ЕГЭНИЙ
egeniy.ru

A = F·s
N = A/t
η = Aп/Aз
Eк = mv²/2
Q = cmΔt
P = U·I
Eп = mgh
1 кВт·ч = 3,6 МДж
N = F·v
Q = I²Rt

Рабочая тетрадь · Физика · 7–8 класс

Работа, мощность и энергия

Джоули и ватты, рычаги и КПД, кинетическая и потенциальная энергия, теплота, работа электрического тока. Теория, примеры и задачи от простого к сложному.

7 разделов
12 разобранных примеров
89 задач
3 уровня сложности

Фамилия, имя _____ Класс _____ Дата начала _____

Содержание

1	Механическая работа	7 класс	3
2	Мощность	7 класс	7
3	Простые механизмы и КПД	7 класс	11
4	Энергия и её превращения	7 класс	16
5	Количество теплоты	8 класс	20
6	Работа и мощность электрического тока	8 класс	24
7	Комплексные задачи	7–8 класс	28
✓	Ответы и решения всех задач		31

Как работать
Прочитай теорию и разбери примеры. Потом решай задачи по порядку: от уровня А к уровню В.

Договорённости
Везде g = 10 Н/кг. Решение оформляй как в примерах: Дано, СИ, Решение, Ответ.

Проверка
Ответы и полные решения — в конце тетради. Сначала реши сам, потом сверяйся.

Справочник

Главные величины, единицы и переводы — держи эту страницу открытой, пока решаешь

Величина	Обозначение	Единица	Формулы
Работа	**A**	Дж (джоуль)	A = F·s; A = mgh; A = U·I·t
Мощность	**N, P**	Вт (ватт)	$N = \frac{A}{t}$; N = F·v; P = U·I
Сила, вес	**F, P**	Н (ньютон)	F = mg
Потенциальная энергия	$\mathbf{E_п}$	Дж	$E_п = mgh$
Кинетическая энергия	$\mathbf{E_к}$	Дж	$E_к = \frac{mv^2}{2}$
Количество теплоты	**Q**	Дж	$Q = cm\Delta t$; Q = qm; $Q = I^2Rt$
КПД	**η**	% (или доля)	$\eta = \frac{A_п}{A_з} \cdot 100\%$
Момент силы	**M**	Н·м	M = F·l
Напряжение / ток / сопротивление	**U / I / R**	В / А / Ом	$I = \frac{U}{R}$

Приставки и перевод в СИ

- кило (к) = 10^3: 1 кДж = 1000 Дж; 1 кВт = 1000 Вт
- мега (М) = 10^6: 1 МДж = 1 000 000 Дж
- 1 т = 1000 кг; 1 г = 0,001 кг
- 1 см = 0,01 м; 1 мин = 60 с; 1 ч = 3600 с
- 1 л воды ≈ 1 кг; 1 $м^3$ воды = 1000 кг
- км/ч → м/с: разделить на 3,6
- 1 кВт·ч = $3{,}6 \cdot 10^6$ Дж = 3,6 МДж

Одна идея на всю тетрадь

Работа — это способ передать энергию. Поэтому работа, энергия и теплота измеряются в одних единицах — **джоулях**.

Мощность — **скорость** передачи энергии: сколько джоулей за секунду.

КПД — **доля** энергии, которая пошла на полезное дело.

Как оформлять решение

ДАНО
m = 2,5 т
h = 12 м
g = 10 Н/кг

СИ
m = 2500 кг

A — ?

РЕШЕНИЕ
1) Сила, которую нужно приложить: F = mg = 2500 · 10 = 25 000 Н.
2) Работа: A = F·h = 25 000 · 12 = 300 000 Дж = 300 кДж.

ОТВЕТ
A = 300 кДж

Алгоритм решения задачи

1. Выпиши «Дано» и вопрос.
2. Переведи всё в СИ.
3. Найди формулу с искомой величиной.
4. Чего-то не хватает — найди это отдельной формулой.
5. Подставь числа, посчитай.
6. Проверь: КПД меньше 100%? Единицы верные?

