

Основні ідеї класичної механіки Ньютона

Фізика в сучасному світі

Розвиток фізики призвів до появи багатьох технологій, які широко використовуються людьми.

Дослідження в області електромагнетизму призвели до появи різноманітних електричних пристроїв та електрогенеруючих станцій. Відкриття термодинаміки дозволили створити автомобіль. Розвиток електроніки призвів до появи комп'ютерів...



Фізика в сучасному світі

Саме завдяки фізиці людство поставило собі на службу силу пари. Поява парових машин, а разом з ними паровозів і пароплавів, дало потужний поштовх до промислової революції.

З часом не менш важливий та суттєвий поштовх дали розвиток електроніки, атомної фізики та інших областей фізики.



Система методологічних знань у курсі фізики загальноосвітньої школи

Можна виділити наступну систему методологічних знань у курсі фізики середньої школи:

1. Науковий експеримент і методи експериментального (емпіричного) пізнання.
2. Фізична теорія і методи теоретичного пізнання.
3. Стрижневі методологічні ідеї фізики.
4. Основні закономірності розвитку фізики.

Структура фізичної картини світу

Фізична теорія – це цілісна система фізичних знань, повною мірою описує певне коло явищ і є одним з структурних елементів фізичної картини світу.

Фізична картина світу		
Вихідні філософські ідеї, поняття	Фізичні теорії	Зв'язки між теоріями
Матерія, рух, взаємодія, простір і час	Класична механіка Статистична фізика Електродинаміка Квантова теорія	Принципи відповідності, додатковості, симетрії, причинності

Шкільний курс фізики структурований навколо чотирьох фундаментальних фізичних теорій: класичної механіки, молекулярно-кінетичної теорії, електродинаміки, квантової теорії.

Теоретичне ядро шкільного курсу фізики втілює чотири зазначені фундаментальні теорії, спеціально адаптовані для шкільного курсу. Це дозволяє виділити в курсі фізики генеральні напрями у вигляді навчально-методичних ліній і потім формувати весь матеріал навколо цих ліній. Така генералізація навчального матеріалу дозволяє забезпечувати формування в учнів адекватних уявлень про структуру сучасної фізики, а також реалізацію теоретичного способу навчання.

Генералізація навчального матеріалу спрямована на забезпечення якісного засвоєння системи знань, які є науковою базою загальної освіти, на забезпечення ефективності навчального процесу і глибокого та цілісного сприйняття певної області знань; на формування та розвиток творчого, науково-теоретичного способу мислення.

Фізична теорія як система

Фізична теорія є системою, але не матеріальною, а концептуальною (система знань).

Елементами фундаментальної фізичної теорії є: 1) емпірична основа; 2) теоретичне концептуальне ядро; 3) дедуктивні наслідки (виведення).

Взаємодія між елементами теорії виражається логічними зв'язками і відношеннями, бо теорія є не матеріальною, а концептуальною системою.

В природничонаукову картину в якості підсистем входять також хімічна, біологічна, геологічна картини світу, космологія та ін.

Природничий аспект спільно з гуманітарним утворюють культуру.

Змістовна структура фізичної теорії

Емпіричне дослідження фрагмента дійсності є початковим етапом наукового пізнання. З індуктивного узагальнення результатів експериментаторів висувається наукова емпірична гіпотеза про закономірності спостережуваного явища, яка виражається емпіричним законом. Емпіричні закони оперують оціночними модельними об'єктами.

Таким чином, емпірична основа як підсистема фізичної теорії сама складається з двох елементів: 1) експериментальних даних і 2) емпіричних законів.

Прикладами таких емпіричних законів термодинаміки є емпіричні газові закони, емпіричний закон Дюлонга і Пті (Закон сталості теплоємності, згідно з яким молярна теплоємність твердих тіл при кімнатній температурі близька до $3R$), емпіричні узагальнення Майєра, емпіричні узагальнення Джоуля і т. п.

Емпіричні закони оперують емпіричними оціночними модельними, а не реальними об'єктами. Наприклад, газові закони оперують моделлю ідеального газу. Під ідеальним газом розуміється газ, який підпорядковується газовим законам.

Внутрішній зміст цієї моделі розкривається молекулярно-кінетичною теорією. З позиції молекулярно-кінетичної теорії під ідеальним газом розуміється газ, який складається з взаємодіючих матеріальних точок які знаходяться в безперервному хаотичному русі. При цьому передбачається, що такий газ, хоча і складається з матеріальних точок, але може прийти в рівноважний стан.

В термодинаміці під ідеальним газом розуміється газ, внутрішня енергія якого залежить тільки від температури.

Термодинамічний підхід і молекулярно-кінетична інтерпретація визначення ідеального газу пов'язані між собою.

