

§ 18. Электрстатычнае поле

Зараджаныя целы і часціцы, якія коратка называюць зарадамі, узаемадзейнічаюць адно з адным. Гэта пацвярджаюць шматлікія доследы, а закон Кулона дазваляе вызначыць сілы ўзаемадзеяння нерухомых пунктавых зарадаў. Але што з'яўляецца прычынай такога ўзаемадзеяння, які яго механізм?

Першым, хто здагадаўся, што «целы дзейнічаюць адно на адно на адлегласці ў выніку прывядзення навакольнага асяроддзя ў стан напружання», быў выдатны англійскі вучоны Майкл Фарадэй (1791–1867). Абагульніўшы вынікі ўласных даследаванняў, праведзеных з 1832 да 1852 г., Фарадэй увёў у фізіку новае паняцце — *поле*. Ён разглядаў поле як матэрыяльнае асяроддзе, якое з'яўляецца пасярэднікам пры любых узаемадзеяннях аддаленых адно ад аднаго цел.

Паводле сучасных уяўленняў, электрычны зарад надзяляе навакольную прастору асаблівымі фізічнымі ўласцівасцямі — стварае *электрычнае поле*. Гэты зарад называюць крыніцай поля і часта пазначаюць сімвалам Q . Асноўнай уласцівасцю электрычнага поля з'яўляецца яго дзеянне некаторай сілай на змешчаны ў яго зарад. Інакш кажучы, зарады не дзейнічаюць адзін на аднаго непасрэдна. Узаемадзеянне электрычных зарадаў ажыццяўляецца праз створаны імі палі.

Так, напрыклад, пры ўзаемадзеянні нерухомых электрычных зарадаў электрстатычнае поле зараду q_1 дзейнічае пэўнай сілай на зарад q_2 , а поле зараду q_2 дзейнічае на зарад q_1 . Гэтыя ўзаемадзеянні перадаюцца не імгненна, а з канчатковай скорасцю, роўнай скорасці святла ў вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Па меры аддалення ад зараду-крыніцы поле слабее.

Электрстатычнае поле — поле, якое ствараецца нерухомымі адносна выкарыстанай інерцыяльнай сістэмы адліку электрычнымі зарадамі.

Электрстатычнае поле існуе ў прасторы вакол нерухомых зарадаў, непаруўна з імі звязана і не змяняецца з часам. Сілу, якой поле дзейнічае на ўнесены ў яго электрычны зарад, называюць *электрычнай сілай* або кулонаўскай сілай.

Каб даследаваць электрстатычнае поле, створанае зарадам Q , у яго змяшчаюць зарад q_0 , які называюць пробным. Пад *пробным зарадам* разумеюць зарад, модуль якога дастаткова малы ($|q_0| \ll |Q|$) і ўласнае поле якога істотна не мяняе размеркавання астатніх зарадаў у даследаваным полі. Пробны зарад павінен быць пунктавым, каб можна было даследаваць

поле ў малых частках прасторы. Пробны заряд можа быць як дадатны, так і адмоўны.

Адзначым, што ўласцівасць электрычнага поля ўздзейнічаць некаторай сілай праяўляецца не толькі ў пункце, у якім знаходзіцца пробны заряд q_0 . Гэтую ўласцівасць маюць усе пункты поля, створанага зарадам Q .

Выкарыстоўваючы пробны заряд q_0 , можна колькасна ахарактарызаваць электростатычнае поле, створанае любым зараджаным целам, паказаўшы модуль і напрамак сілы, якая дзейнічае на зарад q_0 у любым пункце поля.



3 гісторыі фізікі

На думку А. Эйнштэйна, ідэя поля была самым важным адкрыццём з часоў Ньютана. Ён пісаў, што «трэба мець магутны дар навуковага прадбачання, каб распазнаць, што ў апісанні электрычных з'яў не зарады і не часціцы вызначаюць сутнасць з'яў, а, хутчэй, прастора паміж зарадамі і часціцамі». Фарадэй стварыў канцэпцыю электрамагнітнага поля, заснаваную на канчатковай скорасці распаўсюджвання любых узаемадзеянняў. Матэматычную завершанасць ідэі Фарадэя надаў яго геніяльны суайчыннік і пераемнік Джэймс Клерк Максвел (1831–1879).



