

РОЗДІЛ 2. ДИНАМІКА

У розділі «Кінематика» ви ознайомилися з різними видами руху тіл: прямолінійним, криволінійним, рівномірним, рівноприскореним.

У розділі «Динаміка» ви навчитеся виявляти причини того чи іншого руху, вивчите закони, які дають можливість пояснити, чому тіла рухаються так або інакше.

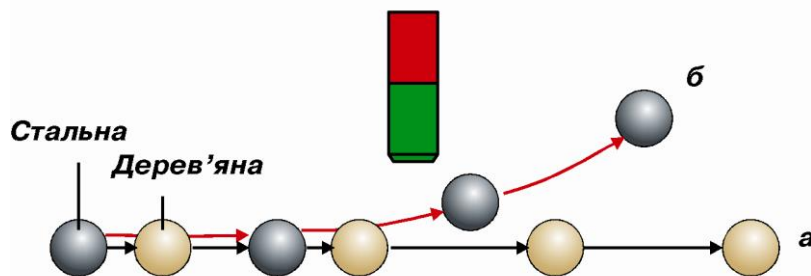
Пам'ятайте відомий вислів Ньютона: «Природа проста і не розкошує зайвими причинами». Він спрямовує вас на виявлення ролі законів Ньютона як основи пояснення і систематизації явищ, що вивчаються.

§ 14. Механічна взаємодія тіл. Сила. Види сил у механіці. Вимірювання сил

Основні знання параграфу: взаємодія тіл у механіці, поняття сили, сили в механіці, вимірювання сили.

З поняттям «взаємодія тіл» ви зустрічалися в 7, 8 класах, знаєте, що у макросвіті сили породжуються гравітаційною та електромагнітною взаємодією.

Взаємодія у фізиці — це взаємний вплив тіл або їхніх частин, що викликає зміну їх стану. Подіємо магнітом на кульки, з яких одна дерев'яна, друга стальна, які рухаються по столу.



Мал. 2.1. Під дією магніту стальна кулька змінює напрямок швидкості (б), у дерев'яної кульки напрямок швидкості залишається незмінним (а)

Внаслідок взаємодії магніту і стальної кульки остання змінила напрямок і величину швидкості. Дерев'яна кулька, на яку магніт не діє, продовжує перебувати у рівномірному прямолінійному русі. Отже, під час взаємодії тіл змінюється величина і напрямок швидкості, при відсутності взаємодії з оточуючими об'єктами тіло зберігає свою швидкість незмінною.

Проведемо ще дослід. Поставимо на стіл візок, до якого прикріпимо пружну пластинку (мал. 2.2 а). Зігнемо її і зв'яжемо ниткою. Перепалимо нитку — пластинка розпрямиться. Візок залишиться нерухомим відносно стола. При відсутності взаємодії швидкість тіла не змінюється. Знову зігнемо пластинку і зв'яжемо її ниткою. Впритул до першого візка поставимо такий самий візок. Перепаливши нитку, побачимо, що візки

відкотилися від початкового положення на однакову відстань (мал. 2.2 б). Зміна стану тіл (візків) проявляється у тому, що спочатку візки були нерухомі, а потім почали рухатися. Причиною зміни стану є сила, у даному випадку — сила пружності. Вона проявляється у взаємодії. Отже, сила може бути причиною зміни швидкості за величиною чи напрямком, а також деформації (зміни форми чи об'єму) тіла.

