4. విద్యుత్ ఆవేశాలు, క్షేత్రాలు

ముఖ్య విషయాలు

- సజాతి ఆవేశాలు పరస్పరం వికర్షించుకుంటాయి, విజాతి ఆవేశాలు పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి.
- ఆవేశాలను తమగుండా స్వేచ్ఛగా ప్రవహించడానికి అనుమతించే పదార్థాలను వాహకాలు అంటారు.వాహకం యొక్క వాహకతకు కారణం అందలి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు.
- ఆవేశానికి గల ముఖ్య లక్షణాలు సంయోగత, నిత్యత్వం మరియు క్వాంటీకరణం.
- రెండు ప్రొటాన్లకు స్థిరవిద్యుత్ మరియు గురుత్వబలంల నిష్పత్తి 10^{36}.రెండు ఎలక్ట్రాన్లకు స్థిరవిద్యుత్ మరియు గురుత్వబలాల నిష్పత్తి 10^{42}. ఒక ప్రొటానుకు, ఒక ఎలక్ట్రానుకు ఈ నిష్పత్తి 10^{39}.
- కూలుంబ్ విలోమవర్గ నియమము : రెండు విద్యుదావేశాల మధ్య బలము, ఆవేశాల పరిమాణాల లబ్ధానికి అనులోమావపాతములోనూ, వాని మధ్యదూర వర్గానికి విలోమానుపాతంలోనూ ఉంటుంది. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}\frac{Q_1Q_2}{r^2}$
- విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఒక బిందువు వద్ద ఏకాంక ధన శోధక ఆవేశం మీద పనిచేసే బలాన్ని ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత అంటారు.

$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$.విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతకు ప్రమాణాలు NC^{-1}

- విద్యుత్‌క్షేత్రంలో ఒక బిందువు వద్ద స్వేచ్ఛగా గల ఏకాంక ధన శోధక ఆవేశం చలించే దిశను విద్యుత్ బలరేఖ అంటారు. విద్యుత్ బలరేఖకు గీసిన స్పర్శరేఖ ఆ బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశనిస్తుంది.
- ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రం $\vec{E}$ లో ఉంచబడిన విద్యుదావేశము q పై పనిచేయు బలము $\vec{F} = q\vec{E}$
- K రోధక స్థిరాంకం గల యానకంలో ఏదేని బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత

$E_{యానకం} = E_{గాలి} / K$

- అనేక విద్యుత్ ఆవేశాల వలన ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్‌క్షేత్ర తీవ్రత. $\vec{E}$

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 + ... +$

- ఒక తలం మీద తీసుకున్న విద్యుత్ క్షేత్ర ఉపరితల సమాకలనిని ఆ తలం నుండి వెలువడే విద్యుత్‌క్షేత్ర అభివాహం అంటారు. విద్యుత్ అభివాహం $\phi_E = \int \vec{E}.\vec{ds}$. వైశాల్య మూలకం ఖరీ ఒక సదిశ.దీని దిశ వైశాల్యానికి గీసిన బాహ్యముఖ లంబం దిశలో ఉంటుంది.
- విద్యుత్ అభివాహం ఒక అదిశరాశి.
- ఒక మూసిన తలం నుంచి వెలువడే మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం, ఆ తలం చేత ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశానికి $\frac{1}{\epsilon_0}$ రెట్లు ఉంటుంది.దీనిని గాస్ నియమంఅంటారు.

www.sakshieducation.com

ఎ) ఏకరీతి దైర్ఘ్య ఆవేశ సాంద్రత λ కలిగి ఉన్న అనంత పొడవు కలిగిన సన్నని తిన్నని తీగవల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r}$ ఇక్కడ జీ తీగనుంచి పరిశీలనా బిందువుకు గల లంబదూరం.

(బి) ఏకరీతి ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత σ కలిగి ఉన్న అనంత సమతల పలక వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$.

సి) ఏకరీతి ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత మరియు మొత్తం ఉపరితల ఆవేశం σ కలిగి ఉన్న ఫ్ర వ్యాసార్థం కలిగిన బోలు గోళంవల్ల కలిగే విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత . $E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2}$

- ఆవేశితం చేసిన అనంత పొడవు గల తిన్నని తీగ వల్ల విద్యుత్ పొటెన్షియల్ $V = -\frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0} \log_e r + K$ దీనిలో K సమాకలన స్థిరాంకం

- అనంత ఆవేశిత తలం వల్ల విద్యుత్ పొటెన్షియల్ $V = -\frac{\sigma}{2 \epsilon_0} r + K$. దీనిలో K సమాకలన స్థిరాంకం.

- ఆవేశం వి మరియు వ్యాసార్థం ఫ్ర కలిగిన ఒక బోలు గోళం వల్ల ఏర్పడే పొటెన్షియల్, బాహ్య బిందువు వద్ద $(r \geq R)$ $V = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r}$

గోళం తలం మీద మరియు లోపల $(r \leq R)$ $V = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{R}$

అతిస్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. ఆవేశం క్వాంటీకరణం చెందింది అనే ప్రవచనం అర్థం ఏమిటి?

జ: విద్యుదావేశం కనిష్ఠ విద్యుదావేశం అయిన ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశ $\left(e = 1.6 \times 10^{-19} C\right)$ పరిమాణంనకు పూర్ణాంక గుణిజాలుగా ఉంటుంది. అందువలన ఆవేశం క్యాంటీకరణం చెందింది అంటారు.

$Q = ne$

ఇందు Q = విద్యుదావేశ, n = ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య, e = ఎలక్ట్రాన్ విద్యుదావేశం

2. ఆకర్షణ కంటే వికర్షణ ఏ ఆవేశానికి సరైన పరీక్ష, ఎందుకు?

జ: విజాతి ఆవేశాలే కాకుండా ఆవేశిత వస్తువుచేత ఆవేశ పూరితం కాని వస్తువు కూడా ప్రేరణవలన ఆకర్షింపబడును. కాని సజాతి ఆవేశాలు మాత్రమే వికర్షింపబడును. అందువలన ఆకర్షణ కంటే వికర్షణ సరియైన పరీక్ష.

3. $1C$ ఆవేశం ఎన్ని ఎలక్ట్రాన్లతో ఏర్పడుతుంది?

