



ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы



ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

Дәріс 2.

Скалярлық потенциал. Электр өрісі кернеулігі мен потенциалдың байланысы. Потенциал арқылы электрстатикалық өрісті сипаттау. Электр өрісіндегі өткізгіштер.

қауымдастырылған профессор: Туреханова К.М.

e-mail: turekhanova.kunduz@kaznu.kz



Дәріс мақсаты: Электр өрісі кернеулігі мен потенциалдың байланысы көрсету.
Потенциал арқылы электрстатикалық өрісті сипаттауды меңгерту.

Қарастырылатын мәселелер:
Электростатикалық өрістің скалярлық потенциалы; Өрістің потенциалдық (консервативтік) сипаты; Пуассон және Лаплас теңдеулері

Электрлік потенциалдық энергия

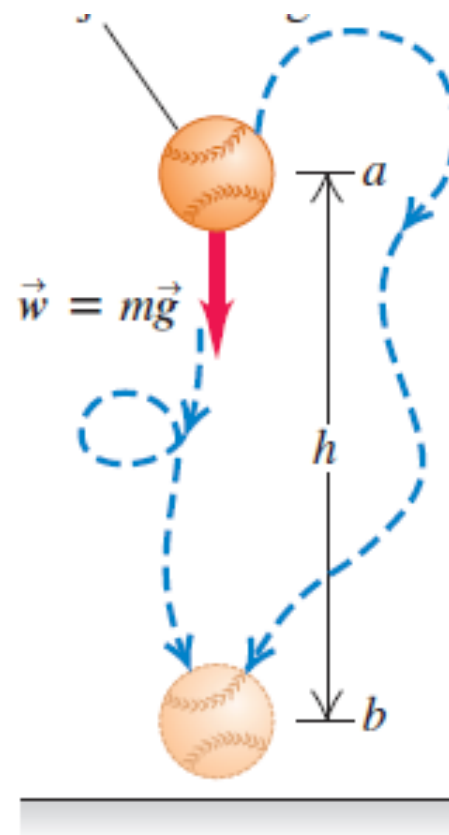
Зарядталған бөлшек электр өрісінде қозғалғанда, онда өріс бөлшекте жұмыс жасайтын күшті тудырады

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b F \cos \phi \, dl$$

$$\Delta U = U_b - U_a$$

$$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b = -(U_b - U_a) = -\Delta U$$

