МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, УКРАЇНИ

СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра фізики твердого тіла та інформаційно-вимірювальних технологій

ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ СТАЛИХ

Виконала

студентка 41 групи

фізичного факультету

Бугайчук Олена Іванівна

Луцьк 2013р.

Фундаментальні фізичні сталі

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва величини | Позначення | Значення величини |
| Гравітаційна стала | G | (6,67259 ± 0,00085) · 10-11 м3 · кг-1 · с-2 |
| Швидкість світла у вакуумі | c | 299792458 м · с-1 |
| Магнітна стала\* | μ0 | 4π · 10-7 Гн/м = 12,566370614...·10-7 Гн/м |
| Електрична стала | ε0 | 8,854187817...· 10-12 Ф/м |
| Стала Планка | h | (6,6260755 ± 0,0000040) · 10-34 Дж · с |
| Стала Дірака | ħ | (1,054572 66 ± 0,00000063) · 10-34 Дж · с |
| Маса спокою електрона | me | (9,1093897 ± 0,0000054) · 10-31 кг |
| Маса спокою протона | mp | (1,6726231 ±0,0000010) · 10-27 кг |
| Маса спокою нейтрона | mn | (1,6749286 ± 0,0000010) · 10-27 кг |
| Елементарний заряд | e | (1,60217733 ± 0,00000049) · 10-19 Кл |
| Відношення заряду електрона до його маси | e/me | (-1,75881962 ± 0,00000053) · 1011 Кл · кг-1 |
| Класичний радіус електрона | re | (2,81794092 ± 0,00000038) · 10-15 м |
| Борівський радіус | а0 | (0,529177249 ± 0,000000024) · 10-10 м |
| Атомна одиниця маси (уніфікована)\*\* | а.о.м. | (1,6605402 ± 0,0000010) · 10-27 кг |
| Стала Авогадро | NA | (6,0221367 ± 0,0000036) · 1023 моль-1 |
| Стала Фарадея | F | (96 485,309 ± 0,029) Кл · моль-1 |
| Стала Лошмідта | n0 | (2,686763 ± 0,000023) · 1025 м-3 |
| Універсальна (молярна)\*\* газова стала | R | (8,314510 ± 0,000070) Дж · моль-1 · К-1 |
| Молярний об'єм ідеального газу за нормальних умов (Т= 273,15 Κ, ρ = 101 325 Па) | Vm | (22,41410 ±0,00019) · 10-3 м3/моль |
| Стала Больцмана | k | (1,380658 ± 0,000012) · 10 -23 Дж · К-1 |
| Стала Стефана - Больцмана | σ | (5,67051 ± 0,00019) · 10-8 Вт · м-2 ·К-4 |
| Стала у законі зміщення Віна | b | (2,897756 ± 0,000024) · 10-3 м · Κ |
| Перша стала випромінення | c1 | (3,7417749 ± 0,0000022) · 10-16 Вт · м-2 |
| Друга стала випромінення | c2 | (0,01438769 ± 0,00000012) м · Κ |
| Стала Рідберга | R∞ | (10973731,534 ± 0,013) м-1 |

\* точність визначається числом π.

\*\* наведене в дужках слово є необов'язковим до застосування

Фундаментальні фізичні сталі - сталі, що входять до рівнянь, які описують фундаментальні закони природи та властивості матерії.

Фундаментальні фізичні константи визначають точність, повноту та єдність наших уявлень про оточуючий світ, виникаючи у теоретичних моделях спостережуваних явищ у вигляді універсальних коефіцієнтів у відповідних математичних виразах. Завдяки фундаментальним фізичним константам можливі інваріантні співвідношення вимірюваними величинами. Таким чином, фундаментальні фізичні константи можуть також характеризувати безпосередньо вимірювані властивості матерії та фундаментальних сил природи і разом з теорією повинні пояснювати поведінку будь-якої фізичної системи як на мікро- так і на макрорівні.