జ: $n = \frac{q}{e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18}$ ఎలక్ట్రానులు.

4. వస్తువును దనావేశితం చేసినప్పుడు వస్తువు భారం ఏమవుతుంది?

జ: ఒక వస్తువును ధనావేశితం చేసినప్పుడు, అది కొన్ని ఎలక్ట్రాన్‌లను కోల్పోవుటచే వస్తుభారం తగ్గును.

www.sakshieducation.com

5. రెండు ఆవేశాల మధ్య దూరాన్ని ఎ) సగానికి తగ్గిస్తే, బి) రెట్టింపు చేస్తే వాటి మధ్య బలం ఏమవుతుంది?

జ: విలోమ వర్గ నియమం నుండి, $F \propto \frac{1}{d^2}$

ఎ) ఆవేశాల మధ్యదూరం సగం చేసినప్పుడు $d^1 = \frac{d}{2}$

$$\frac{F^1}{F} = \frac{d^2}{\left(d^1\right)^2} = \frac{d^2}{\left(d/2\right)^2} = 4 \Rightarrow F^1 = 4F$$

$\therefore$ దూరాన్ని సగానికి తగ్గించినప్పుడు ఆవేశాల మధ్యబలం నాలుగు రెట్లు పెరుగును.

బి) ఆవేశాల మధ్యదూరం రెట్టింపు చేసినప్పుడు $d^1 = 2d$

$$\frac{F^1}{F} = \frac{d^2}{\left(d^1\right)^2} = \frac{d^2}{\left(d/2\right)^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow F^1 = \frac{F}{4}$$

6. విద్యుత్ బలరేఖలు (క్షేత్ర రేఖలు) పరస్పరం ఖండించుకోవు. ఎందుకు?

జ: ఏదైనా బిందువు వద్ద బలరేఖకు గీసిన స్పర్శరేఖ ఆ బిందువు వద్ద క్షేత్ర దిశనిస్తుంది. రెండు బలరేఖలు ఖండించుకుంటే, ఆ ఖండన బిందువు వద్ద విద్యుత్‌క్షేత్రానికి రెండు దిశలుండాలి.అలా వీలుకాదు కావున బలరేఖలు ఖండించుకోవు.

7. ABC సమబాహు త్రిభుజం పై B, C ల వద్ద $+q, -q$ ఆశేశాలు ఉన్నాయనుకోండి. ఈ వ్యవస్థకు మొత్తం ఆవేశం శూన్యం. కాని B, C ల నుంచి సమదూరంలో ఉండే A వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం (తీవ్రత) శూన్యం కాదు. ఎందుకు?

జ: విద్యుదావేశము అదిశరాశి కావున. మొత్తం ఆవేశం $Q = q + (-q) = 0$. కాని విద్యుత్ క్షేత్రము సదిశరాశి. సమబాహు త్రిభుజం శీర్షము A వద్ద $+q$ మరియు $-q$ ల వల్ల ఏర్పడిన విద్యుత్ క్షేత్రాలు కొంత కోణంతో పనిచేయడం వల్ల (120^0) సమబాహు త్రిభుజం శీర్షం వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రం శూన్యం కాదు.

8. స్థిర విద్యుత్ బల క్షేత్ర రేఖలు సంవృత లూప్‌లను ఏర్పరచవు. ఒక వేళ సంవృత లూప్‌లను ఏర్పరిస్తే సంవృత పథం వెంబడి ఆవేశాన్ని జరిపేందుకు చేసిన పని శూన్యం కాజాలదు. పై రెండు ప్రవచనాల నుంచి స్థిర విద్యుత్ బలం స్వభావాన్ని ఊహించగలరా?

జ: స్థిర విద్యుత్ బలాలు నిత్యత్వ బలాలు

9. స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రంలోని గాస్ నియమాన్ని తెలపండి.

జ: గాస్ నియమము:

ఒక మూసిన తలం నుంచి వెలువడే మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం, ఆ తలం చేత ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశానికి $\frac{1}{\epsilon_0}$ రెట్లు ఉంటుంది.దీనిని గాస్ నియమంఅంటారు.

$$\therefore \phi = \oint_s \bar{E}.d\bar{s} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

10. ఏయే సందర్భాల్లో విద్యుత్ అభివాహం రుణాత్మకం, ధనాత్మకం?

జ: విద్యుత్ అభివాహం:

విద్యుక్షేత్రం మరియు వైశాల్యంల యొక్క అదిశా లబ్ధానికి విద్యుత్ అభివాహం సమానం ఇచ్చిన తలమునందలి విద్యుత్ అభివాహం అంటారు. అనగా $d\phi_E = \vec{E}.\vec{ds} = Eds\cos\theta$

ఇది ఇచ్చిన తలము గుండా వెళ్ళే మొత్తం విద్యుత్ బలరేఖలను తెలుపును. సంవృత వస్తువు విషయంలో బయటకు వెళ్ళే అభివాహం $(\theta < 90)$ నుండి ధనాత్మకంగా మరియు లోపలికి వచ్చే అభివాహం $(\theta > 90)$ను ఋణాత్మకంగా పరగణింతురు.

www.sakshieducation.com

11. **అనంతమైన పొడవు ఉండే ఆవేశిత తీగ నుంచి r త్రిజ్యా దూరంలో విద్యుత్ (క్షేత్ర) తీవ్రతకు సమాసాన్ని రాయండి.**

జ: అనంత పొడవు గల ఆవేశపూరిత తీగ వల్ల ఏదైనా బిందువు (P) వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

ఇందు $\lambda =$ రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రత, $r =$ తీగ నుండి బిందువు వరకు గల లంబదూరం.

