

О.І. Коренев*Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка***ОСНОВОПОЛОЖНІ ФІЗИЧНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

Постановка проблеми. Експериментальна фізика, як складова частина, являє собою сукупність досліджень, пов'язаних із отриманням даних про фізичні явища й світ загалом. Основним методом дослідження експериментальної фізики як науки є спостереження за поведінкою ретельно підготовленої фізичної системи, що і складає суть фізичного експерименту.

Побудова загальної фізичної картини світу здійснюється внаслідок взаємодії експериментальної та теоретичної фізики. Поділ фізики на експериментальну й теоретичну склався в 20 столітті. Він був зумовлений, з одного боку, складністю математичного апарату сучасної теоретичної фізики, а з іншого боку, складністю фізичного устаткування й методології вимірювань, які в сукупності призвели до спеціалізації й поділу праці серед фізиків.

Експериментальній фізиці належить вирішальне слово щодо верифікації чи фальсифікації фізичних теорій та гіпотез. Фізичний експеримент є визначальним у питаннях теоретичної фізики, він здійснює поштовхи в часи теоретичного застою і виводить її на нові висоти. Основоположні фізичні експерименти стають підґрунтям розвитку фізики як науки.

Мета даної статті – розкрити суть деяких основних фізичних експериментів.

Аналіз актуальних досліджень. Інформація про проведені фізичні експерименти як правило є загальнодоступною і не викликає труднощів при пошуку. Однак виділення основних фізичних експериментів, які сприяли розвитку фізичної науки, особливо майбутньому фізику важко переоцінити.

Тому зрозумілий опис основоположних фізичних експериментів, деталізація дослідження фундаментальних принципів в цих експериментах, виокремлення головної ідеї в розвитку фізичної думки на уроках фізики в 11 класах може сприяти кращому розумінню фізики, заохоченню до її глибшого вивчення, а також збільшенню вірогідності правильного професійного самовизначення учнів старших класів.

Ми зупинимося на деяких розділах фізики та типових для цих розділів визначальних експериментах.

Виклад основного матеріалу.

Досліди Галілея з вивчення падіння тіл і кочення по похилій площині стали визначальними у механіці.

Дата: 1589 (падіння тіл), 1638 (похила площина).

Використані методи: побудова математичної моделі, уявний експеримент вивчення спостережуваних явищ з кількісного боку.

Тип вимірювання: безпосереднє вимірювання.

Тип умов: умови, близькі до природних (земних).

Досліджувані фундаментальні принципи: основний закон механіки Ньютона (у спрощеній формі).

Галілео Галілей (1564-1642) удостоївся честі бути названим *першим в історії фізиком* (рис. 1). Річард Фейнман вважав, що до Галілея мало хто набрався необхідної сміливості піднятися на Пізанську вежу (висота - 56,7 м), щоб кинути гарматне ядро вагою 80 кг вниз. Це не дивувало, адже дух догалілеєвської фізики був заданий Арістотелем.

Світогляд, що виходив з фізики та метафізики Арістотеля, обмежував фізичний експеримент природознавством, спостереженням за природою, спостереженням її рівноваги і безтурботного спокою. В епоху Відродження подібний образ вченого витіснив образ природодослідника, тобто вченого, який використовує природу як полігон для свого експериментального пізнання. Галілей був яскравим зразком вченого нової епохи.

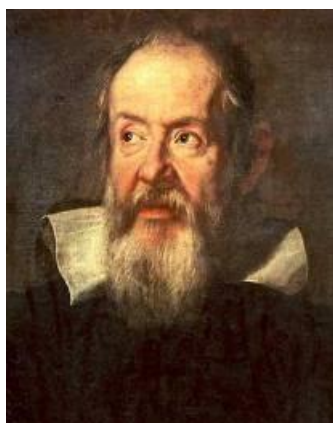


Рис. 1.

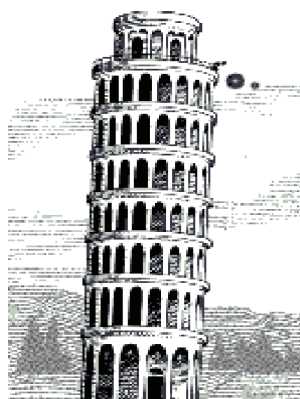


Рис. 2.

