



§ 15.

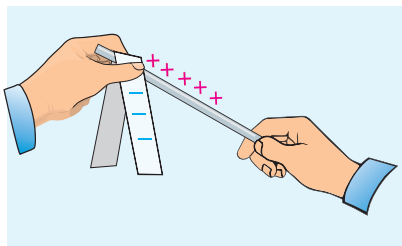
Электрычны зарад. Элементарны зарад

Разглядаючы ўзаемадзеянне электрычных зарадаў, іх перамяшчэнне ў целах, мы не закраналі вельмі важныя пытанні. Напрыклад, што такое электрычны зарад? Што адбываецца пры электрызацыі цел? Ці можа электрычны зарад мець любое, нават неабмежавана малое, значэнне?

Упершыню думка пра тое, што існуе гранічная, больш непадзельная «порцыя» электрычнага зараду, была выказана выдатным англійскім вучоным М. Фарадэем (гл. форзац 2). Яму належыць і сам тэрмін *электрычны зарад*. Другі англійскі вучоны Дж. Дж. Томсан адкрыў, што ў атамах усіх рэчываў ёсць часціца, якая валодае адмоўным зарадам. Гэту часціцу назвалі *электрон*. У шэрагу рэчываў (асабліва ў металаў) электроны могуць дастаткова лёгка пакідаць атам. Складанымі доследамі было даказана, што зарад любога электрона мае заўсёды адно і тое ж значэнне і з’яўляецца найменшым, больш непадзельным. Гэта самая малая «порцыя электрычнасці» была названа *элементарным зарадам*.

У саставе атама была выяўлена і часціца, якая валодае элементарным дадатным зарадам. Гэта — *протон*. Адкрыццё электрона і пратона дазволіла проста растлумачыць электрызацыю цел. У ненаэлектрызуваным (электранейтральным) целе сумарны адмоўны зарад усіх электронаў роўны па модулі сумарнаму дадатнаму зараду ўсіх пратонаў. Пры кантакце цел, напрыклад шкла і паперы (мал. 108), значная колькасць электронаў пакідае шкло, пераходзячы да паперы. Папера набывае адмоўны зарад. Шкло пры гэтым зараджаецца дадатным зарадам. Гэта абумоўлена тым, што сумарны зарад усіх пратонаў шкла становіцца большым за сумарны зарад электронаў, што засталіся.

Важна зразумець, што электрычны зарад часціц (электрона, пратона) не ёсць нешта, даданае да іх. **Электрычны зарад — гэта велічыня, якая характарызуе неад’емную ўласцівасць электрона і пратона да электрычнага ўзаемадзеяння з любымі зараджанымі часціцамі.** Пры электрызацыі трэннем ад цела да цела пераходзяць *часціцы* — у большасці выпадкаў электроны.



Мал. 108

Як і ўсякую фізічную велічыню, электрычны зарад, які называюць яшчэ колькасцю электрыч-

насці, неабходна вымяраць, г. зн. трэба ўвесці асноўную адзінку зараду. Такая адзінка ў СІ носіць назву **кулон** (скарочана **Кл**) у гонар французскага вучонага Ш. А. Кулона. Строгае азначэнне гэтай адзінкі мы дадзім некалькі пазней. Адзін кулон — вельмі вялікі зарад. Ва ўсіх апісаных доследах зарад цела складаў у лепшым выпадку мільённыя долі кулона. Элементарны зарад прыблізна роўны

$$e \approx 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 16\ \text{Кл},$$

што зручна запісваць у стандартным выглядзе $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл}$.

Для выражэння значэнняў электрычных зарадаў выкарыстоўваюць долевая адзінкі кулона:

$$1\ \text{мКл (мілікулон)} = 1 \cdot 10^{-3}\ \text{Кл};$$

$$1\ \text{мкКл (мікракулон)} = 1 \cdot 10^{-6}\ \text{Кл};$$

$$1\ \text{нКл (нанакулон)} = 1 \cdot 10^{-9}\ \text{Кл};$$

$$1\ \text{пКл (пікакулон)} = 1 \cdot 10^{-12}\ \text{Кл}.$$

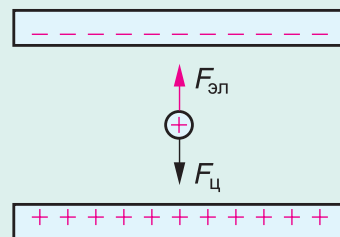
Звярніце ўвагу, што любы, нават самы малы, зарад цела дыскрэтны, г. зн. змяшчае цэлы лік N элементарных зарадаў. Зарад цела абазначаецца літарай q . Тады

$$q = eN,$$

дзе N — цэлы лік ($N = 1, 2, 3, \dots$).