12. **అనంతమైన వైశాల్యం గల ఆవేశిత పలక వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ (క్షేత్ర) తీవ్రతకు సమాసాన్ని రాయండి.**

జ: అనంత వైశాల్యం గల వాహకపు పలక వల్ల ఇచ్చిన బిందువు (P) వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $\mathrm{E} = \dfrac{\sigma}{2\in_0}$

ఇందు $\sigma =$ ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత

13. **ఆవేశిత వాహక గోళాకార కర్పరం వల దాని వెలుపల, లోపల బిందువుల వద్ద ఏర్పడే విద్యుత్ (క్షేత్ర) తీవ్రతకు సమాసాలను రాయండి.**

జ: **గోళాకార కర్పరం వల్ల విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత :**

ఎ) వాహక గోళం వెలుపల బిందువు వద్ద $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

బి) వాహక గోళం లోపలి బిందువు వద్ద $E = 0$,

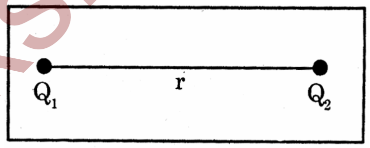
స్వల్ప సమాధాన ప్రశ్నలు

1. **విద్యుత్‌లోని కూలుమ్ విలోమవర్గ నియమాన్ని తెలిపి, వివరించండి.**

జ: **కూలుమ్ నియమము నిర్వచనం:**

రెండు విద్యుదావేశాల మధ్య బలము ఆవేశాల పరిమాణాల లబ్ధానికి అనులోమానుపాతములోనూ మరియు వాటి మధ్యదూర వర్గానికి విలోమానుపాతంలోనూ ఉంటుంది..

Q_1 మరియు Q_2 విద్యుదావేశాలు ఒకదానికొకటి r దూరంలో కలవనుకుందాము. విలోమ వర్గ నియమము ప్రకారము వాటి మధ్య బలం,



కూలుంబ్ నియమం

$\mathrm{F} \propto \dfrac{Q_1 Q_2}{r^2}$ లేదా

ఆవేశముల మధ్యబలము $\mathrm{F} = \dfrac{1}{4\pi\in_0\in_r}\dfrac{Q_1 Q_2}{r^2}$

ఇందు $\in_0$ శూన్య యానకం యొక్క పెర్మిటివిటీ. దీని విలువ $\in_0 = 8.85\times10^{-12}$ కూలుంబ్^{2} / న్యూటన్ మీ^{2}. మరియు $\in_r$ యానకం యొక్క సాపేక్ష పెర్మిటివిటీ .శూన్యం లేదా గాలిలో $\in_r = 1$

2. **ఒక బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతను నిర్వచించండి. బిందు ఆవేశం వల్ల ఏర్పడే తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.**

జ: **విద్యుత్ తీవ్రత (E):**

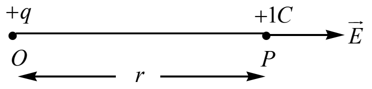
విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఏదైనా బిందువు వద్ద ఉంచిన ఏకాంక ధనావేశముపై పనిచేసే బలాన్ని ఆ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత అందురు. $\mathrm{E} = \dfrac{1}{4\pi\in_0}\dfrac{q}{r}$

www.sakshieducation.com

సమాధానము:

బిందు ఆవేశం q ఆవేశం చుట్టు గల విద్యుత్ క్షేత్రంలో r దూరంలో బిందువు P వద్ద శోధన ఆవేశం q_0 ఉంచినామనుకొనుము

q వల్ల q_0 పై బలం $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{qq_0}{r^2}$



విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత, $E = \frac{F}{q_0}$

$$\therefore E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{q}{r^2} N/C$$

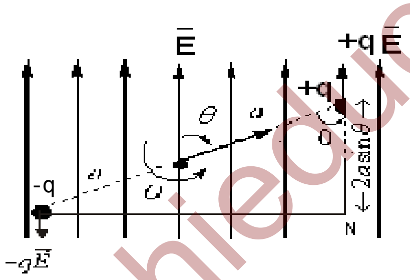
3. **ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రంలోని విద్యుత్ డైపోల్ పై పనిచేసే యుగ్మానికి టార్క్‌కు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.**

జ: స్వల్ప దూరంలో గల రెండు సమాన మరియు వ్యతిరేక ఆవేశాలను ద్విధ్రువం అందురు. $-q$ మరియు $+q$ కూలుమ్ ఆవేశాలు $2a$ దూరంలో కలవనుకొనుము.

ద్విధ్రువ భ్రామకం, $P = q \times 2a$

ఇది ఒక సదిశ. దీని దిశ ద్విధ్రువ అక్షం పై $-q$ నుండి $+q$ వైపుకు ఉండును. పటంలో చూపినట్లు, ద్విధ్రువ అక్షం, క్షేత్రదిశలో θ కోణము చేయునట్లు ఉంచామనుకుందాము. విద్యుత్ క్షేత్రం వల్ల $+q$ పై బలం $F = +qE$ మరియు $-q$ పై బలం $F = -qE$

అట్టి రెండు సమాన వ్యతిరేక బలాలు టార్క్ లేక యుగ్మ భ్రామకంను ఏర్పరుచును.



టార్క్ లేక యుగ్మ భ్రామకం τ = లంబదూరం $\times$ ఒక బలపరిమాణం

$$\therefore \tau = (2a\sin\theta)qE = 2aqE\sin\theta = PE\sin\theta$$

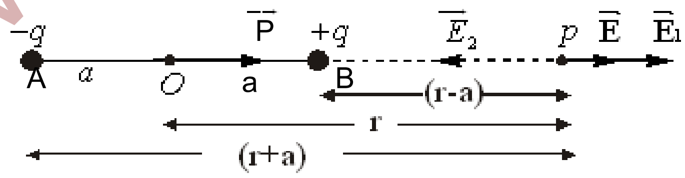
లేక $\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$

4. **విద్యుత్ డైపోల్ అక్షం ఏదైనా బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.**

జ: **విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత :**

ఒక విద్యుత్ ద్విధ్రువంలోని ఆవేశాలు $-q$ మరియు $+q$. వాటి మధ్య దూరము $2a$ అని అనుకోండి.

ద్విధ్రువం మధ్య బిందువు $'O'$ నుండి అక్షీయరేఖ పై p అను ఏదైనా బిందువు $'r'$ దూరంలో కలదనుకొనుము.