$$K_a + U_a = K_b + U_b$$



Біртекті өрістегі электрлік потенциалдық энергия

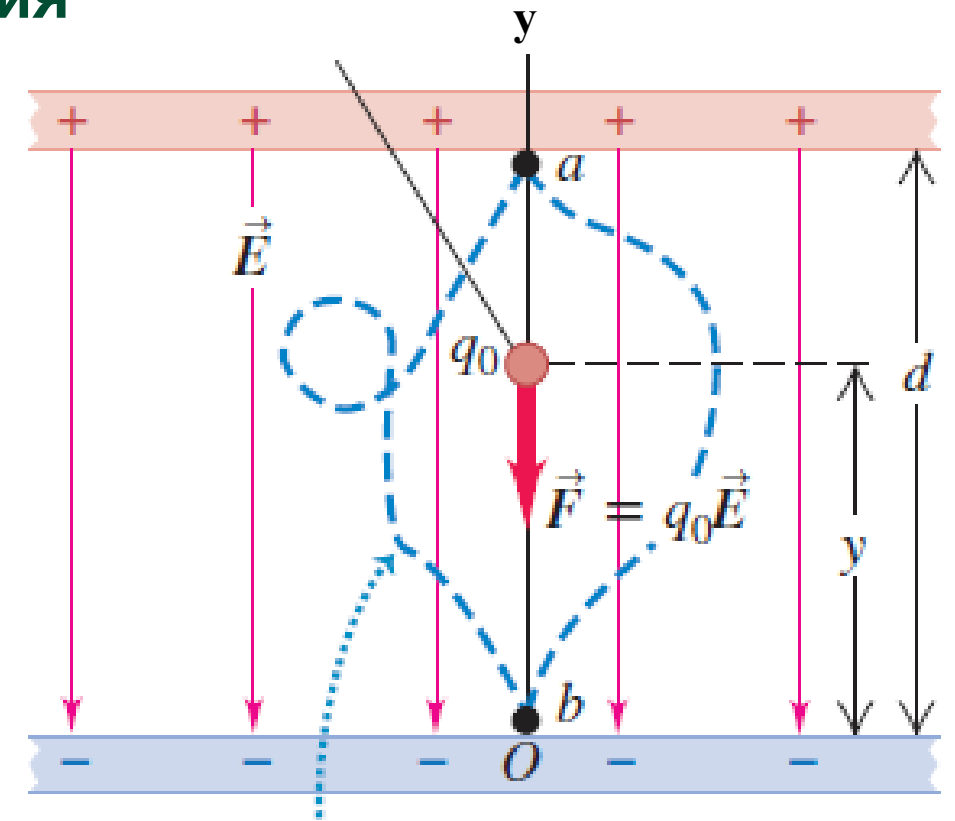
$$W_{a \rightarrow b} = Fd = q_0 E d$$

$$F_y = -q_0 E$$

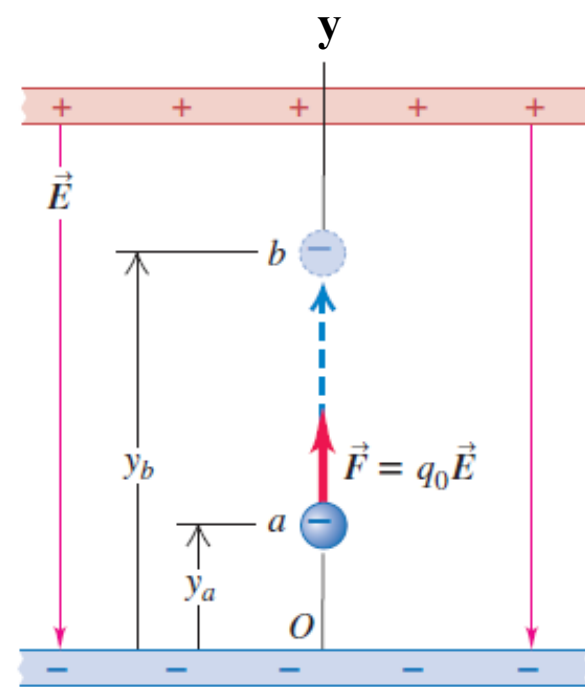
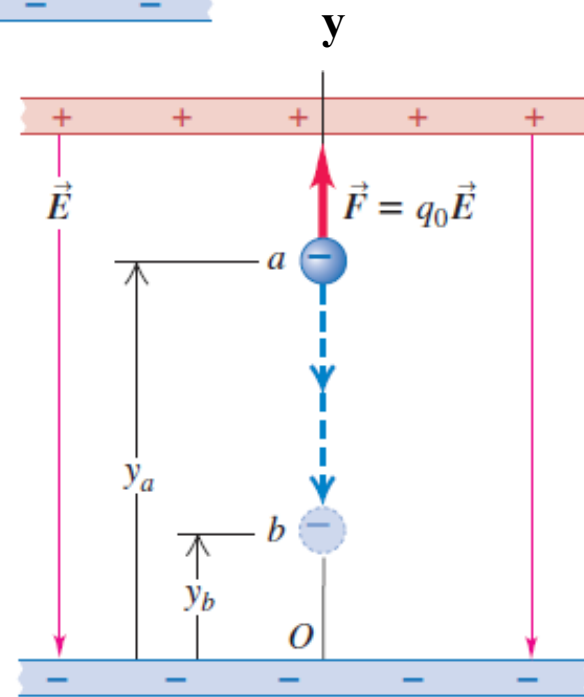
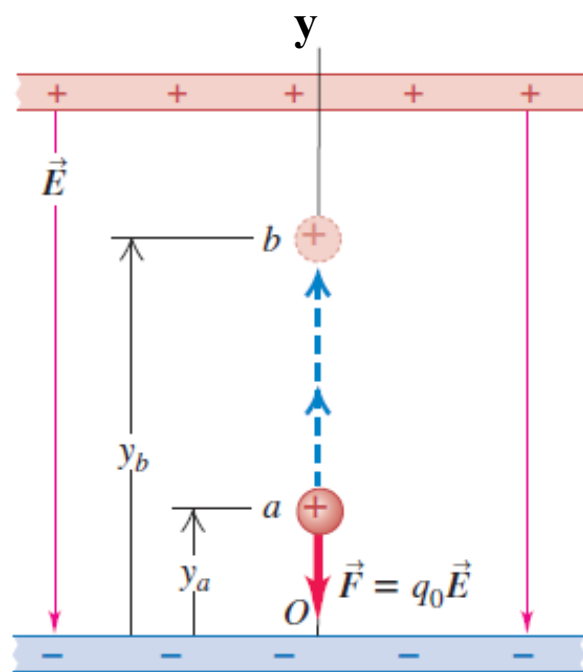
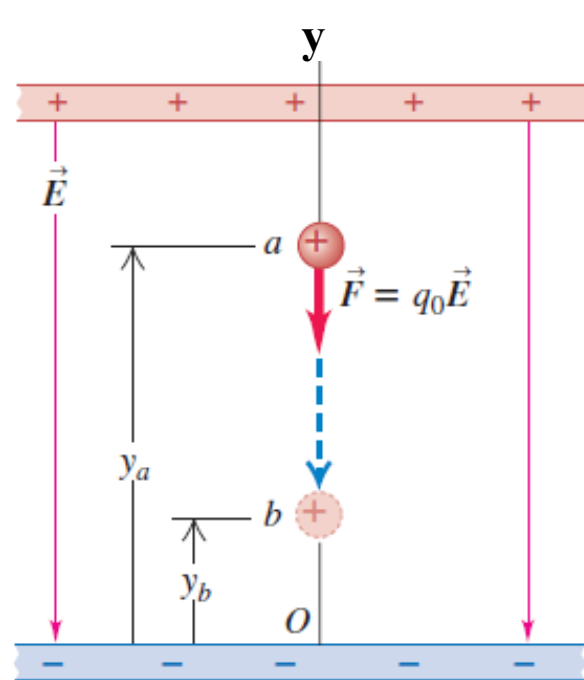
$$F_y = -mg$$