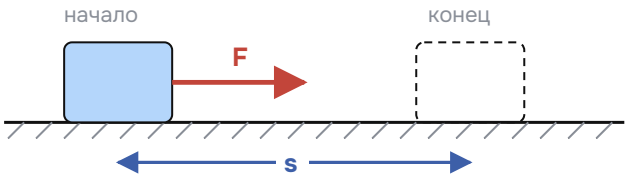
1

РАЗДЕЛ 1 · 7 КЛАСС

Механическая работа

Механическая работа совершается, когда на тело действует сила и тело **перемещается**. Если сила направлена вдоль перемещения, работа равна произведению силы на путь.

A = F·s	A — работа, Дж; F — сила, Н; s — пройденный путь, м
A = mgh	работа по равномерному подъёму груза массой m на высоту h (сила F = mg)
1 Дж = 1 Н · 1 м	джоуль — работа силы 1 Н на пути 1 м
1 кДж = 10^3 Дж; 1 МДж = 10^6 Дж	приставки: кило — тысяча, мега — миллион



Знак работы

A > 0, если сила направлена по движению (сила тяги, сила руки).
A < 0, если сила направлена против движения (трение, торможение): A = -F·s.
A = 0, если тело не перемещается или сила перпендикулярна перемещению.

Работа по графику

Если сила меняется, работа равна **площади фигуры** под графиком F(s).

Осторожно, типичные ошибки

- Подставляют массу вместо силы: сначала находим F = mg.
- Забывают перевести в СИ граммы, сантиметры, тонны.
- С 1-го на 5-й этаж — это 4 пролёта, высота 4 этажа.

Разберём

Примеры решения

Пример 1.1. Мальчик тянет санки по ровной дороге с силой 50 Н, направленной вдоль дороги. Какую работу он совершает на пути 120 м?

ДАНО
F = 50 Н
s = 120 м

A — ?

РЕШЕНИЕ
A = F·s = 50 · 120 = 6000 Дж

Ответ: **6000 Дж = 6 кДж**

Пример 1.2. Подъёмный кран равномерно поднимает бетонную плиту массой 2,5 т на высоту 12 м. Какую работу совершает кран?

ДАНО	РЕШЕНИЕ
m = 2,5 т h = 12 м g = 10 Н/кг	Сила, равная весу плиты: F = mg = 2500 · 10 = 25 000 Н. A = F·h = 25 000 · 12 = 300 000 Дж **Ответ:** **300 кДж**
СИ m = 2500 кг	
A — ?	

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

1.1 Переведите: а) 3,5 кДж = … Дж; б) 0,2 МДж = … кДж; в) 4500 Дж = … кДж; г) 72 000 Дж = … МДж.

Ответ: _____

1.2 Под действием силы 40 Н ящик переместился на 15 м в направлении действия силы. Какую работу совершила сила?

Ответ: _____

1.3 Мяч массой 400 г падает с высоты 5 м. Какую работу совершает сила тяжести?

Ответ: _____

1.4 Спортсмен держит над головой штангу массой 100 кг в течение 3 с. Какую механическую работу он совершает? Объясните ответ.

Ответ: _____

1.5 Тележку везут по горизонтальному полу на 20 м. Сила тяжести, действующая на тележку, равна 300 Н. Какую работу совершает сила тяжести?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

1.6 Какую работу нужно совершить, чтобы равномерно поднять ведро с водой массой 12 кг из колодца глубиной 8 м?

Ответ: _____

1.7 Трактор, протащив плуг на 30 м, совершил работу 36 кДж. С какой силой трактор тянул плуг?

Ответ: _____

1.8 Двигатель лифта массой 600 кг совершил работу 120 кДж, равномерно поднимая пустую кабину. На какую высоту поднялся лифт?

Ответ: _____

1.9 Ящик равномерно передвинули по полу на 6 м. Сила трения равна 150 Н. Найдите: а) работу силы трения; б) работу силы, с которой толкали ящик.

Ответ: _____

1.10 Ученик массой 60 кг поднялся по лестнице с 1-го на 5-й этаж. Высота одного этажа 3 м. Какую работу он совершил?

