance

ପ୍ରେରଣ, ପ୍ରରୋଚିତ- Induction

ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ-Inversely Proportional

ପ୍ରପୀଡ଼ିତ-Laden

ପ୍ରସାରଣ-Propagation

ପ୍ରତିରୂପ-Pattern

ପ୍ରଶ୍ନୋତ୍ତର-Question Answer

ପ୍ରତିଷ୍ଟମ୍ଭ-Reluctance

ପ୍ରସଙ୍ଗ-Reference

ପୃଷ୍ଠତଳ-Surface

ପାଣ୍ଡୁଲିପି-Manuscript

ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ

ପାରମାଣିକ କେନ୍ଦ୍ର-Nucleus

ପ୍ରାକ ଆବଶ୍ୟକତା-Prerequisite

ପାରଗମ୍ୟତା-Permeability

ପ୍ରାବସ୍ଥା-Phase

ପ୍ରତିସାମ୍ୟ -Symmetry

ଫଳନ-Function

ଫାଶ-Loop

ବିଭଙ୍ଗ-Breakdown

ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠତଳ-Curved surface

ବହନ କରିବା-Carry

ବନ୍ଧ-Link

ବିସ୍ଥାପିତ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ-Displacement current

ବିକୀର୍ଣ୍ଣନ-Diffraction

ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ, ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ- Electric current

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆବେଶ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜ- Electric charge

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ, ବିଦ୍ୟୁତ ବିଭବ- Electric potential

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପାର୍ଥକ୍ୟ-Electric potential difference

