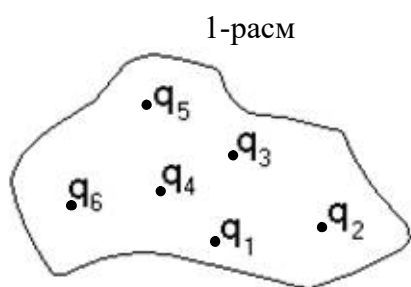


ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОН КУЧЛАНГАНЛИК ВЕКТОРИНИНГ ОҚИМИ. ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОНДА БАЖАРИЛГАН ИШ ВА ПОТЕНЦИАЛ.

Режа:

1. Кучланганлик векторининг оқими.
2. Гаусс теоремаси ва унинг қўлланилиши.
3. Электростатик майдонда бажарилган иш ва потенциал.
4. Эквипотенциал сиртлар.

Кучланганлик векторининг оқими. S юза орқали электростатик майдон кучланганлик векторининг оқими $\Phi = E \cdot S$ га тенг, бунда $E \perp S$ деб ҳисобланади. Энди $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ зарядлар кучланганликларининг берк юза орқали оқимини топамиз (1-расм).



Бунда оқим юза ичидан ташқарига йўналган бўлса, у мусбат деб қабул қилинади, акс ҳолда-манфий бўлади. Аввал R радиусли сферик юзани кўриб чиқамиз. Унинг марказида битта q заряд жойлашган. Формулага биноан сферанинг исталган нуктасида кучланганлик бир хил бўлади:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

Куч чизиклари радиус бўйлаб йўналган ($E \perp S$). Шунинг учун оқим:

$$\Phi = E \cdot S = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cdot 4\pi R^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \text{ га тенг.}$$

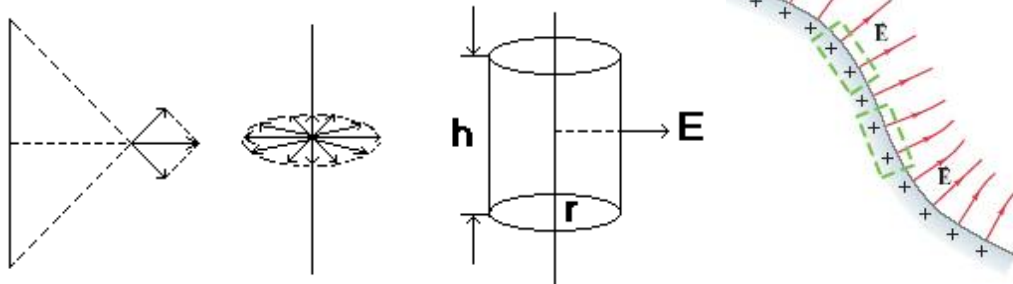
Шундай қилиб, битта нуктавий зарядни ўраб турувчи берк сирт орқали ўтувчи кучланганлик оқими заряд миқдорининг ϵ_0 га нисбатига тенг бўлар экан. Остроградский-Гаусс теоремаси: Зарядларни ўз ичига олувчи ҳар қандай берк сирт орқали ўтувчи кучланганлик оқими зарядларнинг алгебраик йиғиндисининг ϵ_0 га нисбатига тенг бўлади.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

Бу теорема ёрдамида ҳар хил зарядланган жисмларнинг майдон кучланганлигини топиш мумкин.

Гаусс теоремасининг қўлланилиши. Гаусс теоремаси электр заряди ва электр майдон кучланганлиги орасидаги боғланишни қулай шаклда ифодалашга имкон беради. Зарядлар тақсимооти оддий ва симметрик бўлганда бу теорема ёрдамида электр майдон кучланганлигини осон топиш мумкин. Бироқ бунда интегралланувчи сиртни танлаб олиш лозим.

1. Чексиз узун зарядланган тўғри симнинг майдон кучланганлиги.



1-расм.

1-расмдан кўриниб турибдики, E симга перпендикуляр. Симни цилиндрик юза билан ўраймиз. ρ -чизикли зичлик (бир метр узунликдаги заряд миқдори). Гаусс теоремасига асосан:

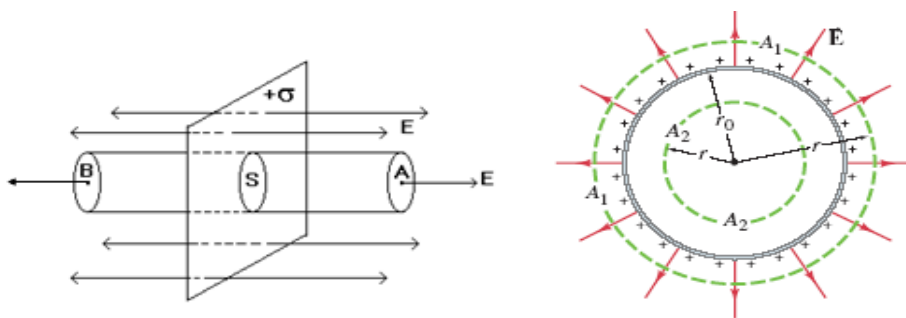
$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i^n q_i = \frac{\rho h}{\epsilon_0}$$

$$\sum_i^n q_i = \rho h \text{ -цилиндр ичидаги заряд. } \Phi = ES = E \cdot 2\pi r h \rightarrow \frac{\rho h}{\epsilon_0} = E \cdot 2\pi r h \rightarrow$$

$$E = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r}.$$

2. Зарядланган чексиз текисликнинг майдон кучланганлиги (2-расм).