Электростатычнае поле — поле, якое ствараецца нерухомымі адносна выкарыстанай інерцыяльнай сістэмы адліку электрычнымі зарадамі

Узаемадзеянне электрычных зарадаў ажыццяўляецца праз стварэння імі палі

Асноўнай уласцівасцю электрычнага поля з'яўляецца яго дзеянне некаторай сілай на змешчаны ў яго зарад

Пробны зарад q_0

$|q_0| \ll |Q|$, дзе Q — зарад-крыніца поля

пунктавы

можа быць як дадатны, так і адмоўны



1. Якія факты пацвярджаюць існаванне электрычнага поля?
2. Якое поле называюць электростатычным?
3. Якія асноўныя асаблівасці электростатычнага поля?

§ 19. Напружаність електростатичного поля. Принцип суперпозиції

Для вивчення *ї*ласцівасцей електростатичного поля зручна використувати таку його характеристику, яка не залежить від лікавага значення пробного заряду і дозволяє визначити силу, што дзейнічає на заряд з боку поля *ї* любым його пункце. Для гравітаційного поля характеристикай, яка не залежить від масы цела, з'являється паскаренне свабодного падзення $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$. А яка фізична величина з'являється характеристикай електростатичного поля?

Напружаність електростатичного поля. Няхай електростатичне поле створана *ї* вакууме пунктавым зарядом $Q > 0$. Калі *ї* пэўны пункт поля змясціць пробны додатны заряд q_0 , на яго будзе дзейнічати кулонаўская сила адштурхвання, модуль якої $F = k \frac{Qq_0}{r^2}$.

Сила \vec{F} не можа з'являтися характеристикай поля, бо яе модуль прапарциянальний значенню пробного заряду q_0 . Аднак адносіны модуля сили, якої електростатичне поле пунктавага заряду Q дзейнічає на пробны заряд q_0 , не залежать від значення пробного заряду:

$$\frac{F}{q_0} = k \frac{Q}{r^2}, \quad (19.1)$$

а значить, можуть служити характеристикай поля.

Гэтая характеристика атрымала назву *напружаність електростатичного поля* і яе абазначають \vec{E} . Напружаність характеризує сілавоє дзеянне поля на *ї*несення *ї* яго заряду.

Напружаність електростатичного поля — фізична вектарная величина, роўная адносинам сили, якої поле дзейнічає на пробны заряд, до значення гэтага заряду:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}. \quad (19.2)$$

З улікам виразу (19.1) і (19.2) можна визначити модуль напружаності електростатичного поля, створаного пунктавым зарядом Q , у пункце, які знаходиться на відстані r від яго:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}.$$

Такім чынам, модуль напружанасці поля, стваранага ў вакууме пунктавым зарадам, прама прапарцыянальны модулю гэтага зараду і адваротна прапарцыянальны квадрату адлегласці паміж зарадам і пунктам, у якім вызначаюць значэнне напружанасці.

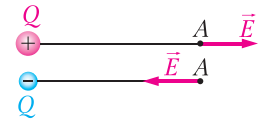
Калі зарад Q знаходзіцца ў аднародным асяроддзі з дыэлектрычнай пранікальнасцю ϵ , то модуль напружанасці поля $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$.

З выразу $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ вынікае, што адзінкай напружанасці электростатычнага поля ў СІ з'яўляецца ньютан на кулон $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$. Аднак у СІ шырока выкарыстоўваюць іншую назву гэтай адзінкі — вольт на метр $\left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$.

