

## § 19. ТРЕТІЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

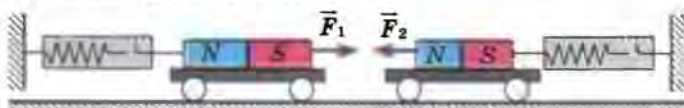
**П** Вдарте долонею об парту. Боляче? Але чому? Адже це ви били парту, а не парта вас. Потягніть свого товариша за руку, стоячи на гладенькому льоду. Хто зрушить з місця? Обидва? А чому? Адже це ви тягнули товариша, а не товариш вас. Чи зможете ви, вхопившись за волосся, витягти себе з води? Ні? Але чому? Ви ж легко можете витягти в такий спосіб з води дорослу людину, що важча за вас. На ці та інші запитання вам допоможе відповісти третій закон Ньютона.

### Третій закон Ньютона

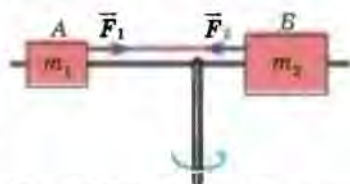
Ми вже говорили про те, що в природі не буває так, що, наприклад, тіло *A* діє на тіло *B*, а тіло *B* при цьому не діє на тіло *A*. Тіла завжди взаємно діють одне на одне — *взаємодіють*. З'ясуємо, яким співвідношенням пов'язані сили, з якими тіла діють одне на одне. Для цього звернемося до досліду.

Поставимо на горизонтальну поверхню два однакові легкорухомі візки та за допомогою динамометрів прикріпимо їх до вертикальних стійок. На візках закріпимо по магніту так, щоб вони були повернені один до одного різнойменними полюсами. У результаті візки притягнуться, розтягнувши пружини динамометрів (рис. 19.1). Дослід демонструє, що покази обох динамометрів будуть однаковими. Це означає, що з якою силою магніт *A* притягує магніт *B*, з такою ж силою магніт *B* притягує магніт *A*:  $F_1 = F_2$ . Сили при цьому мають протилежні напрямки:  $\vec{F}_1 \uparrow \downarrow \vec{F}_2$ .

Можна провести безліч дослідів із вимірювання сил, з якими взаємодіють два тіла, і результат завжди буде однаковим: ці сили будуть рівними за модулем і протилежними за напрямком (рис. 19.2–19.5).



**Рис. 19.1.** Сили, що виникають під час взаємодії магнітів, рівні за модулем і протилежні за напрямком:  $F_1 = F_2$ ,  $\vec{F}_1 \uparrow \downarrow \vec{F}_2$ , отже,  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$



**Рис. 19.2.** За будь-якої частоти обертання відцентрової машини  $\frac{a_{\text{дн}1}}{a_{\text{дн}2}} = \frac{m_2}{m_1}$ . Звідси:

$m_1 a_{\text{дн}1} = m_2 a_{\text{дн}2}$ , інакше:  $F_1 = F_2$ , тобто з якою силою циліндр *A* тягне циліндр *B*, з такою ж силою циліндр *B* тягне циліндр *A*; ці сили направлені назустріч одна одній, отже, їхні напрямки протилежні:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$



Рис. 19.3. Якщо взяти в руки два однакові динамометри, зчепити гачками й потягти в різні боки, то обидва динамометри покажуть однакові за модулем сили:  $\vec{F}_{\text{пруж1}} = -\vec{F}_{\text{пруж2}}$



Рис. 19.4. На кожному з двох однако- йменно заряджених кульок діє сила Кулона з боку іншої кульки. Ці сили є рівними за модулем і протилежними за напрямком:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

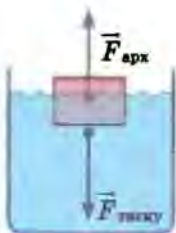


Рис. 19.5. Сила  $\vec{F}_{\text{арх}}$ , з якою вода виштовхує дерев'яний брусок, що плаває на її поверхні, дорівнює за модулем і протилежна за напрямком силі  $\vec{F}_{\text{тиску}}$ , з якою брусок тисне на воду:  $\vec{F}_{\text{арх}} = -\vec{F}_{\text{тиску}}$

Взаємодію тіл описує закон взаємодії — **третій закон Ньютона\***:

Сили, з якими тіла діють одне на одне, напрямлені вздовж однієї прямої, рівні за модулем і протилежні за напрямком:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21},$$

де  $\vec{F}_{12}$  — сила, з якою друге тіло діє на перше; ця сила прикладена до першого тіла;  $\vec{F}_{21}$  — сила, з якою перше тіло діє на друге; ця сила прикладена до другого тіла.

## 2 Якими є особливості взаємодії тіл

Звернувшись до вищезазначених прикладів, можна помітити низку особливостей.

1. *Третій закон Ньютона виконується як у випадках безпосереднього контакту тіл* (див. рис. 19.2, 19.3, 19.5), так і у випадках взаємодії тіл на відстані (див. рис. 19.1, 19.4).

