

Урок 35. Коэффициент полезного действия (КПД)

Физика, 7 класс · Работа и мощность. Энергия · ~45 минут

Что ты узнаешь

- Что такое полезная и полная (затраченная) работа.
- Что такое КПД и как его считать: $\eta = (A_{\text{полезн}} / A_{\text{затрач}}) \cdot 100\%$.
- Почему КПД любого механизма всегда меньше 100%.
- Как найти КПД наклонной плоскости.

Разбираемся в теме

В прошлом уроке мы сказали: простой механизм не даёт выигрыша в работе. Но это было в идеальном мире — без трения, без веса самого механизма. А в реальности всё хитрее.


Когда ты тянешь груз по наклонной доске, часть твоих усилий уходит... в никуда. Точнее, на преодоление трения и на подъём самой доски. Эта работа не приносит пользы. Вот тут и появляется важное понятие — коэффициент полезного действия.

Полезная и полная работа

Представь: ты затаскиваешь санки на горку. Тебе нужно поднять санки вверх — это **полезная работа**. Но по пути ты ещё преодолеваешь трение полозьев о снег — это «лишняя» работа, без которой хотелось бы обойтись.


Полезная работа ($A_{\text{полезн}}$) — это работа по достижению цели (поднять именно груз на нужную высоту).

Полная, или затраченная, работа ($A_{\text{затрач}}$) — это вся работа, которую ты на самом деле совершил (с учётом трения и подъёма частей механизма).


 **Запомни:** Полная работа всегда **больше** полезной, потому что часть усилий уходит на трение и на подъём самого механизма. $A_{\text{затрач}} > A_{\text{полезн}}$.

Коэффициент полезного действия

Чтобы понять, насколько «выгоден» механизм, считают, какую долю всей работы составила полезная. Это и есть КПД.


 **Формула:** КПД: $\eta = (A_{\text{полезн}} / A_{\text{затрач}}) \cdot 100\%$, где $A_{\text{полезн}}$ — полезная работа (Дж), $A_{\text{затрач}}$ — затраченная (полная) работа (Дж), η (греческая буква «эта») — КПД (%).


КПД показывает, какой процент затраченной работы пошёл на дело. Если КПД = 80%, значит из каждых 100 Дж усилий 80 Дж сделали полезное, а 20 Дж «съело» трение.

 **Частая ошибка:** Делить полную работу на полезную. Сверху ставят **полезную** (меньшую), снизу — **затраченную** (большую). Поэтому КПД всегда получается меньше 100%.

Почему КПД всегда меньше 100%

Может ли КПД равняться 100%? Это означало бы, что вся работа полезна, трения нет совсем, механизм ничего не весит. В реальном мире такого не бывает: **трение есть всегда**, и любой механизм имеет вес. Поэтому:

 **Запомни:** КПД любого реального механизма всегда **меньше 100%** ($\eta < 100\%$). Вечный двигатель с КПД 100% или больше невозможен.

 **А знаешь ли ты?** У хорошего электродвигателя КПД доходит до 90–95%, а вот у обычной лампы накаливания всего около 5% — остальное уходит в

тепло. Паровоз имел КПД лишь 5–8%! Вот почему их заменили на тепловозы и электровозы.

КПД наклонной плоскости

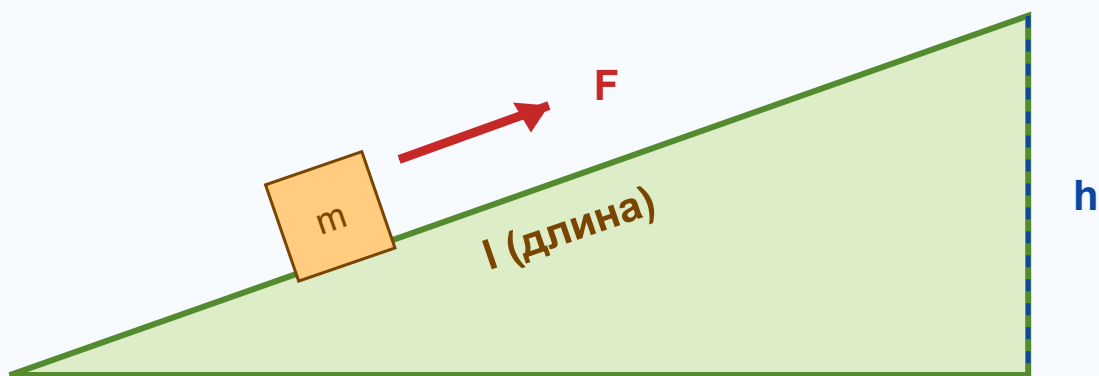
Наклонная плоскость — простой механизм, по которому груз втаскивают вверх вместо того, чтобы поднимать вертикально. Тянуть вдоль доски легче, но путь длиннее (опять «золотое правило»!).

Полезная работа — поднять груз на высоту h : $A_{\text{полезн}} = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$.

Затраченная работа — тянуть с силой F вдоль всей доски длиной l : $A_{\text{затрач}} = F \cdot l$.