▼ Для дапытлівых

Доследы, якія дазволілі знайсці «найменшую порцыю электрычнасці», г. зн. элементарны зарад, былі праведзены ў 1910—1913 гг. Р. Э. Мілікенам у ЗША і А. Ф. Іофе ў Расіі. У гэтых доследах зараджаная вельмі малая кропелька алею (у доследах Р. Э. Мілікена) або пылінка цынку (у доследах А. Ф. Іофе) «завісала» паміж зараджанымі пласцінамі (мал. 109). Электрычная сіла $F_{\text{эл}}$, якая кампенсуе сілу цяжару $F_{\text{ц}}$, залежала ад зараду кропелькі (пылінкі), што дазволіла вучоным меркаваць аб значэнні гэтага зараду. У абодвух доследах былі атрыманы аднолькавыя вынікі. Зарад кропелькі алею (пылінкі) не мог прымаць любое значэнне. Гэта значэнне заўсёды было кратна аднаму і таму ж ліку — $1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл}$.



Мал. 109

■ Галоўныя вывады

1. Электрычны зарад часціц, якія ўваходзяць у атам (электронаў, пратонаў), неаддзельны ад саміх часціц.
2. Электрычны зарад любога зараджанага цела дыскрэтны, г. зн. кратны найменшаму элементарнаму зараду ($q = eN$).
3. Электрызацыя цел тлумачыцца перамяшчэннем электронаў ад цела да цела (электрызацыя трэннем) або ад адной часткі цела да другой (электрызацыя праз уплыў).
4. Асноўнай адзінкай зараду ў СІ з'яўляецца 1 Кл.

? Кантрольныя пытанні

1. Як разумець выраз: «Электрычны зарад любога цела дыскрэтны»?
2. Што азначае паняцце «элементарны зарад»?
3. Якая часціца атама валодае элементарным дадатным зарадам? Адмоўным зарадам?
4. Як тлумачыцца з'яўленне адмоўнага зараду на эбанітавай палачцы пры яе трэнні аб шэрсць?

Практыкаванне 12

1. Чаму пры ўказанні значэння элементарнага зарада $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл не пазначаюць яго знак («+» або «-»)?

2. Выразіце ў кулонах зарад металічнай гільзы:

а) $q = 0,12$ мКл; б) $q = 84$ пКл; в) $q = -56$ нКл; г) $q = -968$ мкКл.

3. Пры расчэсванні валасоў пластмасавая папярэдне незараджаная расчоска атрымала зарад $q = 6,4 \cdot 10^{-11}$ Кл. Якіх часціц (пратонаў або электронаў) пасля трэння ў расчосцы аказалася больш? Які зарад атрымалі пры электрызацыі валасы? Колькі элементарных зарадаў змяшчае зарад расчоскі?

4. У выніку трэння аб баваўняную тканіну эбанітавая палачка набыла адмоўны зарад $q = -736$ нКл. Лішак ці недахоп электронаў утварыўся ў палачцы? Які зарад набыла баваўняная тканіна? Да трэння і палачка, і тканіна былі электранейтральнымі. Колькі элементарных зарадаў змяшчае зарад эбанітавай палачкі?

5. Пры электрызацыі маса металічнага шарыка паменшылася на $\Delta m = 2,73 \cdot 10^{-27}$ кг. Які зарад набыў шарык? Маса аднаго электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.



§ 16.

Будова атама. Іоны

У пачатку ХХ ст. было дакладна вядома, што ў састаў атамаў усіх рэчываў уваходзяць адмоўна зараджаныя часціцы — электроны. Было вядома, што электроны не звязаны жорстка ў атаме і могуць нават пакідаць атам. Паколькі атам нейтральны, то ў ім, безумоўна, павінен быць і дадатны зарад. Але дзе знаходзіцца дадатны зарад у атаме?