До загальних фундаментальних констант відносять константи, які відповідають певним ознакам:

- є універсальними параметрами, незалежними від специфічних умов і які зберігають свої значення для усього Всесвіту;

- визначення яких здійснюється лише експериментальним шляхом;

- описують властивості як елементарних частинок, так і речовини;

- присутні у фундаментальних фізичних законах у вигляді коефіцієнтів пропорційності;

- є фундаментальними природними масштабами відповідних фізичних величин;

- визначають область застосування фізичних теорій;

- є коефіцієнтами, що встановлюють зв’язок між поняттями різних теорій, які описують один і той самий клас явищ;

- пов’язані з еволюцією фізичних теорій, їх узагальненням, і відображають принцип відповідності і співвідношення граничного переходу між класичними і некласичним теоріями.

Гравітаційна стала - це фундаментальна фізична константа, яка входить в закон всесвітнього тяжіння. Вона чисельно рівна силі, з якою взаємодіють дві матеріальні точки масами 1 кг кожна, що знаходяться на відстані 1 м одна від одної. Числове значення G вперше визначив Кавендіш (1798 р.), використавши крутильні терези. Для проведення експерименту Кавендіш використав результати попередніх робіт з 1783 року його земляка, геолога Джона Мічелла, що створив обладнання під назвою «крутильні терези». Дж. Мічелл помер у 1793 році і не завершив своїх досліджень, а його обладнання перейшло до Френсіса Джона Гайд Волластона, а потім до Генрі Кавендіша, який дещо переробив прилад, не порушуючи оригінального задуму Мічелла.

Крутильні терези були виконані на базі дерев'яного стрижня (коромисла) довжиною 6 футів (1,8 м) підвішеного на дроті довжиною близько 1 м з міді, покритого сріблом, на кінцях якого були закріплені свинцеві кулі діаметром 3 дюйми (51 мм) і масою 1,61 фунти (0,78 кг). Дві 12-дюймові (300 мм) свинцеві кулі масою 348 фунтів (158 кг) розташовані поблизу менших куль на відстані близько 9 дюймів (230 мм), закріплені на незалежній підвісці. В експерименті вимірювалась сила взаємодії між малою і великою кулями.

Дві більші кулі розташовувались на протилежних сторонах горизонтального дерев'яного коромисла терезів. Взаємне протягування до менших куль спричиняло повертання коромисла приводячи до скручування дроту на якому воно підвішене. Коромисло поверталось на кут, при якому сила скручення дроту зрівноважувала гравітаційну силу притягання між кулями. Знаючи кут повороту і момент сили скручування у залежності від кута, Кавендіш зміг визначити силу взаємодії пари мас. Оскільки гравітаційна сила, з якою Земля діє на меншу кулю може бути виміряна безпосередньо шляхом її зважування, із співвідношення двох сил можна визначити густину Землі на основі закону всесвітнього тяжіння.

Для того щоб обчислити величину крутильного моменту, прикладеного до дроту для даного кута повороту, Кавендіш обчислив жорсткість при крученні через визначення періоду власних коливань крутильного маятника, виведеного із стану рівноваги. Період коливань складав близько 20 хвилин. Знаючи розмір і кут повертання коромисла можна обчислити значення крутильного моменту. Насправді коромисло ніколи не було у стані спокою. Кавендіш змушений був вимірювати кут відхилення в умовах коливань.

Як на ті часи, обладнання Кавендіша характеризувалось досить високою чутливістю. Сила від скручування, приведена до плеча коромисла була надзвичайно малою, , близько 1/50000000 від ваги меншої кулі або відповідала вазі піщинки.

Щоб зменшити похибки вимірювань спричинені повітряними потоками і зміною температури, Кавендіш помістив апаратуру у дерев'яний корпус з товщиною стінки 3 фути (0,61 м), висотою 10 футів (3 м) i шириною 10 футів (3 м), розташованому у закритому приміщенні. Спостереження коливань Кавендіш проводив через два отвори у стінах приміщення за допомогою телескопа. Коливання коромисла становили менше 0,16 дюйма (4,1 мм). Кавендіш зміг виміряти такі малі відхилення з точністю до 0,01 дюйма завдяки ноніусу на кінці плеча.