అక్షీయరేఖ పై $'p'$ బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E_{axial} = E_{+q} + E_{-q}$

q ధనావేశం వల్ల p బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E_{+q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{(r-a)^2}$ ($\overrightarrow{OP}$ దిశలో)

$'-q'$ ఆవేశం వల్ల p బిందువు వద్ద విద్యుత్ తీవ్రత $E_{-q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-q}{(r+a)^2}$ ($\overrightarrow{PO}$ దిశలో)

www.sakshieducation.com

$\therefore p$ వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత $E_{axial} = E_{+q} + E_{-q}$

$$E_{axial} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{(r-a)^2} - \frac{q}{(r+a)^2}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{4ar}{(r^2-a^2)^2}\right)$$

కాని $r >> a$ అయినపుడు $r^2 - a^2 = r^2$ అగును.

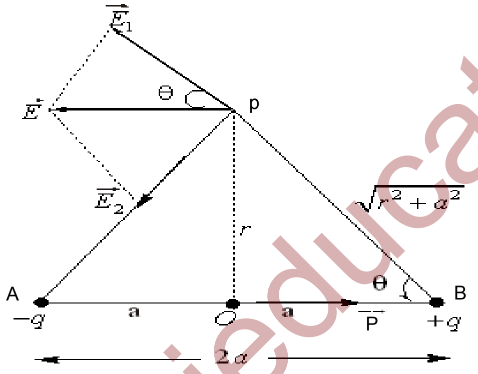
$$\therefore E_{axial} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4ar}{r^4} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4a}{r^3}$$

కాని $2qa = p$ ద్విధృవ భ్రామకం.

$$\therefore E_{axial} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2p}{r^3}.\ (\overrightarrow{OP}\text{ దిశలో})$$

5. విద్యుత్ డైపోల్ మధ్య లంబ తలం పై ఏదైనా బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.

జ: ఒక విద్యుత్ ద్విధ్రువంలోని ఆవేశాలు $-q$ మరియు $+q$. వాటి మధ్య దూరము $2a$ అని అనుకోండి. ఆవేశముల మధ్యబిందువును 'O' అనుకొనుము. అక్షీయరేఖకు లంబంగా ఉంటూ మధ్యబిందువు గుండాపోయే రేఖను మధ్య లంబరేఖ అంటారు.మధ్య లంబ తలంలో ద్విధ్రువ కేంద్రం 'O' నుండి 'r' దూరంలో 'P' అను బిందువుకలదనుకొనుము.



p బిందువు వద్ద '$+q$' ఆవేశం వల్ల పనిచేసే బలం

$$E_{+q} = \frac{1}{4\pi e\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{(r^2+a^2)}\ (\overrightarrow{AP}\text{ దిశలో})$$

$-q$ ఆవేశం వల్ల p బిందువు వద్ద పనిచేసే బలం

$$E_{-q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{(r^2+a^2)}\ (\overrightarrow{BP}\text{ దిశలో})$$

ఇందు E_{+q} మరియు E_{-q} ల ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని కనుగొనడానికి సమాంతర చతుర్భుజ నియమం వాడవలెను. కావున E_{+q} మరియు E_{-q} లను లంబ తలం వెంబడి మరియు తలానికి లంబంగా విభజించగా లంబ తలం దిశలో అంశలు రద్దు చేసుకుంటాయి.

అక్షీయరేఖకు సమాంతర దిశలో ఈ అంశలు ఒకే దిశలో ఉంటాయి.

$$\overline{E}_{equatorial} = [E_{+q} + E_{-q}]\cos\theta \times \overline{p}$$

పటం నుండి, $\cos\theta = \dfrac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}$

$$\therefore \overline{E}_{equatorial} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2q}{r^2+a^2}\right)\frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\hat{p} = \frac{2qa}{4\pi\varepsilon_0(a^2+r^2)^{3/2}}\hat{p}$$

కాని $r >> a$ అయితే $(r^2+a^2)^{3/2} \simeq r^3$

www.sakshieducation.com

$$\therefore \overline{E}_{equatorial} = \frac{2qa}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\hat{p}$$

ఇందు $\hat{p}$ ద్విధృవ భ్రామకం దిశలో గల ప్రమాణ సదిశ.

6. స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రంలోని గాస్ నియమాన్ని తెలిపి, దాని ప్రాముఖ్యతను వివరించండి.

జ: గాస్ నియమము:

ఒక మూసిన తలం నుంచి వెలువడే మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం, ఆ తలం చేత ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశానికి $\frac{1}{\epsilon_0}$ రెట్లు ఉంటుంది.దీనిని గాస్ నియమం అంటారు.

$$\therefore \phi = \oint_s \overline{E}.d\overline{s} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

ప్రాముఖ్యత:

1) గాస్ నియమం సంవృత తలం ఆకారం, పరిమాణంల పై ఆధారపడదు.

2) గాసియన్ తలం వెలుపల గల ఆవేశాలు గాసియన్ తలం నుండి వెలువడే మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం పై ఏ ప్రభావం ఉండదు.

3) సౌష్ఠవం ఉన్న వ్యవస్థల స్థిర విద్యుత్ క్షేత్రాల కు గాస్ నియమం ఉపయోగపడును.

దీర్ఘ సమాధాన ప్రశ్నలు

1. విద్యుత్ అభివాహాన్ని నిర్వచించండి. గాస్ నియమాన్నిన్న అనువర్తించి అనంతమైన, తిన్నని పొడవాటి ఆవేశిత తీగ వల్ల కలిగే విద్యుత్ తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి. (విద్యుత్ క్షేత్రం ప్రతి బిందువు వద్ద రేడియల్ క్షేత్రమని, తీగనుంచి బిందువు ఉండే త్రిజ్యా దూరం r పైనే ఆధారపడుతుందని అనుకోండి)

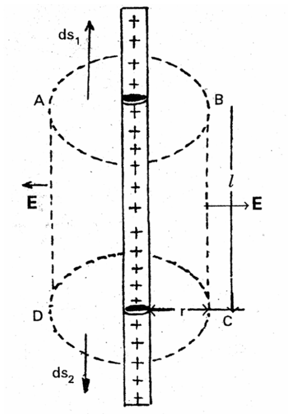
జ: విద్యుత్ అభివాహం:

విద్యుక్షేత్రం మరియు వైశాల్యంల యొక్క అదిశా లబ్ధానికి విద్యుత్ అభివాహం సమానం ఇచ్చిన తలమునందలి విద్యుత్ అభివాహం అంటారు. అనగా $d\phi_E = \vec{E}.\vec{ds} = E ds\cos\theta$

తిన్నని పొడవాటి ఆవేశిత తీగ వల్ల కలిగే విద్యుత్ తీవ్రత:

అనంత పొడవుగల ఒక తిన్నని ఆవేశితమైన తీగ యొక్క దైర్ఘ్య ఆవేశ సాంద్రత λ అనుకొనుము. ఆవేశిత తీగవలన ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత E ప్రతి బిందువు వద్ద తీగకు లంబంగా ఉండును. తీగ చుట్టూ సహాక్షంగా l పొడవు మరియు 'r' వ్యాసార్ధం గల స్థూపం ABCD ని తీసుకొనుము. స్థూపం యొక్క చదునైన తలాలు AB మరియు CD లు తీగకు లంబంగా ఉంటాయి.