Ведаючы напружанасць электростатычнага поля, можна вызначыць сілу, якая дзейнічае на любы пунктавы зарад у любым пункце гэтага поля:

$$\vec{F} = \vec{E}q. \tag{19.3}$$

Напружанасць поля, як і сіла, велічыня вектарная. Напрамак напружанасці поля супадае з напрамкам сілы, якая дзейнічае на дадатны пробны электрычны зарад. Напружанасць у любым пункце электростатычнага поля пунктавага зараду накіравана ўздоўж прамой, што злучае гэты пункт і пунктавы зарад, які стварае поле. Напружанасць поля, створанага пунктавым дадатным зарадам $Q > 0$, накіравана ад зараду, а напружанасць поля, створанага пунктавым адмоўным зарадам $Q < 0$, — да зараду (мал. 104).

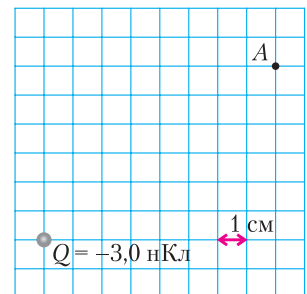


Мал. 104

Ад тэорыі да практыкі

1. Як зменіцца модуль напружанасці ў некаторым пункце поля, створанага пунктавым зарадам Q , калі: а) адлегласць r ад зараду да гэтага пункта павялічыць удвая; б) зарад Q павялічыць удвая, а адлегласць r ад зараду да гэтага пункта паменшыць удвая?

2. Як накіравана ў пункце A напружанасць поля, створанага нерухомым пунктавым зарадам (мал. 105)? Чаму роўны модуль напружанасці поля ў гэтым пункце?



Мал. 105



Цікава ведаць

Акрамя гравітацыйнага поля, у Зямлі ёсць электрычнае і магнітнае палі. Модуль напружанасці электрычнага поля каля паверхні Зямлі ў сярэднім складае $130 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$. Электрычнае поле Зямлі змяняецца з цягам часу. Залішні адмоўны электрычны зарад зямнога шара вагаецца каля $-6 \cdot 10^5$ Кл.

Прынцып суперпазіцыі электрычных палёў. Няхай пробны зарад q_0 знаходзіцца ў пэўным пункце электростатычнага поля, створанага не адным, а некалькімі пунктавымі зарадамі. Эксперыментальным шляхам вызначылі, што результирующая сіла, якая дзейнічае на пробны зарад, роўная вектарнай суме сіл, якія дзейнічаюць з боку электростатычных палёў гэтых пунктавых зарадаў:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n. \quad (19.4)$$

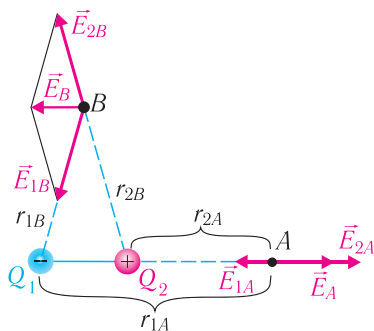
Выкарыстаўшы формулу (19.3), можна вызначыць сілы, якія дзейнічаюць на пробны зарад:

$$\vec{F} = \vec{E}q_0, \quad \vec{F}_1 = \vec{E}_1q_0, \quad \vec{F}_2 = \vec{E}_2q_0, \quad \vec{F}_3 = \vec{E}_3q_0, \quad \dots, \quad \vec{F}_n = \vec{E}_nq_0,$$

дзе \vec{E} — результирующая напружанасць поля сістэмы пунктавых зарадаў, а $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots, \vec{E}_n$ — напружанасці палёў у дадзеным пункце, якія ствараюцца 1-м, 2-м, 3-м, ..., n -м пунктавымі зарадамі.

Падставіўшы гэтыя выразы ў суадносіны (19.4), атрымаем, што **калі ў дадзеным пункце прасторы электростатычнае поле створана сістэмай пунктавых зарадаў, то напружанасць результирующага поля ў гэтым пункце роўная вектарнай суме напружанасцей палёў, якія ствараюцца кожным з пунктавых зарадаў сістэмы паасобна:**

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



Мал. 106

Гэтае палажэнне носіць назву *прынцып суперпазіцыі палёў*.

