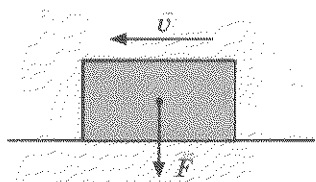


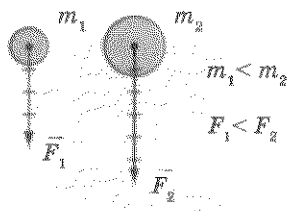
## § 11. ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ СИЛ. ДОДАВАННЯ СИЛ

?!

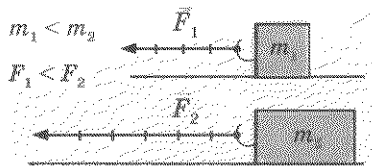
Якщо на тіло одночасно діятимуть дві сили, наприклад 5 та 3 Н, то можна отримати несподіваний результат: тіло буде поводити себе так, ніби на нього діє одна сила, значення якої може бути в межах від 2 до 8 Н. Чому? А чи може бути так, щоб ми додавали 10 до 10, а отримували 0? Відповіді дізнаємося з наступного параграфа.



**Рис. 11.1.** Стрілка, яка зображує силу, що діє на тіло з боку Землі, починається у центрі тіла (точці, куди сила прикладена) й спрямована в напрямку дії Землі



**Рис. 11.2.** Довжини стрілок, які зображують сили, що діють на тіла з боку Землі, у певному масштабі дорівнюють значенням сил



**Рис. 11.3.** У разі рівномірного руху по столу на тіло меншої маси діє менша сила

### 1 Зображуємо сили

Сила приводить до зміни швидкості руху тіла як за значенням, так і за напрямком, тому й характеризуватися сила має не тільки значенням, але й напрямком.

Ми вже зображували на рисунках швидкості руху тіл у вигляді стрілок (див. рис. 2.2). Відповідно стрілками ми будемо зображувати й сили, що діють на тіла, однак слід звернути увагу на певні відмінності.

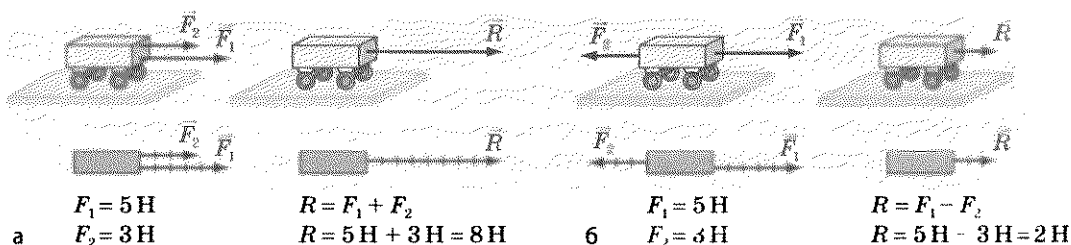
Стрілки, що зображують швидкості руху, розташовують поряд із тілами, а стрілки, якими графічно зображують сили, починають у точках, куди прикладені дані сили (ці точки так і називають — *точки прикладання сил*), і спрямовують у напрямку дії сил (рис. 11.1). Довжину стрілки зазвичай обирають такою, щоб вона в певному масштабі відповідала значенню сили. Так, на тіло більшої маси з боку Землі діє більша сила (рис. 11.2); для того щоб рівномірно тягнути по столу тіло меншої маси, до нього потрібно прикласти меншу силу (рис. 11.3).

### 2 Додаємо сили, що діють уздовж однієї прямої

На тіло може діяти не одна сила, а дві, три або більше. Як знайти результат спільної дії таких сил?

Кожна сила має напрямок, тому результат додавання тих самих сил може бути різним — залежно від їх напрямку. Розберемо на прикладах, як додавати дві сили, що діють в одному напрямку, і ті, що діють у протилежних напрямках.

Поставимо на стіл візок і прив'яжемо до нього дві нитки. Потягнемо за одну нитку із силою 5 Н, а за другу — у тому ж напрямку — із силою 3 Н. Візок почне рухатися, певним



**Рис. 11.4.** Схема експерименту, що дозволяє дізнатися, як додаються дві різні сили, що діють в одному напрямку (а) і що діють у протилежних напрямках (б)

чином збільшуючи швидкість свого руху. Збільшення швидкості руху візка буде таким самим, якщо на нього діятиме одна сила 8 Н. Силу 8 Н, якою у цьому випадку можна замінити дві сили 5 і 3 Н, називають *рівнодійною* двох сил і позначають символом  $R$  (рис. 11.4, а).

