

§ 2. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ. ВЗАЄМОДІЯ ЗАРЯД-ЕНИХ ТІЛ



Згадайте, як під час розчісування сухе й чисте волосся «тягнеться» за пластмасовим гребінцем. Зрозуміло, що в цьому випадку відбувається електризація тертям: і волосся, і гребінець стають зарядженими. А ось чому волосся навіть на відстані повторює рух гребінця (немов кобра за дудкою індійського факіра), ви дізнаєтеся з цього параграфа.



Спостерігаємо взаємодію заряджених тіл

Із § 1 ви дізналися, що заряджене тіло, наприклад наелектризована паличка, притягує незаряджені клаптики паперу. Якщо ви проводили відповідний експеримент, то, напевне, звернули увагу на те, що клаптики паперу «відчували» наближення палички заздалегідь, іще до того, як паличка їх торкалася. Тобто заряджена паличка діє на інші об'єкти на відстані! З'ясуємо, чому це відбувається.

Нам знадобляться натерта графітом маленька повітряна кулька, підвішена на нитці, ебонітова паличка, шматок вовняної тканини, аркуш паперу та пластина з оргскла.

Наелектризуємо ебонітову паличку, потерши її об вовну. Потім доторкнемося наелектризованою паличкою до підвішеної на нитці кульки. Кулька отримає негативний заряд. Потремо пластину з оргскла папером — пластина набуде позитивного заряду. Почнемо повільно підносити пластину до кульки. У міру її наближення нитка, на якій підвішена куль-

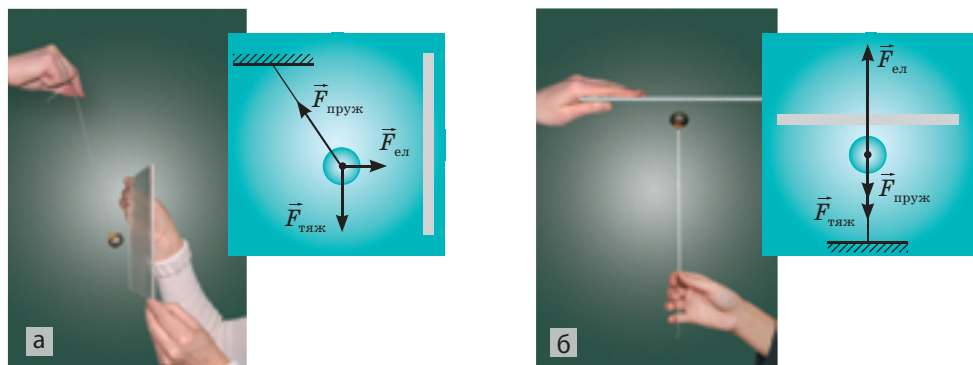


Рис. 2.1. Негативно заряджена кулька притягується до позитивно зарядженої пластини з оргскла. Кулька перебуватиме в спокої, коли сила тяжіння $\vec{F}_{\text{тяж}}$ і сила натягу нитки $\vec{F}_{\text{пруж}}$ будуть скомпенсовані силою $\vec{F}_{\text{ел}}$, що діє на кульку з боку наелектризованої пластини (а, б). Кулька не падає вниз під дією $\vec{F}_{\text{тяж}}$, тому що на неї діє сила $\vec{F}_{\text{ел}}$ (б)

ка, почне відхилятися від вертикалі. Якщо ж зупинити зближування, то кулька так і залишиться неприродно відхиленою (рис. 2.1, а). Понад те, піднявши пластину над кулькою, ми можемо змусити останню завмерти в ще більш не природному для неї положенні (рис. 2.1, б). Що ж відбувається? Чому кулька не повертається у початкове положення? Висновок очевидний: на кульку, крім сили тяжіння та сили натягу нитки, з боку наелектризованої пластини діє третя сила ($F_{\text{ел}}$).

