

Фізика 10

Урок 29 Механічна робота. Кінетична енергія. Потужність

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання про роботу сили та про кінетичну енергію; формувати уявлення про потужність як характеристику роботи машин, двигунів, механізмів.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

У повсякденному житті слово «робота» вживається дуже часто.

Роботу виконують вода і повітря, машини і механізми, будівельники і вантажники.

А чи виконує роботу учень, який нерухомо тримає в руках важкий портфель? програміст, який, сидячи за комп'ютером, розв'язує задачу?

І взагалі, що мають на увазі фізики, коли говорять про роботу?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Механічна робота

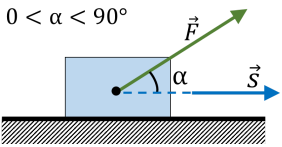
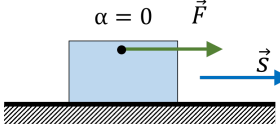
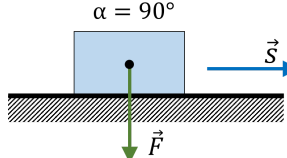
Механічна робота (робота сили) A – це фізична величина, яка характеризує зміну механічного стану тіла й дорівнює добутку модуля сили F , модуля переміщення s і косинуса кута α між вектором сили та вектором переміщення:

$$A = F s \cos \alpha$$

Одиниця роботи в СІ – джоуль:

$$[A] = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

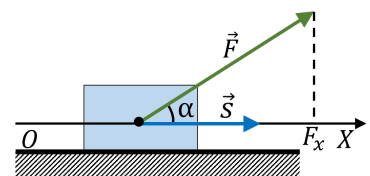
1 Дж дорівнює механічній роботі, яку виконує сила 1 Н, переміщуючи тіло на 1 м у напрямку дії цієї сили.

Робота додатна $A > 0$	Робота від'ємна $A < 0$	Робота дорівнює нулю $A = 0$
		
$A = F s \cos \alpha$ $\cos \alpha > 0$	$A = F s$ $\cos \alpha = 1$	$A = - F s$ $\cos \alpha = -1$
		$A = 0$ $\cos \alpha = 0$

2. Геометричний зміст роботи сили

Проблемне питання

- Яким є геометричний зміст роботи сили?



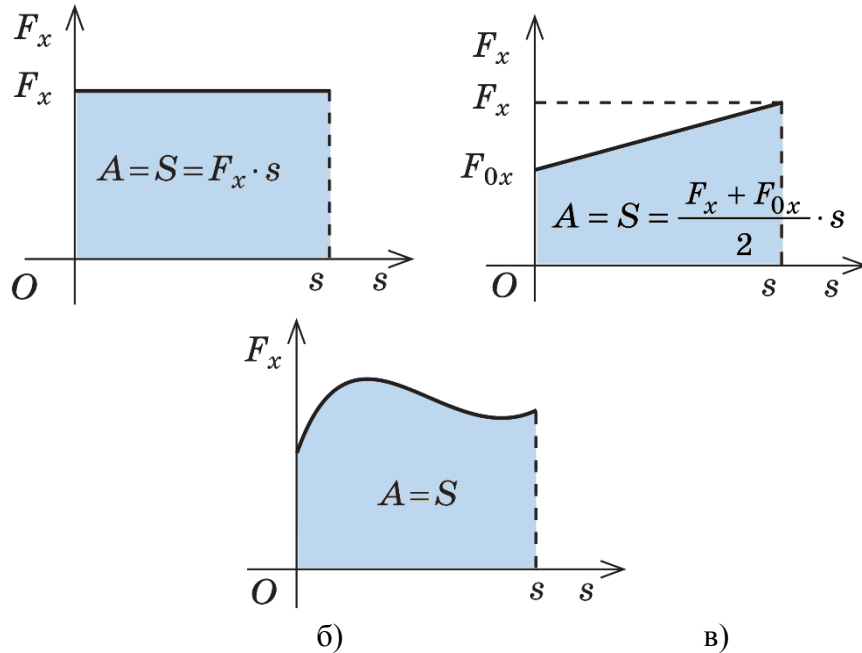
Із рисунка бачимо: $F_x = F \cos \alpha \Rightarrow A = F_x s$

Побудуємо графік $F_x(s)$ – залежності проекції сили від модуля переміщення.