Теоретичне ядро

Емпірична основа є базою формування теоретичних узагальнень, що виражаються основними законами фізичної теорії. Ці основні закони утворюють **теоретичне ядро**.

Теоретичне ядро як підсистема термодинаміки структурно містить дві компоненти:

- 1) фундаментальні начала (закони) термодинаміки;
- 2) модельний теоретичний об'єкт, яким оперують начала термодинаміки.

Термодинаміка як система наукового знання входить вже в якості елемента у фізичну науку. Фізична наука як елемент входить у фізичну картину світу.

Наслідки (виведення) теорії

З основних законів термодинаміки, дедуктивно з використанням математики, виводяться теоретичні наслідки, що описують конкретні фізичні системи. При викладі дедуктивних наслідків підкреслюється, що дедуктивне виведення наслідків у фізиці відрізняється від дедукції в математиці: у процесі виведення у фізиці вводяться додаткові (інші) модельні об'єкти, які відсутні в постулатах (ядрі) теорії.

Саме дедуктивні наслідки можна перевірити в експерименті. Критерієм вірності фізичної теорії є багатогранна успішна виробнича діяльність по застосуванню на практиці наслідків з фізичної теорії. Фізична теорія має гіпотетико-дедуктивну організацію знання.

Отже, в змістовну структуру фізичної теорії як концептуальної системи входять взаємопов'язані елементи: емпірична основа теорії; концептуальне теоретичне ядро теорії; дедуктивні теоретичні наслідки (виведення).

Фізична теорія			
Основа	Ядро	Наслідки	Інтерпретація
Емпіричний базис. Система понять. Моделі. Закони. Правила дій над фізичними величинами. Правила співвідношення фізичних величин з дослідом.	Система законів, що визначає зв'язки і зміни фундаментальних фізичних величин. Сукупність законів збереження. Фундаментальні константи. Принципи симетрії і інваріантності. Закони зв'язку нових і старих теорій.	Пояснення емпіричних фактів і передбачення нового. Отримання кількісних висновків – функціональних залежностей між фізичними величинами. Загальні методи для вирішення широкого кола завдань	Тлумачення основних понять і законів. Аналіз зв'язків теорії з іншими теоріями. Межі застосування теорії.

Основа, ядро класичної механіки

Основа:

- Спостереження явищ: рух тіл, вільне падіння, коливання маятника...
- Системи понять: швидкість, прискорення, імпульс, сила...
- Моделі: матеріальна точка, абсолютно тверде тіло

Ядро:

- Закони Ньютона
- Закон всесвітнього тяжіння
- Закони збереження: енергії, імпульсу, моменту імпульсу
- Принципи: дальності, незалежності дії сил, відносності Галілея
- Постулати: однорідності і ізотропності простору, однорідності часу
- Фундаментальні фізичні постійні: гравітаційна постійна

Наслідки (виведення) класичної механіки

- Пояснення різних видів руху
- Розв'язок прямої і оберненої задачі механіки
- Застосування законів в техніці
- Передбачення: відкриття планет Нептун і Плутон

Інтерпретація

Межі застосування теорії:

- Макроскопічні тіла
- Швидкості значно менші за швидкість світла

Механіка

Механіка – фундаментальна фізична теорія, що встановлює закономірності взаємних переміщень тіл в просторі і взаємодій, що відбуваються при цьому.

Механіка, як наука сформувалась з виходом книги І. Ньютона „Математичні начала натуральної філософії” (1687). Ньютон зібрав і опрацював весь накопичений матеріал, систематизував його, багато доповнив. Створена Ньютоном механіка називається класичною. Класична механіка вивчає рух макроскопічних тіл, які є матеріальними точками і рухається зі швидкостями значно меншими швидкості світла ($v \ll c$).

В 1905 р. з'явилась перша робота А. Ейнштейна, яка поклала початок релятивістської механіки (СТВ). Але формули СТВ використовуються тільки тоді, коли доводиться вивчати рух тіл, швидкість яких не набагато менша швидкості світла. Взагалі швидкість світла є граничною швидкістю передачі сигналу (взаємодій) і є фундаментальною константою.

Механіка розв'язує два основних завдання

1. Вивчення різноманітних рухів і узагальнення одержаних результатів у вигляді законів, руху – законів, за допомогою яких можна передбачити характер руху в кожному конкретному випадку.
2. Пошук загальних властивостей притаманних будь-якій системі, незалежно від конкретного виду взаємодії між тілами системи.

Розв'язок першої задачі привів до встановлення Ньютоном динамічних законів, в той час як розв'язок другої задачі – до виявлення законів збереження таких величин, як енергія, імпульс і момент імпульсу.

Під механічним рухом розуміють зміну положення тіл або частин тіл відносно інших тіл в просторі з часом.

Основні поняття кінематики

Кінематика вивчає рух тіла відносно інших тіл незалежно від причин (сил), що впливають на цей рух.