2 Даємо визначення електричного поля

З описаного вище експерименту можна зробити висновок про те, що *наелектризована пластина спричинює певні зміни в просторі навколо себе*. А саме: простір змінюється таким чином, що на заряджену кульку, внесену в нього, починає діяти деяка сила. У цьому випадку кажуть, що *в просторі існує електричне поле*.

Електричне поле — це особлива форма матерії, що існує навколо заряджених тіл або частинок і діє з деякою силою на інші частинки або тіла, які мають електричний заряд.

Таким чином, електрична взаємодія наелектризованої пластини й зарядженої кульки здійснюється за допомогою електричного поля. Коли заряджена кулька потрапляє в електричне поле наелектризованої пластини, це поле починає діяти на кульку з деякою силою, у результаті чого кулька відхиляється.

Слід мати на увазі, що не тільки заряджена пластина своїм електричним полем діє на заряджену кульку, — кулька своїм електричним полем теж діє на пластину. (Спробуйте пояснити, чому пластина при цьому не відхиляється.)

Той факт, що електричне поле діє з деякою силою на заряджені частинки й тіла, учені використали, щоб визначити заряд електрона.



Рис. 2.2. Роберт Ендрус Міллікен (1868–1953) — американський фізик-експериментатор. За точне вимірювання заряду електрона отримав Нобелівську премію (1923 р.)

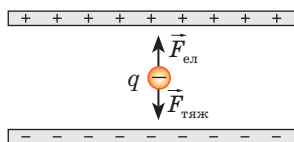


Рис. 2.3. Схема досліду Р. Міллікена з визначення заряду електрона

3 Згадуємо, як було виміряно заряд електрона

Метод, за допомогою якого американський фізик Р. Міллікен (рис. 2.2) визначив заряд електрона, був розроблений ним на початку XX ст. Схему досліду подано на рис. 2.3. У простір між різнойменно зарядженими пластинами, заряд на яких можна було плавно зменшувати або збільшувати, за допомогою спеціального пульверизатора вчений впорскував масло. При впорскуванні утворювалися дуже маленькі краплинки, частина з яких несла негативний заряд. Кожного разу вчений спостерігав за окремою негативно зарядженою краплею. Оскільки краплі дуже маленькі, спостереження велися за допомогою мікроскопа.

На краплю, що потрапила в простір між пластинами, діють дві сили: сила тяжіння $F_{\text{тяж}}$ і сила $F_{\text{ел}}$ з боку електричного поля, створеного зарядженими пластинами; причому сила $F_{\text{ел}}$ напрямлена вгору, а сила $F_{\text{тяж}}$ — униз. Плавно збільшуючи чи зменшуючи заряд пластин, Міллікен домагався зупинки краплі. Зрозуміло, що це відбувалося тоді, коли сила з боку електричного поля пластин зрівнювала силу тяжіння ($F_{\text{ел}} = F_{\text{тяж}}$). Враховуючи рівність сил і те, що сила $F_{\text{ел}}$, яка діє на краплю, пропорційна її заряду, учений обчислював заряд краплі.

Багато разів повторюючи вимірювання (історики стверджують, що досліди тривали майже 4 роки), Міллікен з'ясував, що кожного разу заряд q краплі був кратним деякому найменшому заряду

ду $e = -1,60210 \cdot 10^{-19}$ Кл. Тобто $q = Ne$, де N — ціле число.

Досліджувані краплі масла були заряджені негативно, тобто мали надлишкову кількість електронів. Тому вчений зробив висновок, що найменший заряд є зарядом електрона.

Незалежно від Міллікена такі самі вимірювання проводив російський фізик А. Ф. Йоффе (рис. 2.4), тільки замість крапель масла він використовував металевий пил.

Важливим результатом робіт цих учених є не тільки точне вимірювання заряду електрона, а й доведення дискретної природи електричного заряду.

4 Дізнаємося про вплив електричного поля на організми

Експериментально доведено, що поверхня Землі заряджена негативно, а верхні шари атмосфери — позитивно, отже, в атмосфері Землі існує електричне поле. З розвитком цивілізації це природне поле доповнилось електричними полями, створюваними різними

електротехнічними пристроями, що їх використовує людина.