Ще в студентські роки він почав сумніватися у справедливості положень Арістотеля, згідно з якими важче тіло повинно було падати швидше легшого. Більш того, давньогрецький філософ вважав, що швидкість тіл, кинутих з однієї висоти, в точці падіння на землю буде пропорційна їх масам. Для спростування першого положення свого великого попередника Галілео Галілей використовував його ж метод, тобто метод логічних міркувань:

«Уявімо собі два тіла, одне легше, а інше - більш важче, які з'єднані між собою ланцюгом. Скинемо цю систему тіл з вершини вежі. Якщо припустити, що більш важкі тіла дійсно падають швидше більш легких тіл, ланцюг незабаром натягнеться, оскільки легке тіло буде падати з запізненням, у порівнянні з більш важким (і, отже, уповільнювати рух останнього). У той же час, система, розглянута в цілому, **важче**, ніж тіло поодиноці, і, отже, повинна падати швидше останнього. Це протиріччя дозволяє нам зробити висновок про несправедливість нашого припущення.»

Цей уявний експеримент підтвердили досліді, проведені на Пізанській вежі в 1589 р. (рис. 2). Галілей кидав з Пізанської вежі гарматне ядро вагою 80 кг і

мушкетну кулю масою близько 200 г. Вибором тіл сферичної форми Галілей розраховував зменшити вплив опору повітря на їх падіння.

Незважаючи на важливість експерименту Галілея, не можна стверджувати, що в ньому була підтверджена точка зору Галілея щодо падіння тіл в полі сили тяжіння, але була спростована фізика Аристотеля. Дійсно, нескладні обчислення показують, що мушкетна куля повинна впасти на землю більш ніж на чверть секунди пізніше ядра - при тому, що саме падіння повинно було тривати всього лише 3-4 секунди. Більш того, між кулею і ядром у момент досягнення землі останнім має бути відстань близько 6 метрів. Цю відстань складно було не помітити тим, хто стояв біля підніжжя вежі.

Цікаво відзначити, що, за мемуарами самого Галілея, задуматися про незалежність швидкості падіння тіл від їх мас його змусила сильна гроза з градом. Галілей помітив, що і великі, і маленькі градини з однією швидкістю падають на землю, хоча мають різну вагу.

Підтвердивши якісно свою здогадку про незалежність швидкості падіння тіла від його маси, Галілей вирішив дослідити падіння тіл кількісно. Однак у його час не було приладів, що дозволяли вимірювати малі проміжки часу з достатньою точністю, тому він спробував замінити стрімке падіння більш повільним рухом, але із збереженням властивостей [1].



Рис. 3.

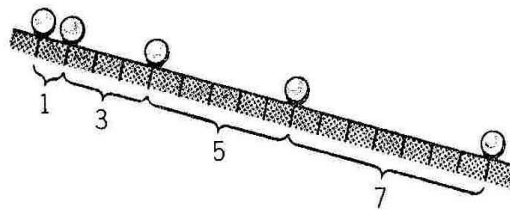


Рис. 4.

В якості такого виду руху Галілей вибрав скочування гладкої кулі похилою площиною (рис. 3). Необхідно відзначити, що послідовна теорія такого плоскопараллельного руху не могла бути побудована за часів Галілея. Однак знань механічної частини курсу загальної фізики достатньо, щоб вивести вираз для обчислення прискорення кулі:

$$a = \frac{g \sin \alpha}{1 + I / mr^2},$$

де α – кут нахилу площини до горизонту, m , r – маса і радіус кулі відповідно, а I – момент інерції кулі відносно її центра.

Для рівномірно розподіленої суцільної кулі $I / mr^2 = 2/5$, тому скочування кулі похилою площиною виявляється рівноприскореним. Інтуїтивно припускаючи саме такий характер руху кулі, Галілей в точках похилої площини, які куля

повинна була перетнути в послідовні моменти часу (на відстанях $l, 4l, 9l, 16l$ від її вершини, відповідно до закону рівноприскореного руху $l(t) = at^2/2$) поставив пристрої, які видавали звук, коли куля прокочувалася повз них (рис. 4). Скокуючи кулю, він стежив, чи дійсно датчики дзвонять через рівні проміжки часу. Оскільки точних годинників в його час не було, для синхронізації Галілей використовував свій пульс або музику оркестру.