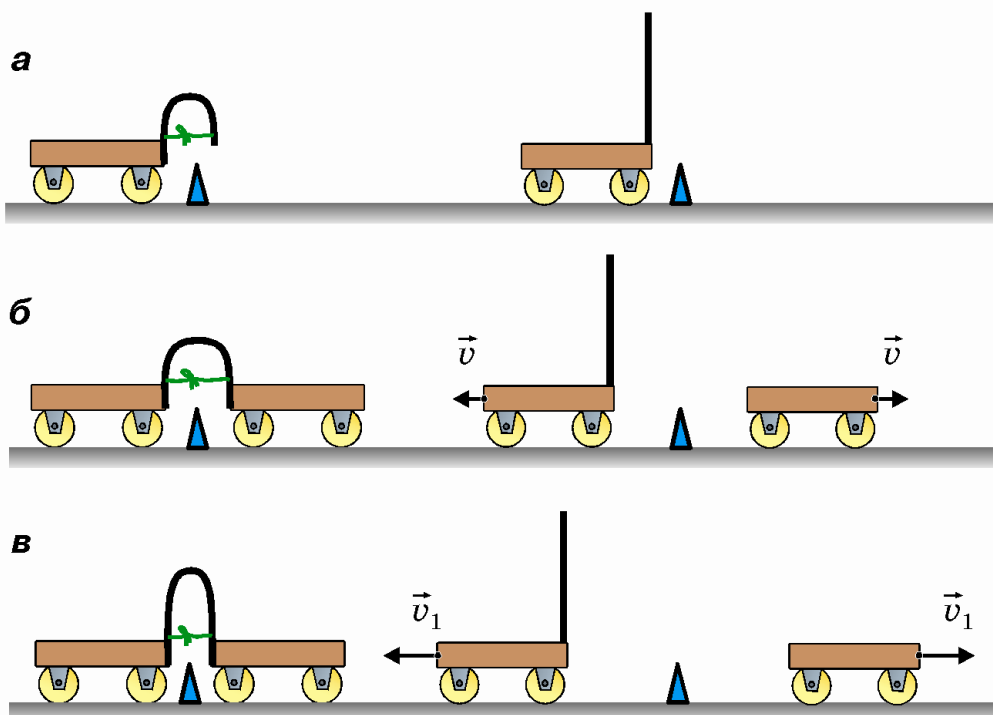
Сильніше зігнемо пластинку, поставимо візки, як показано на мал. 2.2 в, і перепалимо нитку. Внаслідок взаємодії візки будуть рухатися з більшою швидкістю, ніж перший раз, а тому відкотяться від початкового положення на більшу відстань. Це спостерігається тому, що візки взаємодіють з більшою силою.

З дослідів зробимо висновки. Зміна швидкості тіла за величиною чи напрямком відбувається під час взаємодії тіл. Взаємодія може проявитися в більшій чи меншій мірі — більшій чи меншій зміні швидкості, тобто у наданні тілам більшого чи меншого прискорення.

В випадках, показаних на мал. 2.2 б, в виникає зміна швидкості обох взаємодіючих тіл. Отже, виникають дві сили, які прикладені до різних тіл (візків) і мають протилежний напрямок, оскільки швидкості тіл протилежні. Пізніше ви дізнаєтеся що сили, які виникають під час взаємодії тіл, рівні за величиною, протилежні за напрямком і мають однакову природу. У даному досліді причина зміни швидкості — дія сили пружності. Зігнувши пластинку сильніше, спостерігаємо більшу зміну швидкості візків завдяки більшій силі пружності.

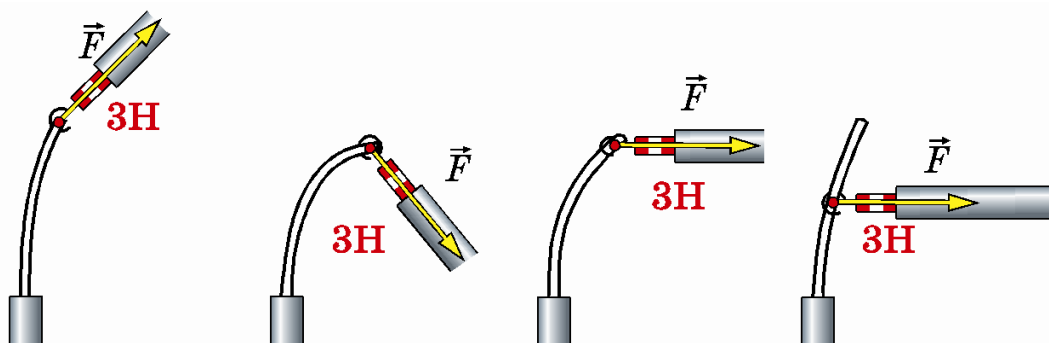
Проведені досліді свідчать про те, що деформація тіла або зміна його швидкості відбуваються під дією сили, яка може бути мірою дії інших тіл на це тіло. Сила — міра взаємодії тіл.

Завжди, коли змінюється стан тіла (руху чи спокою), на нього діє сила.



Мал. 2.2. Під час взаємодії тіл проявляється деформація і змінюється швидкість

Проведемо дослід з пружною пластинкою, на якій зроблені отвори для закріплення динамометра. З мал. 2.3 видно, що у всіх випадках величина сили однакова, проте напрям і точка прикладання — різні. Через те дія сили на пластину різна. Можна зробити висновок, що результат дії сили залежить не тільки від її числового значення, а і від напрямку дії та точки прикладання. Отже, сила — векторна величина, яка є мірою взаємодії тіл.