Пряма **основна задача кінематики** – полягає в знаходженні будь-якого параметра руху за відомим законом руху. Вона розв'язується шляхом послідовного застосування основних законів кінематики (руху, швидкості і прискорення).

Обернена задача кінематики – полягає у визначенні закону руху за яким-небудь відомим параметром руху (вектор швидкості чи вектор прискорення). В загальному випадку обернена задача значно складніша, ніж пряма.

Механічний рух зручно вивчати на прикладі ідеального об'єкту – матеріальної точки.

Матеріальна точка – макроскопічне тіло, розміром і внутрішньою структурою якого можна знехтувати за даних умов руху і вважати, що вся речовина тіла начебто зосереджена в одній геометричній точці. На відміну від геометричної точки, матеріальна точка володіє

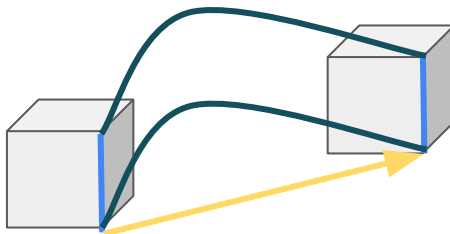
здатністю взаємодіяти з іншими тілами і їй приписується деяка маса.

Питання про те, чи можна конкретне тіло розглядати, як матеріальну точку визначається не розмірами самого тіла, а умовами руху, що розглядається. Тому одне і те ж тіло в одних випадках, можна вважати матеріальною точкою, а в інших – ні.

Наприклад, при русі Землі по орбіті навколо Сонця її можна вважати матеріальною точкою (діаметр Землі – 12740 км, відстані від Землі до Сонця – 150 млн. км), а при вивченні обертального руху Землі навколо осі – ні.

В означення матеріальної точки введено умову, що тіло повинно бути макроскопічним. Це пов'язано з тим, що при русі макроскопічних тіл, таких як атоми, молекули і елементарні частинки суттєво проявляються хвильові властивості. Рух таких об'єктів описується вже законами квантової механіки.

Наближення матеріальної точки працює і тоді, коли рух тіл кінцевих розмірів є поступальним (тобто довільний відрізок, що сполучає будь-які дві точки тіла, залишається в просторі паралельним собі).



Основні поняття кінематики

Знати рух матеріальної точки означає вміти в будь-який момент часу визначити її положення в просторі, якщо відомі початкові умови руху.

Траєкторія – лінія вздовж якої рухається матеріальна точка.

Тіло відліку – тіло відносно якого розглядається механічний рух.

Система відліку – це тіло відліку, пов'язана з ним система координат і прилад для вимірювання проміжків часу.

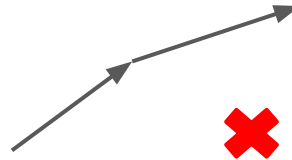
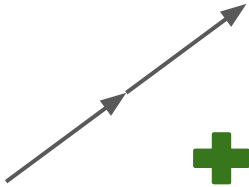
Прямолінійний рівномірний рух

Рівномірний прямолінійний рух – це рух, при якому тіло за будь які рівні проміжки часу здійснюють однакові переміщення.

Довжина шляху s пройденого точкою за проміжок часу від 0 до t дорівнює

$$s = x - x_0 = vt$$

$$v = \text{const}$$

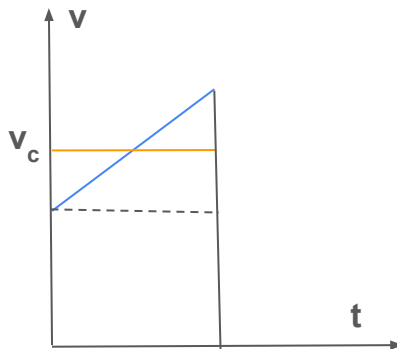


Рівнозмінний прямолінійний рух

Рівнозмінним рухом називають такий рух, при якому за будь які рівні проміжки часу швидкість точки змінюється на одну і ту ж величину.

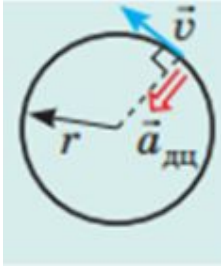
$$\begin{aligned}a &= \text{const} \\ v &= at \\ s = x - x_0 &= v_0 t + at^2/2\end{aligned}$$

Напрямки прискорення та початкової швидкості співпадають.



Рівномірний рух по колу

це такий криволінійний рух, у ході якого точка, рухаючись коловою траєкторією, за рівні інтервали часу проходить однаковий шлях.