Силу, яка здійснює на тіло таку саму дію, як декілька одночасно діючих сил, називають **рівнодійною** цих сил.

Коли дві сили  $F_1$  і  $F_2$ , що діють на тіло, напрямлені в один бік, то вони додаються одна до одної. Рівнодійна  $R$  обчислюється за формулою  $R = F_1 + F_2$ , і її напрямок збігається з напрямком дії сил.

Якщо за дві нитки одночасно тягнути візок у протилежні боки, то сили будуть не «допомагати» одна одній розганяти візок, а навпаки — «заважати». У вищезазначеному випадку візок буде рухатися так, ніби на нього діє тільки одна сила 2 Н у тому напрямку, в якому діє сила 5 Н. Тобто тут рівнодійною двох сил 5 і 3 Н буде сила 2 Н (рис. 11.4, б).

Коли дві сили  $F_1$  і  $F_2$ , що діють на тіло, напрямлені в протилежні боки, то значення рівнодійної  $R$  дорівнює модулю різниці\* сил  $F_1$  і  $F_2$ , а її напрямок збігається з напрямком більшої із сил.

### 3 З'ясуємо умову зрівноваження сил

Якщо з однаковою силою потягнути нитки, що прив'язані до візка з протилежних боків, рівнодійна двох сил дорівнюватиме нулю, тобто сили зрівноважать одна одну, і причини для зміни швидкості руху тіла не буде.

Дві сили зрівноважать одна одну, якщо вони рівні за значенням, протилежні за напрямком і прикладені до одного тіла.

\* Згадаємо: модуль різниці двох чисел можна отримати, якщо від більшого числа відняти менше.

Наприклад, щоб автомобіль рухався по горизонтальному прямолінійному відрізку шосе з постійною швидкістю, потрібно, щоб сила тяги його двигуна компенсувала силу опору руху (сила опору руху досить швидко зупинить автомобіль, якщо двигун буде вимкнено). Портфель перебуває в стані спокою в руці хлопця завдяки тому, що сила притягання Землі, яка діє на портфель, компенсується силою, яку прикладає до портфеля хлопець.

### **! Підбиваємо підсумки**

Якщо на тіло діє декілька сил, то їхню спільну дію завжди можна замінити дією одної сили — рівнодійної.

Рівнодійною двох сил, що діють в одному напрямку, є сила, значення якої дорівнює сумі значень сил, а напрямок збігається з напрямком цих сил.

Рівнодійною двох сил, що діють у протилежних напрямках, є сила, значення якої дорівнює модулю різниці значень сил, а напрямок збігається з напрямком більшої сили.

Дві сили зрівноважують одна одну, якщо вони рівні за значенням, протилежні за напрямком і прикладені до одного тіла.



### **Контрольні запитання**

1. Чому сила характеризується не тільки значенням, але й напрямком?
2. Як позначають силу на рисунках?
3. У якій точці починається стрілка, якою зображують силу, що діє на тіло?
4. Що таке рівнодійна сил, що діють на тіло?
5. Як знайти рівнодійну двох сил, які діють уздовж однієї прямої?
6. За яких умов дві сили зрівноважують одна одну?



### **Вправа № 11**

1. Людина діє на підлогу із силою 800 Н. Із якою силою людина діятиме на підлогу, якщо візьме в руки вантаж, що, в свою чергу, діє на людину із силою 200 Н? Відповідь поясніть за допомогою рисунка.
2. Два хлопчики тягнуть санки, прикладаючи горизонтальні сили 50 і 70 Н, напрямлені вздовж однієї прямої. Яким може бути значення рівнодійної цих сил?
3. Канат, який тягнуть у протилежні боки дві людини, перебуває в стані спокою. Одна людина тягне канат із силою 300 Н. Чому дорівнює сила, з якою тягне канат друга людина? Зобразіть на рисунку сили, що діють на канат. Чому дорівнює рівнодійна цих сил?
4. Чи може автомобіль рухатися дорогою, якщо рівнодійна всіх сил, прикладених до нього, напрямлена протилежно напрямку руху? Якщо так, то наведіть приклад.
5. На тіло діють три сили, напрямлені вздовж однієї прямої. Дві з цих сил мають значення 30 і 50 Н. Яке значення може мати третя сила, якщо рівнодійна трьох сил дорівнює 100 Н? Скільки розв'язків має ця задача? Виконайте в зошиті відповідні схематичні рисунки.



### **Експериментальне завдання**

Запропонуйте конструкцію моделі для демонстрації додавання сил, що діють уздовж однієї прямої, та виготовте її.