Дослідом він показав, що падіння тіл має рівноприскорений характер, який не залежить від маси тіла.

Уявний експеримент "корабель" Г. Галілея про відносність руху.

Дата: 1638.

Тип вимірювання: уявний експеримент, заснований на безпосередньому спостереженні кочення кулі по похилій площині.

Тип умов: умови, близькі до природних (земних).

Досліджувані фундаментальні принципи: принцип інерції і принцип відносності Галілея.

Рівноприскореність руху похилою площиною, причому тим прискорення менше, чим менший кут нахилу. Як тіло буде рухатися, якщо ця поверхня строго горизонтальна? З нульовим прискоренням - така відповідь Галілея. Ніщо не може змусити тіло ні почати рухатися швидше, ні зупинитися, якщо воно лежить на горизонтальній площині, - тіло буде зберігати швидкість свого руху нескінченно довго. До такого ж висновку приводить і інший експериментальний факт, встановлений Галілеєм: якщо з'єднати дві похилі площини так, щоб куля, скотившись з одного, відразу ж піднімалася по іншій, вона підніметься на ту ж висоту, з якої була відпущена, незалежно від нахилу кожної з площин (якщо знехтувати силами тертя) (рис. 5). У цьому випадку уявивши, що права площину практично горизонтальна, ми отримуємо, що куля пройде по ній нескінченну відстань, поки не підніметься на свою початкову висоту. Це, фактично, і означає, що по горизонтальній площині куля буде рухатися нескінченно довго.



Рис. 5.

У сучасному трактуванні принцип інерції Галілея нерозривно пов'язаний з принципом відносності, що мав його ж ім'я, який також вважають першим законом механіки Ньютона: *всі механічні явища відбуваються однаково у всіх інерціальних системах відліку при довільних початкових умовах*. Тут інерціальна система відліку має на увазі спостерігача, який рухається вільно, без впливу зовнішніх сил.

Свій принцип відносності Галілей ілюструє уявним експериментом про кораблі. Уявімо собі корабель, в якому є закрита простора каюта без вікон. Тоді,

вивчаючи механічні явища в цій каюті в нерухомому кораблі, ми не помітимо жодної відмінності в них з випадком, коли корабель рівномірно рухається. Це, взагалі кажучи, є емпіричним фактом: ми відчуємо наявність сил інерції, тільки коли корабель почне рух. Звичайно ж, принцип Галілея можна виразити у вигляді точної формули з механіки Ньютона, але необхідно пам'ятати, що історично саме принцип відносності був покладений в основу останньої [2].

У процесі розвитку науки про електрику і магнетизм на шляху принципу відносності Галілея постала проблема: заряди в рухомих системах відліку повинні були породжувати струми, тому в останніх до їх електростатичної (кулонівської) взаємодії повинна була додатися магнітостатична (амперова). У підсумку, у відповідності з механікою Ньютона, закони руху зарядів при переході між системами відліку перетворювалися всупереч принципу Галілея. Тим не менш, в 1905 р. А.Ейнштейн розрубав цей гордіїв вузол, поклавши в основу його спеціальної теорії відносності постулат: *всі фізичні явища відбуваються однаково у всіх інерціальних системах відліку, незалежно від початкових умов*. Під словом «всі фізичні» малося на увазі «і механічні, і електромагнітні». Послідовне впровадження принципу відносності Ейнштейна в механіку зажадало змінити навіть кінематику, зокрема, уявлення про простір-час. Тим не менше, ідея про відносність і необхідність виділяти з усіх вимірних величин тільки ті, що мають фізичний сенс (як зараз кажуть, інваріанти), починається з Галілео Галілея і залишається ключовою і в найсучасніших галузях фізики [3]/

Вивчення електризації тіл В. Гільбертом і електричних флюїдів Б. Франкліном стали визначальними в електродинаміці.

Дата: 1600 (електризація), приблизно 1750 (два роди зарядів).

Тип вимірювання: якісне дослідження в лабораторних умовах.