$\therefore$ చదునైన తలాలకు , $E.ds = E\,ds\cos 90 = 0$



ఆవేశితమైన తిన్నని తీగ – గాసియన్ తలం

www.sakshieducation.com

స్థూపం వక్రతలం ADCB వద్ద E మరియు ds లు ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉంటాయి.కావున $\theta = 0$.

$\therefore \; E\,ds\cos\theta = Eds$

ఇదే విధంగా తీగకు కుడివైపున ఉన్న ప్రక్కతలమునకు కూడా వర్తించును.

$\therefore \oint_S E\,ds = \oint_S E\,ds = \oint_S ds = ES = E(2\pi r)l$

($\therefore$ స్థూపం తల వైశాల్యము $S = 2\pi r l$)

తీగ నుండి జీ దూరంలో ఉన్న ప్రక్కతలం మొత్తం మీద అంతటా E విలువ సమానం కావున $\oint_S E.ds = \frac{q}{\epsilon_0}$

$\therefore \; E.2\pi r l = \frac{q}{\epsilon_0}$

ఇందు q గాసియన్ తలంచే ఆవరింపబడిన మొత్తం ఆవేశం.

కాని , $q = \lambda l$ ఇందు రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రత λ

$E.2\pi r l = \frac{\lambda l}{\epsilon_0}$ లేదా $E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r}$

$\therefore$ అనంతమైన పొడవు గల ఆవేశిత తీగకు $E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r}$. E దిశ తీగకు లంబంగా ఉంటుంది.

2. **స్థిర విద్యుత్ శాస్త్రంలో గాస్ నియమాన్ని తెలపండి. గాస్ నియమాన్ని అనువర్తించి అనంత సమతల ఆవేశిత పలక వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ తీవ్రతకు సమాసాన్ని ఉత్పాదించండి.**

జ: గాస్ నియమము:

'ఏదైనా సమతల తలం ద్వారా పోవు మొత్తం విద్యుత్ అభివాహం, తలం ఆవరించి ఉన్న నికర ఆవేశంనకు $\frac{1}{\varepsilon_0}$ రెట్లు ఉండును.'

$$i.e., \; \phi = \oint_s \vec{E}\,d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

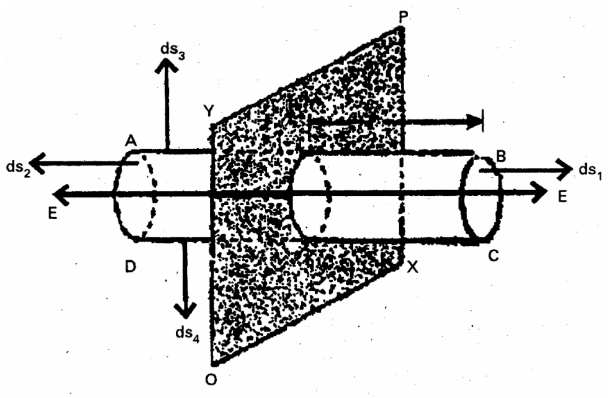
సమతల ఆవేశిత పలక వల్ల విద్యుత్ తీవ్రత :

OXPY ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత σ గల అనంత సమతల పలక అనుకొనుము. దీని వలన ఏర్పడు విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత E వద్ద పలక తలానికి లంబంగా ఉండును.

గాసియన్ తలము ABCD పలకకు లంబంగా 2r పొడవును కలిగిన క్షితిజ సమాంతర స్థూపం. దీని తలాలు AD మరియు BC లు సమతలానికి సమాంతరంగా తలం నుంచి సమాన దూరాలలో (r,r) ఉండును.

విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత AD మరియు BC లకు లంబంగా మరియు ds_1, ds_2 లకు సమాంతరంగా ఉండును. కావున $E.ds = Eds$

www.sakshieducation.com



ఆవేశితమైన అనంత సమతలం (పలక)

ds_3, ds_4 తలాలు E కి లంబం కావున ప్రక్కతలానికి $E.ds = 0$

$$\therefore \oint E.ds = \int_S Eds = E\int_S ds = E(S)$$

(చదును తలాలకు మొత్తం వైశాల్యం 2s)

గాస్ నియమం ప్రకారం, $\oint E.ds = \frac{q}{\epsilon_0}$ మరియు $q = S\sigma$.

ఇందు S ఒక్కొక్క చదునుతలం యొక్క వైశాల్యం.

$$E.2S = \frac{S\sigma}{\epsilon_0} \qquad \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

3. **గాస్ నియమాన్ని అనుసర్తించి ఆవేశిత వాహక గోళాకార కర్పరం వల్ల ఏర్పడే విద్యుత్ క్షేత్రానికి సమాసాలను (i) కర్పరం వెలుపలి బిందువు వద్ద, (ii) కర్పరం ఉపరితలం పై గల బిందువు వద్ద, (iii) కర్పరం లోపల బిందువు వద్ద ఉత్పాదించండి.**

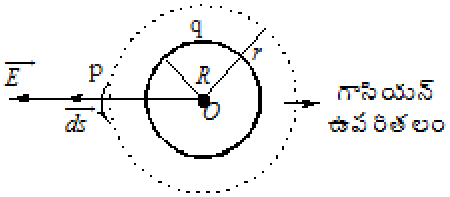
జ: ఏకరీతి ఆవేశ గోళాకార కర్పరంపై ఆవేశం 'q' మరియు దీని వ్యాసార్థం R.