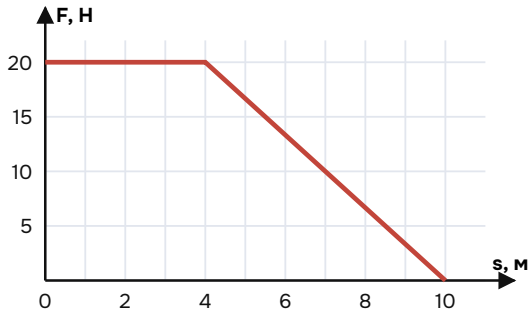
Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

1.11 Бетонная плита размером 2 м × 1 м × 0,2 м поднята краном на высоту 15 м. Плотность бетона 2300 кг/м^3. Какую работу совершил кран?

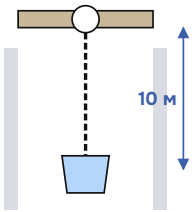
Ответ: _____

1.12 На рисунке показан график зависимости силы, действующей на тело вдоль перемещения, от пройденного пути. Найдите работу силы на пути 10 м.



Ответ: _____

1.13 Из колодца глубиной 10 м равномерно поднимают ведро с водой массой 10 кг на цепи. Масса каждого метра цепи 0,4 кг. Какую работу совершают при подъёме ведра вместе с цепью? *Подсказка: центр тяжести цепи поднимается на половину её длины.*



Ответ: _____

1.14 Однородный стержень длиной 2 м и массой 5 кг лежит на полу. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы поставить его вертикально?

Ответ: _____

Итог раздела 1: решено верно _____ из 14 Повторить номера: _____

РАЗДЕЛ 2 · 7 КЛАСС

2 Мощность

Мощность показывает, **как быстро** совершается работа: какая работа совершается за 1 секунду. Два подъёмных крана могут выполнить одинаковую работу, но более мощный сделает это быстрее.

$N = \frac{A}{t}$	N — мощность, Вт; A — работа, Дж; t — время, с
$A = N \cdot t;\ t = \frac{A}{N}$	выражаем работу и время из формулы мощности
$N = F \cdot v$	при равномерном движении: F — сила тяги, Н; v — скорость, м/с
$1\ \text{Вт} = \frac{1\ \text{Дж}}{1\ \text{с}}$	1 кВт = 1000 Вт; 1 МВт = 10^6 Вт; 1 л.с. ≈ 736 Вт

Откуда N = F·v

$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot \frac{s}{t} = F \cdot v$. Формула удобна, когда известны сила тяги и скорость.

Перевод скорости

км/ч → м/с: разделить на 3,6. Например, 72 км/ч = 72 : 3,6 = 20 м/с; 18 км/ч = 5 м/с.

Осторожно, типичные ошибки

- Время оставляют в минутах или часах: 1 мин = 60 с, 1 ч = 3600 с.
- Скорость в км/ч подставляют в N = F·v без перевода.
- Путают мощность (Вт) и работу (Дж).

Разберём Примеры решения

Пример 2.1. Подъёмный кран равномерно поднимает груз массой 500 кг на высоту 18 м за 30 с. Какую мощность развивает кран?

ДАНО
m = 500 кг
h = 18 м
t = 30 с

N — ?

РЕШЕНИЕ

$A = mgh = 500 \cdot 10 \cdot 18 = 90\,000$ Дж.

$N = \frac{A}{t} = \frac{90\,000}{30} = 3000$ Вт

Ответ: **3 кВт**

Пример 2.2. Автомобиль движется равномерно со скоростью 72 км/ч. Сила тяги двигателя 1500 Н. Какую мощность развивает двигатель?

ДАНО	РЕШЕНИЕ
v = 72 км/ч F = 1500 Н	N = F·v = 1500 · 20 = 30 000 Вт **Ответ: 30 кВт**
СИ v = 20 м/с	
N — ?	

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

2.1 Переведите: а) 2,5 кВт = … Вт; б) 0,4 МВт = … кВт; в) 750 Вт = … кВт; г) 1 200 000 Вт = … МВт.

Ответ: _____

2.2 Двигатель совершил работу 24 кДж за 2 мин. Какова его мощность?