Пройшло ще багато років, поки закон всесвітнього тяжіння, у формулюванні якого використовується гравітаційна стала, став загальноприйнятим. Одна з перших згадок про гравітаційну сталу відноситься до 1873 року (75 років після публікацій Кавендіша). Кавендіш отримані результати подавав як результат визначення густини Землі, а свій експеримент у листуванні називав «зважуванням світу».

Після переходу на одиниці СІ і підстановкою густини Землі отриманої Кавендішом   зможемо обчислити

 ,

що відрізняється лише на 1% від сучасного загальноприйнятого значення:



Більш точне значення G було визначене методом Жолі - Ріхарда. Найбільш точне значення G визначають динамічним методом - за зміною періоду коливань крутильних терезів, яка зумовлена наближенням взаємодіючих мас.

Швидкість світла у вакуумі  - швидкість поширення будь-яких електромагнітних хвиль; одна із фундаментальних фізичних сталих; являє собою граничну швидкість поширення будь-яких фізичних впливів та інваріантна при переході від однієї системи відліку до іншої. Величина  зв‘язує масу і повну енергію матеріального тіла; через неї виражають перетворення координат, швидкостей і часу при зміні системи відліку та ін.

Досліди з визначення швидкості світла робив ще Галілео Галілей. Піднявшись із своїм учнем на вершини сусідніх гір, вони обмінювалися сигналами ліхтарів, визначаючи час затримки між надсиланням та отриманням сигналу. Потім цей дослід повторювали для більшої відстані між горами, щоб відняти час реакції людини. Галілей дійшов висновку, що швидкість світла набагато більша за можливості такого методу вимірювання.

Історично першу оцінку швидкості світла зробив Оле Ремер 1675 року. Ремер спостерігав затемнення супутників Юпітера й зауважив, що вони відбуваються не зовсім регулярно. За його спостереженнями відхилення досягало 22 хвилин від розрахункового. Зміни в ритмі затемнень відбувалися із певною закономірністю. У міру того як Земля (у її русі орбітою навколо Сонця) наближалась до Юпітера, затемнення наставали все раніше й раніше очікуваного моменту, а з віддаленням Землі вони наставали дедалі пізніше. Ремер припустив, що така нерегулярність зумовлена різницею у відстані між Юпітером і Землею, а, отже, зміною проміжку часу, який потрібен світлу, щоб досягнути Землі. 22 хвилини - це час, який потрібен світлу, щоб подолати відстань, яка дорівнює діаметру орбіти Землі. З урахуванням оцінки розмірів земної орбіти на той час, Ремер обчислив, що швидкість світла становить .

Таким чином, вперше вдалося отримати значення швидкості світла з непоганою точністю, а розбіжність із сучасними даними пояснюється похибкою в обчисленні часу затемнень - насправді затримка становить 17 хвилин. Принциповим для подальшого розвитку фізики стало не чисельне значення швидкості, а експериментальне підтвердження того, що швидкість світла скінченна.

У 1728 р. швидкість світла встановив англійський астроном Дж. Брадлей, виходячи із своїх спостережень аберації світла зірок.

Вперше швидкість світла в повітрі в земних умовах визначив у 1849 р. французький учений І. Фізо. Він безпосередньо виміряв час проходження світла від джерела до дзеркала і назад. З цією метою І. Фізо використав колесо із зубцями, між якими проходило світло (рис. 1).

фундаментальний закон стала одиниця



Рис. 1. Визначення швидкості світла за методом Фізо

Світло від джерела S спеціальним напівпрозорим дзеркалом В спрямовувалося між двома зубцями колеса до дзеркала М і поверталося назад, де його можна було спостерігати. Коли колесо було нерухомим, то спостерігач бачив світло незмінної інтенсивності.