ఉపరితల ఆవేశ సాంద్రత, $\sigma = \frac{\text{మొత్తం ఆవేశం}}{\text{ఉపరితల వైశాల్యం}} = \frac{q}{4\pi R^2}$

కర్పరంను ఏకరీతిగా ఆవేశపరిచినప్పుడు, ఏ బిందువు వద్దనైనా విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత 'O' నుండి రేడియల్ దూరం 'r' పై ఆధారపడును. E దిశ కేంద్రం నుండి వ్యాసార్థం వెంట దూరంగా ఉండును.

$i)$ **కర్పరం వెలుపల బిందువు వద్ద** E:

గోళాకార కర్పరం వెలుపల వ్యాసారం r గల గాసియన్ ఉపరితలంను $(r > R)$ నిర్మిద్దాం.



ఈ గోళం ద్వారా పోవు మొత్తం అభివాహం $\phi = \oint_S \vec{E}.d\vec{s} = E\ ds = \frac{q}{\varepsilon_0}$

కాని $\oint_S dS =$ గోళం వైశాల్యం $= 4\pi r^2$

www.sakshieducation.com

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

కాని $q = 4\pi R^2 \sigma$

$\therefore E = \frac{4\pi R^2 \sigma}{\varepsilon_0}$

గోళాకార కర్పరం వెలుపలి తలం వద్ద, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\frac{R^2}{r^2}$

***ii)* కర్పరం ఉపరితలం పై బిందువు వద్ద E:**

$r = R$ వ్యాసార్థం ఉన్న గాసియన్ ఉపరితలంను నిర్మిద్దాం.

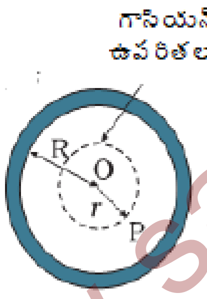
దీని ద్వారా పోవు మొత్తం అభివాహం, $\phi = \oint \vec{E}.d\vec{S} = E\oint_s dS = q\varepsilon_0$

కాని $\oint dS = 4\pi R^2$ మరియు $q = 4\pi R^2 \sigma$

$\Rightarrow E4\pi R^2 = \frac{4\pi R^2 \sigma}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$\therefore$ గోళాకార కర్పరం పై ఏదైనా బిందువు వద్ద తీవ్రత, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

***iii)* కర్పరం లోపలి బిందువు వద్ద E:**



కర్పరం లోపల ఒక బిందువును భావిద్దాం. r వ్యాసార్థం ఉన్న గాసియన్ ఉపరితలం $(r < R)$ ను నిర్మిద్దాం.

గాస్ నియమము నుండి $\oint_s \vec{E}.d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$

కాని కర్పరం లోపల ఆవేశం శూన్యం. $q = 0$

$= \oint_s \vec{E}.d\vec{s} = E4\pi r^2 = 0$

ఆవేశ గోళాకార కర్పరం లోపలి ఏదైనా బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత శూన్యం.

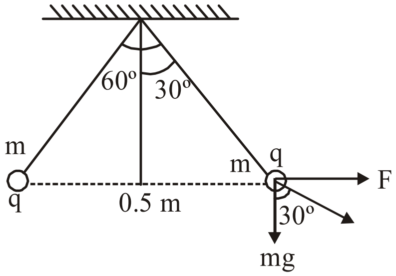
www.sakshieducation.com

అభ్యాసాలు

1. ఒక్కొక్కటి $0.20g$ ద్రవ్యరాశి గల రెండు చిన్నవైన, సర్వసమానమైన బంతులు సమాన ఆవేశాన్ని కలిగి ఉన్నాయి. వీటిని సమాన పొడవు గల రెండు దారాలతో వేలడదీశారు. దారాల మధ్య కోణం 60^0 ఉండే విధంగా ఆ బంతులు తమకుతామే సమతాస్థితిలోకి వచ్చాయి. బంతుల మధ్య దూరం $0.5m$ అయితే బంతుల పై ఉండే ఆవేశం ఎంత?

జ: $m = 0.20g = 0.2 \times 10^{-3} kg; \quad \theta = 60^0 \Rightarrow \alpha = \frac{\theta}{2} = 30^0$

$r = 0.5m,\ q_1 = q$ అనుకొనుము



పటం నుండి $T \sin \alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{r^2}$

$T \cos \alpha = mg$

$\therefore \tan \alpha = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2 mg}$

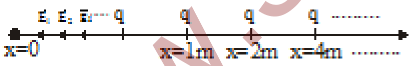
$\Rightarrow q^2 = 4\pi\varepsilon_0 r^2 mg \tan \alpha$

$$= \frac{1}{9\times 10^9} \times (0.5)^2 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{50}{9\times\sqrt{3}} \times 10^{-14}$$

$\therefore$ ప్రతి బంతి పై ఆవేశం, $q = 1.79 \times 10^{-7} C$

2. ఒక్కొక్కటి q ఆవేశం గల అనంతమైన ఆవేశాలను $x-$అక్షం పై మూల బిందువు నుంచి 1, 2, 4, 8.....మీటర్ దూరాల వద్ద ఉంచారు. మూల బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్రం ఎంత?

జ:



$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = ... = q$ అనుకొనుము

$r_1 = 1; \quad r_2 = 2; \quad r_3 = 4; \quad r_4 = 8; ....$

మూల బిందువు 'O' వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్రం, $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_1^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_2^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_4}{r_4^2} + ...$

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

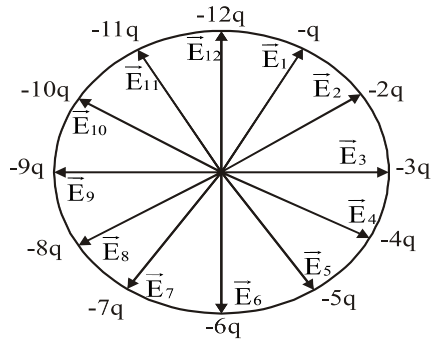
$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(1 - \frac{1}{4}\right)^{-1} = \frac{4}{3}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}$$

$\therefore E = \frac{q}{3\pi\varepsilon_0}$ (మూల బిందువు వైపు)

www.sakshieducation.com

3. గడియారంలోని డయల్ పై ఉండే అంకెల వద్ద $-q, -2q, -3q, ...-12q$ ఆవేశాలను బిగించారు. బిందు ఆవేశాలు ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని గడియారంలోని ముల్లులు ఆటంకపరచవు. ఏ సమయం వద్ద గంటల ముల్లు డయల్ కేంద్రం వద్ద ఉండే విద్యుత్ క్షేత్ర దిశలో ఉంటుంది?