Выкарыстаем прынцып суперпазіцыі, каб вызначыць у пунктах A і B напружанасці результирующага поля, створанага двума пунктавымі электрычнымі зарадамі супрацьлеглых знакаў $Q_1 < 0$ і $Q_2 > 0$, але з аднолькавымі модулямі (мал. 106).

Напружанасці \vec{E}_{1A} і \vec{E}_{2A} палёў, створаных зарадамі Q_1 і Q_2 , у пункце A накіраваны ўздоўж прамой, якая злучае зарады, у супрацьлеглыя

бакі. Напружанасць \vec{E}_A рэзультуючага поля ў пункце A роўная вектарнай суме напружанасцей \vec{E}_{1A} і \vec{E}_{2A} і таксама накіравана ўздоўж прамой, якая злучае зарады.

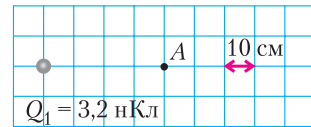
Напружанасць \vec{E}_B рэзультуючага поля ў пункце B , які знаходзіцца па-за прамой, якая злучае зарады, роўная вектарнай суме напружанасцей \vec{E}_{1B} і \vec{E}_{2B} . Вызначыць яе можна паводле правіла паралелаграма (гл. мал. 106).



Ад тэорыі да практыкі

1. Чаму роўны модуль напружанасці поля, створанага пунктавым нерухомым зарадам Q_1 , у пункце A (мал. 107)?

2. Дзе трэба размясціць яшчэ адзін такі самы пунктавы зарад $Q_2 = Q_1$, каб у пункце A модуль напружанасці рэзультуючага поля быў роўны нулю?



Мал. 107

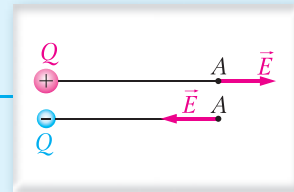


Напружанасць электрстатычнага поля — фізічная вектарная велічыня, роўная адносінам сілы, якой поле дзейнічае на пробны зарад, да значэння гэтага зараду: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$

Модуль напружанасці поля, створанага пунктавым зарадам:

— у вакууме або ў паветры: $E = k \frac{|Q|}{r^2}$;

— у аднародным асяроддзі з дыэлектрычнай пранікальнасцю ϵ : $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$



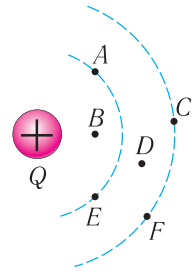
Прынцып суперпазіцыі: калі ў дадзеным пункце прасторы электрстатычнае поле створана сістэмай пунктавых зарадаў, то напружанасць рэзультуючага поля ў гэтым пункце роўная вектарнай суме напружанасцей палёў, якія ствараюцца кожным з пунктавых зарадаў сістэмы паасобна:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$





1. Што называюць напружанасцю электростатычнага поля?
2. Як разлічыць напружанасць электростатычнага поля пунктавага зараду ў некаторым пункце гэтага поля?
3. Як вызначыць сілу, якая дзейнічае з боку электростатычнага поля на змешчаны ў яго пункты зарад?
4. Ці можна назваць паскарэнне свабоднага падзення $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$ напружанасцю гравітацыйнага поля?
5. Пробны зарад змяшчаюць у розныя пункты электростатычнага поля, створанага зарадам Q (мал. 108). У якіх пунктах модуль напружанасці поля максімальны? мінімальны? У якіх пунктах ён аднолькавы?
6. Як накіравана напружанасць поля, створанага пунктавым зарадам $Q < 0$; пунктавым зарадам $Q > 0$?
7. У чым заключаецца прынцып суперпазіцыі электростатычных палёў?