Коли ж колесо починали обертати, то інтенсивність світла поступово зменшувалася, а потім воно зникало зовсім. За час проходження світла до дзеркала і назад колесо поверталося на півзуба, і відбитий пучок не потрапляв в око спостерігача. Знаючи кількість зубців колеса, відстань від дзеркала до зубчастого колеса та частоту обертання колеса, коли світло вперше зникло, Фізо дістав значення .

У 1862 р. французький фізик Ж. Фуко застосував для вимірювання швидкості світла в повітрі й воді метод обертового дзеркала, ідея якого належить Д. Араго. Визначаючи швидкість світла у воді, він знайшов, що вона менша від швидкості світла в повітрі. Знайдений результат спростовує ньютонівську корпускулярну теорію світла, за якою заломлення світла можна було пояснити протилежним припущенням. Ж. Фуко знайшов для швидкості с світла у вакуумі таке значення

.

Вимірювання швидкості світла у 19 столітті відіграли велику роль у фізиці, додатково підтвердивши хвильову теорію світла, а також встановили зв‘язок оптики з теорією електромагнетизму - виміряна швидкість світла співпала з швидкістю електро-магнітних, яка обчислена із відношення електро-магнітних та електро-статичних одиниць електричного заряду. Такий збіг виявився одним із відправних пунктів при створенні Максвелом електро-магнітної теорії світла у 1864 - 1873 рр.

В сучасних вимірюваннях швидкості світла використовується модернізований метод Фізо (модуляційний метод) із заміною зубчатого колеса на електрооптичний, дифракційний, інтерференційний або якийсь інший модулятор світла, який повністю перериває або послаблює світловий пучок. Приймачем випромінювання є фотоелемент або фотоелектронний помножувач. Використання лазера в якості джерела світла, ультразвукового модулятора із стабілізованою частотою і підвищення точності вимірювання довжини бази дозволило знизити похибки вимірювань і отримати значення

.

Крім прямих вимірювань швидкості світла, широко використовуються посередні методи, які забезпечують більшу точність. Так з допомогою мікрохвильового вакуумного резонатора (англ. фізик К. Фрум) при довжині хвилі випромінювання λ=4 см отримано значення



Ще з більшої точності у визначенні с досягають знаходячи незалежними методами λ та ν для атомарних чи молекулярних спектральних ліній. Американський вчений Івенсон з колегами в 1972 р. за цезієвим стандартом частоти знайшов з точністю до 11 знаку частоту випромінювання СН4 - лазера, а за криптоновим стандартом частоти - його довжину хвилі (3,39 мкм).

Рішенням Генеральної асамблеї Міжнародного комітету з числових даних для науки і техніки - КОДАТА швидкість світла у вакуумі прийнято вважати рівною



Найточніше визначення величини с надзвичайно важливе не лише в загальнотеоретичному плані та для визначення інших фізичних величин, але й для практичних цілей. До них, зокрема, належать визначення відстаней за часом проходження радіо- або світлових сигналів у радіолокації, оптичній локації, світлометрії, в системах слідкування за ШСЗ.

Електрична стала  - фізична стала, яка входить у рівняння електричного поля (наприклад, закон Кулона) при запису цих рівнянь у раціоналізованій формі, у відповідності з якою утворені електричні та магнітні одиниці.  фізичного змісту не має. Вона залежить лише від вибору системи одиниць. Магнітна стала  - це коефіцієнт пропорційності, який з‘являється в деяких формулах з електромагнетизму при їх записі в СІ.

Так індукція В магнітного поля і його напруженість Н зв‘язані для вакууму співвідношенням . Магнітна стала фізичного змісту не має. Вона залежить лише від вибору системи одиниць.

Тільки комбінація  має реальний фізичний зміст .

Стала Планка (квант дії) - фундаментальна фізична константа, що визначає широке коло фізичних явищ, для яких характерна дискретність величин з розмірністю дії. Введення сталої Планка доцільно здійснювати при розгляді випромінювання абсолютно чорного тіла, слідуючи історичному розвитку подій, а розкриття її фізичного змісту можливе після опанування принципу невизначеності Гейзенберга.