జ:

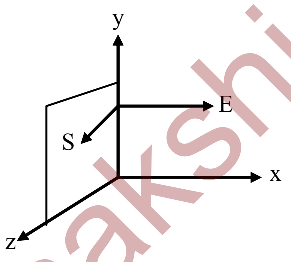


గంటల ముల్లు డయల్ కేంద్రం వద్ద 9.30 చూపుతుంది.

4. $E = 3\times10^3 N/C$ పరిమాణం గల ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని పరిగణించండి. ఎ) yz తలాన్ని సమాంతరంగా తలాన్ని కలిగి ఉండే భుజానికి $10cm$ పొడవు గల చతురస్రం ద్వారా క్షేత్ర అభివాహం ఎంత? బి) చతురస్రం తలానికి గీచిన లంబం $x-$అక్షంతో 60^0 కోణం చేసే విధంగా ఉంటే చతురస్రం ద్వారా అభివాహం ఎంత?

జ: ఎ) $E = 3\times10^3 N/C$

$S = 10^2 cm^2 = 10^2 \times (10^{-2} m)^2 = 10^{-2} m^2$



$\theta = 0^0$

$\phi = ES\cos\theta = 3\times10^3 \times 10^{-2} \times \cos 0^0$

$\therefore \phi = 30 Nm^2C^{-1}$

బి) $\theta = 60^0$, $\phi = ES\cos\theta = 3\times10^3 \times 10^{-2} \times \cos 60^0$

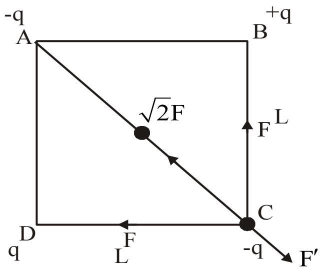
$\therefore \phi = 15 Nm^2C^{-1}$

5. Q పరిమాణం గల 4 ఆవేశాలు కలవు. వీటిలో రెండు ధనాత్మకం, రెండు రుణాత్మకం. వీటిని 'L' భుజంగాగల చతురస్రం శీర్షల వద్ద ప్రతి మూల వద్ద ఒకటి ఉండేట్లు ప్రతి ఆవేశం పై పనిచేసే బల దిశ కేంద్రం వైపు ఉండే విధంగా అమర్చారు. ప్రతి ఆవేశం అనుభవించే నికర విద్యుత్ బల పరిమాణాన్ని కనుక్కోండి.

జ: $+Q$ మరియు $+Q$ ల మధ్య బలం, $F_1 = \frac{KQ^2}{L^2}$

$+Q$ మరియు $-Q$ ల మధ్య బలం, $F_2 = \frac{-KQ^2}{L^2}$

www.sakshieducation.com



F_1 మరియు F_2 ల ఫలితం

$$F_{12} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{\left(\frac{KQ^2}{L^2}\right)^2 + \left(\frac{-KQ^2}{L^2}\right)^2} \Rightarrow F_{12} = \frac{KQ^2}{L^2}\sqrt{2}$$

$-Q$ మరియు $+Q$ ల మధ్య బలం $F_3 = \frac{-KQ^2}{2L^2}$

ఏదైనా ఆవేశం పై బలం, $F = F_{12} + F_3$

$$= \frac{KQ^2}{L^2}\sqrt{2} - \frac{KQ^2}{2L^2} \Rightarrow F = \frac{KQ^2}{L^2}\left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right)$$

$$\therefore F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{2L^2}(2\sqrt{2} - 1) \qquad \left[\because K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right]$$

6. ఒక ప్రదేశంలోని విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని $\vec{E} = a\hat{i} + b\hat{j}$ సూచిస్తుంది. ఇక్కడ a, b లు స్థిరాంకాలు. $y - z$ తలానికి సమాంతరంగా ఉండే L భుజంగా గల చతురస్ర వైశాల్యం ద్వారా పోయే నికర అభివాహాన్ని కనుక్కోండి.

జ: ఇచ్చినవి $\vec{E} = a\hat{i} + b\hat{j};\ \vec{S} = L^2\hat{i}$

$$\phi = \vec{E}.\vec{S} = (a\hat{i} + b\hat{j}).L^2\hat{i}$$

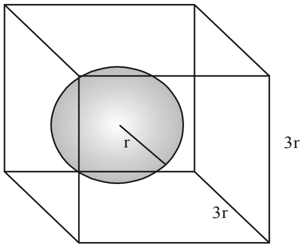
$$\therefore \phi = aL^2 \qquad \left[\because \hat{i}.\hat{i} = 1\ \&\ \hat{i}.\hat{j} = 0\right]$$

7. r వ్యాసార్థం గల బోలు గోళాకార కర్పరం σ ఏకరీతి ఆవేశ సాంద్రతను కలిగి ఉంది. కర్పరం కేంద్రం, ఘనం కేంద్రంతో ఏకీభవించే విధంగా దీన్ని $3r$ అంచుగల సమఘనంలో ఉంచారు. ఘనం తలం నుంచి బహిర్గతం అయ్యే విద్యుత్ అభివాహాన్ని లెక్కించండి.