Тип спостереження: безпосереднє якісне спостереження.

Тип умов: умови, що зустрічаються в реальному світі, але в сильно спрощеному вигляді.

Досліджувані фундаментальні принципи: існування електричного заряду, його скалярний характер (що виявляється в існуванні тільки двох його видів - позитивного і негативного).



Рис. 6.



Рис. 7.

Ще в стародавній Греції, за п'ять століть до нашої ери, було відомо, що натертий бурштин має властивість притягати легкі предмети, наприклад, травинки. Однак перші систематичні досліди, пов'язані з вивченням електризації, провів Вільям Гільберт (1544-1603) (рис. 6). Він показав, що властивість електризуватися при терті є досить загальним: ним володіє не тільки бурштин, але і алмаз, опал, скло та ін. Також В. Гільберт показав, що, якщо наелектризоване тіло внести в полум'я пальника, воно втрачає свої електричні властивості [4].

Крім здатності притягувати НЕ наелектризовані (нейтральні) тіла, заряджені тіла мали здатність взаємодіяти один з одним. Більше того, як виявив Бенджамін Франклін (1706-1790) (рис. 7), певні тіла, будучи наелектризованими, притягувалися одне до одного, а деякі відштовхувалися. На основі цього спостережуваного факту Франклін зробив висновок про існування «позитивної» і «негативної» електрики (як відомо, різні тіла в результаті тертя набувають заряди різних знаків). Нарешті, він висунув гіпотезу про те, що рід електрики визначається надлишком або недоліком *електричного флюїду* в тілі, при цьому при терті частина цього флюїду перетікає від одного тіла до іншого, призводячи до їх електризації. Б. Франклін також зазначив, що при видаленні тіл одне від одного сила їх тяжіння / відштовхування спадає і збільшується, якщо тіла більш ретельно електризувати (тобто при збільшенні зарядів тіл по модулю). Точні залежності отримав пізніше Шарль Кулон, ім'я якого і носить відповідний закон [5].

Необхідно відзначити для порівняння, що дискретність електричного заряду була доведена тільки на початку ХХ століття в досліді Роберта Міллікена, в якому вимірювався заряд наелектризованих крапель олії.

Висновки.

Розглянуті основні фізичні експерименти зробили значний внесок в подальший розвиток науки. Вони підтверджують думку про те, що експеримент у фізиці є однією із визначальних та рушійних сил розвитку науки.

Література

1. Пурышева Н.С., Шаронова Н.С., Исаев Д.А. Фундаментальные эксперименты в физической науке. Элективный курс: Учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 159 с.
2. Тригг Дж. Физика ХХ века: ключевые эксперименты. – М.: Мир, 1978. – 376 с.
3. Мэрион Дж.Б. Физика и физический мир. – М.: Мир, 1975. – 624 с.
4. Элементарный учебник физики. т.2. Электричество. Магнетизм // под ред. Ландсберга Г.С. – М.: Физматлит, 2006. – 480 с.
5. Физическая энциклопедия: // Гл. ред. А. М. Прохоров, редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М., 1988 – 1998 [в 5 т.].
6. Википедия. Физика // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0>

7. Википедия. Эксперимент. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%>

***Анотація.** У статті розглянуто основні фізичні експерименти, які стали визначальними в розвитку теорій, що описують реальні закони. Виділення і наголошення на основоположних експериментах, які відіграли велику роль в розвитку фізики є важливою задачею будь-якого вчителя фізики.*

***Ключові слова:** фізика, експеримент, теорія, закон, основоположний фізичний експеримент.*

***Аннотация.** В статье рассмотрено основные физические эксперименты, которые стали определяющими в развитии теорий, что описывают реальные законы. Выделение и подчеркивание основополагающих экспериментов, которые сыграли большую роль в развитии физики есть важной задачей любого учителя физики.*

***Ключевые слова:** физика, эксперимент, теория, закон, основополагающий физический эксперимент.*

***Summary.** The article describes basic physical experiments that were decisive in the development of theories which describe the real laws. Highlighting and underlining fundamental experiments that have played a major role in the development of physics is an important task of any teacher of physics.*

***Keywords:** physics, experiment, theory, law, fundamental physics experiment.*