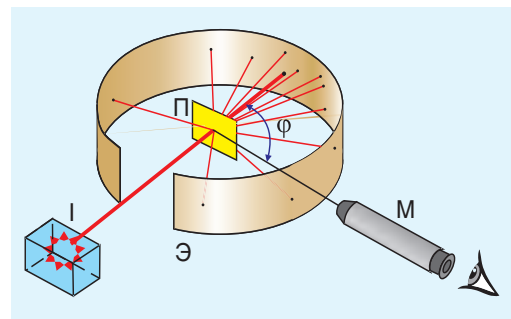
Фундаментальны дослед, які адыграў прынцыповую ролю ў навучы па вивучэнні будовы атама, быў праведзены ў 1911 г. англійскім вучоным Э. Рэзерфардам (гл. форзац 2).

Сутнасць доследу можна зразумець з такога параўнання. Няхай трэба праверыць, не дакранаючыся да прадмета, аднародны ён ці не. Напрыклад, ці не схаваны ў стоце сена металічны прадмет. Гэта можна зрабіць, знаходзячыся ўдалечыні ад стога, выкарыстоўваючы дробнакаліберную вінтоўку і вялікі фанерны шчыт (мал. 110). Будзем страляць у стог у розных напрамках і па прабоінах у шчыце меркаваць аб траекторыі ўсіх куль. Пры аднароднасці стога не будзе ніводнага рыкашэту (адбіцця). Яны з'являцца пры наяўнасці ў стоце металічнага прадмета. Прычым колькасць рыкашэтаў будзе залежаць ад памераў цела (напрыклад, кілаграмавай гіры або гімнастычнай 32-кілаграмавай).

У доследах Рэзерфарда (мал. 111) найтанчэйшая плёнка П з золата абстрэльвалася дадатна зараджанымі часціцамі. Затым ацэньваліся траекторыі руху часціц пасля праходжання плёнкі. Доследы Рэзерфарда (больш падрабязна аб іх пойдзе гаворка ў 11-м класе) пераканаўча паказалі, што атам неаднародны. Інакш як растлумачыць, што некаторыя дадатна зараджаныя часціцы змянялі напрамак руху, хаця колькасць такіх часціц была надзвычай малой. Дослед дазволіў сцвярджаць, што больш за 99,96 % масы атама і ўвесь



Мал. 110



Мал. 111

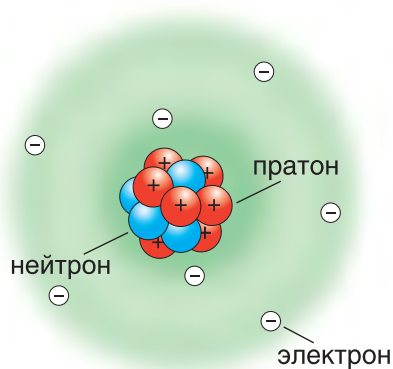
дадатны зарад сканцэнтраваны ў надзвычай малой вобласці ў цэнтры атама. Яе назвалі *ядром атама*. Рэзерфард ацаніў памер ядра атама. Яго дыяметр прыкладна ў 10^4 — 10^5 разоў меншы за дыяметр самога атама. Суадносіны гэтых памераў прыкладна такія ж, як суадносіны памераў рысавага зярнятка і футбольнага поля.

Пазней (у 1919 г.) эксперыментальна былі выяўлены носьбіты дадатнага зараду ядра — *пратоны* (ад грэч. *protos* — першасны, асноўны). Пратоны з'яўляюцца асновай (базай) ядзер усіх атамаў. Акрамя пратонаў, у ядры знаходзяцца незараджаныя часціцы — *нейтроны* (мал. 112).