Ответ: _____

2.3 Какую работу совершает двигатель мощностью 1,5 кВт за 10 мин?

Ответ: _____

2.4 За какое время насос мощностью 2 кВт совершит работу 60 кДж?

Ответ: _____

2.5 Ученик массой 50 кг поднялся по лестнице на высоту 6 м за 12 с. Какую мощность он развил?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

2.6 Насос за 1 мин поднимает 1,2 м^3 воды на высоту 15 м. Какова мощность насоса? Плотность воды 1000 кг/м^3.

Ответ: _____

2.7 Велосипедист едет равномерно со скоростью 18 км/ч. Сила сопротивления движению 40 Н. Какую мощность он развивает?

Ответ: _____

2.8 Тепловоз мощностью 3 МВт тянет состав с силой 150 кН. С какой скоростью движется поезд? Ответ дайте в м/с и в км/ч.

Ответ: _____

2.9 Аня (масса 40 кг) поднялась с 1-го на 4-й этаж за 30 с, а Боря (масса 60 кг) — с 1-го на 3-й этаж за 40 с. Высота этажа 3 м. Кто развил большую мощность и на сколько?

Ответ: _____

2.10 Лебёдка мощностью 600 Вт равномерно поднимает груз массой 120 кг. С какой скоростью поднимается груз? На какую высоту он поднимется за 1 мин?

Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

2.11 С водопада высотой 25 м каждую минуту падает 1800 м^3 воды. Какова мощность потока воды?

Ответ: _____

2.12 При скорости 54 км/ч сила сопротивления движению автомобиля равна 600 Н. Какую мощность развивает двигатель при равномерном движении? Какую работу он совершит за 20 мин?

Ответ: _____

2.13 Сила сопротивления воды движению лодки прямо пропорциональна скорости лодки. При скорости 2 м/с мотор развивает мощность 400 Вт. Какая мощность нужна для равномерного движения со скоростью 3 м/с?

Ответ: _____

2.14 Мощность двигателя лифта 6 кВт. Кабина массой 300 кг поднимается равномерно со скоростью 1 м/с. Сколько человек массой по 75 кг может одновременно поднимать этот лифт (потерями пренебречь)?

Ответ: _____

Итог раздела 2: решено верно _____ из 14 Повторить номера: _____

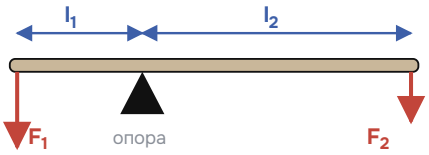
3

РАЗДЕЛ 3 · 7 КЛАСС

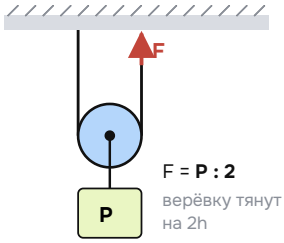
Простые механизмы и КПД

Простые механизмы (рычаг, блок, наклонная плоскость) позволяют **выиграть в силе**. Плата за это — проигрыш в расстоянии. Коэффициент полезного действия (КПД) показывает, какая доля затраченной работы идёт на полезное дело.

$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$	правило рычага; l — плечо силы (расстояние от опоры до линии действия силы)
$M = F \cdot l$	момент силы, Н·м; рычаг в равновесии, если моменты «по часовой» и «против» равны
$F = \frac{P}{2}$	подвижный блок: выигрыш в силе в 2 раза, верёвку вытягивают на 2h
$\eta = \frac{A_п}{A_з} \cdot 100\%$	КПД; $A_п = mgh$ — полезная работа, $A_з = F \cdot s$ — затраченная; $\eta < 100\%$

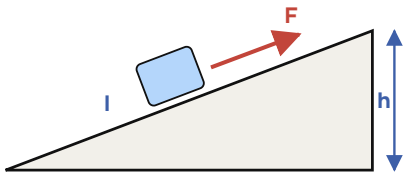


$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$



F = **P : 2**

верёвку тянут на 2h



без трения: F·l = P·h

«Золотое правило» механики

Во сколько раз выигрываем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии. Выигрыша в **работе** не даёт ни один механизм. Неподвижный блок выигрыша в силе не даёт, он только меняет направление силы.