Рис. 2. Розподіл енергії випромінювання в спектрі АЧТ при декількох температурах

Загальновідомо, що АЧТ майже не випромінює в областях надмалих і надвеликих довжин хвиль. У міру підвищення температури тіла максимум спектральної випромінювальної здатності зміщується в бік менших довжин хвиль. Таку залежність експериментальнобуло встановлено Р.Кірхгофом у 1860 році. Разом з тим,спроби описати цю залежність теоретично на основі законів електродинаміки і класичної термодинаміки про розподіл енергії за ступенями вільності рівноважної системи, законів випромінювання АЧТ - законом Стефана-Больцмана



де  - стала Стефана-Больцмана



- абсолютна температура; законом зміщення Віна



де  - стала Віна



не дозволили математично, тобто за допомогою рівнянь, описати криві розподілу енергії, зображені на рис. 2, та приводили до абсурдного висновку про те, що при будь-якій температурі випромінювальна здатність тіла, а, значить, і його енергія нескінченно великі. Всі спроби знайти теоретично цю залежність виявилися безуспішними. Більше того, ці спроби привели до принципових труднощів, значимість яких переросла всю проблему теплового випромінювання. Цей результат, до якого прийшла класична фізика в задачі про спектральний розподіл рівноважного випромінювання, отримав назву «Ультрафіолетової катастрофи».

Вирішення цієї проблеми знайшов в 1900 р. М.Планк під час аналізу експериментальних кривих залежності енергії випромінювання від частот, рис.2. У класичній фізиці випускання світла джерелом розглядається як безперервний процес. Вважається, що тіло випромінює безперервно, посилає у простір електромагнітні хвилі і енергія джерела світла безперервно змінюється. Аналогічно розглядається і процес поглинання світла. М. Планк прийшов до висновку, що саме ці уявлення ведуть до суперечностей в теорії теплового випромінювання і повинні бути переглянуті. Аналізуючи криві розподілу енергії у спектрі АЧТ він екстраполював їх на формули. В результаті такого підходу вихід був знайдений: одна з формул підходить, якщо енергія осциляторів змінюється дискретно. Тоді й була висловлена гіпотеза, за якою АЧТ випромінює енергію не безперервно, а певними кінцевими порціями енергії - квантами дії (квант - в перекладі з латинської quantum - означає «кількість»). Значення мінімальної порції енергії - кванта - у гіпотезі Планка прямо пропорційне частоті світла. Енергія  кванта повинна дорівнювати



де  - частота світла,  - стала, яку пізніше названо постійною Планка



Згідно Планка, випромінююче тіло завжди випускає енергію , рівну (для будь-якої частоти) , де п - будь-яке ціле додатне число.

Розкриття фізичного змісту сталої Планка доцільно здійснити після вивчення принципу невизначеності Гейзенберга. Методично це можна здійснити наступним чином. Проводиться повторення поняття кванта світла та формули енергії фотона. Робиться висновок про те, що стала Планка характеризує властивості фотона, пов’язуючи величину енергії електромагнітного випромінювання з його частотою. Повідомляється, що стала Планка, маючи другу назву «квант дії», виконує оціночну роль в розмежуванні областей застосування класичної і квантової фізики. Стала Планка  визначає масштаби, починаючи з яких вступає в силу принцип невизначеності Гейзенберга, тобто нижня межа просторових величин, після якої не можна не приймати до уваги квантові ефекти. Іншими словами, стала Планка проводить межу між макросвітом, де діють закони механіки Ньютона, і мікросвітом, де вступають у силу закони квантової механіки. Формально це можна виразити нерівністю І. Є. Тамма



де  - дія,  - стала Планка. Якщо справджується така нерівність, то до системи застосовна класична механіка.