$$U = mgy$$

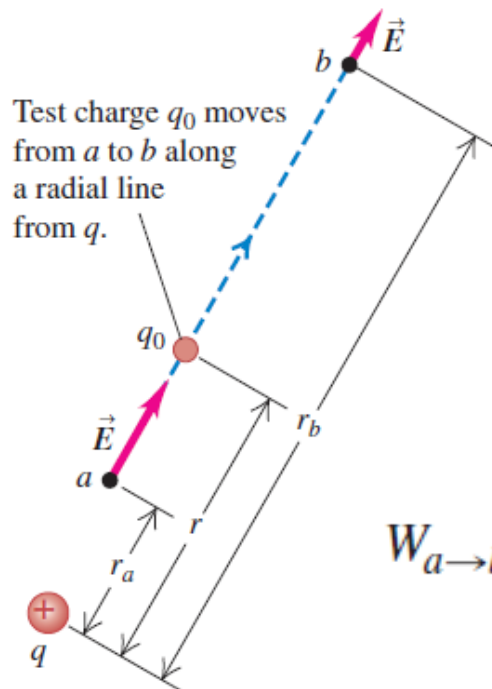
$$U = q_0 E y$$



$$W_{a \rightarrow b} = -\Delta U = -(U_b - U_a) = -(q_0 E y_b - q_0 E y_a) = q_0 E (y_a - y_b)$$



