15

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର

(ELECTRIC CHARGE AND ELECTRIC FIELD)

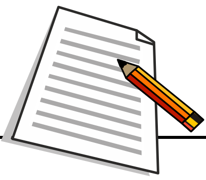
ତୁମେ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ, ତାପ ଓ ଆଲୋକ ତନ୍ତ୍ର ସଂପର୍କରେ ତଥା ଏମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଦେଖାଯାଇଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପରିଘଟଣା ସଂପର୍କରେ ଜାଣିଛ । ଆମର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ଗୁରୁତ୍ୱ ସର୍ବତ୍ର ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଆମ୍ଭେମାନେ ଯେଉଁସବୁ ଭୌତିକ ସୁବିଧାଗୁଡ଼ିକ ଉପଲବ୍ଧ କରୁ ଏବଂ ଆମର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ବ୍ୟବହୃତ ବିଭିନ୍ନ ଉପକରଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଣ ଥରେ ବନ୍ଦ ହୋଇଗଲେ ଆମେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିଘଟଣମାନଙ୍କ ଉପରେ କେତେ ନିର୍ଭରଶୀଳ, ତାହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହୁଏ । ଖରାଦିନେ ପଙ୍ଖା, କୁଲର୍ ଏବଂ ଶୀତତାପ ନିୟନ୍ତ୍ରକ (A.C.) ଏବଂ ଶୀତଦିନରେ ହିଟର, ଗିଜର ଇତ୍ୟାଦି କାମ କରେ ନାହିଁ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ରେଡ଼ିଓ, ଟି.ଭି. କଂପ୍ୟୁଟର, ମାଇକ୍ରୋୱେଭ୍ ଇତ୍ୟାଦି କାମ କରେ ନାହିଁ । ପାଣି ପମ୍ପ ମଧ୍ୟ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଜମିରେ ଜଳସେଚନ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଯେଉଁ ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକରେ ରେଳଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟରେ ଚାଲୁଥାଏ, ସେଠାରେ ରେଳ ସେବା ଠପ୍ ହୋଇଯାଏ । ଶିଳ୍ପ ସଂସ୍ଥାରେ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଚାଲିପାରିବ ନାହିଁ । ସଂକ୍ଷେପରେ, ଜୀବନଯାତ୍ରା ପ୍ରାୟ ଠପ୍ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ବେଳେ ବେଳେ ଜନସାଧାରଣଙ୍କ ରୋଷ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିଘଟଣାଗୁଡ଼ିକର ଅଧ୍ୟୟନ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଅଟେ ।

ଏହି ପାଠରେ ତୁମେ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ବିଷୟରେ ଜାଣିବ । ବିଭିନ୍ନ ପରିସ୍ଥିତିରେ ସେମାନଙ୍କର ଆଚରଣ ଜାଣିବ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବା ବଳ ଏବଂ ପରିବେଷ୍ଟନୀର ଆଚରଣ ମଧ୍ୟ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ । ସାଧାରଣ ଭାବରେ କହିଲେ ଏଠାରେ ଆମେ ଭୌତିକ ବିଜ୍ଞାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଶାଖାର ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା । ଏହି ବିଭାଗକୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍/ଶକ୍ତିର ବିଜ୍ଞାନ (electrostatics) କହନ୍ତି ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପଢ଼ି ସାରିବା ପରେ ତୁମେ:

- *ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ମୌଳିକ ଧର୍ମ କହି ପାରିବ;*
- *କ୍ୱାଣ୍ଟିକରଣ (quantisation) ଏବଂ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣର ଧାରଣା ବୁଝାଇ ପାରିବ:*
- *ଚାର୍ଜ - ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମକୁ ବୁଝାଇ ପାରିବ ;*
- *ଏକ ସ୍ଥିର ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇପାରିବ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳରେଖା ଅଙ୍କନ କରିପାରିବ;*
- *ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ (dipole), ଡାଇପୋଲ୍ - ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (moment) ଏବଂ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କ୍ଷେତ୍ରର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇପାରିବ; ଏବଂ*
- *ଗସ (Gouss)ଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କରିପାରିବ ଏବଂ ବିନ୍ଦୁଚାର୍ଜ ଏବଂ ଚାର୍ଜିତ ଲମ୍ବା ତାର ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିପାରିବ ।*



ଟିପ୍ପଣୀ

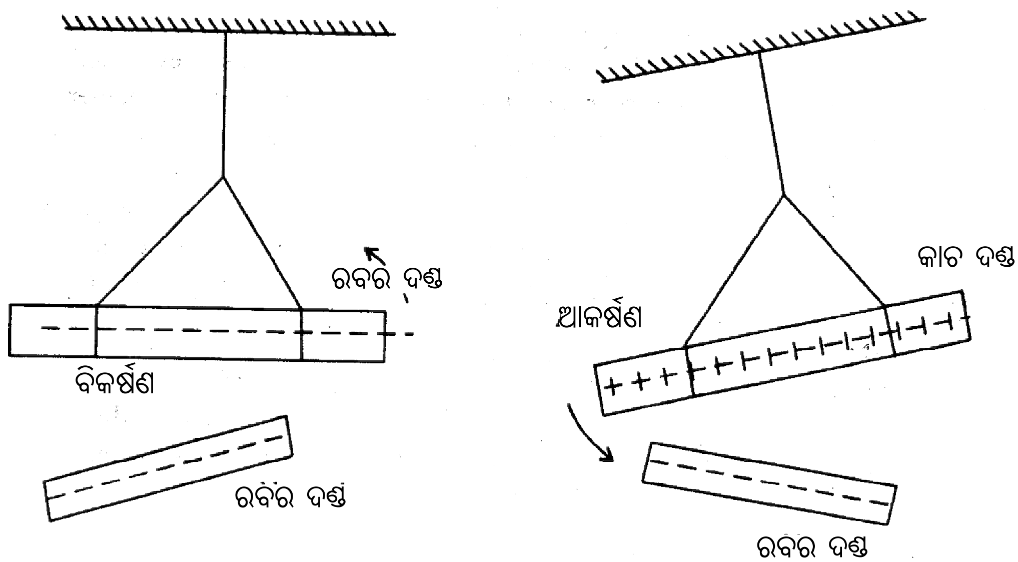
15.1 ଘର୍ଷଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ (Frictional Electsicily)

ଗ୍ରୀସ୍‌ର ଲୋକମାନେ ଖ୍ରୀଷ୍ଟପୂର୍ବ 600 ବର୍ଷ ପୂର୍ବରୁ ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପରିଘଟଣାଗୁଡ଼ିକ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରି ଥିଲେ । ସେମାନେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିଲେ ଯେ ଖଣ୍ଡେ ଏମ୍ବର (Amber)କୁ ଘଷିଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ତାହା ଛୋଟ ଛୋଟ ପକ୍ଷୀର ପରକୁ ଆକର୍ଷିତ କରେ । ଗ୍ରୀକ୍ ଶବ୍ଦ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଅର୍ଥ ହେଉଛି ଏମ୍ବର । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରିକ୍ ବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଏହି ଶବ୍ଦରୁ ଆନୀତ ।

ଏଠାରେ ଆମେ ଚାର୍ଜର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ ସଂପର୍କରେ ଜାଣିବାକୁ କେତେକ ସରଳ ପରୀକ୍ଷଣ କରିପାରିବା । ତୁମ ମୁଣ୍ଡର ଶୁଖିଲା ବାଳକୁ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ପାନିଆରେ କୁଣ୍ଡାଇ ଯଦି ପାନିଆକୁ ଛୋଟ କାଗଜ ଟୁକୁଡ଼ା ଉପରେ ଦେଖାଇବେ, ତାହା କାଗଜ ଟୁକୁଡ଼ାକୁ ଆକର୍ଷିତ କରିବ । ଏହା କିପରି ସମ୍ଭବ ହେଉଛି ଜାଣିଛ କି ? ଆସ ଏହି ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଜାଣିବା ପାଇଁ ଦୁଇଟି ସରଳ ପରୀକ୍ଷଣ କରିବା ।

ତୁମପାଇଁ କାମ - 15.1

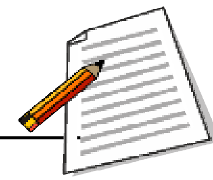
ଏକ ଶକ୍ତ ରବର ଦଣ୍ଡ ନିଅ ଏବଂ ଏହାକୁ ଚମଡ଼ା ବା ପଶମ ଦ୍ୱାରା ଘଷ । ତା'ପରେ ଅନ୍ୟ ଏକ କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ନେଇ ତାହାକୁ ରେଶମ କନା ଦ୍ୱାରା ଘଷ । ଚିତ୍ର 15.1 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲାଭଳି ଏକ ଆଧାରରୁ ଉଭୟ (ରବରଦଣ୍ଡ ଓ କାଚଦଣ୍ଡ)କୁ ଅଲଗା ଅଲଗା ଭାବରେ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଝୁଲାଇ ରଖ ।



ଚିତ୍ର 15.1 ଚାର୍ଜ - ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆକର୍ଷଣ ଓ ବିକର୍ଷଣ ବଳ : (a) ଏକ ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡ ଓ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । (b) ଏକ ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାଚଦଣ୍ଡ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଅର୍ଥାତ୍ ବିଷମ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପଶମ କନାରେ ଘଷା ହୋଇଥିବା ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ଅନ୍ୟ ଚାର୍ଜିତ ଏହି ଦଣ୍ଡ ଆଡ଼କୁ ଗୋଟିକ ପରେ ଗୋଟିଏ ନିଅ । ତୁମେ କ'ଣ ଦେଖୁଛ ?

- ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ଝୁଲାଯାଇଥିବା ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡ ପାଖକୁ ଆଣିଲେ ସେମାନେ ବିକର୍ଷଣ ଦେଖାନ୍ତି । ଚିତ୍ର 15.1(a) ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ଚାର୍ଜିତ କାଚଦଣ୍ଡ (ଝୁଲୁଥିବା) ନିକଟକୁ ନେଲେ, ତାହା ଆକର୍ଷଣ ଦେଖାଏ । (ଚିତ୍ର 15.1(b))

  ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାଚଦଣ୍ଡକୁ ଆଣିଲେ ସମାନ ଧରଣର ଫଳ ମିଳିବ । ଏହି ପରୀକ୍ଷଣ (କ୍ରିୟାକଳାପ)କୁ ଆଧାର କରି ଆମେ କହି ପାରିବା ;

- ଏକ ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାଚଦଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ମାତ୍ର ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ବିକର୍ଷଣ କରେ ।
- ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜିତ କାଚଦଣ୍ଡ ନିକଟକୁ ନେଲେ ତାହା ବିକର୍ଷିତ ହେବ, ମାତ୍ର ଚାର୍ଜିତ ରବର ଦଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିବ ।

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ରିୟାକଳାପରୁ ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କରିବା ଯେ, ରବର ଦଣ୍ଡରେ ଏକ ପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଛି ଏବଂ କାଚ ଦଣ୍ଡରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଛି । **ସମାନ ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ଓ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।**

ବୈଜ୍ଞାନିକ (ବେଞ୍ଜାମିନ୍ ଫ୍ରାଙ୍କଲିନ୍ 1706 - 1790) ମତ ଦେଲେ ଯେ, କାଚ ଦଣ୍ଡରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ ରବର ଦଣ୍ଡରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ନେଗେଟିଭ୍ । ସେହି କାଳରୁ ଏହି ପଦ୍ଧତି ପ୍ରଚଳିତ ହେଉଅଛି ।

ଘର୍ଷଣ କରିବା ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଚାର୍ଜିତ ହେଲେ, ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପରିବାହୀ ବସ୍ତୁକୁ ଚାର୍ଜିତ କରିହୁଏ ।

ପରିଚଳନ ଦ୍ୱାରା ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ସହ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇ ;

ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଅର୍ଥାତ୍ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁକୁ ଏକ ଅଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ନିକଟକୁ ନେଇ ଏବଂ ତାହାକୁ ଆର୍ଥିଂ (Earthing) କରିବା ପରେ ପରେ ଏକ ସଙ୍ଗରେ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଓ ଆର୍ଥିଂକୁ ହଟାଯାଇ ।

15.1.1. ଚାର୍ଜର ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of charge) :-

କ୍ରିୟାକଳାପ 15.1 ରେ ତୁମେ ଦେଖିଲ ଯେ, ଏକ କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ରେଶମ କପଡ଼ାରେ ଘଷିଲେ କାଚ ଦଣ୍ଡରେ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଜାତ ହୁଏ ଏବଂ ରେଶମ କପଡ଼ାରେ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଉଭୟ ଚାର୍ଜହୀନ ଥିଲେ । ବର୍ତ୍ତମାନ କାଚ ଦଣ୍ଡର ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଓ ରେଶମ କପଡ଼ାର ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସମାନ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ତନ୍ତ୍ର (କାଚ + ରେଶମ)ର ମୋଟ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସଂରକ୍ଷିତ ଅଟେ । ଚାର୍ଜକୁ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ କି ବିନାଶ କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ଏହା କେବଳ ତନ୍ତ୍ରର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । କାଚଦଣ୍ଡ ଘଷା ହେଲେ ତନ୍ତ୍ରର ତାପଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁଁ ଦୃଢ଼ ବନ୍ଧନରେ ନ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ମାନେ କାଚଦଣ୍ଡରୁ ରେଶମ କପଡ଼ାକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । କାଚଦଣ୍ଡ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ହରାଇ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ହୁଏ ଏବଂ ରେଶମ କପଡ଼ା ଅଧିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଥିବାରୁ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ହୁଏ ।