Якщо сила, яка діє на тіло, є незмінною, графік цієї залежності являє собою відрізок прямої, паралельної осі переміщення (рис. а).

Геометричний зміст роботи сили: робота сили чисельно дорівнює площі фігури під графіком залежності проекції сили від модуля переміщення

Це твердження поширюється й на випадки, коли сила змінюється (рис. б, в).



3. Кінетична енергія тіла

$$A = F s \cos \alpha$$

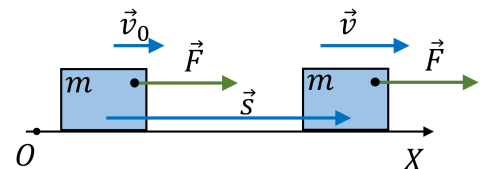
$$\vec{F} \uparrow \vec{s} \Rightarrow \alpha = 0 \quad \cos \alpha = 1$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$F = ma$$

$$A = ma \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2}$$

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$



Кінетична енергія – це фізична величина, яка характеризує механічний стан рухомого тіла і дорівнює половині добутку маси m тіла на квадрат швидкості v його руху:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Теорема про кінетичну енергію: робота рівнодійної всіх сил, які діють на тіло, дорівнює зміні кінетичної енергії тіла:

$$A = E_k - E_{k0} = \Delta E_k$$

4. Потужність

Проблемне питання

- Як охарактеризувати швидкість виконання роботи?

Потужність P (або N) – це фізична величина, яка характеризує швидкість виконання роботи й дорівнює відношенню роботи A до інтервалу часу t , за який цю роботу виконано:

$$P = \frac{A}{t}$$

Одиниця потужності в СІ – **ват**: $[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$

Проблемне питання

- Як визначити потужність транспортного засобу?

Потужність транспортного засобу, наприклад, автомобіля, зручно виражати не через роботу й час, а через силу й швидкість.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = F \cdot \frac{s}{t} = Fv$$

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Хлопчик тягне санчата, прикладаючи силу 50 Н, напрямлену під кутом 60° до горизонту. Яку потужність розвиває хлопчик, якщо санчата рухаються рівномірно прямолінійно і за хвилину перемістилися на 30 м?

Дано:

$$F = 50 \text{ Н}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$$

$$s = 30 \text{ м}$$

$$P = ?$$

Розв'язання

$$P = \frac{A}{t} \quad A = Fs \cos \alpha$$

$$P = \frac{F s \cos \alpha}{t} \quad [P] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$$

$$P = \frac{50 \cdot 30 \cdot \cos 60^\circ}{60} = 12,5 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $P = 12,5 \text{ Вт}$.

2. З греблі щохвилини падає 18000 м^3 води з висоти 20 м. Яка при цьому виконується робота?

Дано:

$$h = 20 \text{ м}$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$$

$$V = 1,8 \cdot 10^4 \text{ м}^3$$

$$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$A = ?$$

Розв'язання

$$A = Fs \cos \alpha$$

$$F = mg = \rho V g \quad s = h \quad \alpha = 0 \quad A = \rho V g h$$

$$[A] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$A = 10^3 \cdot 1,8 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 20 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $A = 3,6 \text{ ГДж}$.

3. Визначте масу поїзда, якщо для збільшення його швидкості від 36 км/год до 54 км/год електровоз виконав роботу 190 МДж.

Дано:

$$v_0 = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = 54 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$A = 190 \text{ МДж}$$

$$= 1,9 \cdot 10^8 \text{ Дж}$$

$$m = ?$$

Розв'язання

$$A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$A = \frac{m}{2}(v^2 - v_0^2) \Rightarrow m = \frac{2A}{v^2 - v_0^2}$$

$$[m] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \text{кг}$$

$$m = \frac{2 \cdot 1,9 \cdot 10^8}{15^2 - 10^2} = 3,04 \cdot 10^6 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m = 3040 \text{ т}$.

4. Яка робота виконується під час рівномірного переміщення ящика масою 75 кг по горизонтальній поверхні на відстань 55 м, якщо коефіцієнт тертя становить 0,3, а мотузка, за допомогою якої тягнуть ящик, утворює з горизонтом кут 30° ?

