

## Тема 7. Сила тертя

У ході будь-якого руху тіло обов'язково контактує з мікро- або макротілами навколо (поверхнею іншого тіла, частинками рідини або газу, всередині яких рухається тіло, тощо). Під час такого контакту виникають сили, що сповільнюють рух тіла, – ці сили називають *силами тертя*.

Сила тертя  $\vec{F}_{\text{тер}}$  – це сила, яка виникає під час руху або спроби руху одного тіла по поверхні іншого чи під час руху тіла всередині рідкого чи газоподібного середовища.

*Сила тертя завжди напрямлена вздовж поверхні дотичних тіл протилежно швидкості їхнього відносного переміщення.*

Тертя між поверхнею твердого тіла та навколишнім рідким або газоподібним середовищем, у якому це тіло рухається, називають *опором середовища* або *рідким (в'язким) тертям*. Тертя між поверхнями двох дотичних твердих тіл називають *сухим тертям*. Розрізняють три види сухого тертя: *тертя спокою, тертя ковзання, тертя кочення*.

Причиною виникнення сил тертя є *сили пружності*, які виникають внаслідок деформації нерівностей на поверхнях тіл та *сили міжмолекулярного притягання* частинок двох тіл. Тому *природа сили тертя – електромагнітна*.

**Сила тертя спокою**  $\vec{F}_{\text{тер спокою}}$  – це сила, яка з'являється між дотичними поверхнями тіл і перешкоджає виникненню руху одного тіла по поверхні іншого.

*Сила тертя спокою завжди дорівнює за модулем і протилежна за напрямком зовнішній силі, яка діє вздовж поверхні зіткнення тіл і намагається зрушити тіло з місця:*

$$\vec{F}_{\text{тер спокою}} = -\vec{F}_{\text{зовн}}$$

Саме сила тертя спокою є тією *рушійною силою*, завдяки якій пересуваються люди, тварини, транспорт.

Після того, як зовнішня сила, що діє на тіло, зрівнюється із максимальною силою тертя спокою, тіло починає ковзання, – у цьому випадку говорять про *силу тертя ковзання*.

**Сила тертя ковзання**  $\vec{F}_{\text{тер ковз}}$  – це сила, яка виникає під час відносного руху (ковзання) одного тіла по поверхні іншого.

*Сила тертя ковзання завжди напрямлена вздовж поверхні дотику тіл у бік, протилежний напрямку відносної швидкості руху тіл.*

Експериментально встановлено, що *сила тертя ковзання залежить від властивостей дотичних поверхонь тіл і прямо пропорційна силі нормальної реакції опори  $\vec{N}$* . Цю залежність можна записати у вигляді:

$$F_{\text{тер ковз}} = \mu N,$$

де  $\mu$  – *коефіцієнт тертя ковзання*, який залежить, зокрема, від матеріалів, з яких виготовлені дотичні тіла, і якості обробки їхніх поверхонь.

Коефіцієнти тертя ковзання визначають експериментально. Зазвичай, *таблиці значень цих коефіцієнтів містять орієнтовні середні значення для пар матеріалів*.

Слід зазначити: 1) *сила тертя спокою і сила тертя ковзання не залежать від площі дотичних поверхонь*, тому, наприклад, заточування ковзанів не збільшує силу тертя; 2) *сила тертя ковзання трохи менша за максимальну силу тертя спокою*, тому тіло зрушує з місця ривком, а масивні предмети важче зрушити з місця, ніж потім тягти.

Силу тертя ковзання можна зменшити, змастивши дотичні поверхні. Тверде змащення змінює якість поверхні, а рідке – віддаляє дотичні поверхні одну від одної, в результаті чого *сухе тертя замінюється рідким*, значно слабшим.

Тертя істотно зменшиться, якщо між дотичними поверхнями розташувати тверді котки. Дослід показує, що за однакових умов *сила тертя ковзання в десятки разів більша за силу тертя кочення*.