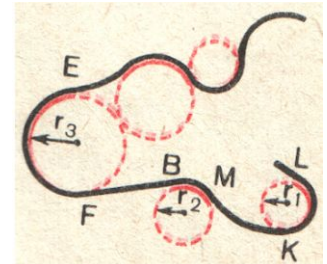


Період обертання: $T = t/N$; $[T] = 1$ с (секунда)

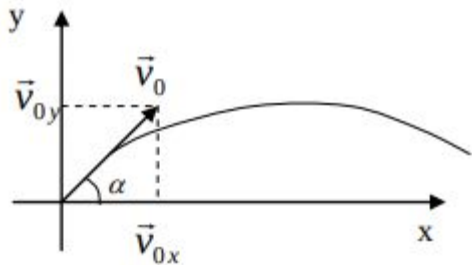
Кутова швидкість: $\omega = 2\pi/T$; $[\omega] = 1$ рад/с (с^{-1})

Лінійна швидкість: $v = 2\pi r/T = \omega r$; $[v] = 1$ м/с

Доцентрове прискорення: $a_{\text{дц}} = v^2/r = \omega^2 r$; $[a_{\text{дц}}] = 1$ м/с²



Рух тіла кинутого під кутом до горизонту



$$\begin{cases} y = v_{0y} \cdot t - \frac{9t^2}{2} = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{9t^2}{2} \\ x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

$$g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$$

Динаміка

Динаміка – розділ механіки в якому вивчають закономірності і умови механічного руху макроскопічних тіл під дією прикладених до них сил.

В основі динаміки, лежать закони Ньютона, з яких отримують всі рівняння, необхідні для розв'язку практичних задач динаміки.

В динаміці розглядають 2 типи задач, розв'язок яких для матеріальної точки(чи тіла, що рухається поступально) знаходяться за допомогою законів Ньютона:

Задачі I типу полягають в тому, що знаючи рух тіла, визначити діючі на нього сили.

Задачі II типу – за діючими на тіло силами визначити закон його руху. Для розв'язку цих задач необхідно знати так звані початкові умови руху, тобто положення і швидкість руху тіла на початку його руху під дією заданих сил.

Перший Закон Ньютона

Існують системи відліку, відносно яких тіло зберігає стан спокою чи рівномірного прямолінійного руху, якщо на нього не діють інші тіла чи їх дія скомпенсована. Такі системи відліку називають *інерціальними*.

Інерція – це властивість всіх тіл, що виявляється в інерціальних системах відліку. Полягає вона в тому, що тіла при відсутності зовнішніх дій, зберігають швидкість свого руху незміною (включаючи і частинний випадок спокою).

Сила

Сила – векторна величина, що є мірою механічної взаємодії чи дії на матеріальну точку або тіло з боку інших тіл чи полів. Ця взаємодія може здійснюватись як при безпосередньому контакті тіл(тиск, тертя), так і між віддаленими тілами через поле тяжіння(гравітаційне).

Сила характеризується числовим значенням(модулем), напрямом в просторі і точкою прикладання. Отже, сила – векторна величина. Якщо на тіло діє кілька сил, то їх дію можна замінити дією однієї сили, яка називається рівнодією.

Другий закон Ньютона

Прискорення, з яким рухається матеріальна точка, прямо пропорційне діючій на матеріальну точку силі і обернено пропорційне масі матеріальній точки.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

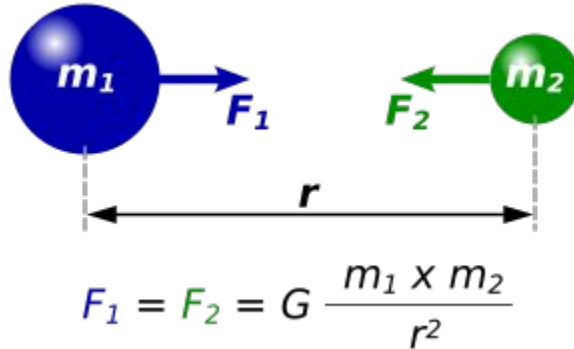
Третій закон Ньютона

Тіла діють одне на одне з силами, направленими вздовж однієї прямої, рівними за модулем і протилежними за напрямом.

Сили прикладені до різних тіл, а отже вони не можуть бути скомпенсовані.

Закон Всесвітнього тяжіння

Сила притягання між двома тілами (матеріальними точками) прямо пропорційна добутку їхніх мас, і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.



Закон збереження імпульсу

У замкненій системі сума імпульсів (повний імпульс системи) залишається сталою за будь-яких взаємодій тіл цієї системи між собою.

Механічна система називається замкнутою (ізолюваною), якщо можна знехтувати дією зовнішніх сил, в порівнянні з внутрішніми силами, що діють в цій системі.

Поняття замкнутої системи має зміст тільки стосовно інерційних систем відліку.

Механічна робота

Механічна робота – скалярна фізична величина, що характеризує процес перетворення однієї форми руху в іншу і чисельно дорівнює добутку переміщення на складову сили, що спрямована в напрямку переміщення.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$