Мал. 2.3. Залежність величини деформації від напрямку дії сили та точки її прикладання від напрямку дії сили та точки її прикладання

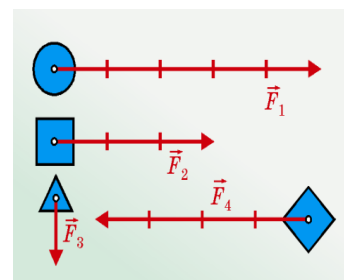
Позначають силу символом \vec{F} (еф). Числове значення сили називають модулем і позначають символом F без стрілки. Числове значення сили вимірюють за допомогою динамометра (мал. 2.3). У СІ одиницею сили є один ньютон (1 Н). Це сила, яка тілу масою 1 кг надає прискорення $1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Є кратні і частинні одиниці сили — кілоньютон (кН), міліньютон (мН) та ін.

На малюнку силу зображують вектором — стрілкою. Довжина вектора у певному масштабі повинна відповідати модулю сили. Нехай масштаб $1 \text{ Н} = 1 \text{ см}$. Тоді стрілочка довжиною 5 см відповідає силі 5 Н і т. п. (мал. 2.4). Напрямок стрілки повинен відповідати напрямку дії сили, а початок стрілки — точці прикладання сили (мал. 2.4).

В механіці будемо вивчати вже знайомі вам з 8 класу сили пружності, тертя, тяжіння.

Повернемось до дослідів із взаємодією тіл (мал. 2.2). Вони свідчать, що під час взаємодії двох тіл обидва тіла дістають прискорення, напрямлені в протилежні сторони. Крім того, для двох даних тіл, що взаємодіють, відношення модулів їхніх прискорень завжди однакове. Відношення не залежить від того, як взаємодіють ці тіла. Це може бути зіткнення двох тіл або взаємодія тіл, з'єднаних між собою пружиною, ниткою і т. п. Нарешті, тіла можуть взаємодіяти, не доторкаючись одне до одного, як взаємодіють планети із Сонцем, магніт із сталеву кулькою.

Модулі прискорень кожного з тіл можуть бути різними під час різних взаємодій. Але незмінним залишається їх відношення.

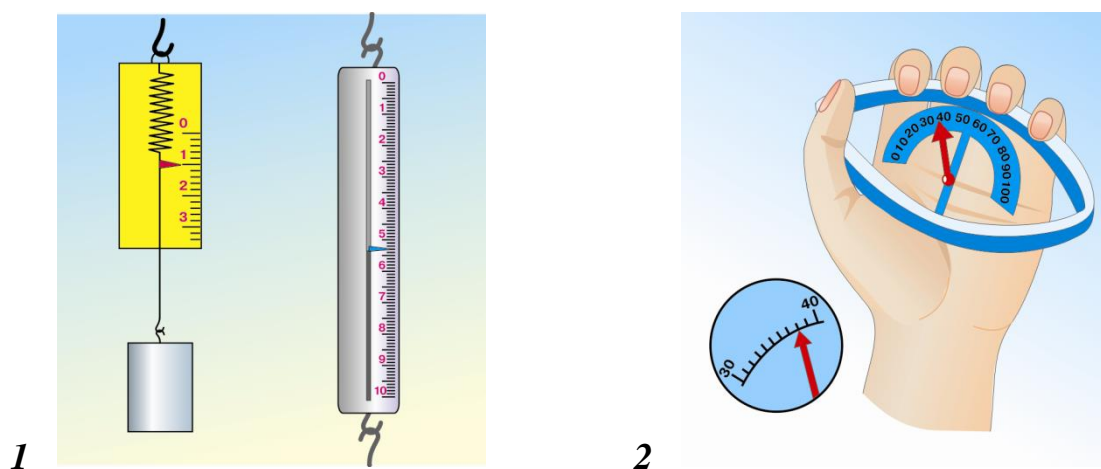


Мал. 2.4. Зображення вектора сили

Якщо, наприклад, узяти два візки однакового розміру (один алюмінієвий, а другий сталевий) і привести їх у зіткнення, то вони обидва змінять свою швидкість — набудуть прискорень. Вимірювання покажуть, що модуль a_1 прискорення алюмінієвого візка у три рази більший від модуля a_2 прискорення сталевого візка, незалежно від того, які швидкості мали візки до зіткнення, тому що маса сталевого візка у три рази більша маси такого самого алюмінієвого візка.

