
Передмова до перекладного видання 2007 р.

Дорогі друзі!

Пропонуємо вам додатковий посібник — кишеньковий репетитор «Фізика». Він допоможе підготуватися до випускного екзамену, швидко і правильно виконувати домашні завдання, контрольні роботи й тести, творчо писати реферати. Навіть тим, хто достатньою мірою засвоїв курс фізики, буде корисно прочитати той чи інший розділ по діагоналі й освіжити свої знання. У даному посібнику наочно і переконливо проглядаються зв'язки між темами і розділами. Цьому сприяють численні графіки та малюнки.

Потрібну інформацію можна швидко знайти за допомогою Предметного покажчика у кінці книги. Але найкращий спосіб — це заглянути у Зміст і відшукати необхідне поняття у відповідному розділі! Ключові слова виділені жирним шрифтом. Кольорові стрілки ↗ вказують на інші місця в книзі, що стосуються тієї ж теми. Слідуючи за ними, можна отримати додаткову інформацію про дане поняття.

У посібнику на полях використані наступні символи:



Увага або **Зверни увагу**: вказує на важкі випадки, де можливі помилки і непорозуміння.



Примітка: підкреслює особливо важливі властивості, характеристики, які потрібні для того, щоб рухатися далі.



Приклад.

Оригінальне видання цього посібника «Physik. Pocket Teacher Abi» користується серед німецьких школярів великою популярністю. Книга, яку ви тримаєте, — переклад німецького видання, в роботі над яким брали участь компетентні педагоги. Вони допомогли внести зміни з урахуванням чинних навчальних програм.

Бажаємо успіхів!

Механіка матеріальної точки

Механіка описує різні види руху тіл (кінематика) і розглядає питання про причини руху (динаміка). При цьому, як показує досвід, для відповіді на багато питань тіло, яке рухається відносно нерухомого спостерігача, можна розглядати як точку. В цій області, яка називається *механікою матеріальної точки*, реальна форма тіла не відіграє ролі; умовно вважається, що вся маса тіла зосереджена в його центрі тяжіння. При такому модельному уявленні всі зовнішні сили прикладені в центрі тяжіння (точніше — у центрі мас) тіла. Деформації тіл і обертальні рухи в цьому розділі механіки не розглядаються. Тому такі поняття, як момент інерції, момент імпульсу, енергія тіла, що обертається, і т. ін. у цій книзі відсутні.

Залежно від того, чи діють на тіло масою m сила або декілька сил і які напрями цих сил, розрізняють різні види рухів.

1. Рух за відсутності сил

Прямолінійний рух з постійною швидкістю

У цьому випадку є справедливим закон інерції: завдяки інерції кожне тіло зберігає існуючий стан свого руху. Якщо тіло в даний момент знаходиться в стані спокою, то воно залишатиметься у цьому стані, поки сили не змусять змінити його. Рухоме тіло зберігає свій рух без дії рушійної сили.

Тіло, вільне від дії сил, рухається вздовж прямої лінії з постійною швидкістю; цей простий вид руху називають *рівномірним прямолінійним рухом*.

Відношення довжини відрізка шляху Δs , пройденого тілом за проміжок часу Δt , до цього проміжку називають швидкістю, $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, і вимірюють у $\frac{\text{М}}{\text{с}}$ або $\frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}$. Співвідношення між одиницями: $1 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 3,6 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}}$; $1 \frac{\text{КМ}}{\text{ГОД}} \approx 0,28 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

(Середня) швидкість: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

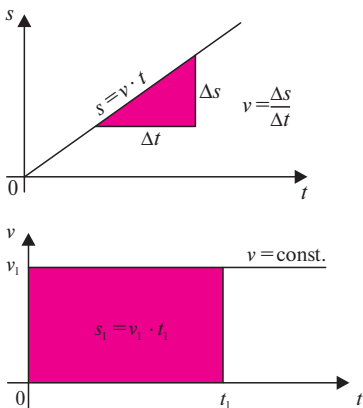
Оскільки при *рівномірному русі* швидкість постійна, вибір довжини відрізка Δs не має значення. Тому для такого руху виконуються також співвідношення $v = \frac{s}{t}$ або $s = v \cdot t$, де s позначає весь шлях, пройдений тілом за час t .