**Приклад 1.** Під дією горизонтальної сили 5 Н тіло масою 1 кг рухається по горизонтальній поверхні з прискоренням 2 м/с<sup>2</sup>. Чому дорівнює коефіцієнт тертя?

$$F_{\text{рівн}} = F_{\text{зовн}} - F_{\text{тер}}, ma = 5 - \mu N = 5 - \mu mg, \mu mg = 5 - ma,$$

$$\mu = (5 - ma)/mg$$

$$\mu = (5 - 1 \cdot 2)/(1 \cdot 10) = 3/10 = 0,3.$$

**Відповідь:** 0,3.

**Приклад 2.** Якою може бути максимальна сила тертя спокою між бруском масою 2,4 кг і горизонтальним столом, якщо коефіцієнт тертя між ними становить 0,6? Вважайте, що  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

$$F_{\text{тер спокою max}} = \mu mg = 0,6 \cdot 2,4 \cdot 10 = 14,4 \text{ (Н)}$$

**Відповідь:** 14,4 Н.

**Приклад 3.** Брусок масою 3 кг лежить на столі, коефіцієнт тертя 0,4. Якою є сила тертя між бруском і столом, якщо горизонтальний динамометр, яким учень діє на брусок, показує 10 Н?

$$F_{\text{тер ковз}} = 0,4 \cdot 3 \cdot 10 = 12 \text{ (Н)} > F_{\text{зовн}} = 10 \text{ Н}$$

Брусок не рухається

$$F_{\text{тер спокою}} = F_{\text{зовн}} = 10 \text{ Н}$$

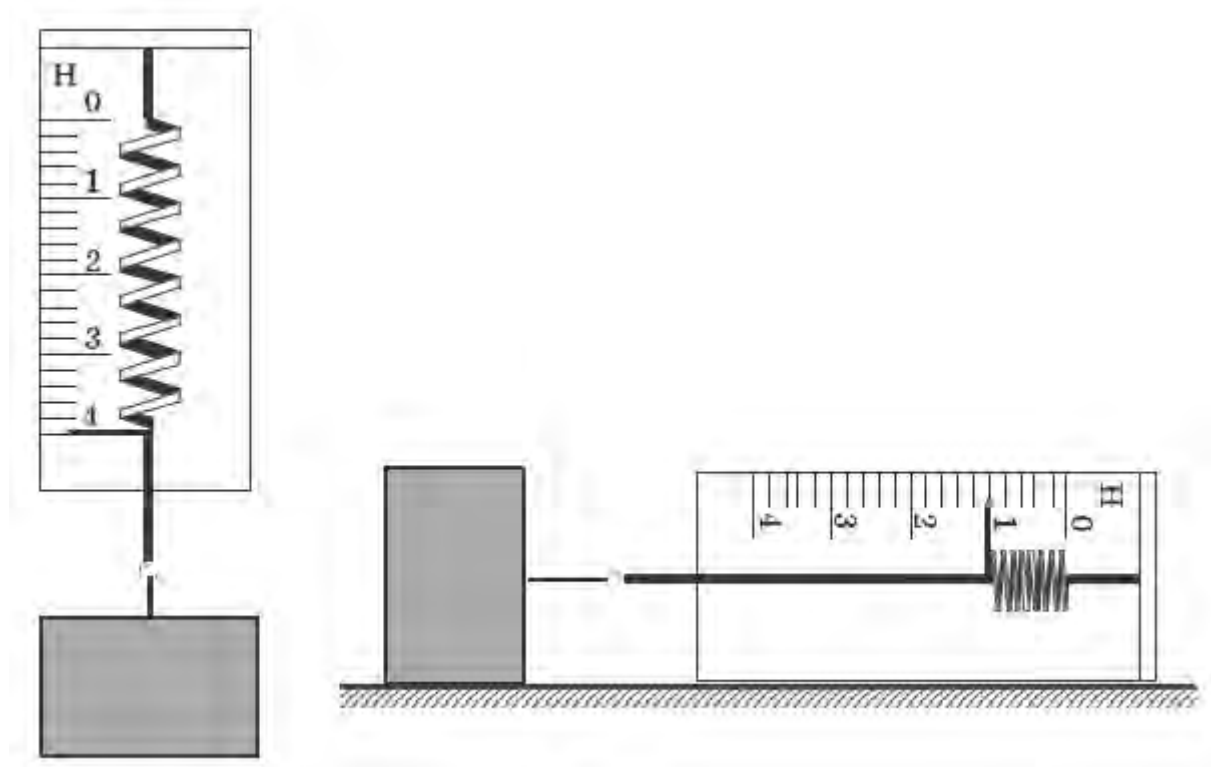
**Відповідь:** 10 Н.