Екі нүктелік зарядтың электрлік потенциалдық энергиясы

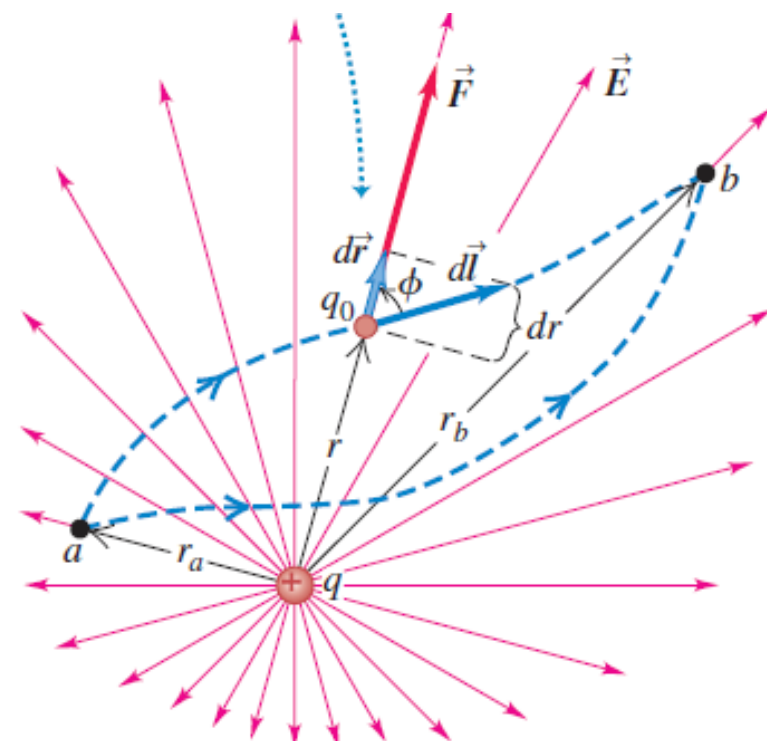
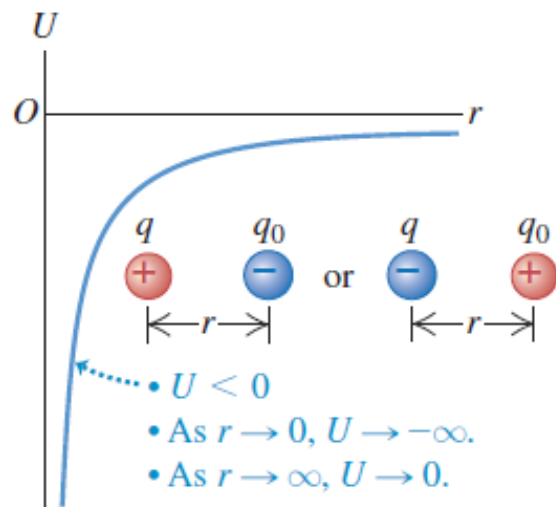
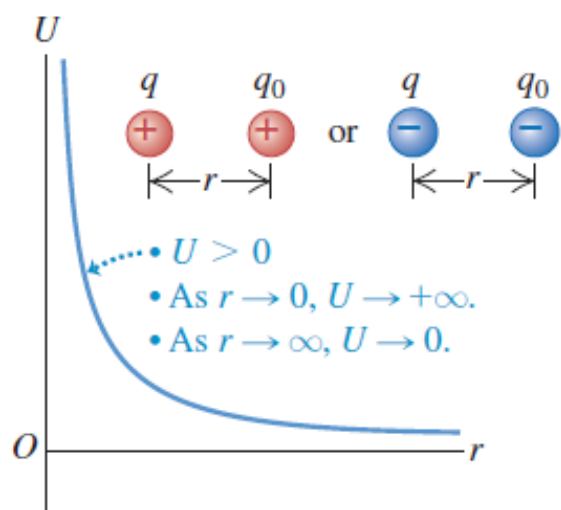


$$F_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2}$$

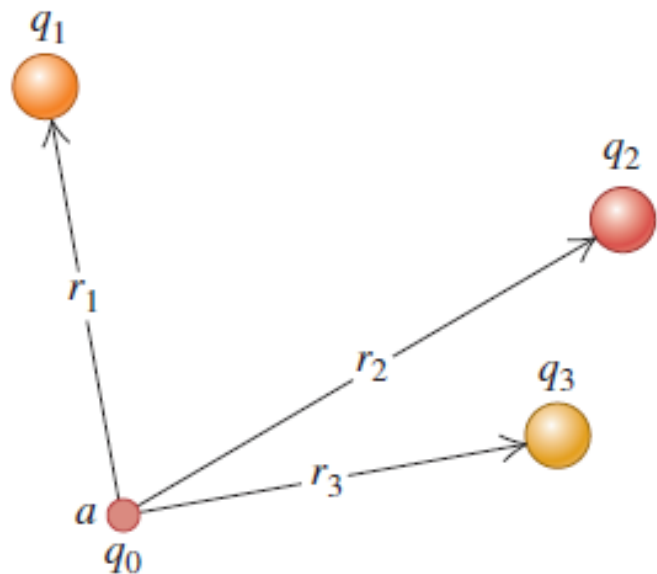
$$W_{a \rightarrow b} = \int_{r_a}^{r_b} F_r dr = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