Дано:

$$m = 75 \text{ кг}$$

$$s = 55 \text{ м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$\alpha = 30^\circ$$

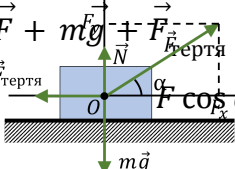
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$A = ?$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = 0$$



$$F \cos \alpha - F_{\text{тертя}} = 0 \quad OY: F \sin \alpha - mg + N = 0$$

$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{\text{тертя}} = \mu N = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = 0$$

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$$

$$A = Fs \cos \alpha = \frac{\mu mg s \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$$

$$A = \frac{0,3 \cdot 75 \cdot 10 \cdot 55 \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ - 0,3 \sin 30^\circ} \approx 10548 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $A \approx 10,5 \text{ кДж}$.

5. Електропотяг, рухаючись з постійною швидкістю 54 км/год, розвиває потужність 600 кВт. Визначте силу тяги електропотяга, якщо ККД його двигунів 75 %.

Дано:

$$v = 54 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$P = 600 \text{ кВт} = 6 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

$$\eta = 75\% = 0,75$$

$$F_{\text{тяги}} = ?$$

Розв'язання

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{повне}}} = \frac{F_{\text{тяги}} v}{P}$$

$$F_{\text{тяги}} = \frac{\eta P}{v} \quad [F_{\text{тяги}}] = \frac{\frac{\text{Вт}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{Н}$$

$$F_{\text{тяги}} = \frac{0,75 \cdot 6 \cdot 10^5}{15} = 0,3 \cdot 10^5 \text{ (Н)}$$

Відповідь: $F_{\text{тяги}} = 30 \text{ кН}$.

6. Потужність гідроелектростанції становить 75 МВт, а ККД її турбіни – 80 %. Скільки кубометрів води щосекунди ($\text{м}^3/\text{с}$) падає з її греблі? Гребля піднімає рівень води на 15 м.

Дано:

$$P = 75 \text{ МВт} = 75 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

$$\eta = 80\% = 0,8$$

$$h = 15 \text{ м}$$

$$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{V}{t} = ?$$

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повне}}}$$

$$A_{\text{кор}} = Pt$$

$$A_{\text{повне}} = mgh = \rho Vgh$$

$$\eta = \frac{Pt}{\rho Vgh} \Rightarrow \frac{V}{t} = \frac{P}{\rho gh \eta}$$

$$\left[\frac{V}{t} \right] = \frac{\text{Вт}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^3} \cdot \text{с}^2}{\frac{\text{кг}}{\text{м}}} = \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\frac{V}{t} = \frac{75 \cdot 10^6 \cdot 1}{10^3 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 0,8} = 625 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } \frac{V}{t} = 625 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Дайте означення механічної роботи. Яка її одиниця в СІ?
2. У яких випадках значення роботи сили додатне? від'ємне? дорівнює нулю?
3. Яким є геометричний зміст роботи сили?
4. Дайте означення кінетичної енергії.
5. Доведіть теорему про кінетичну енергію.
6. Сформулюйте означення потужності. Яка її одиниця в СІ? Як обчислити потужність у даний момент часу?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 15, Вправа № 15 (2, 5)

Додаткові задачі

1. Яку роботу виконала сила тяги автомобіля масою 2 т, якщо за 4 с швидкість його руху зросла від 36 км/год до 72 км/год? Коефіцієнт тертя становить 0,1.

Дано:

$$m = 2 \text{ т} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$t = 4 \text{ с}$$

$$v_0 = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = 72 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,1$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$A = ?$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F}_{\text{тяги}} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} OX: F_{\text{тяги}} - F_{\text{тертя}} = ma \\ OY: -mg + N = 0 \end{cases}$$

$$F_{\text{тертя}} = \mu N = \mu mg$$

$$F_{\text{тяги}} - \mu mg = ma$$

$$F_{\text{тяги}} = ma + \mu mg$$

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t \Rightarrow s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$$

$$A = F_{\text{тяги}} s = \left(m \cdot \frac{v - v_0}{t} + \mu mg \right) \cdot \frac{v_0 + v}{2} \cdot t =$$

$$= \frac{mt(v + v_0)}{2} \cdot \left(\frac{v - v_0}{t} + \mu g \right)$$

$$[A] = \text{кг} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \left(\frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$A = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot (20 + 10)}{2} \cdot \left(\frac{20 - 10}{4} + 0,1 \cdot 10 \right) = 4240 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $A = 420 \text{ кДж}$.