КПД через мощность

$\eta = \frac{N_п}{N_з} \cdot 100\%$. Если механизмы соединены друг за другом, их КПД перемножаются: $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$.

Осторожно, типичные ошибки

- Плечо меряют от конца рычага, а надо от опоры.
- В подвижном блоке забывают, что путь конца верёвки вдвое больше высоты подъёма.
- Делят затраченную работу на полезную: КПД всегда меньше 1 (меньше 100%).

Разберём Примеры решения

Пример 3.1. К короткому плечу рычага длиной 0,2 м подвешен груз весом 300 Н. Какую силу надо приложить к длинному плечу длиной 1,2 м, чтобы рычаг был в равновесии?

ДАНО

$F_1 = 300$ Н

$l_1 = 0{,}2$ м

$l_2 = 1{,}2$ м

F_2 — ?

РЕШЕНИЕ

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{300 \cdot 0{,}2}{1{,}2} = 50 \text{ Н}$$

Ответ: **50 Н (выигрыш в силе в 6 раз)**

Пример 3.2. По наклонной плоскости длиной 5 м на высоту 1,5 м втащили ящик массой 40 кг, прикладывая силу 150 Н вдоль плоскости. Найдите КПД наклонной плоскости.

ДАНО

$l = 5$ м

$h = 1{,}5$ м

$m = 40$ кг

$F = 150$ Н

η — ?

РЕШЕНИЕ

$A_п = mgh = 40 \cdot 10 \cdot 1{,}5 = 600$ Дж; $A_з = F \cdot l = 150 \cdot 5 = 750$ Дж.

$$\eta = \frac{600}{750} \cdot 100\% = 80\%$$

Ответ: **80%**

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

3.1 Рычаг находится в равновесии. Плечи сил равны 30 см и 10 см. На короткое плечо действует сила 90 Н. Какая сила действует на длинное плечо?

Ответ: _____

3.2 С помощью подвижного блока равномерно поднимают груз массой 50 кг. Какую силу прикладывают к верёвке (массой блока и трением пренебречь)? На сколько вытянут верёвку, если груз поднялся на 2 м?

Ответ: _____

3.3 Полезная работа механизма 300 Дж, затраченная 400 Дж. Найдите КПД.

Ответ: _____

3.4 Груз массой 20 кг поднимают с помощью неподвижного блока. Какую силу нужно приложить (трением пренебречь)?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

3.5 На концах лёгкого рычага длиной 1 м висят грузы массой 2 кг и 8 кг. На каком расстоянии от лёгкого груза нужно поставить опору, чтобы рычаг был в равновесии?

Ответ: _____

3.6 С помощью наклонной плоскости длиной 3 м груз массой 60 кг подняли на высоту 1 м, прикладывая силу 250 Н. Найдите КПД.

Ответ: _____

3.7 Груз массой 40 кг поднимают с помощью подвижного блока, прикладывая к верёвке силу 250 Н. Найдите КПД блока.

Ответ: _____

3.8 Подъёмный кран с двигателем мощностью 5 кВт имеет КПД 60%. За какое время он поднимет груз массой 1,5 т на высоту 12 м?

Ответ: _____

3.9 Бочку массой 100 кг вкатывают по наклонной доске длиной 4 м на высоту 1,2 м. КПД доски 75%. Какую силу прикладывают вдоль доски?

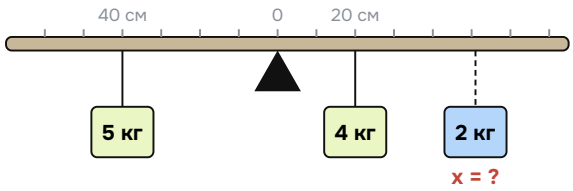
Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

3.10 Груз массой 18 кг поднимают подвижным блоком массой 2 кг. Трения нет. Какую силу прикладывают к верёвке? Каков КПД блока?