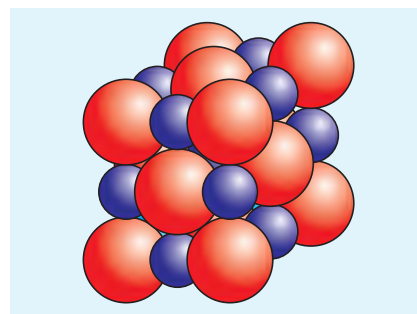
Вакол ядра на вельмі вялікай адлегласці ў параўнанні з памерамі ядра бесперапынна рухаюцца адмоўна зараджаныя *электроны*, якія ўтрымліваюцца электрычным прыцягненнем да яго. Аднак прыпісаць нейкую пэўную арбіту электрону ў атаме немагчыма. Ён нібы размыты ў пэўным аб'ёме прасторы, таму мы можам гаварыць толькі аб *электронных абалонках* атама (мал. 112).

У непроводзячых асяроддзях (дыэлектрыках) электроны дастаткова моцна «звязаны» з ядром і рэдка пакідаюць атам. У правадніках (металах) адзін або некалькі электронаў пакідаюць атам і свабодна перамяшчаюцца ўнутры правадніка. **Колькасць пратонаў у ядры атама роўна колькасці электронаў на абалонках** (мал. 112), што і забяспечвае **электранейтральнасць атама**.

Пры выхадзе з атама аднаго або некалькіх электронаў атам становіцца *дадатна зараджанай часціцай* — *іонам*. Магчымы і адваротны працэс, пры якім атамы некаторых рэчываў далучаюць «лішкі» электроны і ператвараюцца ў *адмоўныя іоны*. Напрыклад, звычайная кухонная соль складаецца не з нейтральных атамаў натрыю і хлору, а з дадатных іонаў натрыю і адмоўных іонаў хлору, якія ўтвараюць пэўную структуру (мал. 113). Пры растварэнні ў вадзе кухоннай



Мал. 112



Мал. 113

солі гэтыя іоны аддзяляюцца адзін ад аднаго, што робіць вадкасць добрым правадніком. Невялікая колькасць іонаў абодвух знакаў заўсёды ёсць і ў газах — успомніце дослед з павольнай стратай зараду электраскопам!

▼ Для дапытлівых

Вучоны Б. Франклін меркаваў, што электрычнасць уяўляе сабой вадкую субстанцыю, якая знаходзіцца ва ўсіх рэчывах. Ён прапанаваў выкарыстоўваць знак «+» для абазначэння лішку электрычнай вадкасці ў целах. Такія целы ён назваў дадатна зараджанымі. Знак «-» выкарыстоўваўся Франклінам для абазначэння недахопу электрычнай вадкасці ў параўнанні з яе нармальнай колькасцю ў рэчыве. Рэчывы, якія мелі недахоп гэтай вадкасці, ён назваў адмоўна зараджанымі. Рэчывы ж, у якіх не было ні недахопу, ні лішку электрычнай вадкасці, былі названы ім нейтральнымі.

Затым Франклін выказаў меркаванне, што калі прывесці ў судакрананне цела з лішкам і цела з недахопам электрычнай вадкасці, то вадкасць будзе перацякаць ад цела з лішкам электрычнай вадкасці да цела з яе недахопам. Іншымі словамі, ён выказаў здагадку, што электрычная вадкасць павінна цячы ад дадатна зараджанага да адмоўна зараджанага цела, г. зн. ад «+» да «-». Ці бачыце вы, у чым слабасць тэорыі Франкліна?

■ Галоўныя вывады

1. Дадатны зарад атама сканцэнтраваны ў вельмі малой частцы атама — ядры — і вызначаецца колькасцю пратонаў у ім.
2. Адмоўным зарадам у атаме валодаюць электроны. Іх колькасць роўна колькасці пратонаў у ядры.
3. Электроны могуць пакідаць атамы, ствараючы праводнасць рэчыва.
4. Пры страце нейтральным атамам (або пры атрыманні ім) электронаў утвараецца дадатны (або адмоўны) іон.

? Кантрольныя пытанні

1. У чым сутнасць доследаў Рэзерфарда?
2. Якая мадэль будовы атама прапанавана, зыходзячы з доследаў Рэзерфарда?
3. Якія прыкладныя суадносіны паміж памерамі атама і яго ядра?
4. Як растлумачыць, зыходзячы з будовы атама, дзяленне рэчываў на праваднікі і дыэлектрыкі?
5. Што называюць дадатным іонам? Адмоўным іонам?