Мал. 108



Прыклад рашэння задачы

Два нерухомыя пунктавыя зарады $Q_1 = 6,70$ нКл і $Q_2 = -13,3$ нКл знаходзяцца ў паветры на адлегласці $r = 5,00$ см адзін ад аднаго. Вызначце модуль напружанасці электростатычнага поля ў пункце, які знаходзіцца на адлегласці $r_1 = 3,00$ см ад дадатнага зараду і $r_2 = 4,00$ см ад адмоўнага.

Дадзена:

$$Q_1 = 6,70 \text{ нКл} = 6,70 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

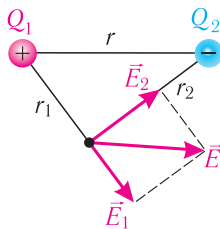
$$Q_2 = -13,3 \text{ нКл} = -1,33 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$r = 5,00 \text{ см} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_1 = 3,00 \text{ см} = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_2 = 4,00 \text{ см} = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$|\vec{E}|$ — ?



Мал. 109

Рашэнне. Згодна з прынцыпам суперпазіцыі напружанасць рэзультуючага поля $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ (мал. 109) вызначаюць паводле правіла паралелаграма. Тут \vec{E}_1 і \vec{E}_2 — напружанасці палёў, створаных пунктавымі зарадамі Q_1 і Q_2 у дадзеным пункце. З умовы задачы і тэарэмы Піфагора вынікае, што вугал паміж \vec{E}_1 і \vec{E}_2 прамы.

Модуль напружанасці E рэзультуючага поля знойдем па тэарэме Піфагора: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$. Паколькі зарады Q_1 і Q_2 пунктавыя, то

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2}, E_2 = k \frac{|Q_2|}{r_2^2}.$$

$$\text{З улікам гэтага } E = k \sqrt{\left(\frac{Q_1}{r_1^2}\right)^2 + \left(\frac{Q_2}{r_2^2}\right)^2}.$$

$$E = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \sqrt{\left(\frac{6,70 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{(3,00 \cdot 10^{-2} \text{ м})^2} \right)^2 + \left(\frac{1,33 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{(4,00 \cdot 10^{-2} \text{ м})^2} \right)^2} = 100 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}.$$

Адказ: $E = 100 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$.



Практыкаванне 14

1. У некаторы пункт электрстатычнага поля, у якім модуль напружанасці $E = 160 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, змяшчаюць пунктавы зарад $q = 4,00 \text{ нКл}$. Вызначце модуль сілы, якая дзейнічае на гэты зарад з боку электрстатычнага поля.

2. Вызначце модуль пунктавага зараду, які знаходзіцца ў паветры, калі на адлегласці $r = 1,0 \text{ см}$ ад зараду модуль напружанасці поля $E = 3,6 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$.

3. Два дадатныя пунктавыя зарады знаходзяцца на адлегласці $r_0 = 10 \text{ см}$ адзін ад аднаго. У пункце, размешчаным на прамой, якая злучае зарады, на адлегласці $r_1 = 8,0 \text{ см}$ ад першага зараду модуль напружанасці рэзультуючага электрстатычнага поля роўны нулю. Вызначце адносіны зарадаў $\frac{Q_1}{Q_2}$.

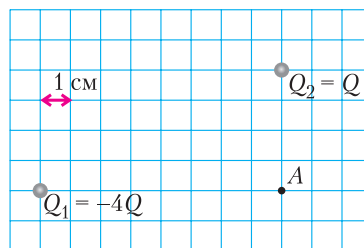
4. Электрстатычнае поле ў пэўным пункце створана нерухомымі пунктавымі зарадамі $Q_1 = -4Q$ і $Q_2 = Q$ (мал. 110).

а) Адлюструйце ў выбраным вамі маштабе напружанасці \vec{E}_{1A} і \vec{E}_{2A} палёў, створаных кожным зарадам у пункце A .

б) Пазначце на малюнку напрамак рэзультуючай напружанасці \vec{E}_A .