✂ Приклад. Якщо автомобіль доїжджає від пункту А до пункту Б, розташованого на відстані $\Delta s = 9$ км, за $\Delta t = 30$ хв, то його середня швидкість дорівнює $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{9000 \text{ м}}{1800 \text{ с}} = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. Якщо вважати, що цей автомобіль рухається з постійною швидкістю $v = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ (що насправді неможливо протягом тривалого часу), то, наприклад, за час $t = 5$ годин він проїде шлях $s = v \cdot t = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}} \cdot 18\,000 \text{ с} = 90\,000 \text{ м} = 90$ км.

➔ Примітка. Для руху автомобіля, зрозуміло, необхідна постійна дія сили. Двигун діє за допомогою коробки передач і коліс з деякою силою на дорогу; обернена дія рухає автомобіль вперед. У випадку рівномірного руху величина цієї сили дорівнює сумі всіх сил тертя, що діють на автомобіль з боку дороги і повітря. Оскільки сили тертя напрямлені протилежно до рушійної сили, то усі ці сили взаємно компенсуються, і такий стан можна також розглядати як «вільний».

Якщо часу $t = 0$ відповідає пройдений шлях $s = 0$, то графік відповідності s і t — пряма, що проходить через початок

координат. Вона описує *закон залежності шляху від часу* для рівномірного руху. Нахил прямої до осі абсцис є мірою швидкості $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Швидшому руху відповідає крутіший нахил прямої.



Якщо на іншому графіку відкласти по осях швидкість v і час t , то отримається пряма, паралельна до осі t , $v = \text{const}$. Ця пряма описує *закон залежності швидкості від часу*. Площа під графіком (у даному випадку — площа прямокутника) є мірою пройденого шляху.

Закони рівномірного руху:

Залежність шляху від часу: $s = v \cdot t$

або $s = v \cdot t + s_0$, якщо до моменту $t = 0$ уже пройдено шлях s_0 .

Залежність швидкості від часу: $v = \text{const}$.

2. Рух під дією сил

Якщо на тіло діє сила, то воно змінює стан свого руху відповідно до *величини і напрямку* цієї сили:

- ◆ Його швидкість може збільшуватися або зменшуватися; говорять, що тіло прискорюється або сповільнюється.
- ◆ Тіло може змінювати лише *напря́м* свого руху, зберігаючи величину швидкості.
- ◆ Можуть змінюватися також величина швидкості тіла та напря́м його руху.

✂ Приклади.

- ◆ Спортсмен, що біжить стометрівку, прискорюється на перших 20 м після старту. М'язи його ніг з великою силою діють на доріжку, а сила її протидії додає йому прискорення. На тих 80 м, що залишилися до фінішу, спринтери прагнуть зберегти найвищу швидкість, досягнуту під час фази прискорення. Для цього приблизно рівномірного руху потрібно прикладати менше сил, необхідно лише компенсувати сили тертя.
- ◆ Земля постійно діє на Місяць з деякою силою. Ця сила спричинює те, що Місяць вимушений постійно змінювати напря́м свого руху.

Замість того, аби завдяки інерції летіти вздовж прямої, він рухається по коловій орбіті під дією сили тяжіння Землі. Оскільки напря́м дії сили весь час перпендикулярний до напря́му руху, величина швидкості Місяця при цьому не змінюється.

- ◆ Якщо гравець кидає м'яч іншому гравцю, то під час польоту на м'яч діє сила тяжіння. Вона спричинює те, що м'яч летить по викривленій траєкторії (відрізку параболи), тобто постійно змінює напря́м руху, і одночасно змінюється величина швидкості.