$$W_{a \rightarrow b} = \int_{r_a}^{r_b} F \cos \phi dl = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \cos \phi dl$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$$

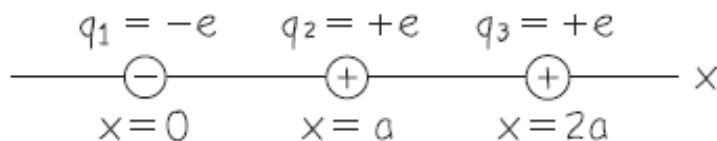


Бірнеше нүктелік зарядтардың электрлік потенциалдық энергиясы



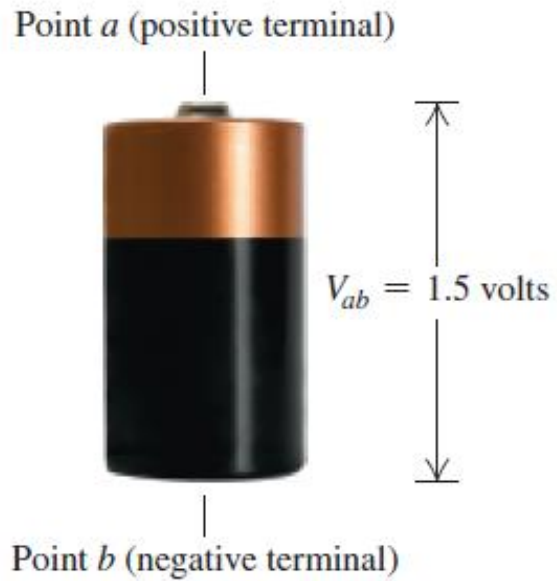
$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \dots \right) = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i < j} \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$



$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i < j} \frac{q_i q_j}{r_{ij}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} \right) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(-e)(e)}{a} + \frac{(-e)(e)}{2a} + \frac{(e)(e)}{a} \right] = \frac{-e^2}{8\pi\epsilon_0 a} \end{aligned}$$

Электр потенциалы



$$V_{ab} = V_a - V_b$$

$$V = \frac{U}{q_0} \quad \text{or} \quad U = q_0 V$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ J/C} = 1 \text{ joule/coulomb}$$

$$\frac{W_{a \rightarrow b}}{q_0} = -\frac{\Delta U}{q_0} = -\left(\frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0}\right) = -(V_b - V_a) = V_a - V_b$$

Электр потенциалын есептеу



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

Электр өрісінен электр потенциалын табу

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_a^b E \cos \phi \, dl$$

$$U_a - U_b = q(V_a - V_b) = qV_{ab}$$

$$V_a - V_b = - \int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$U_a - U_b = (1.602 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ V}) = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ V/m} = 1 \text{ volt/meter} = 1 \text{ N/C} = 1 \text{ newton/coulomb}$$

Ротор және Стокс формуласын қолдану арқылы электростатикалық өрістің потенциалдық шартының дифференциалдық түрін келесідей жаза аламыз:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0 = \int_S \text{rot} \vec{E} d\vec{S} = 0 \rightarrow \text{rot} \vec{E} = 0$$

Электростатикалық өрістің күштік сипаттамасы кернеулік пен оның энергетикалық сипаттамасы скалярлық потенциал арасындағы байланыс келесідей:

$$\vec{E} = -\nabla \varphi \quad \text{немесе} \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$$

мұндағы белгісі өріс кернеулігінің $\vec{E}$ бағыты скалярлық φ потенциалдың кемуіне қарай бағытталған. $\vec{E}$ эксперименттік түрде өлшеуге болады, ал потенциалды жоқ.