в) Вызначце модуль рэзультуючай напружанасці E_A поля, калі $|Q| = 8,0 \text{ нКл}$.

5. Пылінка масай $m = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ г}$ мае зарад $q = 5,0 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$. Напружанасць поля ў пункце, дзе знаходзіцца пылінка, накіравана вертыкальна ўверх. Вызначце модуль напружанасці электрстатычнага поля, калі пылінка знаходзіцца ў раўнавазе.

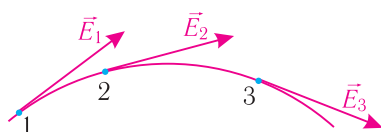


Мал. 110



§ 20. Лініі напружанасці электрстатычнага поля

Для апісання электрстатычнага поля трэба ведаць як модуль, так і напрамак напружанасці ў кожным яго пункце. Каб наглядна паказваць размеркаванне поля ў прасторы, Фарадэй у 1845 г. прапанаваў спосаб адлюстравання электрычных палёў у выглядзе ўяўных ліній. Іх назвалі лініямі напружанасці або сілавымі лініямі.

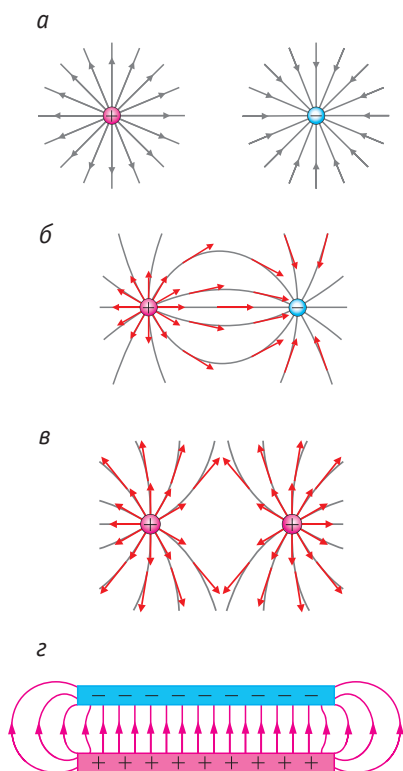


Мал. 111

Лініі напружанасці — уяўныя накіраваныя лініі, датычныя да якіх у кожным пункце поля супадаюць па напрамку з напружанасцю электрстатычнага поля ў тым жа пункце (гэта значыць з напрамкам электрстатычнай сілы, якая дзейнічае на дадатны зарад) (мал. 111).

Відавочна, што праз любы пункт поля, у якім $\vec{E} \neq \vec{0}$, можна правесці адну і толькі адну лінію напружанасці. У кожным такім пункце напружанасць мае зусім пэўны напрамак.

На малюнку 112, а паказаны лініі напружанасці палёў, утвораных зарадамі, раўнамерна размеркаванымі па паверхні адасобленых праводных шарыкаў. Напрамак кожнай стрэлкі на малюнку 112, а супадае з напрамкам напружанасці поля. Лініі напружанасці ў першым выпадку накіраваны ад дадатнага зараду ў бясконцасць, а ў другім — з бясконцасці да адмоўнага зараду і заканчваюцца на ім. У электрстатычным полі лініі напружанасці пачынаюцца і заканчваюцца на электрычных зарадах нават тады, калі адным сваім канцом сыходзяць у бясконцасць, дзе і знаходзяцца зарады, якія адсутнічаюць на малюнку.



Мал. 112

На малюнку 112, *б* адлюстраваны лініі напружанасці электростатычнага поля, створанага двума рознаіменнымі зарадамі, якія знаходзяцца на праводных шарыках і маюць аднолькавыя модулі. Стрэлкі паказваюць напрамкі напружанасці поля ў розных яго пунктах.

На малюнку 112, *в* паказаны лініі напружанасці электростатычнага поля двух аднолькава зараджаных шарыкаў.