Сили, переміщення, швидкості і прискорення мають певні напря́ми в просторі. Такі напря́млені величини, на відміну від величин, яким, як, наприклад, масі m , не можна приписати напря́м, називаються векторними величинами і позначаються за допомогою стрілки над символом

величини: \vec{F} , \vec{s} , \vec{v} , \vec{a} , ...

У випадках, коли напря́м несуттєвий або ж він очевидний, від таких детальних позначень часто відмовляються і мають на увазі під F , s , v , a , ... (без стрілок) абсолютні величини (модулі) відповідних векторів. У цій книзі век-

торні позначення застосовуються лише у виняткових випадках.

2.1. Коли сила є стала за величиною і напрямом

Рівноприскорений рух

Якщо тіло спочатку знаходиться у стані спокою або вже рухається і на нього діє сила, паралельна до напрямку руху, тоді воно прискорюється або, якщо сила напрямлена проти руху, сповільнюється.

Під час розгону автомобіля його швидкість постійно зростає. Тут мається на увазі зростання миттєвої швидкості.

Під *миттєвою швидкістю* розуміється границя середньої швидкості $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ для «нескінченно малих» інтервалів часу Δt .

Миттєва швидкість — векторна величина.

Так, при контролі швидкості за допомогою відеокамери поліція прагне визначити миттєву швидкість якомога точніше, вибираючи дуже короткі відрізки шляху Δs і вимірюючи при цьому малі проміжки часу Δt .

Якщо величина і напрям прискорюючої сили — сталі, то швидкість збільшується (чи зменшується) за однакові проміжки часу на одну і ту саму величину Δv . Такий рух уздовж прямої лінії називається **рівноприскореним** (або рівносповільненим) **рухом**.

Під прискоренням a розуміють відношення $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ зміни швидкості Δv до проміжку часу Δt , протягом якого вона відбувається.

Прискорення $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

(Якщо кожна зміна, що позначається грецькою буквою Δ , обчислюється як різниця «нове значення мінус старе значення», то прискорення може бути від'ємним; у такому разі абсолютну величину $|a|$ називають уповільненням).

Якщо $a = 0$, то рух рівномірний.

Прискорення і уповільнення зазвичай вимірюють у $\frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Приклад. Якщо автомобіль розганяється зі стану спокою зі сталим прискоренням $a = 3,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, то його миттєва швидкість у кінці 1-ої секунди дорівнює $v_1 = 3,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, у кінці 2-ої секунди $v_2 = 6,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, у кінці 3-ої секунди $v_3 = 9,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ і т.д. Якщо на тіло масою m діє стала сила F , то воно зазнає сталого прискорення $a = \frac{F}{m}$ у напрямку дії сили.

Цей причинно-наслідковий зв'язок називають **другим законом Ньютона** — основним законом механіки:

$$a = \frac{F}{m} \text{ або } F = m \cdot a.$$

Цей вираз не можна розглядати формально і стверджувати, що сила залежить лише від маси і прискорення тіла або маса тіла залежить від його прискорення і діючої сили.

Приклад. Якщо автомобілю масою $m = 1200$ кг потрібно надати прискорення $a = 4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, то з боку двигуна має бути прикладена сила $F = m \cdot a = 1200 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 4800 \text{ кг} \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 4800 \text{ Н}$.

Щоб надати таке саме прискорення вантажівці масою $m = 12\,000$ кг, потрібно прикласти силу $48\,000$ Н. Якщо ж можливості двигуна обмежені величиною сили 4800 Н, то найбільше можливе прискорення вантажівки складає

$$a = \frac{F}{m} = \frac{4800\text{Н}}{12\,000\text{кг}} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \text{ тобто при розгоні вона набуде}$$

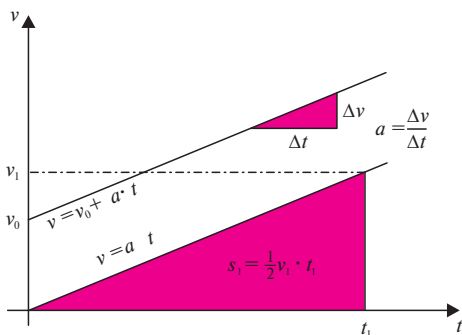
за 1 секунду миттєву швидкість $0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, за дві секунди

$0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, за 3 секунди $1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ і т.д.