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Прискорення, які набувають тіла під час взаємодії, обернено пропорційні їхнім масам. За цим співвідношенням можна виміряти силу, з якою взаємодіють тіла. На практиці для вимірювання діючих сил використовується явище деформації, на його прояві заснована дія приладів (мал. 2.5) знайомих вам з попередніх класів.



Мал. 2.5. Прилади для вимірювання сили: 1 — динамометри; 2 — силомір

Сила — векторна величина, є мірою взаємодії тіл. Внаслідок взаємодії тіл змінюється їх стан — тіла деформуються або змінюють швидкість (набувають прискорення). Сила характеризується величиною, напрямком і точкою прикладання.

Перевір себе

1. Як ви розумієте вираз «взаємодія тіл»? 2. Що може бути результатом взаємодії тіл? 3. Що є причиною зміни швидкості, а також деформації тіла? 4. Наведіть приклади зміни швидкості тіл під дією сили. 5. За мал. 2.5. розкажіть про принцип дії динамометра, силоміра. 6. Які сили вивчають у механіці? 7. Якими методами можна вимірювати сили?

Вправа 8. 1. Як проявляється сила тяжіння в навколишньому світі? 2. Спробуйте навести приклади тіл в навколишньому світі, на які не діє сила пружності.

§ 15. Додавання сил

Основні знання параграфу: рівнодійна сила, додавання сил, що діють вздовж однієї прямої, додавання сил, що діють на тіло під кутом.

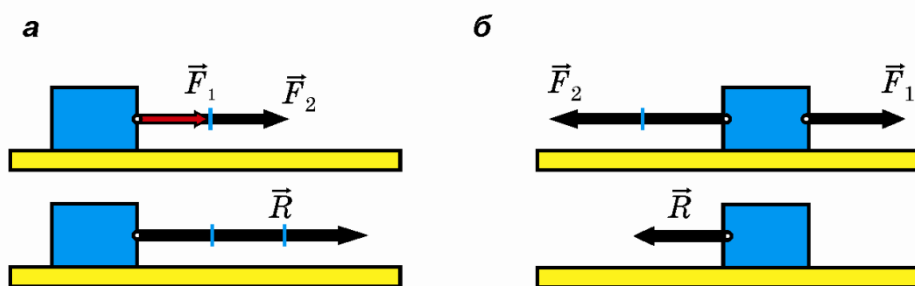
Спочатку спробуємо знайти таке тіло в довкіллі, на яке не діяла б жодна сила. Ви відразу скажете — це марна спроба. На всі тіла навколо, в тому числі і на нас, діє сила земного тяжіння. Всі тіла у Всесвіті перебувають у гравітаційній взаємодії.

Чи всі тіла під дією сили земного тяжіння набувають прискорення? Наприклад, учень, що сидить за партою, стіл, стільці, що стоять на підлозі, яблуко, що висить на гілці.

Відповідь ваша буде ґрунтуватися на знаннях з курсу фізики 8 класу: названі тіла перебувають у стані спокою, бо рівнодійна сил, що діють на кожне з них, дорівнює 0. Так, сила тяжіння, яка діє на стіл, на стілець, урівноважується силою тиску, що діє на ці тіла з боку підлоги. Рівнодійна цих сил дорівнює нулю, оскільки сили рівні за величиною і протилежно направлені.