ରବରକୁ ପର ଦ୍ୱାରା ଘଷିଲେ, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ରବରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ରବର ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଚମଡ଼ା ସମାନମାତ୍ରାରେ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଯୁକ୍ତ ହୁଏ । ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଓ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରକାର ଚାର୍ଜ ଆଜି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦେଖାଯାଇନାହିଁ ।

15.1.2. ଚାର୍ଜର କ୍ୱାଣ୍ଟୀକରଣ (Quantisation of charge):-

1909 ମସିହାରେ ମିଲିକନ୍ (ରବର୍ଟ ମିଲିକନ୍, 1886 - 1953) ପରୀକ୍ଷା କଲେ ଯେ, ଚାର୍ଜ ସର୍ବଦା ଚାର୍ଜର ଏକ ମୌଳିକ ଏକକର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଗୁଣିତକ ଭାବେ ହେଲେ ଏହି ମୌଳିକ ଏକକକୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ ଭାବେ ନିଆଯାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ ଚାର୍ଜ Q ହେଲେ, ଏହାକୁ Q= Ne ଲେଖାଯାଇପାରେ । ଏଠାରେ N ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ e ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ ଅଟେ । ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁରେ 2.5e ବା 6.4e ମାତ୍ରାର ଚାର୍ଜ ରହିପାରିବ ନାହିଁ । ତୁମେ ପାଠ 24-26 ରେ ଜାଣିବ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନରେ – e ଚାର୍ଜ ଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ ରେ (+e) ଚାର୍ଜ ଥାଏ । ନ୍ୟୁଟ୍ରନର କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନଥାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଓ ପ୍ରୋଟନ ଥାଏ । ଫଳରେ ପରମାଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ନିରପେକ୍ଷ ଅଟେ । ଏହି ଆଲୋଚନାରୁ ଆମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ମାନ କରିପାରିବା ।

- ପ୍ରକୃତିରେ କେବଳ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ଚାର୍ଜ ଅଛି । ଯଥା :- ପଜିଟିଭ ଓ ନେଗେଟିଭ ।
- ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷିତ ରହେ ।
- ଚାର୍ଜ କ୍ୱାଣ୍ଟମିତ (quantised)

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 15.1

1. ମନେକର ଏକ କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ରେଶମ କପଡ଼ାରେ ଘଷିଲେ ଏଥିରେ $q = 3.2 \times 10^{-17}$C ଚାର୍ଜ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

   i) ରେଶମ କପଡ଼ା ମଧ୍ୟ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ କି ?

   ii) ରେଶମ କପଡ଼ାରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପ୍ରକୃତି ଓ ପରିମାଣ କେତେ ?

   ....

2. ଦୁଇଟି ଏକାଭଳି ଧାତବ ଗୋଲକ A ଓ B ଅଛି । A କୁ +Q ଚାର୍ଜରେ ଚାର୍ଜିତ କରାଗଲା । ପରେ ଗୋଲକଦ୍ୱୟକୁ ପାଖକୁ ଆଣି ଲଗାଲଗି କରି ରଖି ପୁନଶ୍ଚ ଅଲଗା କରି ଦିଆଗଲା ।

   i) B ରେ କିଛି ଚାର୍ଜ ଅଛି କି ?

   ii) ଯଦି B କୁ A ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ ଫଳରେ ତାହା ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ, ତେବେ B ଗୋଲକରେ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ କେତେ ?

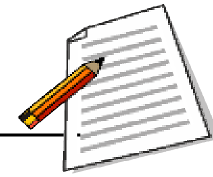
   ....

3. ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ଚାର୍ଜ (q)= 4.8×10^{-16}C ଅଟେ । ତାହାହେଲେ ବସ୍ତୁରେ ମୌଳିକ ଚାର୍ଜର ସଂଖ୍ୟା କେତେ ? ($e = 1.6 \times 10^{-19}$C)

   ....

15.2. କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ (Coulombs Law)

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଦୁଇଟି ସ୍ଥିରଥିବା ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । କୁଲମ୍ବ ଏହି ବଳର ଆଚରଣ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଥିଲେ ଏବଂ 1785 ମସିହାରେ ଏହାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରୁଥିବା ଏକ ମୌଳିକ ନିୟମ ସାବ୍ୟସ୍ତ କରିଥିଲେ । ପରୀକ୍ଷା ଲବ୍ଧ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ସେ ଦର୍ଶାଇଲେ ଯେ କିଛି ଦୂରତାରେ ରଖା ଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ସ୍ଥିର ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_1 ଏବଂ q_2 ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକରୁଥିବା ବଳ



- ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱୟରେ ଗୁଣଫଳ ସହ ସମାନୁପାତୀ;
- ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା (r)ର ବର୍ଗସହ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ;
- ଚାର୍ଜିତ କଣିକାଦ୍ୱୟକୁ ଯୋଗକରୁଥିବା ସରଳରେଖା ଦିଗରେ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।
- ସମପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକର୍ଷକ ଏବଂ ବିଷମ ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆକର୍ଷକ ହୁଏ ।

ବଳ F ର ପରିମାଣକୁ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ,

$$F = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2} \text{-----------} \quad (15.1)$$

ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \text{-----------} \quad (15.2)$$

ଏଠାରେ k ଏକ ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ ଶୂନ୍ୟ (ନିର୍ବାତ) ଥିଲେ $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, ଏବଂ ଜଡ଼ୀୟ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ e_0କୁ ନିର୍ବାତ ମାଧ୍ୟମର **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶୀଳତା** ଏବଂ e କୁ ଜଡ଼ୀୟ ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶୀଳତା କୁହାଯାଏ ।

ଏହାର ଅର୍ଥ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱୟକୁ ଜଡ଼ୀୟ ମାଧ୍ୟମରେ ରଖିଲେ କୁଲମ୍ ବଳର ପରିମାଣ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମ ତୁଳନାରେ ଭିନ୍ନ ହେବ । ଏଠାରେ ସ୍ଥିରାଙ୍କ k ର ମୂଲ୍ୟ ସଂପୃକ୍ତ ପଦମାନଙ୍କର ଏକକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । SI ପଦ୍ଧତିରେ ଚାର୍ଜର ଏକକ କୁଲମ୍ (C) ଅଟେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ସଂଜ୍ଞା **ଏମ୍ପିୟର**କୁ ଭିତ୍ତି କରି କୁଲମ୍‌ର ସଂଜ୍ଞା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଛି । ତୁମେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପାଠରେ ଏ ସଂପର୍କରେ ଜାଣିବ । SI ପଦ୍ଧତିରେ k ର ମାନ ହେଉଛି –

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \text{-----------} \quad (15.3)$$

ଏଠାରେ $e_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$ । ତେଣୁ ବଳକୁ ଭିତ୍ତିକରି ଏକ କୁଲମ୍‌ର ସଂଜ୍ଞା ଏପରି ହେବ; ଯଦି ସମ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ 9×10^2 N ବଳ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ 1 (ଏକ) କୁଲମ୍ ଅଟେ ।

ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ = 1.60×10^{-19}C

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର :-

- କୁଲମଙ୍କ ନିୟମ ମଧ୍ୟ ନିଉଟନଙ୍କର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ନିୟମ (ଯାହାକୁ ତୁମେ ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟରେ ପଢ଼ିଛ) ପରି ଏକ ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ବର୍ଗ ନିୟମ ଅଟେ ।
- କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କେବଳ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ସିଦ୍ଧ ।
- ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବଳଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହେଉଛି ଯେ, କୁଲମ୍ ବଳ ଦୂରତାରେ ମଧ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏକ କୁଲମ୍ କେତେ ବଡ଼ ଅଟେ ?

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ଏକକ କୁଲମ୍ ଅଟେ । ତୁମେ କେବେ ଭାବିଛ କି, ଏକ କୁଲମ୍ କେତେ ବଡ଼ ? ଏହା ଜାଣିବା ପାଇଁ ଏକ କୁଲମ୍ ପରିମାଣର ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜକୁ 1ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ରଖିଲେ, ଉତ୍ପନ୍ନ ବଳର ପରିମାଣ କଳନା କରାଯାଉ ।

$$|F| = \mathrm{K} = \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$= 9.0 \text{ x } 10^9 \text{ x } \frac{1 \times 1}{1^2}$$

$$= 9.0 \text{ x } 10^9 = 10^{10}\mathrm{N}$$

ଯଦି ଯାତ୍ରୀଭରା ଏକ ବସ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 5000 kg ହୁଏ, ବସର ଓଜନ, mg = (5000 x 10) N

(ମନେକର $g = 10\mathrm{ms}^{-2}$)

$= 5 \text{ x } 10^{-4}$ N

ମନେକରାଯାଉ ଯେ ଏହି ଭଳି ଦିଲ୍ଲୀରେ 10,000 ଯାତ୍ରୀଭରା ବସ୍ ଅଛି । ଏହି ସମସ୍ତ ବସଗୁଡ଼ିକର

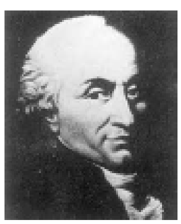
ମୋଟ ଓଜନ = $5 \text{ x } 10^4 \text{ x } 10{,}000$

$= 5 \text{ x } 10^8$ N

ଯଦି 10 ଟି ସହରରେ ଦିଲ୍ଲୀ ସହିତ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ବସ୍ ଯାତାୟତ କରୁଥାଏ, ତାହାହେଲେ ସେ ବସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ମୋଟ ଓଜନ ହେବ $5 \text{ x } 10^9$N.

ଏହାର ଅର୍ଥ 1C ର ପରିମାଣର ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାର୍ଜକୁ ଏକ ମିଟର ଦୂରତାରେ ରଖିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବଳ ହେଉଛି ପ୍ରାୟ ପ୍ରତ୍ୟେକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 5000 kg. ଥିବା ଦୁଇ ଲକ୍ଷ ବସ୍‌ର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

ଚାର୍ଲସ ଅଗଷ୍ଟିନ୍ ଡ଼େ କୁଲମ୍ (1736 - 1806)

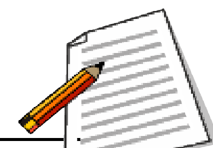


ଜଣେ ଫରାସୀ ଭୌତିକ ବିଜ୍ଞାନୀ କୁଲମ୍ ପ୍ରଥମେ ଓ୍ୱେଷ୍ଟଇଣ୍ଡିଜ୍ ସୈନ୍ୟ ବିଭାଗର ଇଞ୍ଜିନିୟର ଭାବେ ତାଙ୍କର କର୍ମଜୀବନ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲେ । ସେ ଟର୍ମନାଲ (Torsional) ନିକିତି ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ଚାର୍ଜମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଓ ଚୁମ୍ବକମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳର ପ୍ରକୃତି ନିରୂପଣ କରିବାକୁ ପରୀକ୍ଷଣ କରିଥିଲେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଗୁଡ଼ିକର ଫଳାଫଳକୁ ସେ କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ସ୍ଥିର ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିୟମ ଭାବେ ଉପସ୍ଥାପିତ କରିଥିଲେ । ଚାର୍ଜର SI ଏକକ କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ସମ୍ମାନରେ ନାମିତ ।

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ q_1 ଓ q_1 କୁ r ଦୂରତାରେ ଶୂନ୍ୟ (ନିର୍ବାତ) ଏବଂ ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ରଖିଲେ ବଳ ଦ୍ୱୟର ଅନୁପାତ $\varepsilon / \varepsilon_0$ ହେବ

$$\frac{F_0 \text{ (ଶୂନ୍ୟରେ)}}{F \text{(ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ)}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \varepsilon_r$$

ଏଠାରେ ε_r କୁ ଆପେକ୍ଷିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶୀଳତା ବା ଡ଼ାଇଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କହନ୍ତି । ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ସବୁବେଳେ ଏକରୁ ଅଧିକ ଅଟେ । ଏହି ଆପେକ୍ଷିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶୀଳତାକୁ ପରେ ଅନ୍ୟ ରୂପରେ ପ୍ରକାଶ କରିବା ।



ଟିପ୍ପଣୀ

15.2.1 କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ଭେକ୍ଟର ରୂପ :

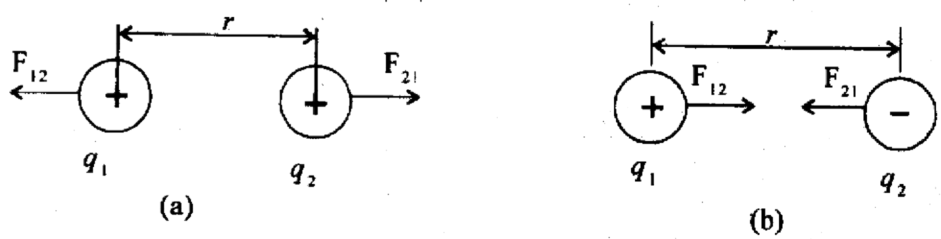
ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ବଳ ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି । ତେଣୁ ଦୁଇ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳକୁ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସମୀକରଣ (15.1)କୁ ଭେକ୍ଟର ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରିବା ଉଚିତ୍ । ଏହା କରିବାକୁ ଶିଖିବା ।