Графік залежності $v(t)$ при рівноприскореному русі — пряма, що проходить через початок координат, якщо рух починається у момент часу $t = 0$, або, якщо прискорення починається з початкової швидкості v_0 , — «зміщена пряма». В обох випадках нахил прямої задає величину

прискорення $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, а площа під графіком є мірою

пройденного шляху. Графік залежності швидкості від часу називають також тахограмою.



Зміст

Передмова до перекладного видання 2007 р.	6
Механіка матеріальної точки	7
1 Рух за відсутності сил	7
2 Рух під дією сил	9
2.1 Коли сила є стала за величиною і напрямом	11
2.2 Коли сили є сталі за величиною і неперервно напрямлені під прямим кутом до миттєвого напрямку руху	22
3 Закони збереження в механіці	31
3.1 Закон збереження енергії	31
3.2 Закон збереження імпульсу	37
Термодинаміка	41
1 Закони ідеального газу	42
1.1 Газовий термометр, абсолютна температура	44
2 Теплова енергія, внутрішня енергія	48
3 Закони термодинаміки	51
4 Закони випромінювання	56
Коливання і хвилі	64
1 Коливання	64
1.1 Основні характеристики коливального руху	64
1.2 Гармонічні коливання	66
1.3 Фізичні умови для гармонічності коливань	68
2 Механічні хвилі	73
2.1 Принцип накладання хвиль, інтерференція	75
2.2 Відбивання хвиль, стоячі хвилі	79
2.3 Заломлення і дифракція хвиль	82

Електродинаміка	83
1 Заряд як першопричина електричних явищ	83
1.1 Властивості електричних зарядів, що перебувають у стані спокою (електростатика)	85
1.2 Електричне поле	86
1.3 Електрична напруга	89
1.4 Конденсатор	91
2 Магнітні та електричні поля	95
2.1 Магнітне поле струмів	95
2.2 Магнітна сила, що діє на струми	98
3 Рух заряджених частинок у полях	102
3.1 Рух в електричному полі	102
3.2 Рух у магнітних полях	105
3.3 Вимірювання заряду і маси іонів	108
4 Електромагнітна індукція	111
4.1 Закон індукції	111
4.2 Самоіндукція	118
5 Змінний струм	122
5.1 Трансформатор	122
5.2 Характеристики кіл змінного струму	126
Електромагнітні коливання і хвилі	136
1 Як виникають хвилі	136
2 Збудження коливань електричних зарядів	139
Хвильова теорія світла	145
1 Історичні уявлення про природу світла	145
2 Початкові уявлення про хвильову природу світла	148
3 Інтерференція світла	152
3.1 Дифракційна решітка	157
Фотона теорія світла, хвилі ймовірності	167
1 Кванти світла	167
1.1 Фотоефект	167
1.2 Інші явища, які пояснюються фотонною теорією світла	174

2	Електронні хвилі, хвилі ймовірності	179
	Атомна фізика	184
1	Історичний огляд моделей атома	185
	1.1 Модель атома, за Томсоном	185
	1.2 Модель атома, за Резерфордом	186
	1.3 Модель атома, за Бором	187
2	Модель орбіталей	192
	Величини й одиниці	193
1	Механіка	193
2	Термодинаміка	195
3	Коливання і хвилі	196
4	Електродинаміка	196
5	Хвильова теорія світла	199
6	Фотонна теорія світла	200
7	Фізичні сталі	200
8	Степені десяти	201
	Предметний покажчик	202