Фізичний зміст сталої Планка полягає в тому, що якщо у класичній фізиці мінімальна дія тіла може бути будь-якою, то в квантово-механічному уявленні вона не може бути меншою . В цих умовах енергія та імпульс будуть мати дискретний спектр значень, тобто квантовані на величину . Оскільки значення  мале, то в кожному кванті міститься дуже мала кількість енергії і тому у великих кількостях енергії її дискретна природа малопомітна, оскільки невеличкі зміни числа квантів є занадто малим для детекторів. Тому стала Планка має виключно квантовий характер. В СІ



найбільш точне значення сталої Планка отримане на основі ефекту Джозефсона в надпровідниках. Ефект Джозефсона полягає у протікання надпровідного струму через тонкий шар діелектрика, який розділяє два надпровідники (так званий контакт Джозефсона). Електрони провідності проходять через діелектрик (плівку окислу металу товщиною 10-9 м) завдяки тунельному ефекту. Якщо струм через контакт Джозефсона не перевищує певного значення, яке називається критичним струмом контакту, то спад напруги на контакті відсутній - стаціонарний ефект Джозефсона. Якщо ж через контакт пропускати струм більший від критичного, то на контакті виникає спад напруги, і контакт випромінює електромагнітні хвилі - нестаціонарний ефект Джозефсона. Випромінювати електромагнітні хвилі може лише змінний струм - саме такий струм протікає через контакт Джозефсона при постійному спаді напруги U на контакті. Частота випромінювання ν зв‘язана з U формулою



Випромінювання зумовлене тим, що об‘єднані в пари електрони, які створюють надпровідний струм, при переході через контакт набувають надлишкової по відношенню до основного стану надпровідника енергії 2eU. Відношення e/h отримують шляхом вимірювання частоти випромінювання змінного струму контакту Джозефсона при фіксованій різниці потенціалів U, або з допомогою дослідження ступінчастої вольт - амперної характеристики, ступені на якій з‘являються в результаті квантового детектування зовнішнього випромінювання відомої частоти ν. На практиці метод детектування ступенів є більш точним.

Маса спокою електрона me, елементарний заряд , відношення заряду електрона до його маси.

Думку про те, що електричний заряд є дискретним вперше висловив Б. Франклін у 1749 р.

Перші обґрунтовані припущення про те, що електрика складається з особливих частинок, було зроблено на основі праць М. Фарадея з дослідження явища електролізу. Цю найменшу порцію електрики, яку часто називають елементарним зарядом, ірландський фізик Г. Стоней в 1891 р. назвав електроном (від гр. elektron - бурштин). Його відкрив англійський фізик Дж. Томсон у 1897 р. Він вперше в 1897 р. визначив питомий заряд електрона e/m. Ця величина виявилася рівною



Метод Томсона ґрунтується на компенсації дії однорідних електричного і магнітного полів на рухомий потік електронів в електронно - променевій трубці.

Пряме експериментальне вимірювання елементарного заряду у 1909 р. виконав американський фізик Р. Міллікен.

Дослід Міллікена полягав у наступному. Р. Міллікен розмістив у вертикальній площині дві горизонтальні металеві пластини, які мали електричний заряд. Нижня пластина була заряджена негативно, а верхня - позитивно. Далі, вчений отримав дуже маленькі краплинки рідини (води), які розпилював між цими двома пластинами. При цьому ці маленькі краплинки заряджались негативно внаслідок тертя об стінки трубки пульверизатора (розпилювача). Вчений розглядав одну краплину, на яку діяли сила земного тяжіння , напрямлена вертикально вниз, і електрична сила . Оскільки краплина заряджена негативно, то вона відштовхувалась від нижньої пластини і притягувалась до верхньої, а тому електрична сила  була напрямлена вертикально вгору. Змінюючи заряд пластин, можна було домогтися того, що краплина знаходилась в рівновазі, тобто .

Міллікен спостерігав за поведінкою такої краплини у мікроскоп. Краплина була такою маленькою, що навіть її контури побачити не вдавалось, на темному фоні видно було лише зірочку розсіяного краплиною світла. Деякі краплини, в результаті випаровування поступово втрачали масу і починали рухатись під дією електричної сили вгору, оскільки при цьому сила тяжіння теж зменшувалась. Якщо горизонтальні пластини розряджали, то всі краплини починали падати вниз, оскільки на них не діяла електрична сила. Вимірюючи швидкість падіння однієї краплини, Р. Міллікен обраховував її силу тяжіння.