2. *Сили завжди виникають парами*: якщо присутня сила  $\vec{F}_1$ , що діє на тіло А з боку тіла В, то обов'язково присутня рівна їй за модулем і протилежно напрямлена сила  $\vec{F}_2$ , що діє на тіло В з боку тіла А. Зверніть увагу: прояви цих сил (або однієї з них) не завжди помітні. Наприклад, під час ходьби ви відштовхуєтеся від поверхні Землі, отже, на вас діє сила з боку Землі. Відповідно до третього закону Ньютона, з такою самою силою ви штовхаєте Землю назад, однак через велику масу Землі результат дії цієї сили непомітний. А от якщо ви йтимете по легкому човну, то ваша дія на нього відразу стане помітною: човен буде рухатись у напрямку, протилежному вашому руху.

3. *Пари сил, що виникають під час взаємодії двох тіл, завжди мають одну природу*. У прикладі, наведеному на рис. 19.1, обидві сили магнітні, на рис. 19.2, 19.3, 19.5 обидві сили — сили пружності, на рис. 19.4 обидві сили електростатичні.

\* У формулюванні Ньютона цей закон звучав так: дії завжди існує рівна й протилежна протидія, інакше: дії двох тіл одне на одне між собою рівні й напрямлені протилежно.



4. Здавалося б, якщо за будь-якої взаємодії тіл виникає пара сил, рівних за модулем і протилежних за напрямком, такі сили мають зрівноважувати одна одну, а це рівнозначно тому, що дії немає; отже, виходить, що ми приречені або на нерухомість, або на безперервний рух. Але ж у реальності це не так! Річ у тім, що *зрівноважуються тільки ті сили, які прикладені до одного тіла, а сили, які виникають під час взаємодії, прикладені до різних тіл, тому вони не можуть зрівноважити (компенсувати) одна одну.*

### 3 Учимся розв'язувати задачі

**Задача.** Посудина з водою зрівноважена на терезах. Чи зміниться рівновага терезів, якщо опустити у воду палець, не торкаючись при цьому дна й стінок посудини?

*Аналіз фізичної проблеми.* Оскільки палець взаємодіє з водою, то для розв'язання задачі скористаємося третім законом Ньютона та умовою рівноваги тіл.

*Розв'язання.* Перед початком досліду терези перебувають у рівновазі, отже, сили, що діють на праве та ліве плечі терезів, є рівними. Після занурення пальця у воду на нього почне діяти архімедова сила, напрямлена вертикально вгору. Відповідно до третього закону Ньютона сили виникають парами, тому з боку пальця на воду теж почне діяти сила — рівна за модулем архімедовій силі й напрямлена вниз. Таким чином, палець (навіть не торкаючись дна та стінок посудини) штовхне воду, а разом з нею й посудину вниз — рівновага терезів порушиться в бік посудини з водою.

*Відповідь:* рівновага терезів порушиться в бік посудини з водою.

### 1 Підбиваємо підсумки

Тіла завжди взаємно діють одне на одне — взаємодіють. Взаємодію тіл описує третій закон Ньютона (закон взаємодії): сили, з якими тіла діють одне на одне, напрямлені вздовж однієї прямої, рівні за модулем і протилежні за напрямком:  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ .

Особливості взаємодії тіл: третій закон Ньютона виконується як у випадках безпосереднього контакту тіл, так у випадках взаємодії тіл на відстані; сили завжди виникають парами; пари сил, що виникають під час взаємодії, завжди мають одну природу; ці сили не зрівноважують одна одну, тому що прикладені до різних тіл.

### 2 Контрольні запитання

1. Сформулюйте третій закон Ньютона. Яким є його математичний запис? Чому цей закон називають законом взаємодії? 2. Наведіть приклади прояву третього закону Ньютона. 3. Що можна сказати про природу сил, які виникають під час взаємодії тіл? Наведіть приклади. 4. Чому сили, що виникають під час взаємодії тіл, не зрівноважують одна одну?

### Вправа № 16

1. Розгляньте гравітаційну взаємодію яблука, що висить на гілці дерева, та Землі. Що сильніше притягується: яблуко до Землі чи Земля до яблука?

2. Чи говорив правду барон Мюнхаузен, коли стверджував, що витягував себе із болота за волосся? Відповідь обґрунтуйте.
3. Хлопчик масою 48 кг, стоячи на ковзанах на льоду, відштовхує від себе кулю масою 3 кг, надаючи їй у горизонтальному напрямку прискорення  $8 \text{ м/с}^2$ . Якого прискорення набуває хлопчик?
4. Мотузка витримує натяг не більш ніж 300 Н. Чи порветься ця мотузка, якщо двоє чоловіків тягнуть її в протилежні боки силами по 200 Н кожен? Чи порветься мотузка, якщо один її кінець закріпити, а обидва чоловіки тягтимуть її за другий кінець в одному напрямку?
- 5\*. Кінь везе сани. Згідно з третім законом Ньютона сани тягнуть коня назад із такою ж силою, з якою кінь тягне сани вперед. То чому ж кінь везе сани, а не навпаки? Чому вони взагалі рухаються?