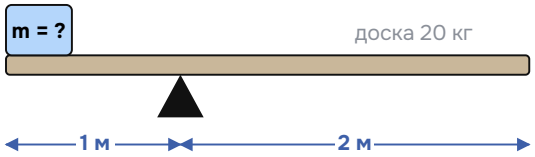
Ответ: _____

3.11 На рисунке рычаг в равновесии: груз 5 кг подвешен слева на расстоянии 40 см от опоры, груз 4 кг — справа на 20 см. На каком расстоянии справа от опоры подвешен груз 2 кг?



Ответ: _____

3.12 Однородная доска длиной 3 м и массой 20 кг лежит на опоре, расположенной в 1 м от левого конца. Груз какой массы нужно положить на левый конец, чтобы доска находилась в равновесии?



Ответ: _____

3.13 Лебёдка (КПД 80%) поднимает груз через подвижный блок (КПД 90%). Мощность двигателя лебёдки 2,5 кВт. С какой скоростью поднимается груз массой 900 кг?

Ответ: _____

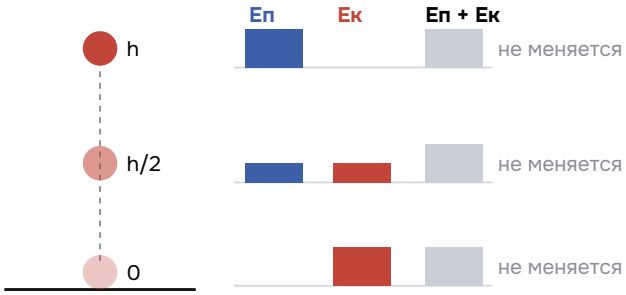
Итог раздела 3: решено верно _____ из 13 Повторить номера: _____

РАЗДЕЛ 4 · 7 КЛАСС

4 Энергия и её превращения

Энергия — величина, показывающая, какую работу может совершить тело. Энергия измеряется в тех же единицах, что и работа, — в джоулях. Совершённая работа равна изменению энергии.

$E_п = mgh$	потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над нулевым уровнем
$E_к = \frac{mv^2}{2}$	кинетическая энергия движущегося тела; v — скорость, м/с
$E_{п1} + E_{к1} = E_{п2} + E_{к2}$	закон сохранения механической энергии (нет трения и сопротивления)
$A = E_{к2} - E_{к1}$	работа равна изменению кинетической энергии; с трением $Q = E_1 - E_2$



Полезные следствия

Падение с высоты h без начальной скорости: $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{(2gh)}$.

Бросок вверх со скоростью v: $h = \frac{v^2}{2g}$. Масса сокращается!

Куда «пропадает» энергия

При трении и ударах механическая энергия переходит во **внутреннюю** (тела нагреваются). Количество теплоты $Q = E_1 - E_2$.

Осторожно, типичные ошибки

- Забывают возвести скорость в квадрат или делят на 2 раньше времени.
- Граммы и км/ч не переводят в кг и м/с.
- Считают, что увеличение скорости вдвое увеличивает $E_к$ вдвое (на самом деле в 4 раза).

Разберём Примеры решения

Пример 4.1. Камень массой 2 кг падает с высоты 20 м. Найдите его потенциальную энергию в начале падения и скорость у земли. Сопротивление воздуха не учитывать.

ДАНО
m = 2 кг
h = 20 м

$E_п$ — ? v — ?

РЕШЕНИЕ

$E_п = mgh = 2 \cdot 10 \cdot 20 = 400$ Дж. У земли вся энергия кинетическая: $\frac{mv^2}{2} = 400 \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot 400}{2} = 400 \Rightarrow v = 20$ м/с

Ответ: **400 Дж; 20 м/с**

Пример 4.2. Мяч массой 0,5 кг брошен вертикально вверх со скоростью 12 м/с. На какую наибольшую высоту он поднимется?

ДАНО
m = 0,5 кг
v = 12 м/с

h — ?

РЕШЕНИЕ

$\frac{mv^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{144}{20} = 7{,}2$ м

Ответ: **7,2 м**

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

4.1 Найдите потенциальную энергию кирпича массой 3 кг на высоте 4 м.