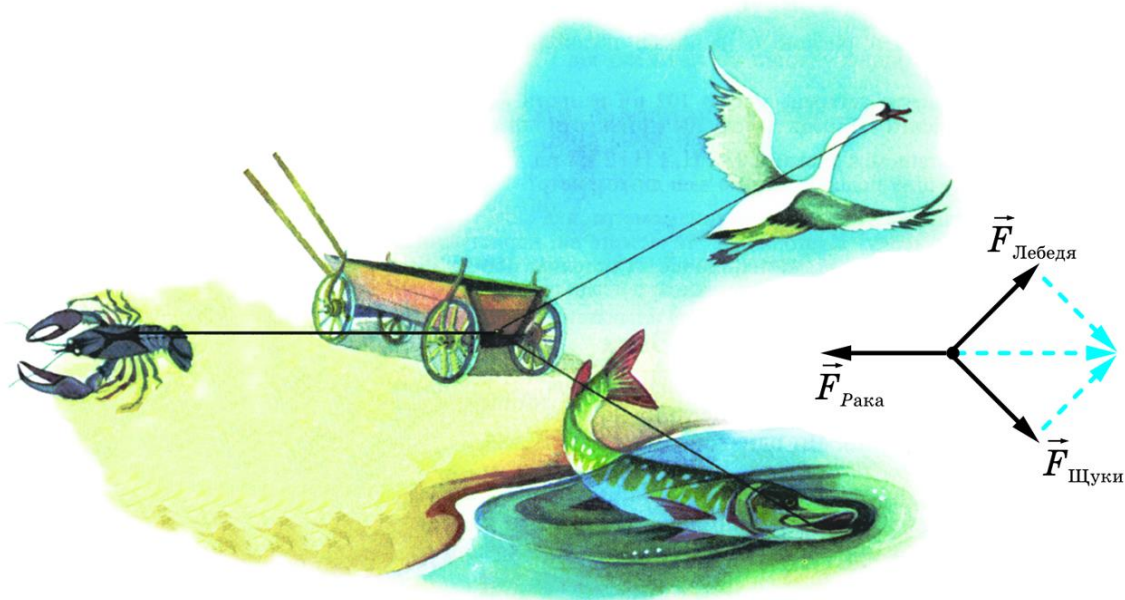
Сила, яка викликає таку ж дію, як і декілька сил разом, називається рівнодійною. Рівнодійна сил позначається \vec{R} .

На тіло може діяти дві сили, спрямованих вздовж однієї прямої в одному напрямку, тоді модуль їх рівнодійної $R = F_1 + F_2$ (мал. 2.6 а). Якщо сили спрямовані в протилежному напрямку, то $R = F_2 - F_1$ (мал. 2.6, б).



Мал. 2.6. Схема додавання сил, що діють уздовж однієї прямої

Якщо на тіло діє кілька сил, спрямованих під кутом, то рівнодійна дорівнює геометричній сумі всіх сил. Розглянемо, наприклад, чому дорівнює рівнодійна сил, що діють на віз (мал. 2.7).



Мал. 2.7. Рівнодійна сил, що діють під кутом

Для зображеного на мал. 2.7 випадку рівнодійна сил, що діють на точку (тіло)

$$\vec{R} = \vec{F}_{\text{Рака}} + \vec{F}_{\text{Щуки}} + \vec{F}_{\text{Лебеда}} . \text{ З малюнка видно, що } \vec{R} = 0 .$$

Знаходження рівнодійної кількох сил, що діють на тіло, називається додаванням сил. Сила, яка викликає таку ж дію, як і декілька сил разом, називається рівнодійною цих сил. Рівнодійна дорівнює геометричній сумі всіх сил, що діють на точку (тіло).

Перевір себе

1. Що таке рівнодійна кількох сил? 2. Як додаються сили, що діють: а) уздовж однієї прямої в одному напрямку; б) коли напрямки сил протилежні? 3. Якою буде рівнодійна двох сил 15 Н і 17 Н, що діють вздовж однієї прямої у одному напрямку? 4. Визначте величину рівнодійної двох протилежно направлених сил 540 Н і 380 Н. 5. На стіні висить картина. Які сили діють на неї та чому дорівнює їх рівнодійна? 6. Чотири сили величиною 15 Н діють в одному напрямку по одній прямій, а п'ять сил величиною кожна 3 Н вздовж цієї ж прямої — у протилежному. Яка рівнодійна цих сил? 7. Людина несе відро води масою 10 кг. Яку силу до відра вона прикладає? Чому дорівнює рівнодійна сил, які прикладені до відра?

Поміркуй

1. В цій задачі може бути чотири різних відповіді і всі вірні. На тіло діє три сили, спрямовані вздовж однієї прямої: $F_1 = 100 \text{ Н}$; $F_2 = 200 \text{ Н}$; $F_3 = 250 \text{ Н}$. Яка їх рівнодійна? 2. Три учні штовхають важкий ящик. Ящик не рухається з місця або рухається рівномірно. Що можна сказати про рівнодійну сил, які на нього діють?

Подискутуйте

До якого художнього твору є ілюстрацією мал. 2.7? Приклади ще яких художніх творів (літературних або мистецьких), у яких діє мова про взаємодію тіл, ви можете назвати?