ମନେକର q_1 ଓ q_2 ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପର ଠାରୁ r ଦୂରରେ ଅଛନ୍ତି (ଚିତ୍ର 15.3) । ଚାର୍ଜ q_1 ଯୋଗୁଁ ଚାର୍ଜ q_2 ଉପରେ ବଳ ହେଲେ F_{12}, ଚାର୍ଜ q_2 ଉପରେ ଚାର୍ଜ q_1 ଯୋଗୁଁ ବଳ ହେଉଛି F_{21} । q_1 ରୁ q_2 ଦିଗରେ ବଳର ଦିଗରେ ୟୁନିଟ୍ ହେଉଛି $\hat{r}_{12}$ ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଯାଇଛି । ଚିତ୍ର (15.3 (a))ରୁ ମିଳିବ,

$$\mathbf{F}_{12} = k\,\frac{q_1 q_2}{|r_{12}^2|}\hat{r}_{12} \qquad (15.4)$$

ସେହିଭଳି ଚିତ୍ର 15.3 (b) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\mathbf{F}_{21} = -k\,\frac{q_1 q_2}{|r_{12}^2|}\hat{r}_{12} \qquad (15.5)$$



ଚିତ୍ର 15.3 ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁଚାର୍ଜ q_1, q_2 ପରସ୍ପରଠାରୁ r ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି ।

(a) ଦୁଇଟି ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷଣ ବଳର ଦିଗ

(b) ପଜିଟିଭ୍ ଓ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବଳର ଦିଗ ।

ସମୀକରଣ (15.4)ରେ ଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଇ ଦେଉଛି ଯେ ବଳ ହେଉଛି ବିକର୍ଷକ ଏବଂ ସମୀକରଣ (15.5) ରେ ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଇ ଦେଉଛି ଯେ, ବଳ ହେଉଛି ଆକର୍ଷକ ।

କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ଦୁଇ ଚାର୍ଜ q_1 ଓ q_2 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ନିୟମକୁ ପାଳନ କରେ । ତେଣୁ,

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21} \qquad (15.6)$$

ତେଣୁ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମକୁ ସାଧାରଣ ଭାବରେ ଲେଖାଯାଇପାରେ

$$\mathbf{F}_{12} = k \times \frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{12} \qquad (15.7)$$

15.2.2. ଅଧ୍ୟାରୋପଣର ନିୟମ

ଯଦି ଦୁଇଟିରୁ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଦୁଇ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ବଳକୁ ସମୀକରଣ 15.7 ଦ୍ୱାରା ହିସାବ କରାଯାଇ ପାରିବ । ମନେକର ଅନେକ ଚାର୍ଜ ଯଥା : q_1, q_2, q_3, q_4 ଇତ୍ୟାଦି ଅଛନ୍ତି । q_1 ଉପରେ

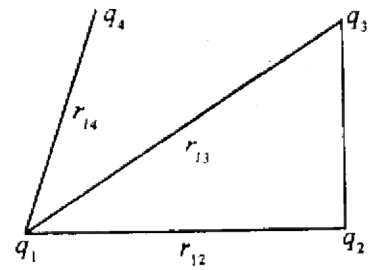
ଟିପ୍ପଣୀ

ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରୟୋଗ ବଳ ସମୀକରଣ (15.7) ସ୍ଥାପନ କଲେ

$$\mathbf{F}_{12} = k\frac{q_1q_2}{\left|r^2{}_{12}\right|}\hat{r}_{12}$$

$$\mathbf{F}_{13} = k\frac{q_1q_3}{\left|r^2{}_{13}\right|}\hat{r}_{13}$$

$$\mathbf{F}_{14} = k\frac{q_1q_4}{\left|r^2{}_{14}\right|}\hat{r}_{14} \quad (15.8)$$



ଚିତ୍ର 15.4 ଅଧିରୋପଣର ନିୟମ

ଏ ସମସ୍ତ ବଳର ପରିଣାମୀ ବଳ ଅର୍ଥାତ୍ q_1 ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ମୋଟ ବଳ ହେଉଛି F , ସେମାନଙ୍କର ଭେକ୍ଟର ଯୋଗଫଳ

ଅର୍ଥାତ୍ $\mathbf{F} = \mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{13} + \mathbf{F}_{14} + \ldots$ (15.9)

ଏହାକୁ ଅଧିରୋପଣର ନିୟମ କହନ୍ତି ।

ଉଦାହରଣ 15.1 :

ଚିତ୍ର 14.4 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି $q_1 = +12C$ ର ଏକ ଚାର୍ଜ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜ $q_2 = 6C$ ଠାରୁ 4 ମିଟର ଦୂରତାରେ ରହିଛି । q_1 ଓ q_2 ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱୟକୁ ଯୋଗକରୁଥିବା ରେଖା ଉପରେ କେଉଁଠି ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଚାର୍ଜ q_3 କୁ ରଖିଲେ ଏହା ଉପରେ କୌଣସି ବଳ ପ୍ରଭାବ ପକାଇବ ନାହିଁ ।

ଉତ୍ତର :

ମନେକର q_3 କୁ q_1 ଓ q_2 ମଧ୍ୟରେ q_1 ଠାରୁ x ମିଟର ଦୂରତାରେ ରଖାଯାଉ ।

(ଏଥିରେ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ, q_3 ର ସ୍ଥିତି q_1 ର ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅର୍ଥାତ୍ q_1 ଓ q_2 ର ମଝିରେ ରହିବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ ହୋଇ ପାରିବ ନାହିଁ ।)

q_3 କୁ q_1 ର ବାମପାର୍ଶ୍ୱରେ ବା q_2 ର ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ କିମ୍ବା q_1 ଓ q_2 ଯୋଗକାରୀ ସରଳ ରେଖା ଉପରେ କୌଣସି ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ ହୋଇ ପାରିବ ନାହିଁ ।

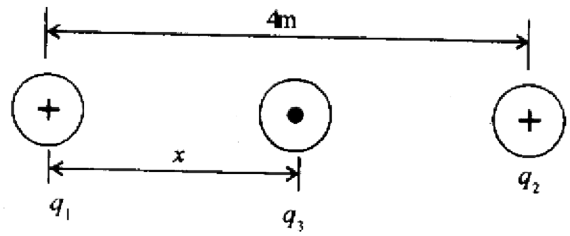
q_3 ଉପରେ q_1 ର ଅଧିରୋପଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଥିବା

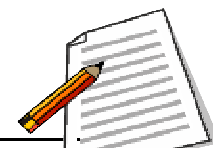
$$\mathbf{F}_{31} = k\frac{q_1q_3}{r^2{}_{31}}\hat{r}_{31}$$ ଏହା q_1 ଦିଗରେ

$$\therefore \left|\boldsymbol{F}_{31}\right| = k\frac{q_3q_1}{x^2}$$

q_3 ଉପରେ q_2 ଯୋଗୁଁ ପରିଣାମୀ ବଳର ପରିମାଣ

$$\left|\boldsymbol{F}_{32}\right| = k\frac{q_3q_2}{(4-x)^2}$$ ଏହା q_2 ଦିଗରେ





ଟିପ୍ପଣୀ

ଚିତ୍ର 15.5 ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ଅବସ୍ଥିତି ତିନୋଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_1, q_2 ଏବଂ q_3 ।

$F_{31} = F_{32}$ ହେଲେ q_3 ଉପରେ ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ ହେବ । ତେଣୁ ସାଂଖିକ ମୂଲ୍ୟ ଦେଲେ,

$$k \times \frac{12.q_3}{x^2} = k \times \frac{6q_3}{(4-x)^2}$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର $6\,q_3k$ ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବାରୁ ତାହା କଟିଯିବ । ତେଣୁ ସରଳ କଲେ ଆମେ ପାଇବା,

$$\frac{2}{x^2} = \frac{1}{(4-x)^2}$$

$$\Rightarrow 2(4-x)^2 = x^2$$

$$\Rightarrow x^2 - 16x + 32 = 0$$

ଏହି ସମୀକରଣକୁ ସମାଧାନ କଲେ, x ର ଦୁଇଟି ମାନ ହେବ, $x = 2.35$m କିମ୍ବା $x = 13.65$m । ଏହା ମଧ୍ୟରୁ $x = 13.65$m ଅସମ୍ଭବ ଅଟେ । ତେଣୁ ଚାର୍ଜ q_3କୁ q_1ଠାରୁ 2.35m ଦୂରରେ ରଖିବା ଉଚିତ୍ । ଏହା ଗୁଣାତ୍ମକ ରୂପରେ ମଧ୍ୟ ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତ ଅଟେ । ଚାର୍ଜ q_1 ଚାର୍ଜ q_2 ଠାରୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ତେଣୁ q_1 ଓ q_3 ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା q_2 ଓ q_3 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତାଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ୍ ।

ଉଦାହରଣ 15.2 :

ପ୍ରତ୍ୟେକଟି 6.0×10^{-10}C ପରିମାଣର ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ୍ ପରସ୍ପର ଠାରୁ 2m ଦୂରରେ ରଖାଯାଇଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କୁଲମ୍ ବଳର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

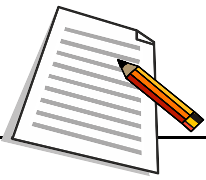
ଉତ୍ତର :

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କୁଲମ ବଳ ସମୀକରଣ (15.2) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$F = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ଦତ୍ତ ଅଛି, $q_1 = q_2 = 6.0 \times 10^{-10}$C ଏବଂ $r = 2.0$m, ସମୀକରଣରେ ଏହି ମାନ ସ୍ଥାପନ କଲେ,

$$F = \frac{(9 \times 10^9\,Nm^2C^{-2})}{2^2\,m^2} \times (6.0 \times 10^{-10}\,C)^2$$



ଟିପ୍ପଣୀ

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 36 \times 10^{-20}}{4} N$$

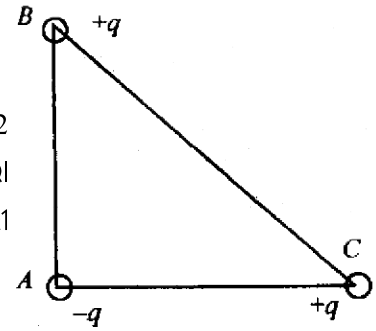
$$= 81 \times 10^{-11} N$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 15.2

1. ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ $q_1 = 16\mu C$ ଓ $q_2 = 9\mu C$ ପରସ୍ପରଠାରୁ 12 ମିଟର ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି । ତାହାହେଲେ q_1 ଉପରେ q_2 ଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । q_2 ଉପରେ q_1 ର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

----

2. ଚିତ୍ର 15.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ତିନୋଟି ସମମାନର ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q ସମକୋଣୀ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନି ଶୀର୍ଷ ବିନ୍ଦୁରେ ଅଛନ୍ତି । AB = AC ହେଲେ -q ଚାର୍ଜ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?



ଚିତ୍ର 15.2 ସମକୋଣୀ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନିକୋଣ ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ।

15.3 ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field)

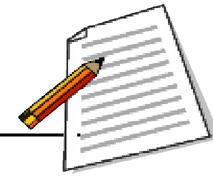
କିଛି ଦୂରତାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା (interaction)କୁ ବୁଝାଇବାକୁ ଫାରାଡ଼େ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଧାରଣା ଦେଲେ । କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ପଜିଟିଭ୍ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ q_0 ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳକୁ F ଓ ଏହି ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜିତର ଫଳ ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E ର ସଂଜ୍ଞା ।

ଗାଣିତିକ ଭାଷାରେ, $E = \frac{F}{q_0}$ (15.10)

ଏହା m_0 ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ଅନୁଭବ କରୁଥିବା ତ୍ୱରଣ $g = F/_{m0}$ ର ଅନୁରୂପ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ F ର ଦିଗ ସହ ଏହାର ଦିଗ ସମାନ ଅଟେ । ଜାଣି ରଖିବା ଉଚିତ୍ ଯେ, ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଏକ ବାହ୍ୟ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ହିଁ ହୋଇଛି, ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ନୁହେଁ । ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ q_0 ର ପରିମାଣ ଏତେ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ୍ ଯେପରି ଏହା ବାହ୍ୟଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଏହା ପ୍ରଭାବିତ ନକରେ । ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟ ବାହ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ । ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ଗାଣିତିକ ସଂଜ୍ଞା ଅଧିକ ଠିକ୍ । ବାସ୍ତବରେ, ଯେତେ କମ୍ ହେଲେ ମଧ୍ୟ,

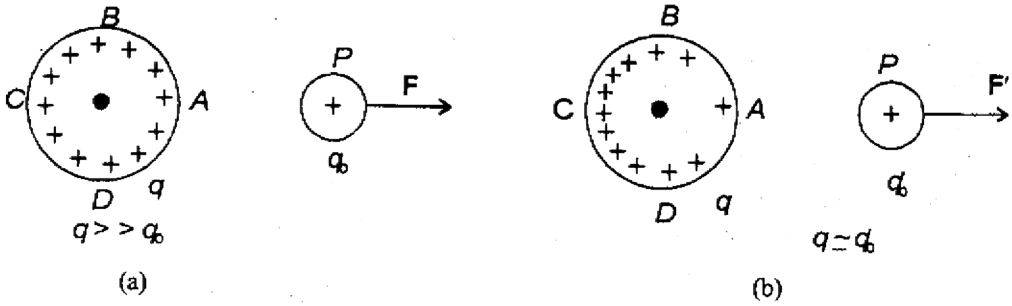
$$\mathbf{E} = \lim_{q_0 \to 0} \frac{\mathbf{F}}{q_0} \qquad (15.11)$$