Бу мисолда ҳам E юзага перпендикуляр. А нуқтадаги E кучланганликни топамиз.



2-расм

Юзага перпендикуляр бўлган цилиндр чизамиз. Юза цилиндрни тенг иккига бўлади. Гаусс теоремасига асосан цилиндр юзасидан ўтаётган оқим:

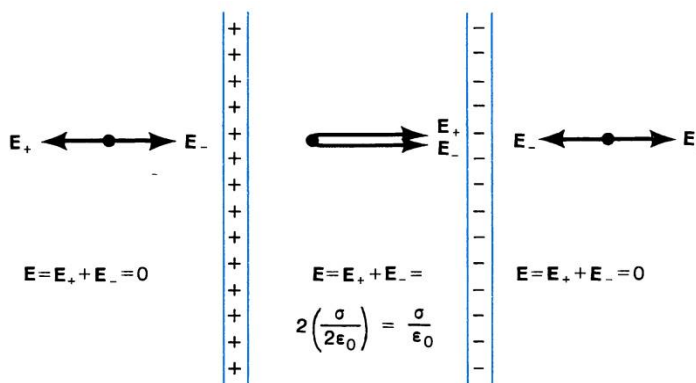
$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i^n q_i = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}; \sigma \text{-юза бирлигидаги заряд. } \Phi = E \cdot 2S = \frac{\delta S}{\epsilon_0} \rightarrow E = \frac{\delta}{2\epsilon_0}$$

3. Зарядланган икки параллел чексиз текислик майдон кучланганлиги (3-расм)

$|\sigma^+| = |\sigma^-|$ бўлгани учун $E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ текисликлар ўртасида $E = E_+ + E_-$ ва

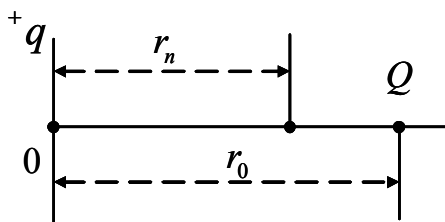
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ га тенг. Текисликлардан ташқарида $E = E_+ - E_-$ шунинг учун ташқарида

натижавий $E=0$. Демак, икки чексиз параллел текисликларда электр майдони бир жинсли бўлиб, улар фақат параллел текисликлар орасида бўлар экан.



3-расм

Электр майдонида бажарилган иш ва потенциал. q заряд ўзининг электр майдонида турган Q зарядга F куч билан таъсир қиляпти деб ҳисоблайлик (4-расм).



4-расм.

Бу кучнинг қиймати қуйидаги формула орқали топилади:

$$F = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Бу ерда r ўзгарувчан масофа, куч таъсирида Q заряд ҳаракатга келади. О нуктага нисбатан зарядни суришда бажарилган ишни ҳисоблаймиз:

$$A = \int_{r_0}^{r_n} F \cdot dr = qQ \int_{r_0}^{r_n} \frac{dr}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_0}^{r_n} \frac{dr}{r^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_n} \right) = q \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_0} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_n} \right)$$

$W_p = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r}$ қиймат заряднинг берилган нуктадаги потенциал энергияси деб аталади.

Агар зарядлар ўртасидаги масофа чексиз ортиб борса ($r \rightarrow \infty$) потенциал энергия нолга интилади. q ва Q зарядлар бир хил ишорали бўлса, улар ўртасида итариш кучи мавжуд бўлади ва потенциал энергия мусбат бўлади. Агар q ва Q зарядлар ҳар хил ишорали бўлса, улар ўртасида тортишиш кучи мавжуд бўлади ва потенциал энергия манфий бўлади.