2. Діюча модель автомобіля масою 8 кг рухається із стану спокою вгору по похилій площині з кутом нахилу 60° з постійним прискоренням $0,5 \text{ м/с}^2$. Визначте роботу сили тяги за перші 2 с, якщо коефіцієнт тертя дорівнює 0,1.

Дано:

$$m = 8 \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_0 = 0$$

$$a = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$\mu = 0,1$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F}_{\text{тяги}} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$\{ OX: F_{\text{тяги}} - mg \sin \alpha - F_{\text{тертя}} = ma \quad OY: -mg \cos \alpha + N = 0 \}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тертя}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тяги}} - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$F_{\text{тяги}} = m(a + g\alpha + \mu \cos \cos \alpha)$
$A = ?$	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2 \Rightarrow s = \frac{at^2}{2}$
	$A = F_{\text{тяги}}s = \frac{1}{2}mat^2(a + g\alpha + \mu \cos \cos \alpha)$
	$A = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с}^2 \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$
	$A = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 0,5 \cdot 2^2 \cdot (0,5 + 10 \cdot 60^\circ + 0,1 \cdot \cos \cos 60^\circ) \approx 77 \text{ (Дж)}$
	Відповідь: $A \approx 77 \text{ Дж}$.

3. Розрахуйте потужність потоку води, що падає з греблі висотою 30 м, якщо щохвилини її витрачається 150 м^3 .

Дано: $h = 30 \text{ м}$ $t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$ $V = 150 \text{ м}^3$ $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Розв'язання $A = Fs \cos \cos \alpha$ $F = mg = \rho Vg \quad s = h \quad \alpha = 0 \quad A = \rho Vgh$ $P = \frac{A}{t} = \frac{\rho Vgh}{t}$ $[P] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$ $P = \frac{10^3 \cdot 150 \cdot 10 \cdot 30}{60} = 750 \cdot 10^3 \text{ (Вт)}$
$P = ?$	Відповідь: $P = 750 \text{ кВт}$.

4. Ківш екскаватора піднімає 200 кг піску на висоту 3 м за 5 с. Визначте ККД двигуна підйомного пристрою, якщо його потужність 2 кВт.

Дано: $m = 200 \text{ кг}$ $h = 3 \text{ м}$ $t = 5 \text{ с}$ $P = 2 \text{ кВт} = 2 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Розв'язання $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повне}}} = \frac{mgh}{Pt}$ $\eta = \frac{200 \cdot 10 \cdot 3}{2 \cdot 10^3 \cdot 5} = 0,6$
$\eta = ?$	Відповідь: $\eta = 60 \%$.

5. Який ККД має похила площина з кутом нахилу 15° , якщо коефіцієнт тертя під час рівномірного руху вгору дорівнює 0,2?

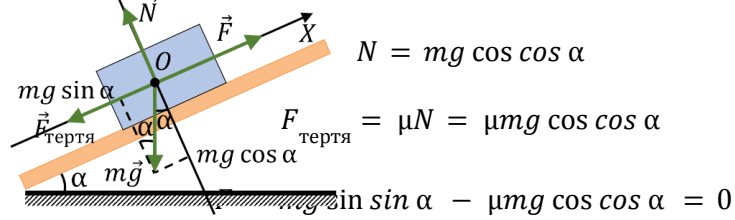
Дано: $\alpha = 15^\circ$	Розв'язання Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:
-------------------------------------	---

$$\mu = 0,2$$

$$\eta = ?$$

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = 0$$

$$\{OX: YF - mg \sin \alpha - F_{\text{тертя}} = 0 \quad OY: -mg \cos \alpha + N = 0$$



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тертя}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повне}}}$$

$$A_{\text{кор}} = Ph = mgl \sin \alpha$$

$$A_{\text{повне}} = Fs = mgl(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\eta = \frac{mgl \sin \alpha}{mgl(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$\eta = \frac{\sin 15^\circ}{\sin 15^\circ + 0,2 \cdot \cos 15^\circ} \approx 0,57$$

Відповідь: $\eta \approx 57\%$.

6. За допомогою рухомого блоку піднімають вантаж масою 33 кг на висоту 4 м, прикладаючи до вільного кінця мотузки силу 200 Н. Визначте ККД блоку, якщо маса самого блоку 1,5 кг. Яка сила тертя діє під час підйому вантажу?