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା-Electric power

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ-Electro magnetism

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ-Electro magnetic

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରଙ୍ଗ-Electromagnetic wave

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ-Electric Displacement

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର-Electric field

ବିଲୋମ ପାତି-Inversely Proportional

ବିକୀରଣ, ବିଚ୍ଛୁରଣ-Radiation

ବିକର୍ଷଣ-Repulsive

ଭାରାକ୍ରାନ୍ତ-Laden

ଭଉଁରି-Swirl

ଭାଷାନ୍ତର କରିବା-Translate

ମୂଲ୍ୟ ନିରୂପଣ-Evaluate

ମୁକ୍ତ ପରିସର-Free space

ମୌଳିକ-Fundamental

ମୋଟ ପ୍ରବାହ-Net flow

ମହାଶୂନ୍ୟ- Vacuum

ଲେଖଚିତ୍ର- Graph

ସାଦୃଶ୍ୟ-Analogy

ସହଗ-Coefficients

ସଦିଶ -vector

ସଂରକ୍ଷଣ-Conservation

ସୁପରିବାହୀ-Conductor

ସ୍ୱଭାବସିଦ୍ଧ-Characteristics

ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ-Classical

ସମାନୁପାତୀ-Directly Proposal

ସିଦ୍ଧାନ୍ତ-Deduction

ସ୍ୱଷ୍ଟ ଅସ୍ତିତ୍ୱ ସମ୍ପନ୍ନ-Entity

ସମୀକରଣ-Equation

ସମତାଳ-Harmonic

ସମାଂଗ-Homogeneous

ସମଦିଶୀ-Isotropic

ସମାକଳ-Integral

ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୃଥକ ତନ୍ତ୍ର-Isolated system

ସର୍ବସମ, ସମାନ-Identical

ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର-Individual

ସଂବେଗ-Momentum

ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଯୋଜନା-Mini project

ସଠିକ ପ୍ରବାହ-Net flow

ସଂକେତ-Notation

ସ୍ୱୀକାର-Postulate

ସହାୟକ-Reference

ସମାଧାନ-Solution

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ-Static electricity

ସାମର୍ଥ୍ୟ-Strength

ସ୍ଥିର, ସ୍ଥାୟୀ-Steady

ସନ୍ତୁଷ୍ଟ-Satisfied

ସମାଧିତ ପ୍ରଶ୍ନ- Solved Question

ସ୍ଥାନ-Space

ସଂଚାରଣ- Transmission

ସ୍ପର୍ଶକ-Tangential

ସମୟାନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ- Time varying

ସମ, ସମାନତା-Uniform

ସର୍ବବ୍ୟାପୀ-Universal

ସାରାଂଶ- Summery

ସଦିଶ ରାଶି-Vector Quantity

କ୍ଷଣିକ-Momentary

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପରିଚୟ

ପ୍ରୟୋଗଶାଳା ନିୟମାବଳି ସହିତ

ଡ. ସୁଶାନ୍ତ କୁମାର ଷଡ଼ଙ୍ଗୀ ଶିକ୍ଷା ଓ ଅନୁସନ୍ଧାନ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ"ରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ ଏବଂ ଦୁରଯୋଗାଯୋଗ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ବିଭାଗରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ସହଯୋଗୀ ଅଧ୍ୟାପକ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟରତ। IIT Kharagpurରେ "speech signal processing" ଗବେଷଣା କରି 2020 ମସିହାରେ ପିଏଚଡ଼ି ଲାଭ କରିଛନ୍ତି। ତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଇଂରାଜି ଭାଷାରେ ଲିଖିତ ଅନେକ ଗବେଷଣାଭିତ୍ତିକ ନିବନ୍ଧ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ସ୍ତରରେ ପ୍ରକାଶିତ, ଆଦୃତ ଓ ପୁରସ୍କୃତ ହୋଇଛି।

ଡ. ଦିଲ୍ଲିପ କୁମାର ପଟ୍ଟନାୟକ, ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୁଣୁପୁର ସ୍ଥିତ ଜି.ଆ.ଇ.ଟି ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ବିଭାଗରେ ବରିଷ୍ଠ ପ୍ରାଧ୍ୟାପକ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟରତ ତଥା ବେସିକ୍ ସାଇନ୍ସ ଓ ହ୍ୟୁମାନିଟିସ୍ ବିଭାଗର ମୁଖ୍ୟ ଭାବରେ ଅବସ୍ଥାପିତ। ବ୍ରହ୍ମପୁର ସ୍ଥିତ ଖଲିକୋଟ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟରୁ ସ୍ନାତକତ୍ତୋର ଡିଗ୍ରୀ ହାସଲ କରିବା ସହ ସେ ମେଟେରିଆଲ ସାଇନ୍ସରେ ପିଏଚଡି ଡିଗ୍ରୀ ହାସଲ କରିଛନ୍ତି । ବୈଷୟିକ ଶିକ୍ଷାଦାନ ସହିତ ୧୮ ବର୍ଷରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ କାଳ ଧରି ବିଭିନ୍ନ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରଶାସନିକ ଦାୟିତ୍ୱ ନିର୍ବାହ ପୂର୍ବକ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ କନଫରେନସରେ ୨୦ରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଉଚ୍ଚକୋଟୀର ଗବେଷଣାତ୍ମକ ନିବନ୍ଧ ପ୍ରକାଶ କରିଛନ୍ତି। ତାଙ୍କର ଅନେକ ଗବେଷଣା ସନ୍ଦର୍ଭ ଜାତୀୟ ଓ ଅର୍ନ୍ତଜାତୀୟ ପତ୍ରିକାରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ତାଙ୍କ ଅଧିନରେ ଅନେକ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ଗବେଷଣାରତ ଅଛନ୍ତି।

ପ୍ରଫେସର ବିମଳକୃଷ୍ଣ ଦାସ (ବିଷୟ ସମୀକ୍ଷକ**)** ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟରୁ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀରେ ଉତ୍ତୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ବିଭିନ୍ନ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟରେ ଅଧ୍ୟାପକ ଓ ଶେଷରେ ଜଗତସିଂହପୁର S.V.M ସ୍ୱୟଂଶାସିତ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟର ଅଧକ୍ଷ ଦାୟିତ୍ୱ ନିର୍ବାହ କରିଥିଲେ। ଅବସର ପରେ ବିଜ୍ଞାନର ପ୍ରଚାର ଓ ପ୍ରସାରପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଉପାଦେୟ ପୁସ୍ତକ ରଚନାରେ ନିୟୋଜିତ ଅଛନ୍ତି।