SI ପଦ୍ଧତିରେ ବଳର ଏକକ ନିଉଟନ ଏବଂ ଚାର୍ଜର ଏକକ କୁଲମ୍ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (15.10) ଅନୁଯାୟୀ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକକ ନିଉଟନ୍ / କୁଲମ୍ । E ର ଦିଗ F ର ଦିଗ ସହ ସମାନ ହେଲେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳର କ୍ରିୟା ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ମାଧ୍ୟମରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ମନେରଖ, ବର୍ତ୍ତମାନ ଜାଣିବା, କାହିଁକି ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ q_0 ଅତି କମ୍ ହେବା ଉଚିତ୍ ।



ଚିତ୍ର 15.6 : a) ସମ ଭାବରେ ଋର୍ଜିତ ଧାତବ ଗୋଲକ ଏବଂ ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ b) ଅନ୍ୟ ଏକ ଋର୍ଜ ଗୋଲକ ନିକଟକୁ ଅଣାଯିବାରୁ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ପୁନଃ ଆବଣ୍ଟିତ ହୋଇଥିବା ଋର୍ଜ ।

ଚିତ୍ର 15.6 କୁ ଦେଖ । ଏହା q ଋର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ସମ ଭାବରେ ଋର୍ଜିତ ଏକ ଧାତବ ଗୋଲକ ଏବଂ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ q_0 ($<<q$) ଦର୍ଶାଉଛି । ଏହାର ଅର୍ଥ A,B,C ଓ D ବିନ୍ଦୁମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଚାର୍ଜ୍ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସମାନ । ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ q_0, ଗୋଲକର ଆବଣ୍ଟିତ ଋର୍ଜକୁ ପ୍ରଭାବିତ ନକରି F ବଳର ପରିମାଣ ନିଶ୍ଚୟ ମାପି ପାରିବ ।

ଚିତ୍ର 15.6 (b) ରେ $q = q_0$ ହେବା ବେଳର ଅବସ୍ଥା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏଠାରେ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜର ଉପସ୍ଥିତି ପୃଷ୍ଠ ଋର୍ଜର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ବଦଳାଇ ଦିଏ । ଫଳରେ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ q_0 ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ, ମନେକର ଏହା F ରୁ F' ହେଲା । ଅର୍ଥାତ୍ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜର ଉପସ୍ଥିତିରେ ହେଉଥିବା ବଳ ଏହାର ଅନୁପସ୍ଥିତି ବଳଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହେବ । ମାତ୍ର q_0 ବିନା ବଳକୁ ମପାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । q, q_0 ଅପେକ୍ଷା ଅତି କମ୍ ହେଲେ, ଗୋଲକରେ ଋର୍ଜର ବଣ୍ଟନ କମ୍ ପ୍ରଭାବିତ ହେବ ଏବଂ ମାପନର ଫଳ ପ୍ରକୃତ ଫଳର ପାଖାପାଖି ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ F^1 ସହ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହେବ F ସହିତ । ଆମେ ଆଶା କରୁଛୁ କାହିଁକି ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜକୁ ଅତି କମ୍ କରାଯାଏ, ତାହା ତୁମେ ଜାଣିଲ ।

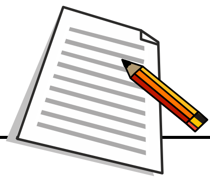
ମନେକର ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଋର୍ଜ q ଅଛି । ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଋର୍ଜ q_0କୁ ଚାର୍ଜ୍ q ଠାରୁ r ଦୂରତାରେ ରଖାଯାଇଛି । ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ୍ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳର ପରିମାଣ ହେବ–

$$F = k\frac{qq_0}{r^2}\hat{r} \qquad (15.12)$$

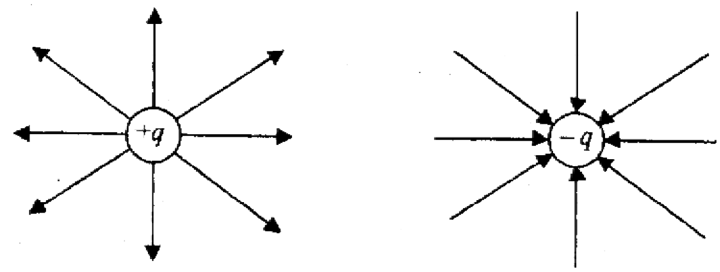
ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦଂକା ହେବ, କଳ ପ୍ରତି ଏକ ଋର୍ଜ । ତେଣୁ

$$E = k \times \frac{q}{r^2}\hat{r} \qquad (15.13)$$

ଯଦି q ପଜିଟିଭ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ କ୍ଷେତ୍ର E ର ଦିଗ ଏହାଠାରୁ ଦୂରକୁ ହେବ । ଯଦି q ନେଗେଟିଭ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ କ୍ଷେତ୍ର E ର ଦିଗ ଏହା ଆଡ଼କୁ ହେବ । ଏହାକୁ ଚିତ୍ର 15.7 ରେ ଦର୍ଶଯାଇଛି ।



ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 15.7 ପଜିଟିଭ୍ ଓ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ

ଚାର୍ଜ ଅଧିରୋପଣର ନିୟମ ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ଯଦି ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ଚାର୍ଜ q_1, q_2, q_3......... ଇତ୍ୟାଦି ଅଛି, ତେବେ P ବିନ୍ଦୁରେ ସଂପୃକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରର ସମୀକରଣ (15.13) ଅନୁସାରେ ହେବ

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2}\hat{r}, \quad E_2 = k\frac{q_2}{r^2{}_2}\hat{r}_2 \text{ ଏବଂ } E_3 = k\frac{q_3}{r_3}\hat{r}_3$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ସମୁଦାୟ କ୍ଷେତ୍ର ହେଉଛି ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରର ଭେକ୍ଟର ଯୋଗଫଳ, ଅର୍ଥାତ୍

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{E}_3 + \dots\dots\dots\dots$$

କିମ୍ବା $$\mathbf{E} = k\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i\,\hat{\mathbf{r}}_i}{r_i^2} \qquad (15.15)$$

ଏଠାରେ r_i, P ଓ q_i ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତା ଏବଂ $\hat{r}_i$ ହେଉଛି q ରୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ଇଉନିଟ୍ ଭେକ୍ଟର । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E ର ଚାର୍ଜ୍ q ଉପରେ ବଳ ହେବ,

$$\mathbf{F} = q\,\mathbf{E} \qquad (15.16)$$

ଉଦାହରଣ 15.3 :

ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ $q = 3.5\mu C$ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ 8.5×10^{-4}N ଅଟେ । ସେହି ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ କଳନା କର ।

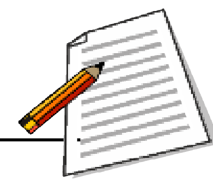
ଉତ୍ତର : ସମୀକରଣ (15.16) ରୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଲେଖିପାରିବା ।

$$E = \frac{F}{q} = \frac{8.5\times10^{-4}\text{N}}{3.5\times10^{-6}\text{C}}$$

$$= 2.43 \times 10^{2}\ \text{NC}^{-1}$$

ଉଦାହରଣ 15 .4 :

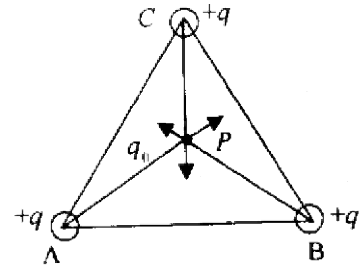
ଚିତ୍ର 15.8 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହେଲାଭଳି ଏକ ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନୋଟି କୋଣ ବିନ୍ଦୁରେ ତିନୋଟି ସମ ପରିମାଣର, ପଜିଟିଭ୍ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ରଖାଯାଇଛି । ତ୍ରିଭୁଜର କେନ୍ଦ୍ରକ (Centroid)ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କର ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉତ୍ତର : ମନେକର ଏକ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ q_0 କୁ କେନ୍ଦ୍ରକ P ରେ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ୍ ତିନି ଦିଗରେ ବଳ ଅନୁଭବ କରିବ ଏବଂ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବଳ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କୋଣ ସମାନ ହେବ । ତେଣୁ p ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ, ଶୂନ । ତିନି ଦିଗରେ ବଳ ଅନୁଭୂତ ହେବ ।

P ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ ହେବ । ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟ ହେବ ଶୂନ୍ ।



ଚିତ୍ର 15.8 ସମବାହୁ ତ୍ରିଭୁଜର ତିନି ଶୀର୍ଷ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ ରହିଲେ, ଏହାର କେନ୍ଦ୍ରକର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ ହେବ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ : 15.3

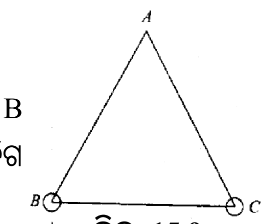
1. ଏକ ଚାର୍ଜ +Q କୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ-ତନ୍ତ୍ର (coordinate system) ର ମୂଳବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଗଲା।

(a) + x - ଅକ୍ଷ (b) + y - ଅକ୍ଷ (c) x = 4 ଏକକ ଏବଂ y = 4 ରେ ଥିବା P ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ଥାପିତ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

---

2. ΔABC ର AB=AC=40 cm ଏବଂ $\angle A = 30^0$ କୁ

ପ୍ରତ୍ୟେକର ପରିମାଣ 2 x 10^{-6}C ମାତ୍ର ବିପରୀତ ଚିହ୍ନଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ୍ B ଓ C ବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଗଲା (ଚିତ୍ର 15.9) । A ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ହିସାବ କର ।



ଚିତ୍ର 15.9

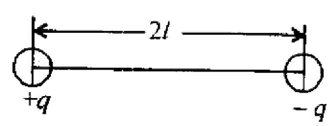
---

3. ଶୂନ୍ୟରେ ଏକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରଖାଯାଇଛି ଏବଂ ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପୃଥିବୀ ଆଡ଼କୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛି । ଏହି ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

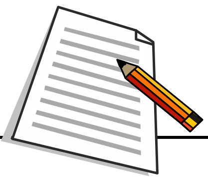
---

4. ଏକ ସମତଳ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଦୁଇଟି ଏକା ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ **d** ଦୂରତାରେ ରଖାଗଲେ କେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ ହେବ ?

15.3.1. ଗୋଟିଏ ଡାଇପୋଲ୍ ଜନିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field due to a Dipolo):-



ଚିତ୍ର 15.10 ପରସ୍ପରଠାରୁ ଅତି କମ୍ ଦୂରତାରେ ଥିବା ସମାନ ପରିମାଣର ଦୁଇଟି ବିଷମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଏକ ଡାଇପୋଲ୍ ହୁଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଯଦି ଦୁଇଟି ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ଋର୍ଜ ପରସ୍ପରଠାରୁ କମ୍ ଦୂରତାରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ତନ୍ତ୍ରଟି ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ସୃଷ୍ଟି କରେ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ସବୁଠୁ ଜଣାଶୁଣା ଉଦାହରଣ ହେଉଛି H_2O, +q ଏବଂ -q ଋର୍ଜ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଅଳ୍ପ ଦୂରତା 2l ରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଚିତ୍ର 15.10 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହି ଋର୍ଜର ପରିମାଣ ଓ ଦୂରତାର ଗୁଣଫଳକୁ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କୁହାଯାଏ ।

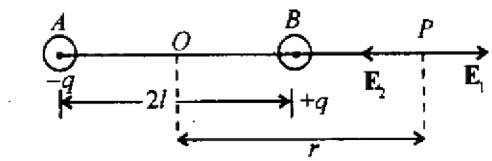
$p = q \times 2\boldsymbol{l}$ .... (15.17)

SI ପଦ୍ଧତିରେ ଏହାର ଏକକ ହେଉଛି କୁଲମ୍-ମିଟର । ଡ଼ାଇପୋଲ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି । ସମୀକରଣ (15.17) ରୁ ଏହାର ପରିମାଣ ମିଳେ ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ ନେଗେଟିଭ୍ ଋର୍ଜରୁ ପଜିଟିଭ୍ ଋର୍ଜ ଦିଗରେ ଦୁଇ ଚାର୍ଜ୍‌କୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖା (ଡାଇପୋଲ୍‌ର ଅକ୍ଷ) ଉପରେ ରହିଥାଏ । ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଏବଂ ଡ଼ାଇପୋଲ- ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ ପରେ ଆମେ, ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ହେତୁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କରିପାରିବା । ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରିସ୍ଥିତିରେ ହିସାବ କରିବା ନିଶ୍ଚିତ ଭାବେ ସରଳ ଅଟେ ।

ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ - I

ଅକ୍ଷୀୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରାନ୍ତୀୟ-ଅବସ୍ଥାନ :

ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲ୍‌ର ଅକ୍ଷ ଉପରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିବାକୁ ଚିତ୍ର 15.11 ଦେଖ । ଏହାକୁ ପ୍ରାନ୍ତ-ଅବସ୍ଥାନ କୁହାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର 15.11 ଡ଼ାଇପୋଲ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁ P ଉପରେ କ୍ଷେତ୍ର