Дано:

$$m_{\text{в}} = 33 \text{ кг}$$

$$h = 4 \text{ м}$$

$$F = 200 \text{ Н}$$

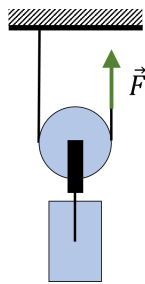
$$m_{\text{б}} = 1,5 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\eta = ?$$

$$F_{\text{тертя}} = ?$$

Розв'язання



$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повне}}}$$

$$A_{\text{кор}} = Ph = (m_{\text{в}} + m_{\text{б}})gh$$

$$A_{\text{повна}} = Fs = 2Fh$$

$$= \frac{(m_{\text{в}} + m_{\text{б}})gh}{2Fh} = \frac{(m_{\text{в}} + m_{\text{б}})g}{2F}$$

$$[] = \frac{(\text{кг} + \text{кг}) \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = 1$$

$$= \frac{(33 + 1,5) \cdot 10}{2 \cdot 200} = 0,8625$$

$$A_{\text{тертя}} = A_{\text{повне}} - A_{\text{кор}}$$

$$F_{\text{тертя}} 2h = 2Fh - (m_{\text{в}} + m_{\text{б}})gh$$

$$F_{\text{тертя}} = F - \frac{(m_{\text{в}} + m_{\text{б}})g}{2}$$

$$[F_{\text{тертя}}] = H - (\kappa\Gamma + \kappa\Gamma) \cdot \frac{M}{c^2} = H - H = H$$

$$F_{\text{тертя}} = 200 - \frac{(33+1,5) \cdot 10}{2} = 27,5 \text{ (Н)}$$

Відповідь: $\eta \approx 86\%$; $F_{\text{тертя}} = 27,5 \text{ Н}$.

7. Піднімаючи мармурову статую з дна озера глибиною 10 м, археологи виконали роботу 34 кДж. Визначте масу статуї. Опором води можна знехтувати. Густина мармуру 2700 кг/м³.

Дано:

$$h = 10 \text{ м}$$

$$A = 34 \text{ кДж} = 34 \cdot 10^3$$

$$\rho_{\text{в}} = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{м}} = 2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$m = ?$

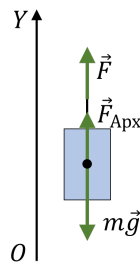
Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F} + \vec{F}_{\text{Арх}} + m\vec{g} = 0$$

$$OY: F + F_{\text{Арх}} - mg = 0$$

$$F = mg - F_{\text{Арх}} = mg - \rho_{\text{в}} g \frac{m}{\rho_{\text{м}}}$$



$$A = Fs \cos \alpha \quad s = h \quad \alpha = 0$$

$$A = mgh \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{м}}} \right)$$

$$m = \frac{A}{gh \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{м}}} \right)} \quad [m] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}}{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \text{кг}$$

$$m = \frac{34 \cdot 10^3}{10 \cdot 10 \cdot \left(1 - \frac{10^3}{2,7 \cdot 10^3} \right)} \approx 540 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m \approx 540 \text{ кг}$.

8. У давнину жорна млинів приводили в рух коні. Визначте силу тяги коня, який рухався по колу радіусом 3 м, здійснюючи 4 оберти за хвилину. Потужність коня вважайте рівною 500 Вт.

Дано:

$$r = 3 \text{ м}$$

$$n = 4 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = \frac{1}{15} \frac{\text{об}}{\text{с}}$$

$$P = 500 \text{ Вт}$$

$F_{\text{тяги}} = ?$

Розв'язання

$$P = F_{\text{тяги}} v = F_{\text{тяги}} \cdot 2\pi r n$$

$$F_{\text{тяги}} = \frac{P}{2\pi r n} \quad [F_{\text{тяги}}] = \frac{\frac{\text{Вт}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}}}{\frac{\text{м} \cdot \frac{1}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}}} = \frac{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{Н}$$

$$F_{\text{тяги}} = \frac{500}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot \frac{1}{15}} \approx 398 \text{ (Н)}$$

Відповідь: $F_{\text{тяги}} \approx 398 \text{ Н}$.

9. З якою швидкістю поїзд масою 600 т рівномірно піднімається по схилу з уклоном 0,005, якщо сила тертя становить 10 кН, а потужність двигунів тепловоза 800 кВт?