**Приклад 4.** По льоду з певною швидкістю ковзає шайба у північному напрямку. З яким прискоренням (напрямок та числове значення) рухатиметься ця шайба, коли потрапить на ділянку, вкриту шаром піску? Коефіцієнт тертя між шайбою та піском 0,8. Вважайте, що  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

$$F_{\text{рівн}} = F_{\text{тер}}, \quad ma = \mu mg, \quad a = \mu g = 0,8 * 10 = 8 \text{ м/с}^2$$

**Відповідь:** південний напрямок,  $8 \text{ м/с}^2$ .

**Приклад 5.** Під час проведення лабораторної роботи учень спочатку підвісив брусок до динамометра, а потім за допомогою того самого динамометра почав рівномірно тягнути брусок по столу (див. рисунок). Яким виявився коефіцієнт тертя ковзання між бруском та столом за даними експерименту?



$$mg = 4 \text{ Н.} \quad \mu mg = 1 \text{ Н,} \quad \mu = \frac{1}{4} = 0,25.$$

**Відповідь:** 0,25.

**Приклад 6.** Визначте гальмівний шлях автомобіля під час екстреного гальмування, якщо коефіцієнт тертя між шинами автомобіля й дорожнім покриттям дорівнює 0,4. Швидкість руху автомобіля перед початком гальмування становила 72 км/год. Вважайте, що  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

$$v_0=72 \text{ км/год} = 20 \text{ м/с}, v=0.$$

$$F_{\text{рівн}} = F_{\text{тер}}, ma = \mu mg, a = \mu g = 0,4 * 10 = 4 \text{ м/с}^2$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-400}{-8} = 50 \text{ (м)}$$

**Відповідь:** 50 м.

**Приклад 7.** По горизонтальному столу за допомогою пружини, яка весь час паралельна до поверхні стола, рівномірно тягнуть брусок. Визначте коефіцієнт тертя між столом і бруском, якщо пружина під час досліду розтягується на 8 см. Маса бруска 6 кг, жорсткість пружини 300 Н/м. Вважайте, що  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

$$x=0,08 \text{ м}, m=6 \text{ кг}, k=300 \text{ Н/м}.$$

$$F_{\text{пр}}=F_{\text{тер}}, kx = \mu mg, \mu = kx/mg = 300*0,08/(6*10) = 24/60 = 0,4.$$

**Відповідь:** 0,4.

**Приклад 8 (№ 72).** На тіло масою 100 г, яке нерухомо лежить на похилій площині, діє сила тертя 0,5 Н. Який кут складає площина з горизонтом?

$$mg \sin \alpha = F_{\text{тер}} = 0,5, \sin \alpha = 0,5/(0,1*10) = 0,5, \alpha = 30^\circ$$

**Відповідь:**  $30^\circ$ .

**Приклад 9 (№ 70).** Для того, щоб дошка масою 5 кг не рухалась вздовж вертикальної стіни, до неї треба прикласти горизонтальну силу, не меншу 200 Н. Чому дорівнює коефіцієнт тертя дошки по стіні? Вважайте, що  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

**Відповідь:** 0,25.

**Домашнє завдання.** №№ 53, 71, 75, 84, 87, 91, 70 (приклад 9).