$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ қиймат майдоннинг потенциали деб аталади. Потенциал кўчирилаётган

заряд миқдорига боғлиқ эмас, у майдонни ҳосил қилувчи q зарядга боғлиқ. Бажарилган иш потенциал орқали:

$$A = q(\varphi_0 - \varphi_n)$$

$q = 1$ бўлса: $\varphi_0 - \varphi_n = A$. Демак, икки нукта потенциаллари фарқи шу нукталар ўртасида бир бирлик мусбат зарядни кўчиришда бажарилган ишга тенг экан. Агар зарядни майдон кучларига қарши чексизликка ($r_n \rightarrow \infty$) кўчирилса, у ҳолда $\varphi_n = 0$ ва $\varphi_0 = \frac{A}{q}$, потенциал

берилган нуктадаги бир бирлик мусбат зарядни чексизга суриб боришда бажарилган ишга тенг. Агар майдонни ҳосил қилувчи заряд q манфий бўлса, у ҳолда мусбат бирлик зарядни чексизликка кўчиришда бу заряд қаршилиқ кўрсатади (манфий иш бажаради). Манфий зарядни потенциали эса манфий бўлади. Агар q мусбат бўлса, у ҳолда майдон мусбат бирлик зарядни чексизга кўчиришда мусбат иш бажаради, мусбат q заряднинг потенциали

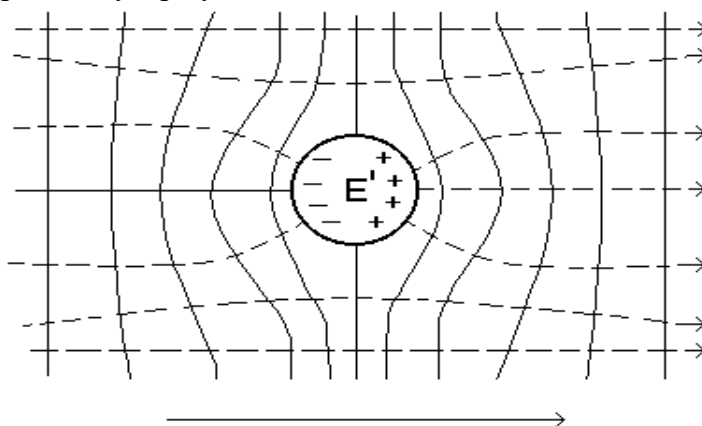
ҳам мусбат бўлади: $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$.

Эквипотенциал чизиклар (сиртлар). Зарядни электр майдонда кўчиришда бажарилган иш йўлнинг шаклига эмас, балки бошланғич ва охириги нукталардаги потенциаллар айирмасига боғлиқ экан. Потенциаллар бир хил бўлган нукталардан иборат юза ёки чизик эквипотенциал сирт (ёки чизик) деб аталади. Эквипотенциал сирт (ёки чизик) да зарядни кўчиришда бажарилган иш нолга тенг (чунки $\varphi_0 = \varphi_n$). Демак, майдоннинг куч чизиклари эквипотенциал сирт (чизик) га перпендикуляр экан.

Шундай қилиб, электр майдон характеристикалари: майдон кучланганлиги $\vec{E}$ ва майдон потенциали φ . $\vec{E}$ -вектор катталик, φ -скаляр катталикдир.

Фараз қилайлик, мусбат q заряд потенциали φ_0 бўлган юзадан потенциали $\varphi_n < \varphi_0$ бўлган юзага майдон таъсирида кўчирилсин. Агар кўчиш Δx кичик бўлса $\vec{E} = \text{const}$ деб ҳисобланиши мумкин ва шунда бажарилган элементар иш $\Delta A = qE\Delta x$ га тенг. Бошқа томондан $\Delta A = q(\varphi_0 - \varphi_n) = q\Delta\varphi$. Бу икки формуладан: $qE\Delta x = q\Delta\varphi \rightarrow E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = -\text{grad } \varphi$, кучланганлик вектори E потенциалнинг камайиши томонга йўналган.

Агар металл шарчани бир жинсли электр майдонига жойлаштирилса, майдон таъсирида эркин электронлар чапга қараб ҳаракатланиб шарнинг чап юзаси манфий, ўнг юзаси мусбат зарядланиб қолади. Бу ҳодиса электростатик индукция деб аталади. Зарядларнинг ҳаракати туфайли ҳосил бўлган ички майдон ташқи майдонга қарама қарши йўналган бўлади. Жараён ички майдон ташқи майдонга тенглашгунча давом этади. Натижада ташқи электр майдонга киритилган ўтказгич ичида электр майдони бўлмайди. Бундан ташқари ўтказгич юзасидаги нуқталарда потенциал бир хил бўлади ва куч чизиқлари юзага перпендикуляр бўлади.



5-расм.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электр майдон кучланганлиги оқими нимага тенг?
2. Гаусс теоремасини математик ифодасини тушунтиринг.
3. Узунлиги чексиз ва тўғри чизик шаклидаги зарядланган симнинг r масофадаги электр майдонини ҳисобланг.
4. Зарядланган чексиз тексликнинг ва зарядланган бир-бирига параллел икки текисликнинг электр майдони кучланганлигини аниқланг.
5. Заряднинг сирт зичлиги ва чизикли зичликларни изоҳланг.
6. Зарядланган ясси пластинка атрофидаги электр майдон қандай ифодаланади?
7. Икки параллел зарядланган пластинка оралиғида ҳосил бўладиган майдон кучланганлигини ёзинг.

АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google.com