Дано:

$$\sin \alpha = 0,005$$

$$m = 600 \text{ т} = 6 \cdot 10^5 \text{ кг}$$

$$F_{\text{тертя}} = 10 \text{ кН} = 10^4 \text{ Н}$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

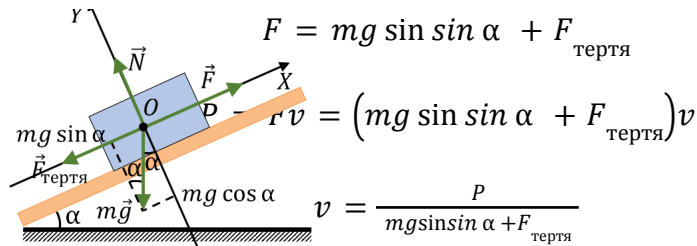
$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = 0$$

$$OX: F - mg \sin \alpha - F_{\text{тертя}} = 0$$

$$P = 800 \text{ кВт} = 8 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = ?$$



$$[v] = \frac{\text{Вт}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{Н} + \text{Н}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{8 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 0,005 + 10^4} = \frac{8 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^4} = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

10. Визначте середню потужність, яку розвиває двигун мотоцикла на підйомі, що становить 2 м на 100 м шляху, якщо мотоцикліст, рушаючи з місця, через 100 м досягає швидкості 36 км/год. Загальна маса мотоцикліста і мотоцикла 400 кг. Коефіцієнт тертя становить 0,08.

Дано:

$$h = 2 \text{ м}$$

$$l = 100 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

$$v = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 400 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,08$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

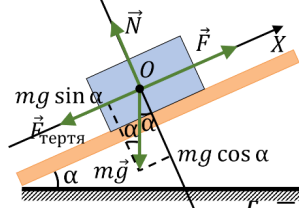
$$P = ?$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тертя}} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$\{OX: F - mg \sin \sin \alpha - F_{\text{тертя}} = ma \quad OY: -mg \cos \cos \alpha + N = 0$$



$$N = mg \cos \cos \alpha$$

$$F_{\text{тертя}} = \mu N = \mu mg \cos \cos \alpha$$

$$mg \sin \sin \alpha - \mu mg \cos \cos \alpha = ma$$

$$\sin \sin \alpha = \frac{h}{l} \quad \cos \cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} \quad a = \frac{v^2}{2l}$$

$$F = mg \left(\frac{h}{l} + \mu \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} \right) + m \frac{v^2}{l}$$

$$P = F \frac{v}{2} = \left(mg \left(\frac{h}{l} + \mu \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} \right) + m \frac{v^2}{2l} \right) \frac{v}{2}$$

$$P = \left(400 \cdot 10 \cdot \left(\frac{2}{100} + 0,08 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{2}{100}\right)^2} \right) + 400 \cdot \frac{10^2}{2 \cdot 100} \right) \cdot 5 = 3000 \text{ (Вт)}$$

$$\text{Відповідь: } P = 3 \text{ кВт.}$$

11. Транспортёр з ККД 80 %, довжина стрічки якого 4 м, а кут нахилу 22°, піднімає вантаж масою 400 кг на платформу за 2 с. Яку потужність розвиває електродвигун транспортера?

Дано:

$$\eta = 80\% = 0,8$$

$$l = 4 \text{ м}$$

Розв'язання

Запишемо другий закон Ньютона у векторному вигляді:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

$$OX: F - mg \sin \sin \alpha = 0$$

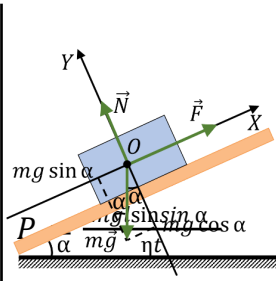
$$\alpha = 22^\circ$$

$$m = 400 \text{ кг}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P = ?$$



$$F = mg \sin \alpha$$

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{повне}}} = \frac{Fv}{P} = \frac{mgsin\alpha \cdot \frac{l}{t}}{P}$$

$$[P] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} = \text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{Вт}$$

$$P = \frac{400 \cdot 10 \cdot 4 \cdot \sin 22^\circ}{0,8 \cdot 2} \approx 3746 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $P = 3,75 \text{ кВт}$.