Зарядтар жүйесінің потенциалы: $\Phi = \sum_i \varphi_i$

Сонымен, скалярлық потенциал бір мәнді емес, оның екі нүктеге қатысты мәндерінің айырымының ғана физикалық мағынасы бар. Потенциалдың кез келген нүктедегі мәнін анықтау үшін, белгілі бір нүктедегі оның мәнін өзіміздің қалауымыз бойынша аламыз да, басқа нүктелердегі мәндерін осы мәніне қатысты анықтаймыз. Осы әдісті потениалды нормалау деп атайды. Кулон заңының дифференциалдық түрін осы электр өрісі кернеулігі мен скалярлық потенциал арасындағы байланысқа қоятын болсақ,

$$\Delta\varphi = -\rho/\varepsilon_0 \text{ Пуассон} \quad \text{және} \quad \Delta\varphi = 0 \text{ Лаплас теңдеулерін алынады.}$$

Потенциалдың градиенті

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$V_a - V_b = \int_b^a dV = -\int_a^b dV$$

$$-\int_a^b dV = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$-dV = \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

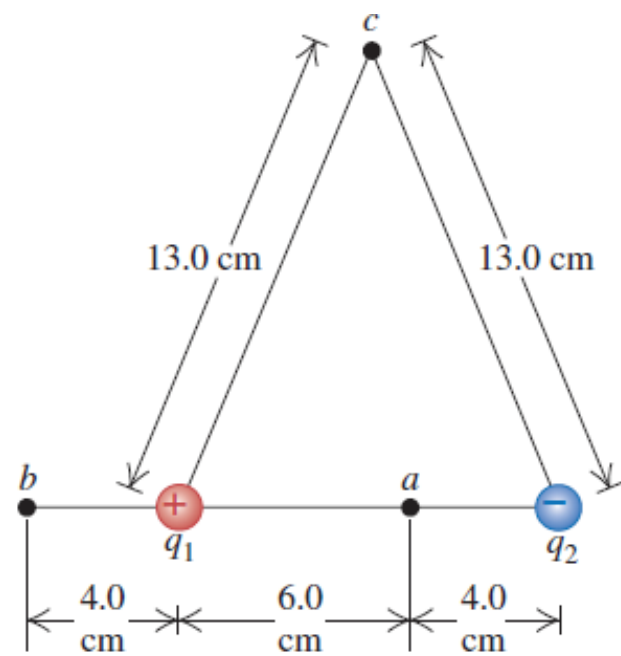
$$\vec{E} = \hat{i} E_x + \hat{j} E_y + \hat{k} E_z \quad d\vec{l} = \hat{i} dx + \hat{j} dy + \hat{k} dz$$

$$-dV = E_x dx + E_y dy + E_z dz$$

$$\vec{E} = -\left(\hat{i} \frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

$$\vec{\nabla} f = \left(\hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}\right) f$$

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



Бақылау сұрақтары:

1. Кернеулік пен скалярлық потенциал арасындағы байланысты түсіндіріңіз.
2. Скаляр потенциалы үшін Пуассон теңдеуінің шешемін көрсетіңіз.
3. Конденсаторлардың қандай түрлерін білесіз және электр сыйымдылықтары қандай?
4. Кескіндеу әдісін түсіндіріңіз.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Бәйімбетов Ф.Б., Рамазанов Т.С. Электр және магнетизм. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. – 199 б.
2. Бәйімбетов Ф.Б., Аймауытов Д., Құрманбеков А. Физика есептері (Электр және магнетизм). – Алматы: Қазақ университеті, 2005. – 216 б.
3. Архипов Ю.В. Краткий конспект лекций по курсу "Электричество и магнетизм" : учеб.-методическое пособие КазНУ 2009
4. Габдуллина Г.Л., Қисан А., Абыканова Б.Т. Электр және магнетизм курсы бойынша қысқаша дәрістер мен есептер жинағы : оқу-әдістемелік құрал, Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 161 б.
5. Туреханова К.М. Электр және магнетизм курсы бойынша есептер жинағы/ Оқу құралы, әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. – 191 б.
6. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th ed. – Cengage Learning, 2014. – 1622 p.