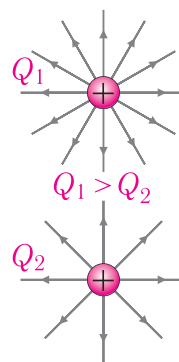
На малюнку 112, *г* адлюстравана поле, створанае зарадамі супрацьлеглых знакаў з аднолькавымі модулямі, якія знаходзяцца на дзвюх плоскіх металічных пласцінах, даўжыня якіх значна перавышае адлегласці паміж імі. Лініі напружанасці такога поля паралельныя адна адной за выключэннем прасторы паблізу краёў пласцін і за межамі іх перакрыцця. Электростатычнае поле ў цэнтральнай частцы паміж рознаіменна зараджанымі металічнымі пласцінамі з'яўляецца прыкладам *аднароднага поля*.

Аднароднае электростатычнае поле — электростатычнае поле, напружанасць якога ва ўсіх пунктах прасторы аднолькавая.

Электростатычныя палі, адлюстраваныя на малюнку 112, *а–в*, з'яўляюцца неаднароднымі, бо ці модуль, ці напрамак (або і тое і другое) напружанасці ў розных пунктах поля розняцца.

Лініі напружанасці электростатычнага поля не перарываюцца ў прасторы (пры адсутнасці ў ёй электрычных зарадаў), ніколі не перасякаюцца і не датыкаюцца адна да адной.

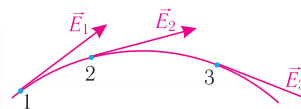
Каб лініі напружанасці паказвалі не толькі напрамак, але і модуль напружанасці поля, на малюнках іх дамовіліся праводзіць з пэўнай гушчынёй. Лініі напружанасці ідуць густа там, дзе модуль напружанасці поля большы, і радзейшыя там, дзе ён меншы. У аднародным электростатычным полі гушчыня ліній напружанасці не мяняецца. Карціну ліній напружанасці прынята будаваць так, каб яна, па магчымасці, перадавала сіметрыю адлюстраванага электростатычнага поля. Колькасць ліній напружанасці, пачаткам або канцом якіх служыць дадзены зарад, прапарцыянальная значэнню гэтага зараду (мал. 113).



Мал. 113



Лініі напружанасці — уяўныя накіраваныя лініі, датычныя да якіх у кожным пункце поля супадаюць па напрамку з напружанасцю электрстатычнага поля



пачынаюцца на дадатным зарадзе і заканчваюцца на адмоўным зарадзе цел

не перасякаюцца, бо ў кожным пункце поля напружанасць мае адзін канкрэтны напрамак

не перарываюцца ў прастору, якая не змяшчае электрычных зарадаў

па гушчынi ліній можна меркаваць пра модуль напружанасці электрстатычнага поля

Аднароднае электрстатычнае поле — электрстатычнае поле, напружанасць якога ў любым яго пункце аднолькавая



1. Што называюць лініямі напружанасці электрстатычнага поля?
2. Якія асаблівасці ліній напружанасці электрстатычнага поля?
3. Як накіраваны лініі напружанасці электрстатычнага поля зараду ў залежнасці ад яго знака? сістэмы двух зарадаў (аднайменных і рознайменных)?
4. Якое электрстатычнае поле называюць аднародным? Прывядзіце прыклады.

§ 21. Работа сілы аднароднага электрстатычнага поля. Патэнцыял

Электрстатычнае поле, дзейнічаючы на змешчаныя ў ім зарады з пэўнай сілай, можа іх перамяшчаць. Вы ведаеце, што пры перамяшчэнні цела дзеючая на яго сіла выконвае работу. Высветлім, ад чаго залежыць работа сілы на перамяшчэнні электрычнага зараду ў электрстатычным полі.

Работа сілы аднароднага электрстатычнага поля. Разлікі і вынікі эксперыментаў даказалі, што работа сілы электрстатычнага поля пры перамяшчэнні зараду паміж двума пунктамі залежыць толькі ад становішча