ଡକ୍ଟର ଅନନ୍ତ କିଶୋର ଜେନା (ଆସୋସିଏଟ ପ୍ରଫେସର), ଶାନ୍ତିନିକେତନରୁ ଓଡ଼ିଆ ଭାଷା ସାହିତ୍ୟରେ ସ୍ନାତ୍ତକୋତ୍ତର ଡିଗ୍ରୀ ପ୍ରାପ୍ତ ହେଲା ପରେ ୧୯୯୦ ମସିହାରୁ ବିଭିନ୍ନ ସରକାରୀ ମହାବିଦ୍ୟାଳୟରେ ଅଧ୍ୟାପନା କରି ଆସୁଛନ୍ତି। ସେ ଜଣେ ସମାଲୋଚକ, ଭାଷାତତ୍ତ୍ୱବିତ ତଥା ଅନୁବାଦକ ଭାବରେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ତଥା ସାହିତ୍ୟିଙ୍କ ମହଲରେ ସୁପରିଚିତ। ଅଦ୍ୟାବଧି ତାଙ୍କର ୧୬ ଖଣ୍ଡ ଅନୁବାଦ ପୁସ୍ତକ, ସମାଲୋଚନା ପୁସ୍ତକ, ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇ ପାଠକ ଓ ଗବେଷକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଆଦୃତି ଲାଭ

ଡକ୍ଟର ସୁବ୍ରତ କୁମାର ପୃଷ୍ଟି ସଦସ୍ୟ ସଚିବ, ଓଡିଆ ଅଧ୍ୟୟନ ଓ ଗବେଷଣା ସଂସ୍ଥା, ଭୁବନେଶ୍ୱରରେ କାର୍ଯ୍ୟରତ। ଓଡିଆ ଭାଷାର ଶାସ୍ତ୍ରୀୟତାପାଇଁ ନିଜସ୍ୱ ଉଦ୍ୟମରେ ଗବେଷଣା ସନ୍ଦର୍ଭ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରି ଉଭୟ ସରକାରି ଓ ବେସରକାରି କମିଟିକୁ ପ୍ରଦାନ କରିଥିଲେ। ଓଡିଆ ଭାଷାର ଶାସ୍ତ୍ରୀୟ ମାନ୍ୟତା, ଓଡିଆ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ସ୍ଥାପନା, ଓଡିଆରେ ସରକାରି କାମ, ଓଡିଆରେ ଶିକ୍ଷା ଓ ଓଡିଶାରେ ନିଯୁକ୍ତି ଭଳି ବହୁ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି ଏହାଙ୍କ ନିରବଛିନ୍ନ ଉଦ୍ୟମର ଫଳଶ୍ରୁତି। ତାଙ୍କର ପ୍ରାୟ ୩୦ରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ପୁସ୍ତକ ତଥା ୫୦ରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଗବେଷଣା ନିବନ୍ଧ ଜାତୀୟ ଓ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ସ୍ତରର ପତ୍ରପତ୍ରିକାରେ ପ୍ରକାଶିତ। ପ୍ରତିବର୍ଷ ଜାତୀୟ ଭାଷା ସମ୍ମିଳନୀ ଆୟୋଜନ କରି ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ସ୍ତରରେ ଓଡିଆ ଭାଷାର ନୂଆଦିଗ ଉପରେ ଆଲୋକପାତ କରିବାରେ ତାଙ୍କର ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ରହିଛି। ନିଜର ଗବେଷଣା କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ଯୁବ ଭାଷା ଗବେଷକ ଭାବରେ ସେ ସମ୍ମାନଜନକ ମହର୍ଷି ବାଦରାୟଣ ବ୍ୟାସ ସମ୍ମାନ ଭାରତର ମହାମହିମ ରାଷ୍ଟ୍ରପତିଙ୍କଠାରୁ ଗ୍ରହଣ କରିବାପାଇଁ ମନୋନୀତ ହୋଇଛନ୍ତି।

ISBN 978-93-91638-16-0

9 789391 638160

Also available as an ebook

Published by

Institute of Odia Studies and Research. 3R9, BJB Nagar, Bhubaneswar, Odisha