A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ –q ଓ +q ଋର୍ଜ ଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ଠାରୁ 2l ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି । AB ର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଅଟେ । ମନେକର P ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ବିନ୍ଦୁଠାରୁ r ଦୂରତାରେ ଅଛି । ତେଣୁ B ବିନ୍ଦୁରେ ଥିବା +q ଯୋଗୁଁ P ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ହେବ,

$$E_1 = k \times \frac{q}{(r-l)^2} \qquad \text{AP ଦିଗରେ}$$

ସେହିଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E_2, P ବିନ୍ଦୁରେ -q ହେତୁ

$$E_2 = k \times \frac{q}{(r+l)^2}, \qquad \text{PA ଦିଗରେ ।}$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ କ୍ଷେତ୍ର E ରହିବ, , E_1 ଦିଗରେ କାରଣ $E_1 > E_2$ (ଯେହେତୁ $(r-l)<(r+l)$ । ତେଣୁ

$$\mathbf{E} = \frac{kq}{(r-l)^2} - \frac{kq}{(r+l)^2}$$

ଟିପ୍ପଣୀ

$$= kq\left[\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right]$$

$$= kq\left[\frac{(r+l)^2 - (r-l)^2}{(r^2-l^2)^2}\right]$$

$$= kq \times \frac{4lr}{(r^2-l^2)^2}$$

$$= k\,\frac{(2lq)\,2r}{(r^2-l^2)^2}$$

$$= k\,\frac{2\mathbf{p}r}{(r^2-l^2)^2}$$

ଏଠାରେ ଡ଼ାଇପୋଲ-ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $p = 2\mathrm{lq}$, । ଯେହେତୁ $\mathrm{k} = 1/4\pi\varepsilon_0$, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$\mathbf{E} = \frac{2\mathbf{p}}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{r}{r^4\,(1-l^2/r^2)^2}$$

ଯଦି $\mathrm{r} >> \mathrm{l}$, ତେବେ $\frac{l^2}{r^2}$ ଏହା ତୁଳନାରେ ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବ । ତେଣୁ ଏହାକୁ ନଗଣ୍ୟ ମନେକରାଯାଏ । ତାହାହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ବ୍ୟଞ୍ଜକ ସରଳ ରୂପରେ ହେବ,

$$\mathrm{E} = \frac{2p}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \qquad (15.18)$$

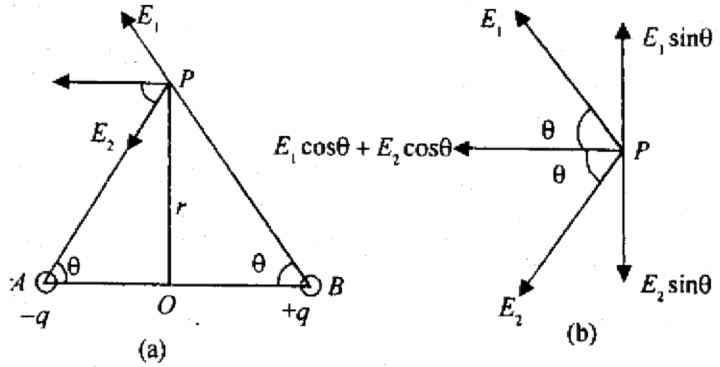
ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର p ଦିଗରେ ଏବଂ ଏହାର ପରିମାଣ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ବିନ୍ଦୁ ଓ ଡ଼ାଇପୋଲର କେନ୍ଦ୍ର ଦୂରତାର ତୃତୀୟ ଘାତର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ଅଟେ ।

ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ - II: ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲର ସମଦ୍ୱିବିଭାଜକ ଅଭିଲମ୍ବ ଉପରେ ଅବସ୍ଥାପିତ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଡ଼ାଇପୋଲ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର :

ମନେକର ଚାର୍ଜମାନଙ୍କୁ ଯୋଗକରୁଥିବା ରେଖାର ଅଭିଲମ୍ବ ସମ ଦ୍ୱିବିଭାଜକ ଉପରେ ଚିତ୍ର 15.12ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁ P ଅଛି ।

ଦେଖ, $\mathrm{AB} = 2\mathrm{l}$, $\mathrm{OP} = \mathrm{r}$ ଏବଂ $\mathrm{AO} = \mathrm{OB} = \mathrm{L}$

ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 15.12 : a) ଦୁଇ ଚାର୍ଜକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖାର ସମ ଦ୍ୱିବିଭାଜକ ଅଭିଲମ୍ବ ଉପରେ ଥିବା ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ b) କ୍ଷେତ୍ରର ଆୟତ-ଉପାଂଶରେ ବିଭେଦନ

ଚିତ୍ର 15.12 (a) ରେ କୋଣ q ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସମକୋଣୀ Δ PAO ଓ PBO ରୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

$$AP = BP = \sqrt{l^2 + r^2}$$

B ରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ +q ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ସୃଷ୍ଟ କ୍ଷେତ୍ର BP ଦିଗରେ ଅଛି । ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$E_1 = k\frac{r}{l^2 + r^2}$$

ସେହିଭଳି A ରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ରେ ସୃଷ୍ଟି କ୍ଷେତ୍ର PA ଦିଗରେ ହେବ;

$$E_2 = k\frac{q}{l^2 + r^2}$$

ଲକ୍ଷ୍ୟକର ଯେ $\mathbf{E}_1$ ଓ $\mathbf{E}_2$ ର ପରିମାଣ ସମାନ । ଆମେ E_1 ଓ E_2 କ୍ଷେତ୍ରକୁ AB ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ଓ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗର ବିଭେଦନ କରିବା, AB ସହ ସମାନ୍ତର ହୋଇଥିବା ଉପାଂଶମାନ (component) E_1 cos q ଏବଂ E_2 cos q ଉଭୟ ଏକ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବେ ।

AB ସହ ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଉପାଂଶ E_1 sin q ଏବଂ E_2 sin q ଏବଂ ପରସ୍ପରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରୁଛି । ଚିତ୍ର 15.12 (b) । ଏହି ଉପାଂଶଗୁଡ଼ିକ ସମ ପରିମାଣର କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ କାଟି ଦେବେ । ତେଣୁ P ରେ ପରିଣାମୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ହେବ,

$$E = E_1\cos\theta + E_2\cos\theta$$

$$= k\frac{q}{l_2 + r^2}\cos\theta + k\frac{q}{l^2 + r^2}\cos\theta$$

କିନ୍ତୁ $\cos\theta = \dfrac{1}{\sqrt{l^2 + r^2}}$ । ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ପରିଣାମ P ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର

$$E = \frac{kq}{l^2 + r^2} \times \frac{2l}{\sqrt{l^2 + r^2}}$$

$$= k\frac{2lq}{\left(l^2 + r^2\right)^{\frac{3}{2}}} = k\frac{2lq}{r^3\left(1 + \frac{l^2}{r^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

କିନ୍ତୁ p= 2lq, ଯଦି $r^2 >> l^2$ ତାହାହେଲେ $\frac{l^2}{r^2}$ କୁ ଏକ ତୁଳନାରେ ଉପେକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ ।

ତେଣୁ,

$$E = \frac{p}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \qquad (15.19)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ଡ଼ାଇପୋଲର ନିରକ୍ଷୀୟ ଅବସ୍ଥାନ ଉପରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ସେହି ବିନ୍ଦୁ p ଠାରୁ ଚାର୍ଜମାନଙ୍କ ଯୋଗକାରୀ ସରଳରେଖା ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦୂରତାର ତୃତୀୟ ଘାତର ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ସମୀକରଣ (15.18) ଏବଂ (15.19)କୁ ତୁଳନା କଲେ ଆମେ ଦେଖିବା ଯେ, ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର $\frac{l}{r^3}$ ସହ ସମାନୁପାତୀ । କିନ୍ତୁ ସବିସ୍ତାର ଭାବେଦେଖିଲେ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅନେକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଅଛି ।

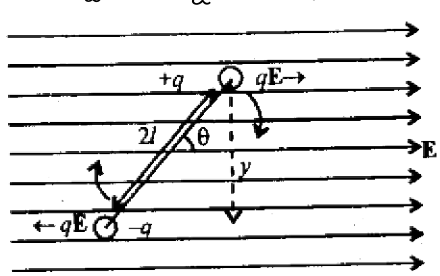
- ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ନିରକ୍ଷୀୟ-ଅବସ୍ଥାନର ପରିମାଣର ଦୁଇଗୁଣ ଅଟେ ।

- ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଦିଗରେ ହୁଏ । ମାତ୍ର ନିରକ୍ଷୀୟ-ଅବସ୍ଥାନରେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ରହନ୍ତି ।

15.3.2 ଏକ ସମ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ (Electric Dipole in a Unifom Field):

ଏକ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ସ୍ଥିର ଏବଂ ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଥାଏ । ଚାର୍ଜିତ ସମାନ୍ତରାଳ କାପାସିଟର୍‌ର ପ୍ଲେଟ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏହିଭଳି କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଚିତ୍ରରେ ଏହାକୁ ସମାନ ଦୂରତାରେ ଥିବା ସମାନ୍ତର ରେଖା ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଥାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଏକ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡ଼ାଇପୋଲର ଆଚରଣକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା । ଚିତ୍ର 15.13 ।



ଚିତ୍ର 15.13 : ଏକ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡ଼ାଇପୋଲ । ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଉପରେ ଥିବା ବଳ ଏକ ବଳଯୁଗ୍ମ ଗଠନ କରନ୍ତି ଏହାକୁ ଘୁରାଇବା ପାଇଁ ଚେଷ୍ଟାକରେ ।

ଆମେ x-ଅକ୍ଷକୁ ଏପରି ନେବା ଯେପରିକି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ସେହି ଦିଗରେ ରହିବ । ମନେକର ଡ଼ାଇପୋଲର ଅକ୍ଷ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହ q କୋଣ କରି ରହିଛି । ଚାର୍ଜ +q ଉପରେ ବଳ qE + x ଦିଗରେ ଏବଂ -q ଉପରେ ସମାନ ବଳ -x ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ଦୁଇଟି ସମାନ, ବିପରୀତ ଏବଂ ସମାନ୍ତର ବଳ ଗୋଟିଏ ବଳଯୁଗ୍ମ ଗଠନ କରେ ଏବଂ ଡ଼ାଇପୋଲକୁ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ ଦିଗରେ ଘୂରାଇବାକୁ ଚେଷ୍ଟାକରେ । ଏହି ବଳଯୁଗ୍ମ ଡ଼ାଇପୋଲକୁ ବାହ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର F ଦିଗରେ ରଖିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ । ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ପରିମାଣ ନିମ୍ନ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

t = ବଳ x ବଳଯୁଗ୍ମର ବାହୁ

$$= qE \times y$$
$$= qE \times 2l\sin\theta$$
$$= pE\sin\theta$$

ଭେକ୍ଟର ରୂପରେ ଏହାକୁ ଆମେ କହିପାରିବା

$$t = p \times E$$

ଆମେ ଜାଣିଲୁ,

- $\theta = 0$, ହେଲେ, ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ଶୂନ । ଏବଂ
- $\theta = 90^0$ ପାଇଁ, ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଉପରେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସର୍ବାଧିକ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା pE ସହ ସମାନ ହେବ । ତେଣୁ ଆମେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ପହଁଞ୍ଚିଲେ ଯେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଡ଼ାଇପୋଲକୁ ଘୂରାଇବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ ଏବଂ ନିଜ ଦିଗରେ ରଖେ ।

ଉଦାହରଣ 15.5 :

ପ୍ରତ୍ୟେକଟି 6.0 x 10^{-6} C ଥିବା ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ + q ଏବଂ –q ଏକ ବଳଯୁଗ୍ମ ଗଠନ କରନ୍ତି । ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 4 x 10^{-10}m ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ହିସାବ କର । ଯଦି ଏହି ଡ଼ାଇପୋଲରକୁ E = 3.0 x NC^{-1} ର ଏକ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି 30^0 କୋଣ କରି ରଖାଯାଏ, ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଉପରେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ମାନ ନିରୂପଣ କର ।

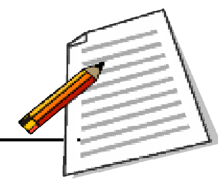
ଉତ୍ତର : ଡ଼ାଇପୋଲ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର p = qd

$$= (6.0 \times 10^{-6}C) \times (4.0 \times 10^{-10}m)$$
$$= 24\ 10^{-16}\ cm$$

ଯେହେତୁ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $t = pE\sin\theta$, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$t = (24 \times 10^{-16}\ cm) \times (3.0 \times 10^{2} NC^{-1}) \sin 30^0$$
$$= \frac{72}{2} \times 10^{-4}\ Nm$$
$$= 36 \times 10^{-14} Nm$$

ଯଦି ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲ୍‌କୁ ଏକ ଅସମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଚାର୍ଜ –q ଏବଂ +q ଉପରେ ବଳ ମଧ୍ୟ ଅସମାନ ହେବ । ଏଭଳି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଡ଼ାଇପୋଲକୁ ଘୂରାଇବା ସହିତ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗରେ ତା'କୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରିବ ।

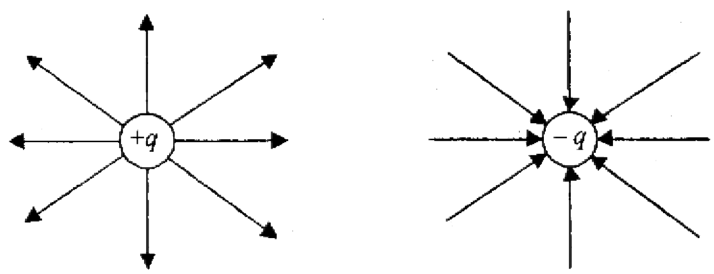


ଟିପ୍ପଣୀ

15.3.3. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ ରେଖା (କ୍ଷେତ୍ର ରେଖା)
Electric Lines of Force(Field Lines) :-

ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର (କିମ୍ବା ବଳ) ଦର୍ଶାଇବାକୁ ଏକ ସରଳ ଉପାୟ ହେଉଛି କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରି ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଟାଣିବା । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଅଙ୍କନ ଆମକୁ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଏବଂ ପରିମାଣର ଏକ ଧାରଣା ଦିଏ । କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବରେ **ରଖାଯାଇଥିବା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଏକ ସମତଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ସହ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।** କ୍ଷେତ୍ରରେଖାର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ଏକ ସ୍ପର୍ଶକ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଦର୍ଶାଏ ।

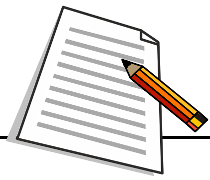
ମନେରଖ, *ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ଦର୍ଶାଇବା ପାଇଁ କାଳ୍ପନିକ ରେଖା ମାତ୍ର । ବାସ୍ତବରେ ଏପରି ରେଖାଗୁଡ଼ିକର କୌଣସି ଅସ୍ତିତ୍ୱ ନାହିଁ ।* କିନ୍ତୁ, କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକର ଆଚରଣ ଏବଂ ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟାକୁ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସାହାଯ୍ୟରେ ଉତ୍ତମ ଭାବେ ବୁଝାଯାଇ ପାରିବ । ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେଖାର କେତେକ ଉଦାହରଣ ଚିତ୍ର 15.14 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏକ ସ୍ଥିର ଥିବା ପଜିଟିଭ ଚାର୍ଜର କ୍ଷେତ୍ରରେଖା ଅରୀୟ ଭାବେ ବର୍ହିଦିଗରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । କିନ୍ତୁ ସ୍ଥିର ନେଗେଟିଭ ଚାର୍ଜ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଅସୀମରୁ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଅରୀୟ ଭାବେ ଅନ୍ତର୍ମୁଖୀ (ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଦିଗକୁ) ହୁଏ । ତୁମେ ବୁଝି ପାରୁଥିବ ଯେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖା ଶୂନ୍ୟରେ ସବୁ ଦିଗରେ ରହେ । କେବଳ ଚାର୍ଜ୍ ଥିବା ସମତଳରେ ରହିଥିବା ରେଖାମାନଙ୍କୁ ଏଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



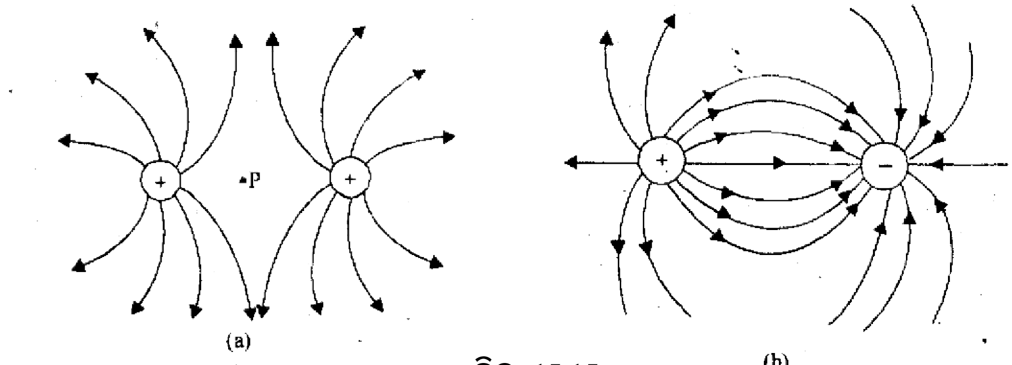
ଚିତ୍ର 15.14 : ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେଖା । a) ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜର କ୍ଷେତ୍ରସମୂହ
b) ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରସମୂହ

ଚିତ୍ର 15.15(a) ରେ ଦୁଇଟି ପାଖାପାଖି ଥିବା ସମାନ ପରିମାଣର ସମଚାର୍ଜ୍ ଯୋଗୁଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେଖାର ଚିତ୍ର ଦିଆଯାଇଛି । ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକର ଅତି ନିକଟରେ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ ତୀର୍ଯ୍ୟକ ଅଟେ ଏବଂ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରିବାରୁ ବାହାରକୁ ବାଙ୍କିଯାଏ । ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଅଛି ଯେଉଁଠାରେ କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର ରେଖା ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ । ଏହି ବିନ୍ଦୁର ଉଭୟ ଚାର୍ଜର କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରନ୍ତି ଏବଂ ଏଠାରେ ପରିଣାମୀ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

ଚିତ୍ର 15.15 (b) ରେ ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲର କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଦର୍ଶା ଯାଇଛି । ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରେ ଶେଷ ହେଉଥିବା ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ।



ଟିପ୍ପଣୀ



ଚିତ୍ର 15.15

ଚିତ୍ର 15.15 ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁଚାର୍ଜ ଥିବା ତନ୍ତ ଯୋଗୁଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ

a) ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପଜିଟିଭ ଚାର୍ଜ

b) ଡ଼ାଇପୋଲ ହେତୁ ଉତ୍ପନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରୁ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରେ ଶେଷ ହୋଇଛନ୍ତି ।

ତୁମେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ନିମ୍ନଲିଖିତ ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ମନେରଖିବା ଉଚିତ୍ ।

- କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରୁ ଅରୀୟ ଦିଗରେ ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ସବୁ ଦିଗରେ ଯାଏ ଏବଂ ଅନନ୍ତ ଦୂରରେ ଶେଷ ହୁଏ ।
- କ୍ଷେତ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଅନନ୍ତ ଦୂରତାରୁ ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ଏକ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରେ ଶେଷ ହୁଏ ।
- ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲର କ୍ଷେତ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରୁ ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ୍‌ରେ ଶେଷ ହୁଅନ୍ତି ।
- କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ପର୍ଶକ, ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଦର୍ଶାଏ ।
- କ୍ଷେତ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବଭାବରେ ଥିବା ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳବିଶିଷ୍ଟ (unit area) ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଯାଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ଏହି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି (strength) ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ ।
- ଦୁଇଟି ବଳ ରେଖା କେବେହେଲେ ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରିବେ ନାହିଁ ।

15.4 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଫ୍ଲକ୍ସ ଏବଂ ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ

(Electric Flux and Gauss' law):-

r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚାର୍ଜ +q ଥିବା ବିଚାର କର । ଗୋଲକ ପୃଷ୍ଠର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ହେବ -

$$E = k \times \frac{q}{r^2}$$

ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ପୃଷ୍ଠତଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଏବଂ ବାହାର ଆଡ଼କୁ ଅଟେ । ଆମେ ଏହି ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଟୁକୁରା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ Δs ନେବା । Δs ଏକ ଭେକ୍ଟର ଯାହାର ପରିମାଣ ଟୁକୁରା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ Δs ସହ ସମାନ ଏବଂ ଏହାର ଦିଗ ଏହି ଟୁକୁରା ଅଭିଲମ୍ବ ହୁଏ । (ଚିତ୍ର 15.16) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଫ୍ଲକ୍ସ $\Delta\phi$ ର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି Δs ଓ E ର ସ୍କାଲାର୍ ଗୁଣଫଳ :

$$\Delta\phi = \mathbf{E} \cdot \mathbf{\Delta s}$$

ଏହିଭଳି ସମସ୍ତ ଟୁକୁରାର ଫ୍ଲକ୍ସର ସମଷ୍ଟିରୁ ମିଳିବ ସମଗ୍ର ପୃଷ୍ଠ ପାଇଁ ଫ୍ଲକ୍ସ

$$\phi_E = \sum_{\Delta s_i \to 0} \mathbf{E_i} \cdot \mathbf{\Delta s_i} \qquad (15.21)$$

E ଓ Δs ମଧ୍ୟରେ କୋଣ ଶୂନ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଫ୍ଲକ୍ସର ପରିମାଣ

$$\phi_E = k \times \frac{q}{r^2} \sum \Delta s$$

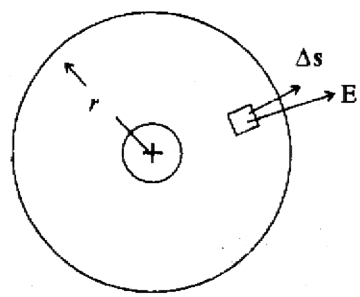
ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ଟୁକୁରାର କ୍ଷେତ୍ର ଫଳର ସମଷ୍ଟି $4\pi r^2$ । ତେଣୁ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠରୁ ନିର୍ଗତ ସମୁଦାୟ ଫ୍ଲକ୍ସ

$$\phi_E = k \times \frac{q}{r^2} \times 4\pi r^2 = 4\pi k \times q$$

$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଆମେ ପାଇବା

$$\phi_E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times 4\pi q$$

$$= \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (15.22)$$



ଚିତ୍ର 15.16

ଗୋଲକର ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠକୁ “ଗସିୟାନ ପୃଷ୍ଠ” କୁହାଯାଏ । ସମୀକରଣ 15.22 କୁ ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କହନ୍ତି । ଏହା ଅନୁସାରେ ଏକ ନିବୁଜ “ଗସିୟାନ” ପୃଷ୍ଠରୁ ନିର୍ଗତ ସମୁଦାୟ ଫ୍ଲକ୍ସ ପୃଷ୍ଠରେ ଥିବା ସମଗ୍ର ଚାର୍ଜ୍ q ଓ ε_0 ର ହରଣଫଳ ସହ ସମାନ ।

ଗସଙ୍କ ନିୟମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେ ଗସିୟାନ ପୃଷ୍ଠ ଏକ କାଳ୍ପନିକ ଗାଣିତିକ ପୃଷ୍ଠ । ଏହାର କୌଣସି ବାସ୍ତବ ପୃଷ୍ଠ ସହ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ରହି ନ ପାରେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

କାର୍ଲ ଫେଡ୍ରେରିକ୍ ଗସ୍ (1777 - 1855)

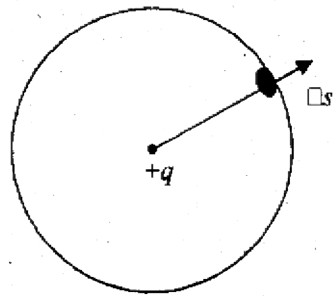
ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଗଣିତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରତିଭାଶାଳୀ ଜର୍ମାନ୍ ବିଦ୍ୱାନ ଗସ୍ ଅତୀବ ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ଗଣିତଜ୍ଞ ମଧ୍ୟରୁ ଜଣେ ଥିଲେ । ଆଲୋକ ବିଜ୍ଞାନ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ, ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଜ୍ଞାନ, ଜଣେ ସଂଖ୍ୟା ତତ୍ତ୍ୱ, ଅବକଳ ଜ୍ୟାମିତି ଏବଂ ଗାଣିତିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଇତ୍ୟାଦି ବିବିଧ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମହତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଯୋଗଦାନ କରିଥିଲେ ।

ବାଳ ବିଦ୍ୱାନ ଭାବେ କେବଳ ତିନି ବର୍ଷର ହୋଇଥିଲାବେଳେ ସେ ତାଙ୍କ ପିତାଙ୍କର ଆୟ- ବ୍ୟୟର ହିସାବରେ ଏକ ତ୍ରୁଟିକୁ ଠିକ୍ କରି ଦେଇଥିଲେ । ପ୍ରାଥମିକ ବିଦ୍ୟାଳୟରେ 1 ରୁ 100 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସଂଖ୍ୟାର ମିଶାଣ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ କରି ସମସ୍ତଙ୍କୁ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ କରିଥିଲେ ।

ଯଦିଓ ସେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ଠାରୁ ଦୂରରେ ରହିବାକୁ ପସନ୍ଦ କରୁଥିଲେ ଏବଂ ପଢ଼ାଇବାକୁ ପସନ୍ଦ କରୁନଥିଲେ, ତଥାପି ତାଙ୍କର ଅନେକ ଛାତ୍ର ଉଚ୍ଚ ସ୍ତରର ଗଣିତଜ୍ଞ ହେଲେ । ରିଚର୍ଡ୍ ଡେଡେକିଣ୍ଡ, ବରହାର୍ଡ୍ ରିମଲ୍, ଫ୍ରେଡ୍ରକ, ବେସେଲ ଏବଂ ସୋଫି ଜରମେନ ଇତ୍ୟାଦି ଅନ୍ୟତମ । ତାଙ୍କ ସମ୍ମାନରେ ତିନୋଟି ଡ଼ାକଟିକେଟ ଏବଂ 10 ମାର୍କର ବ୍ୟାଙ୍କ୍ ନୋଟ ଜର୍ମାନ୍ ଜାରୀ କରିଥିଲା । ଚନ୍ଦ୍ରର ଏକ ଗହ୍ୱର (Crater) ଯାହାର ନାମ ଗସ୍ ଗହ୍ୱର ତାଙ୍କ ନାମ ଅନୁସାରେ ନାମିତ ହୋଇଥିଲା ଏବଂ କ୍ଷୁଦ୍ର ଗ୍ରହାଣୁ 100 କୁ ତାଙ୍କ ନାମ ଅନୁସାରେ ନାମିତ କରାଯାଇଛି ।