Електрична сила , що діє на краплину, залежить від заряду пластин (який був відомим) і від заряду самої краплини. Тому, якщо краплина знаходилась у рівновазі, то знаючи  , можна знайти її заряд - .

Потім Міллікен змінював заряд краплини, опромінюючи її рентгенівськими променями. При цьому заряд краплини зменшувався. Після цього Міллікен знов визначав заряд краплини . Внаслідок втрати електричного заряду електрична сила зменшувалась і краплина починала падати. Щоб відновити рівновагу краплини, Міллікен збільшував заряд пластин. Науковець помітив, що краплина, втрачаючи електричний заряд, опускалась не плавно, а стрибком. Це свідчило про те, що вона втрачала електричний заряд не неперервно, а певними порціями. Звідси науковець зробив висновок про існування найменшого неподільного електричного заряду. Частинку, усталеною властивістю якої є такий заряд, назвали електроном. Тобто внаслідок опромінення краплина втрачала певну цілу кількість таких електронів. Знаючи заряди краплини до і після опромінення можна обрахувати, який заряд втрачала краплина



Таку операцію науковець повторював багато разів. Дослід тривав декілька годин. З дослідів Р. Міллікен зробив висновок, що всі електричні заряди на краплині або точно дорівнювали заряду електрона, або були невеликими цілими кратними цьому заряду. Міллікен виконав перші наближені обчислення заряду електрона у 1909 році.

У 1913 році Р. Міллікен виконав нові вимірювання і розрахунки. Він вдосконалив експеримент, замінивши краплини води краплинами олії, які майже не випаровувались, і домігся того, щоб температура у приладі змінювалась не більше, ніж на 0,02 0С, врахував систематичні похибки.

Особливо важливі поліпшення методики експерименту були зроблені в тому ж 1913 році російським фізиком Абрамом Федоровичем Йоффе. У процесі експерименту він заряджав не краплини олії, а пилинки цинку. Це давало дві важливі переваги:

- цинк не випаровувався як олія, а тому маса пилинки була незмінною впродовж всього довготривалого експерименту;

- цинк легше, ніж олія, втрачає негативний заряд під впливом опромінення ультрафіолетовими чи рентгенівськими променями.

Вимірювання А.Ф. Йоффе підтвердили висновок Міллікена про те, що будова електричного заряду є зернистою, тобто існує частинка, носій найменшого неподільного електричного заряду - електрон.

В подальшому експерименти А.Ф. Йоффе і Р. Міллікена вдосконалювались шляхом зменшення випадкових і систематичних похибок та використання вимірювальних приладів з більшим класом точності. Заряд електрона позначають  або просто  і він дорівнює:



З дослідів Томсона для електрона відомо відношення е/m. Звідси знайшли масу електрона

.

Поняття “розмір електрона” не вдається сформулювати однозначно. З одного боку приймають, що електрон є точковою безструктурною частинкою, тобто увесь електричний заряд електрона зосереджений у точці. З другого боку умовно вводять так званий класичний радіус електрона



Причину протиріч з‘ясовує квантова механіка. Електрон, як і всяка інша мікрочастинка, крім корпускулярних має і хвильові властивості.

Атомна одиниця маси рівна 1/12 маси ядра атома 12С.

Універсальна (молярна) газова стала  - це робота розширення 1 моля ідеального газу при постійному тиску при нагріванні на 1 К. Її числове значення можна знайти, вимірявши об‘єм 1 моля ідеального газу при нормальних умовах: тиску 101325 Па і температурі 273,15 К. Універсальну газову сталу визначають також методом відкачування, застосувавши до двох станів повітря рівняння Менделєєва - Клапейрона. Універсальна газова стала пов‘язана з іншими фізичними сталими .