జ: ఆవేశం $= q$ అనుకుందాము

వ్యాసార్థం $= r$

ఆవేశ సాంద్రత $= \sigma = \frac{q}{A} = \frac{q}{4\pi r^2}$



$\therefore$ గోళాకార కర్పరం పై, ఆవేశం $q = 4\pi r^2\sigma$

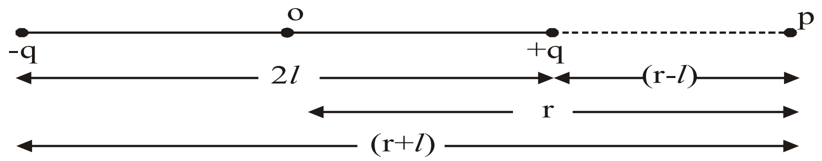
ఘనం ఒక తలం ద్వారా పోవు అభివాహం,

www.sakshieducation.com

$$\phi_E = \frac{1}{6}\frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{1}{6}\times\frac{4\pi r^2\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{2\pi r^2\sigma}{3\varepsilon_0}$$

8. ఒక విద్యుత్ డైపోల్ $2l$ దూరంలో ఉండే $+Q$, $-Q$ అనే రెండు సమాన, వ్యతిరేక ఆవేశాలను కలిగి ఉంది. ఆశేశాలకు సరేఖీయంగా (collinear) P అనే బిందువు ఉంది ధనావేశం నుంచి P దూరం, రుణావేశం నుంచి P ఉండే దూరంలో సగం అయితే P వద్ద విద్యుత్ తీవ్రత

జ: $r - l = \frac{1}{2}(r + l) \Rightarrow 2r - 2l = r + l \Rightarrow r = 3l$



$\therefore$ P వద్ద విత్యుత్ తీవ్రత, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{2pr}{\left(r^2 - l^2\right)^2}$

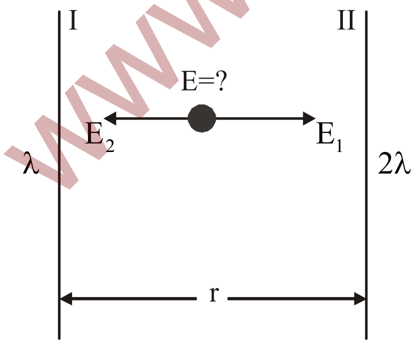
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2P(3l)}{\left[(3l)^2 - l^2\right]^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2P(3l)}{\left(8l^2\right)^2} \qquad \left[\because P = (2l)Q\right]$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{2(2l\times Q)3l}{64l^4} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{3Q}{16l^2}$$

9. $\lambda, 2\lambda$ ఏకరీతి రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రతలు గల రెండు అనంతమూన పొడవుతో ఉండే తిన్నని తీగలను r దూరంలో సమాంతరంగా అమర్చారు. రెండింటికి మధ్య దూరంలో ఉండే బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత.

జ: తీగల మధ్యదూరం $= r$

అనంత పొడవు గల తిన్నని తీగ వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం, $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$



P వద్ద $E_1 = \frac{\lambda_1}{2\pi\varepsilon_0 r_1}$

P వద్ద $E_2 = \frac{\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0 r_1}$

www.sakshieducation.com

ఇచ్చినవి $r_1 = r_2 = \frac{r}{2}$; $\lambda_1 = \lambda$ మరియు $\lambda_2 = 2\lambda$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 r}$$

$$E_2 = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)} = \frac{2\lambda}{\pi\varepsilon_0 r} = 2E_1$$

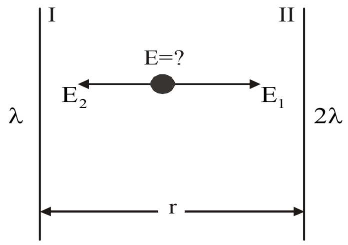
$\therefore$ మధ్య బిందువు వద్ద విద్యుత్ తీవ్రత, $E = E_2 - E_1 = 2E_1 - E_1 = E$

$$\therefore E = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 r}$$

10. $\lambda, 3\lambda$ ఏకరీతి రేఖీయ ఆవేశ సాంద్రతలు గల రెండు అనంతమైన పొడవుతో ఉండే తిన్నని తీగలను r దూరంలో సమాంతరంగా అమర్చారు. రెండింటికి మధ్య దూరంలో ఉండే బిందువు వద్ద విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత.

జ: $\lambda_1 = \lambda, \ \lambda_2 = 3\lambda$

$r_1 = r/2, \ r_2 = r/2$



మొదటి తీగ వల్ల P వద్ద $E_1 = \frac{\lambda_1}{2\pi\varepsilon_0 r_1} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 \ r/2} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 r} \rightarrow (1)$

రెండవ తీగ వల్ల P వద్ద $E_2 = \frac{\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0 r_2} = \frac{3\lambda}{2\pi\varepsilon_0 \ r/2} = \frac{3\lambda}{\pi\varepsilon_0 r}$

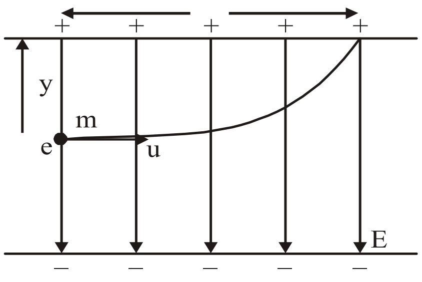
$\therefore P$ వద్ద ఫలిత విద్యుత్ క్షేత్ర తీవ్రత, $E = E_2 - E_1 = \frac{3\lambda}{\pi\varepsilon_o r} - \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 r}$

$$\therefore E = \frac{2\lambda}{\pi\varepsilon_0 r}$$

11. m ద్రవ్యరాశి, e ఆవేశం గల ఎలక్ట్రాన్‌ను u తొలివేగంతో E క్షేత్ర తీవ్రత గల ఏకరీతి విద్యుత్ క్షేత్రానికి లంబంగా తుపాకీతో పేల్చారు. పేల్చిన దిశలోనే ఎలక్ట్రాన్ క్షేత్రంలో x దూరంలో ప్రయాణిస్తే, అది పొందే తిర్యక్ స్థానభ్రంశం y విలువ ఎంత?

జ: $m_e = m; \ q = e; \ d = x; \ u_x = u; \ u_y = 0$

పలకల మధ్య విద్యుత్ క్షేత్రం $= E$



www.sakshieducation.com

క్షేత్రంలో ఎలక్ట్రాన్‌కు పట్టుకాలం, $t = \frac{d}{u_x} = \frac{x}{u}$

ఎలక్ట్రాన్ పై బలం, $F = qE = eE$

త్వరణం, $a = \frac{E}{m} = \frac{eE}{m}$

ఎలక్ట్రాన్ తిర్యక్ స్థానభ్రంశం, $y = u_y t + \frac{1}{2}at^2 = y = 0 + \frac{1}{2}\left(\frac{eE}{m}\right)\left(\frac{x}{u}\right)^2$

$\therefore y = \frac{eEx^2}{2mu^2}$

www.sakshieducation.com