15.4.1. ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ଜନିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର (Electric Field due to a point charge):-

ଆମେ ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କରିବା । ଚିତ୍ର (15.17) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଚାର୍ଜ q କୁ କେନ୍ଦ୍ରରେ ରଖି r ପରିମିତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକ ଅଙ୍କନ କର ।



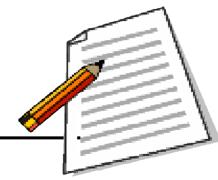
ଚିତ୍ର 15.17 ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ କେନ୍ଦ୍ରସ୍ଥ ଚାର୍ଜ q ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବାହାରି ଅରୀୟ ଦିଗରେ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ ସହ ଲମ୍ବଭାବରେ ଅଛି. । କ୍ଷେତ୍ରଫଳର କ୍ଷୁଦ୍ର ଟୁକୁରା Δs ଉପରେ ଅଭିଲମ୍ବ E ସହ ସମାନ୍ତର । ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ,

$$\phi_E = \sum_i E_i \, \Delta s_i = q / \varepsilon_0$$

ଯେହେତୁ $\cos\theta = 1$ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ E ସମାନ ଥିବାରୁ, ଆମେ ଲେଖିପାରିବା,

$$\phi_E = E \times 4\pi r^2$$



ଟିପ୍ପଣୀ

$$q / \varepsilon_0 = E \times 4\pi r^2$$

$$\therefore\ E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (15.23)$$

ଯଦି ଅନ୍ୟ ଏକ ଚାର୍ଜ q_0 ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଯାଏ, ତେବେ ଏହା ଉପରେ ବଳର ପରିମାଣ ହେବ,

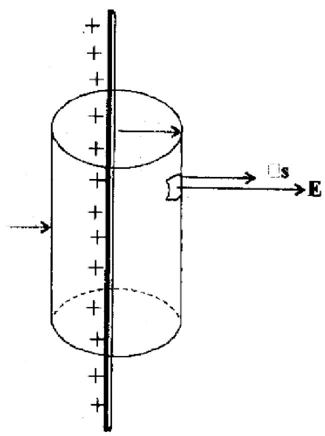
$$F = q_0 E$$

ତେଣୁ $$F = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0 \pi^2} \qquad (15.24)$$

ଏହି ଫଳାଫଳରୁ ତୁମେ କିଛି ଜାଣିପାରୁଛ କି ?

ଦୁଇଟି ସ୍ଥିର ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା କୁଲମ୍ ବଳ ନିମିତ୍ତ ଏହା ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଅଟେ ।

15.4.2 ଏକ ଦୀର୍ଘ ରେଖୀୟ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର
(Electric Field due to a long line charge)



ଚିତ୍ର 15.18 ଏକ ସମରେଖୀୟ ଚାର୍ଜ-ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା ଅସୀମ ରେଖୀୟ ଚାର୍ଜ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଗସିଆନ୍‌ଙ୍କ ପୃଷ୍ଠ ଲମ୍ବ ବୃତ୍ତୀୟ ସିଲିଣ୍ଡର

ସମ ସରଳରୈଖିକ ଚାର୍ଜ ସାନ୍ଦ୍ରତା σ_l (ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ଥିବା ଅସୀମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ପତଳା ଚାର୍ଜିତ ତାର ରୂପରେ ଏକ ରେଖୀୟ ଚାର୍ଜ ରହେ ।)

ମନେକର ତାରରେ ଚାର୍ଜ +q ଅଛି । ଆମେ r ଦୂରତାରେ ଥିବା ଏକ ବିନ୍ଦୁ P ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ମାନ ହିସାବ କରିବା । ଦୀର୍ଘ ତାରକୁ ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷ ରୂପେ ନେଇ r ପରିମିତ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନେଇ ଏକ ଲମ୍ବ ବୃତ୍ତୀୟ ସିଲିଣ୍ଡର ଅଙ୍କନ କର । ସିଲିଣ୍ଡରଟିର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତ ବନ୍ଦ ଅଛି । ଏହି ସିଲିଣ୍ଡରର ପୃଷ୍ଠ, ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠ ଅଟେ ଏବଂ ଚିତ୍ର 15.18 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସିଲିଣ୍ଡରର ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର E ର ମାନ ସମାନ ଅଟେ, କାରଣ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜିତ ତାରଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଏବଂ କ୍ଷେତ୍ର ଟୁକୁରା Δs ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ସମାନ୍ତର ହେବ ।

ମନେକର ଗସିଆନ୍ ସିଲିଣ୍ଡରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1 । ସିଲିଣ୍ଡର ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ $q = \sigma_l l$, ସିଲିଣ୍ଡରର ବକ୍ରପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $2\pi rl$ ଅଟେ । ସିଲିଣ୍ଡରର ଉପର ଓ ତଳ ମୁଣ୍ଡର ଚଟକା ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ଅଭିଲମ୍ବ ହେବ ($\cos 90^o = 0$) । ତେଣୁ ସମୁଦାୟ ଫ୍ଲକ୍ସରେ ଏହି ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗଦାନ ନାହିଁ ।

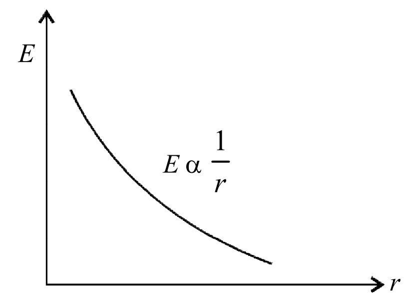
ତେଣୁ $\phi_E = \sum E.\,\Delta s$

$= E \times 2\pi r l$

ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ $\phi_E = \dfrac{q}{\varepsilon_0}$

ତେଣୁ $E = 2\pi rl = \dfrac{q}{\varepsilon_0} = \sigma_l \dfrac{l}{\varepsilon_0}$

ବା $E = \dfrac{\sigma_1}{2\pi\varepsilon_0 r}$ (15.25)

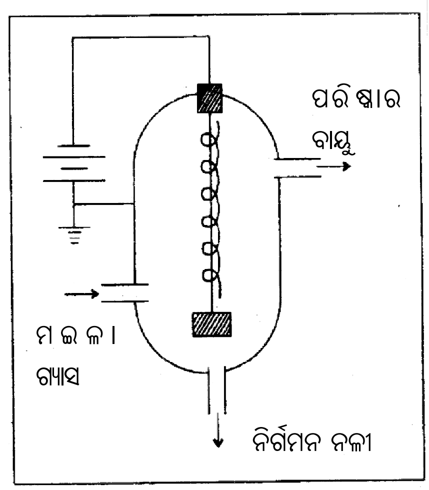


ଚିତ୍ର 15.19 ଏକ ରେଖୀୟ ଚାର୍ଜପାଇଁ E ଓ r ସହ ପରିବର୍ତ୍ତନ

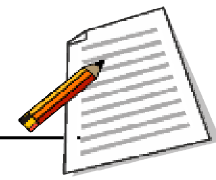
ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଦୂରତା ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ଏହାକୁ ଚିତ୍ର 15.19 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଛି ।

ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିସ୍ରାବକ

ତାପଜ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର କିମ୍ବା ଇଟା ଭାଟିର ଚିମିନିରୁ ବାହାରୁଥିବା କଳାରଙ୍ଗର ଧୂଆଁ ଏବଂ ମଇଳା କଣିକା ଦେଖିଥିବ । ଧୂଆଁରେ କେବଳ ଗ୍ୟାସ ନ ଥାଏ, ମାତ୍ର ଏଥିରେ ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ଛୋଟ ଛୋଟ ଧୂଳିକଣିକା, କୋଇଲା ଖଣ୍ଡ ଦେଖିବାକୁ ମିଳିବ । ଏହି ଧୂଆଁ ସହିତ ଧୂଳିକଣା ସବୁ ଚିମିନିରୁ ସିଧାସଳଖ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଯାଏ । ଧୂଳିକଣାଗୁଡ଼ିକ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ମାଟିରେ ପଡ଼ିଯାଏ ଏବଂ ମାଟିକୁ ପ୍ରଦୂଷିତ କରେ । ଏହି ଗ୍ୟାସଗୁଡ଼ିକ ଗ୍ଲୋବାଲ ୱାର୍ମିଂ ବା ପୃଥିବୀର ଉଷ୍ମିକରଣ ପାଇଁ ଦାୟୀ । ଏହା ଜୀବନ୍ତ ପ୍ରାଣୀମାନଙ୍କ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ପାଇଁ ଅତ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷତିକାରକ । ଏଣୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଛାଡ଼ିବା ପୂର୍ବରୁ ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ୟାସରୁ ବାହାର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।



ଉଚ୍ଚ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନର ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଛି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିସ୍ରାବକର ନିର୍ମାଣ । ଏହାର ଏକ ସରଳ ଚିତ୍ର ଏଠାରେ ଦିଆଗଲା । ଏକ ଧାତବ ପାତ୍ରର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ତାରକୁ ଉଚ୍ଚ ନେଗେଟିଭ୍ ପୋଟେନସିଆଲ୍ (ପ୍ରାୟ 100 kV) ରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ପାତ୍ରର କାନ୍ଥକୁ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ସଂପନ୍ନ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ପଜିଟିଭ୍ ଟର୍ମିନାଲ୍ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଆର୍ଥିଂ କରାଯାଇଥାଏ । w ମାନର ଏକ ଓଜନ , କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଭାଗରେ ଥିବା ତାରକୁ ସିଧା ରଖେ । ଏହିଭଳି ଭାବେ ସୃଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର କାନ୍ଥର ତାର ଦିଗରେ ରହେ । ଗ୍ୟାସ ଓ ମଇଳାକୁ ପାତ୍ରର କାନ୍ଥରେ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ରନ୍ଧ୍ର ଦେଇ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ଛଡ଼ାଯାଏ । ତାର ନିକଟରେ ଉଚ୍ଚ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଯୋଗୁଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ (dischangc) ହୁଏ । ପଜିଟିଭ୍ ଓ ନେଗେଟିଭ୍ ଆୟନ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହି



ଟିପ୍ପଣୀ

ନେଗେଟିଭ ଚାର୍ଜିତ କଣିକାଗୁଡ଼ିକ କାନ୍ଥ ଆଡ଼କୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ । ସେମାନେ ଧୂଳିକଣା ସହିତ ସଂଘାତ କରନ୍ତି ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଚାର୍ଜିତ କରେ । ଅଧିକାଂଶ କଣିକା ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ, କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ କିମ୍ବା ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜଧରି ନିଅନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକ ପାତ୍ରର କାନ୍ଥଆଡ଼କୁ ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ । ମଝିରେ ମଝିରେ ପାତ୍ରର କାନ୍ଥକୁ ହଲାଇଲେ ଏଗୁଡ଼ିକ ପାତ୍ରପୃଷ୍ଠରୁ ତଳକୁ ଖସି ପଡ଼ନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକ ନିର୍ଗମନ ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ପଦାକୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଯାଏ ।

ଏହିପରି ଅଦରକାରୀ କଣିକାଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ୟାସରୁ ପୃଥକ କରାଯାଏ ଏବଂ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଶୁଦ୍ଧ ବାୟୁ ଛଡ଼ାଯାଏ । ଏହିଭଳି ଅଧିକ ଦକ୍ଷତା ସଂପନ୍ନ ଯନ୍ତ୍ର ଧୂଆଁରୁ ୨୪% ପାଉଁଶ (ash) ଓ କଣିକାକୁ ଧୂଆଁରୁ ବାହାର କରାଯାଏ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 15.4

1. ଯଦି କୌଣସି ଗସିୟାନ ପୃଷ୍ଠ ମଧ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଫ୍ଲକ୍ସ ଶୂନ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏହାର ଅର୍ଥ କ'ଣ ?

   a) ପୃଷ୍ଠ ମଧରେ ଥିବା ସମୁଦାୟ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ କି ?

   b) ପୃଷ୍ଠର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ କି ?

   c) ପୃଷ୍ଠ ମଧକୁ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ପୃଷ୍ଠରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ସମାନ କି ?

2. ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର $3.0 \times 10^6 NC^{-1}$ ରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବାୟୁରେ ସ୍ପାର୍କିଂ ହୁଏ । 5.0 cm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗୋଲକରୁ ପରିପାର୍ଶ୍ୱ ବାୟୁକୁ ବିସର୍ଜନ ନ କରି କେତେ ଅଧିକ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ ସଞ୍ଚୟ କରିପାରିବ ?

3. ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଉପରେ ନେଟ୍ ବଳର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ଏବଂ ବଳ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କେତେ ହେବ ?

   a) ଏକ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଏହି ଦିଗରେ ରଖାଗଲେ କିମ୍ବା

   b) ଅସମବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ରଖାଗଲେ

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ସିଲ୍କ କପଡ଼ାରେ ଘଷିଲେ କିମ୍ବା ରବରକୁ ପକ୍ଷୀ ପରରେ ରଗଡ଼ିଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।
- ପରମ୍ପରାନୁସାରେ (by conventim) କାଚଦଣ୍ଡ ଉପରେ ଚାର୍ଜ ପଜିଟିଭ୍ ଏବଂ ରବର ଉପରେ ଚାର୍ଜ ନେଗେଟିଭ ଧରାଯାଏ ।
- ସମଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ଏବଂ ବିଷମ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।
- ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ

ଟିପ୍ପଣୀ

କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମରୁ ମିଳେ,

$$F = k\frac{q_1 \times q_2}{p^2}\hat{r}$$

ଏଠାରେ $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.0 \times 10^9\, Nm^2C^{-2}$

- ପ୍ରକୃତିରେ ଥିବା ସବୁଠାରୁ କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଚାର୍ଜର ଏକକ ହେଉଛି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ -

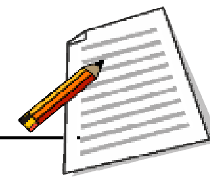
  $e = 1.60 \times 10^{-19}\, C$
- ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷିତ ଏବଂ ଏହାର ପରିମାଣ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନିକ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା କ୍ୱାଣ୍ଟମିତ୍ ହୁଏ ।
- ଏକ ଚାର୍ଜ q ହେତୁ ଶୂନ୍ୟ (space)ରେ ଥିବା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର E ର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି ଏକ ଏକକ ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳ ।

$$E = \frac{E}{q_0} = k \times \frac{q_1}{r^2}\bar{\hat{r}}$$

- ଅଧିରୋପଣର ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗରୁ ଅନେକ ଗୁଡ଼ିଏ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳର ମୂଲ୍ୟ ମିଳିପାରିବ ।
- ପରସ୍ପରଠାରୁ ଅଳ୍ପ ଦୂରତାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ସମପରିମାଣ ଓ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଥିବା ଏକ ତନ୍ତ୍ର ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଡାଇପୋଲ୍ । ଡ଼ାଇପୋଲ ଅଘୂର୍ଣ୍ଣ $|p| = qr$ ଅଟେ । p ର ଦିଗ ନେଗେଟିଭ୍ ଚାର୍ଜରୁ ପଜିଟିଭ୍ ଚାର୍ଜ ଆଡ଼କୁ ଦୁଇ ଚାର୍ଜକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖା ଉପରେ ରହେ ।
- ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ଅବସ୍ଥାନ ଓ ନିରକ୍ଷୀୟ ଅବସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଯଥାକ୍ରମେ ହେଉଛି

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\ \frac{2p}{r^3} \text{ ଏବଂ } E = \frac{1}{-4\pi\varepsilon_0}\ \frac{P}{r^3}$$

- ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେଖା (ବଳରେଖା) କ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରଦର୍ଶନ ନିମିତ୍ତ ଏକ ଚିତ୍ର ରୂପ ମାତ୍ର ।
- କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତିକରୁଥିବା ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଫ୍ଲକ୍‌ସ । ଏହାକୁ $\phi_E = E.A$ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।
- ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଏକ ଆବଦ୍ଧ ପୃଷ୍ଠରୁ ନିର୍ଗତ ମୋଟ ଫ୍ଲକ୍ସ ହେଉଛି ଏହାଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ମୋଟ ଚାର୍ଜର $\frac{1}{\varepsilon_0}$ ଗୁଣ ।
- ଏକ ରେଖୀୟ ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ହେଉଛି, $E = \frac{\sigma_1}{2\pi\varepsilon_0 r}$ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. x - ଏକ 12mC ଚାର୍ଜ ଅକ୍ଷ ଉପରେ x = 20 cm ରେ ଅଛି ଏବଂ , ଅନ୍ୟ ଏକ -18mC ଚାର୍ଜ x = 29 cm ରେ ଅଛି । -18mC ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଅନୁଭୂତ ବଳର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ହିସାବ କର । 12mC ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଅନୁଭୂତ ବଳର ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

2. 3 ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁଚାର୍ଜ q_1 ଓ q_2 ମଧ୍ୟରେ ଅନୁଭୂତ ପାରସ୍ପରିକ ବଳ ହେଉଛି, 16×10^{-15}N । $q_1 = q_2 - q$ ବଳର ପରିମାଣ କଳନା କର । ଯଦି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 6 ମିଟରକୁ ବଦଳାଯାଏ ତେବେ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ?

3. ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ A ଓ B ପରସ୍ପରଠାରୁ x ଦୂରତାରେ ଅଛନ୍ତି । A ଓ B ରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚାର୍ଜର ମାନ +q ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳ F ଅଟେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନରେ ସମାନ ପରିମାଣର ଚାର୍ଜ +q ଥାଇ ଦୁଇଟି ଏକାଭଳି ଧାତବ ଗୋଲକ ରଖାଗଲା । ଏବେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ x । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବଳର ମାନରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ କି ? ତୁମ ଉତ୍ତରର ସପକ୍ଷରେ କାରଣ ଲେଖ ।

4. ଶୂନ୍ୟରେ 16cm ବ୍ୟବଧାନରେ ରଖାଯାଇଥିବା ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିକର୍ଷଣ ବଳ 7.5×10^{-10}N ଅଟେ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ k = 2.5 ଥିବା ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଏମାନଙ୍କୁ ରଖିଲେ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳର ପରିମାଣ କେତେ ହେବ ?

5. x ଦୂରତାରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳକୁ ତୁଳନା କର । ଦତ୍ତ ପ୍ରୋଟନର ଚାର୍ଜ $=1.60 \times 10^{-19}$C, ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=1.67 \times 10^{-27}$xg ଏବଂ ମହାକର୍ଷଣୀୟ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ $G = 6.67 \times Nm^2kg^{-2}$ ।

6. ଚାରୋଟି +q ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ 1 ସେ.ମି. ପାର୍ଶ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବର୍ଗକ୍ଷେତ୍ରର ଚାରି କୌଣିକ ବିନ୍ଦୁରେ ରଖାଯାଇଛି । ବର୍ଗକ୍ଷେତ୍ରର କେନ୍ଦ୍ର ଉପରେ q_0 ମାତ୍ରାର ପରୀକ୍ଷଣ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳର ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

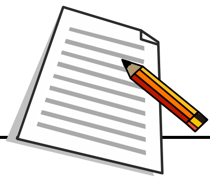
7. ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ରେଖାଗୁଡ଼ିକ କେତେବେଳେ ପରସ୍ପର ସହ ସମାନ୍ତର ହେବେ ?

8. ଏକ ଧାତବ ଗୋଲକରୁ କେତୋଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ କାଢ଼ିନେଲେ ଏଥିରେ ଚାର୍ଜ୍ $+ 6.4 \times 10^{-7}$C ହେବ ?

9. $q = 3.0 \times 10^{-6}$C ଓ $2l = 4 \times 10^{-10}$m ଥିବା ଏକ ଡ଼ାଇପୋଲ ବିଚାର କର । ଏହାର ଡ଼ାଇପୋଲ୍ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ପରିମାଣ ହିସାବ କର । ନିରକ୍ଷୀୟ ସମତଳରୁ $r = 6 \times 10^{-6}$m ଦୂରରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ହିସାବ କର ।

10. R = 3.0 mm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକ ଉପରେ ଏକ $- q = 15 \times 10^{-6}$C ଚାର୍ଜ ରଖାଗଲା । ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ r = 15 cm ଦୂରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ହିସାବ କର । ଯଦି ଏହି ଗୋଲକ ବଦଳରେ 9.00 mm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ଗୋଲକ ରଖାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ଏହି ବିନ୍ଦୁ (r = 15 cm) ଉପରେ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିମାଣ ଏବଂ ଦିଗ କ'ଣ ହେବ ?

11. ଏକ + 15mC ର ଚାର୍ଜ 20 cm ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ରଖାଗଲା । ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ଫ୍ଲକ୍‌ସର ହିସାବ କର ।



ଟିପ୍ପଣୀ

12. ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନକୁ $E = 8.0 \times NC^{-1}$ ମୂଲ୍ୟର ଏକ ସମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରଖାଗଲା । ପ୍ରୋଟନର ତ୍ୱରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

13. ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ q_1 ଏବଂ q_2 ପରସ୍ପରଠାରୁ 3.0 cm ଦୂରରେ ଅଛନ୍ତି । ଯଦି $(q_1 + q_2) = 20mC$ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷକ ବଳ 750N ହୁଏ, ତାହାହେଲେ q_1 ଓ q_2 ହିସାବ କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

15.1

1. i) ହଁ ii) ଚାର୍ଜ $= 3.2 \times 10^{-17}C$

2. A ର ଚାର୍ଜ $+Q$ । A ଓ B କୁ ପରସ୍ପର ସହ ଲଗାଇ ରଖିଲେ ଚାର୍ଜ ସମାନ ଭାବରେ ବାଣ୍ଟି ହେବେ ।
   i) ହଁ ii) $+Q/2$

3. $q = 4.8 \times 10^{-16}$, ଯେହେତୁ $Ne = q$, ଆମେ ପାଇବା;

$$N = \frac{4.8\times10^{-16}}{1.6\times10^{-19}} = 3.0 \times 10^3 \text{ ସଂଖ୍ୟକ ଚାର୍ଜ}$$

15.2

1. $Q_1 = 16\ mC$, $Q_2 = 9\ mC$ ଏବଂ $r = 12$ m ଯେହେତୁ, $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$

$$= \frac{(9\times10^9\,Nm^2C^2)(16\times10^{-6}C)\times(12\times10^{-6}C)}{144m^2}$$

$$= 9 \times 10^{-3}N$$

   i) ଦିଗ ହେବ, q_2 ରୁ q_1 ଆଡ଼କୁ
   ii) ଦିଗ ହେବ, q_1 ରୁ q_2 ଆଡ଼କୁ

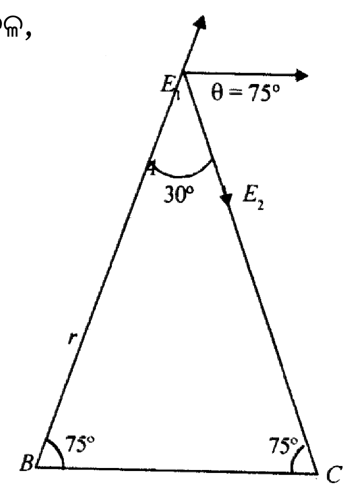
2. ବିନ୍ଦୁ A ଉପରେ ବିନ୍ଦୁ B ଚାର୍ଜ ହେତୁ ବଳ $F_1 = k\frac{q^2}{a^2}$ ଯେଉଁଠି AB = a ଯେହେତୁ AB = AC,

ସେଥିପାଇଁ A ଉପରେ B ବିନ୍ଦୁଠାରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବଳ,

$$F_2 = K\frac{q^2}{a^2}$$

$$R^2 = F_1^{\ 2} + F_2^{\ 2} = 2F^2$$

$R = F\sqrt{2}$ ଅଟେ ଏବଂ F ସହ 45^0 କୋଣକରି



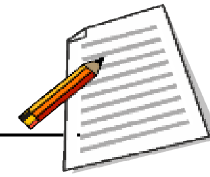
15.3

1. a) E + x - ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ
   b) E + y - ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ
   c) x - ଅକ୍ଷ ସହ 45^0 କୋଣ କରି

2. AB = AC = 40 cm

$$\left|E_1\right| = \frac{kq}{\pi^2} = \left|E_2\right| = \frac{9\times10^9\,Nm^2C^{-2}\times(2\times10^{-6}C)}{(0.40m)^2}$$

$$= 1.125 \times 10^5\ Nc^{-1}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

E^1 ଓ E^2 ର ପରିଣାମୀ BC ର ସମାନ୍ତର ହେବ, ତେଣୁ

$$R^2 = E_1{}^2 + E_2{}^2 + 2E_1E_2\cos 150$$

$$= 2E^2 + 2E^2\cos(150-30)$$

$$= 2E^2 - 2E^2\cos 30$$

$$= 2E^2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 4.723\times10^{10}\,N^2C^{-2}$$

ଏହାର ଦିଗ BC ସହ ସମାନ୍ତର (B ରୁ C ଆଡ଼କୁ) ହେବ ।

3. E ପୃଥିବୀ ଆଡ଼କୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହେବ । ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ଉପରକୁ ବଳ ରହିବ ।
4. ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ ଉପରେ କ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ୍ ଅଟେ ।

15.4

1. i) ହଁ ii) ଆବଶ୍ୟକ ରୂପରେ ନୁହେଁ iii) ହଁ
2. $E = \dfrac{Q}{4\pi\sum_0 \pi^2}$

$\therefore$ $Q = 4\pi\sum_0 \pi^2 E$

$$= \left(3\times10^6\,NC^{-1}\right)\times\frac{1}{9\times10^9\,Nm^2C^{-2}}\times\left(25\times10^{-4}\,m^2\right)$$

$= 8.3 \times 10^{-7}$C

3. a) F = 0, j = 0

   b) F $\neq$ 0 j = 0

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର :

1. 240 N ବଳ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ x- ଅକ୍ଷର ଦିଗରେ; +12 mc ଚାର୍ଜ ଉପରେ ବଳ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ x - ଦିଗରେ ହେବ ।
2. $q = 4 \times 1^{-3}$ C 4. 3×10^{-10}N
5. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଳ ମହାକର୍ଷଣ ବଳର 10^{16} ଗୁଣା ହେବ ।
6. ଶୂନ୍ 8. 4×10^{12} ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ
9. 12×10^{-16} cm, 0.5×10^{15} ବା NC^{-1}
10. 6×10^6 NC^{-1} କେନ୍ଦ୍ର ଆଡ଼କୁ; ସମାନ କ୍ଷେତ୍ର
11. 1.7×10^6 cm 12. 7.6×10^2 ms^{-2}
13. 15 mc ଏବଂ 5 mc