⚡ **Формула:** КПД наклонной плоскости: $\eta = (P \cdot h) / (F \cdot l) \cdot 100\%$, где P — вес груза (Н), h — высота (м), F — сила тяги вдоль плоскости (Н), l — длина плоскости (м).

Наклонная плоскость



$$A_{\text{полезн}} = P \cdot h, A_{\text{затрач}} = F \cdot l, \eta = P \cdot h / (F \cdot l) \cdot 100\%$$

Рис. 1. Наклонная плоскость: груз втаскивают силой F вдоль длины l на высоту h

🕒 **Прикинь сам:** Полезная работа 80 Дж, затраченная 100 Дж. Чему равен КПД?
(Подставь в формулу.)



Разбор задач

Пример 1. При подъёме груза полезная работа 1500 Дж, затраченная 2000 Дж. Найди КПД механизма.

Дано: $A_{\text{полезн}} = 1500$ Дж $A_{\text{затрач}} = 2000$ Дж

Найти: η — ?

Решение: $\eta = (A_{\text{полезн}} / A_{\text{затрач}}) \cdot 100\% = (1500 / 2000) \cdot 100\% = 0,75 \cdot 100\% = 75\%$.

Ответ: $\eta = 75\%$.

Пример 2. Груз массой 50 кг втащили по наклонной плоскости длиной 4 м на высоту 1 м, прикладывая силу 150 Н. Найди КПД наклонной плоскости. ($g \approx 9,8$ Н/кг.)

Дано: $m = 50$ кг $l = 4$ м $h = 1$ м $F = 150$ Н $g = 9,8$ Н/кг

Найти: η — ?

Решение: Полезная работа — поднять груз на высоту h : $P = m \cdot g = 50 \cdot 9,8 = 490$ Н. $A_{\text{полезн}} = P \cdot h = 490 \cdot 1 = 490$ Дж. Затраченная работа — тянуть вдоль плоскости: $A_{\text{затрач}} = F \cdot l = 150 \cdot 4 = 600$ Дж. $\eta = (490 / 600) \cdot 100\% \approx 81,7\%$.

Ответ: $\eta \approx 82\%$.

Пример 3. КПД механизма 60%. Полезная работа 300 Дж. Какую работу затратили?

Дано: $\eta = 60\%$ $A_{\text{полезн}} = 300$ Дж

Найти: $A_{\text{затрач}}$ — ?

Решение: Из формулы $\eta = (A_{\text{полезн}} / A_{\text{затрач}}) \cdot 100\%$ выразим: $A_{\text{затрач}} = A_{\text{полезн}} \cdot 100\% / \eta = 300 \cdot 100 / 60 = 500$ Дж.

Ответ: $A_{\text{затрач}} = 500$ Дж.

Пример 4. При работе подъёмника затрачено 8000 Дж, а полезная работа составила 6000 Дж. Найди КПД и сколько работы «съело» трение.

Дано: $A_{\text{затрач}} = 8000$ Дж $A_{\text{полезн}} = 6000$ Дж

Найти: η — ?, $A_{\text{потерь}}$ — ?

Решение: $\eta = (6000 / 8000) \cdot 100\% = 75\%$. Потери: $A_{\text{потерь}} = A_{\text{затрач}} - A_{\text{полезн}} = 8000 - 6000 = 2000$ Дж.

Ответ: $\eta = 75\%$, на трение и нагрев ушло 2000 Дж.



Запомни главное

- **Полезная работа $A_{\text{полезн}}$** — работа по достижению цели (поднять груз на высоту).
- **Полная (затраченная) работа $A_{\text{затрач}}$** — вся совершённая работа; всегда больше полезной.
- **КПД:** $\eta = (A_{\text{полезн}} / A_{\text{затрач}}) \cdot 100\%$, где работы в Дж, η в %.
- **КПД всегда меньше 100%** — из-за трения и веса самого механизма.
- **КПД наклонной плоскости:** $\eta = (P \cdot h) / (F \cdot l) \cdot 100\%$.



Домашнее задание

1. Чем полезная работа отличается от полной (затраченной)?
2. Запиши формулу КПД и расшифруй каждую величину.
3. Почему КПД любого механизма всегда меньше 100%?
4. Полезная работа 400 Дж, затраченная 500 Дж. Найди КПД.

5. КПД механизма 80%, полезная работа 240 Дж. Найди затраченную работу.
6. Груз весом 200 Н подняли по наклонной плоскости длиной 3 м на высоту 0,9 м силой 70 Н. Найди КПД.
7. При затраченной работе 1000 Дж полезной оказалось 650 Дж. Найди КПД и потери на трение.
8. Может ли КПД быть равен 100%? Почему?
9. ★ Бочку массой 80 кг вкатили по наклонной доске длиной 5 м на высоту 1,5 м, прикладывая силу 280 Н. Найди полезную работу, затраченную работу, КПД и работу, потерянную на трение. ($g \approx 9,8 \text{ Н/кг.}$)