Сьогодні відомо, що клітини й тканини організму також створюють навколо себе електричні поля. Вимірювання та реєстрацію цих полів широко застосовують для діагностування різних захворювань (електроенцефалографія, електрокардіографія, електроретинографія та ін.).

Отже, ми живемо у справжньому павутинні, зітканому з величезної кількості електричних полів, і довгий час вважалося, що вони не впливають на організми. Проте вплив зовнішнього електричного поля на клітини й тканини організмів, особливо тривалий, призводить до негативних наслідків.

Так, під час роботи комп'ютера на екрані монітора накопичується електричний заряд, який утворює електричне поле. До виникнення електричного поля причетні також клавіатура і комп'ютерна миша, що електризуються від тертя. Під впливом цих електричних полів навіть унаслідок короткочасної роботи в користувача змінюються гормональний стан і біоструми мозку, що спричиняє погіршення пам'яті, підвищену стомлюваність та ін. Ці перші симптоми зі збільшенням тривалості роботи за комп'ютером можуть перетворитися на захворювання нервової, серцево-судинної, імунної та інших систем організму.

Що ж робити? Адже зовсім відмовитися від роботи за комп'ютером, перегляду телевізора, використання будь-якої побутової техніки, яка теж є джерелом електричних полів, дуже важко. Розв'язати проблему можна, послабивши електричне поле, наприклад, шляхом підвищення вологості повітря або застосування антистатиків. Ефективніший, але й дорожчий вихід — штучна йонізація повітря, насичення його легкими негативними йонами. Із цією метою застосовують генератори негативних йонів повітря — їх ще називають йонізаторами повітря (аеройонізаторами).



Підбиваємо підсумки

Якщо в просторі виявляється дія сил на електричні заряди, то кажуть, що в просторі існує електричне поле.

Електричне поле — це особлива форма матерії, яка існує навколо заряджених тіл або частинок і діє з певною силою на інші частинки або тіла, що мають електричний заряд.

Той факт, що електричне поле діє з певною силою на заряджені частинки й тіла, був використаний Р. Міллікеном і А. Ф. Йоффе для визначення заряду електрона ($e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) і доведення дискретності електричного заряду.



Рис. 2.4. Абрам Федорович Йоффе (1880–1960) — російський, радянський фізик; народився в Україні. Зробив значний внесок у розвиток фізики діелектриків і напівпровідників; ініціював створення фізико-технічних інститутів у Харкові та Дніпропетровську

Від впливу зовнішніх електричних полів залежать загальне самопочуття, увага, працездатність, функціональний стан основних життєзабезпечувальних систем людини.



Контрольні запитання

1. Як експериментально довести, що тіла, які мають електричний заряд, взаємодіють на відстані? 2. Що таке електричне поле? 3. Як дізнатися, що в даній точці простору існує електричне поле? 4. Їто вперше виміряв заряд електрона? 5. Опишіть експеримент, який доводить, що електричний заряд є дискретним. 6. Який вплив на організм людини чинять електричні поля, створювані різними електротехнічними пристроями?



Вправа № 2

1. Чи може частинка мати електричний заряд, який дорівнює $8 \cdot 10^{-19}$ Кл? $-2,4 \cdot 10^{-19}$ Кл? $2,4 \cdot 10^{-18}$ Кл? Чому?
2. Якій кількості елементарних зарядів відповідає заряд, що дорівнює 1 Кл?
3. З якою силою взаємодіяли крапелька масла і заряджені пластини в досліді Р. Міллікена, якщо маса крапельки становила 0,3 мг?



Експериментальне завдання

1. Запропонуйте кілька індикаторів електричного поля, випробуйте їх.
2. Приготуйте розпушений шматочок вати діаметром не більше 1 см. Наелектризуйте пластмасову лінійку й помістіть на неї цей шматочок. Різко струснувши лінійку, доможіться, щоб шматочок почав «плавати» над нею в повітрі. Поясніть спостережуване явище. Виконайте рисунок, на якому зазначте сили, що діють на шматочок вати.