Стала Больцмана  рівна відношенню універсальної газової сталої  до сталої Авогадро . Вона пов‘язує енергетичну та абсолютну термодинамічну температуру: . Стала Больцмана входить в ряд важливих фізичних співвідношень: основне рівняння МКТ, у вираз для середньої енергії теплового руху частинок, зв‘язує ентропію фізичної системи з її термодинамічною ймовірністю. Числове значення  отримують на основі даних про  та . Безпосередньо значення сталої Больцмана можна знайти, наприклад, із дослідної перевірки законів теплового випромінювання.

Французький фізик Жан Перрен експериментально підтвердив теоретично отриману А. Ейнштейном формулу для середнього квадрата переміщення броунівської частинки



Це дало можливість обчислити числове значення сталої Больцмана .

В 1932 р. Капплер здійснив експеримент з вивчення обертального броунівського руху. На дуже тонкій кварцовій нитці підвішувалося маленьке дзеркальце. Під впливом ударів молекул навколишнього газу дзеркальце робить безладні крутильні коливання біля положення рівноваги. Для їх спостереження на дзеркальце напрямляють світловий промінь, який після відбивання попадає на шкалу. За положенням зайчика на шкалі визначають кутове зміщення дзеркальця через рівні проміжки часу.

Сталу Больцмана знаходять за формулою



де f - модуль кручення нитки, Т - температура,  - середній квадрат кута повороту дзеркальця від положення рівноваги.

Стала Авогадро  рівна числу структурних елементів (атомів, молекул, іонів або інших частинок), що містяться в 1 молі речовини. Сталу Авогадро використовують для визначення інших фізичних констант: сталої Больцмана, сталої Фарадея. Один із кращих експериментальних методів визначення сталої Авогадро ґрунтується на вимірюванні електричного заряду, який необхідний для електролітичного розпаду відомого числа молів складної речовини та заряду електрона. NA обчислюють також, знайшовши сталу Больцмана k.

Стала Фарадея  чисельно рівна електричному заряду, який повинен пройти через електроліт, щоб на електроді виділився один моль одновалентної речовини.

Стала Фарадея рівна добутку сталої Авогадро на елементарний електричний заряд

.

Значення  визначалося на основі вимірювань електрохімічного еквівалента срібла.

Стала Стефана - Больцмана  входить у закон, який визначає повну (для всіх довжин хвиль) випромінювальну здатність абсолютно чорного тіла. Числове значення сталої знайдено теоретично на основі формули Планка для функції розподілу енергії у спектрі випромінювання.

Виходячи з формули Планка:

.

Стала Віна входить у закон зміщення Віна, який стверджує, що довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії у спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла обернено пропорційна абсолютній температурі:



Числове значення сталої знайдено теоретично на основі формули Планка для функції розподілу енергії у спектрі випромінювання. Виходячи з формули Планка

.

Стала Рідберга - фундаментальна стала, яка входить у вираз для рівнів енергії і частот випромінювання атомів. Якщо вважати, що маса ядра атома нескінченно велика у порівнянні з масою електрона (ядро нерухоме), то за квантово-механічними розрахунками.



де  та  - заряд і маса електрона.

Сталу Рідберга можна обчислити, вимірюючи довжини хвиль відповідних ліній у спектрі випромінювання атома водню. Для цих вимірювань використовують монохроматор.

Список використаної літератури

1. Біленко І.І. Фізичний словник/ Біленко І.І. - К.: Вища шк., 1993.- 319с.

. Физический энциклопедический словарь/ под. ред. Прохоровой А.М. - М.: Советская энциклопедия, 1984г. - 944 с.

. Хуторской А.В. Фундаментальные физические постоянные / А.В.Хуторской. - Мн.: Нар. асвета,1988. - 96с.

. Тейлор Б. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика/ Тейлор Б., Паркер В., Лангенберг Д.; пер. с англ. под ред. Б.А. Мамырина.-М.: Атомиздат, 1972.- 324 с.