Ответ: _____

4.2 Найдите кинетическую энергию автомобиля массой 1 т, движущегося со скоростью 20 м/с.

Ответ: _____

4.3 Пуля массой 9 г летит со скоростью 800 м/с. Найдите её кинетическую энергию.

Ответ: _____

4.4 На какой высоте тело массой 5 кг обладает потенциальной энергией 1 кДж?

Ответ: _____

4.5 Скорость тела увеличилась в 3 раза. Во сколько раз увеличилась его кинетическая энергия?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

4.6 С какой скоростью упадёт на землю яблоко, сорвавшееся с ветки на высоте 5 м? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: _____

4.7 Мяч бросили вертикально вверх со скоростью 8 м/с. На какую высоту он поднимется?

Ответ: _____

4.8 Тело массой 2 кг свободно падает с высоты 30 м. Найдите его потенциальную и кинетическую энергию на высоте 10 м и скорость в этой точке.

Ответ: _____

4.9 Санки массой 10 кг скатились с горки высотой 5 м и у подножия имели скорость 8 м/с. Сколько механической энергии перешло во внутреннюю (в тепло)?

Ответ: _____

4.10 Автомобиль массой 1200 кг разогнался с 36 км/ч до 72 км/ч. Какую работу совершил двигатель (потерями пренебречь)?

Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

4.11 Тело падает без начальной скорости с высоты 24 м. а) На какой высоте кинетическая энергия равна потенциальной? б) Во сколько раз кинетическая энергия больше потенциальной на высоте 6 м?

Ответ: _____

4.12 Автомобиль массой 1,5 т движется со скоростью 72 км/ч и тормозит. Сила трения при торможении 6 кН. Найдите тормозной путь. Каким он будет при скорости 144 км/ч?

Ответ: _____

4.13 Мяч массой 200 г упал с высоты 5 м и подскочил на высоту 3,2 м. Сколько механической энергии потеряно при ударе? С какой скоростью мяч отскочил от пола?

Ответ: _____

4.14 Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 600 м/с, пробила доску толщиной 5 см и вылетела со скоростью 400 м/с. Найдите работу силы сопротивления доски и среднюю силу сопротивления.

Ответ: _____

Итог раздела 4: решено верно _____ из 14 Повторить номера: _____

5

РАЗДЕЛ 5 · 8 КЛАСС

Количество теплоты

При нагревании, плавлении, кипении и сгорании тоже идёт речь об энергии в джоулях. Количество теплоты Q — энергия, которую тело получает или отдаёт при теплопередаче.

$Q = cm(t_2 - t_1)$	нагревание и охлаждение; c — удельная теплоёмкость, Дж/(кг·°C)
$Q = qm$	сгорание топлива; q — удельная теплота сгорания, Дж/кг
$Q = \lambda m;\ Q = Lm$	плавление (λ) и парообразование (L), Дж/кг
$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{затр}} \cdot 100\%$	КПД нагревателя; $Q_{затр} = qm$ (топливо) или $Q_{затр} = P \cdot t$ (электричество)

Справочные данные

вода	**c = 4200 Дж/(кг·°C)**	лёд	**c = 2100 Дж/(кг·°C)**
алюминий	**c = 920 Дж/(кг·°C)**	сталь	**c = 500 Дж/(кг·°C)**
свинец	**c = 140 Дж/(кг·°C)**	лёд (плавление)	**λ = 3,4·10⁵ Дж/кг**
вода (кипение)	**L = 2,3·10⁶ Дж/кг**	бензин	**q = 4,6·10⁷ Дж/кг**
сухие дрова	**q = 1,0·10⁷ Дж/кг**	спирт	**q = 2,7·10⁷ Дж/кг**

Уравнение теплового баланса

Если тела обмениваются теплом без потерь: $Q_{отданное} = Q_{полученное}$. Так решают задачи на смешивание.

КПД теплового двигателя

$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$, где A — полезная работа двигателя, Q = qm — теплота от сгоревшего топлива.

Осторожно, типичные ошибки

- Подставляют температуру вместо разности температур.
- При нагревании льда до воды пропускают этап плавления.
- Путают удельную теплоёмкость c и удельную теплоту сгорания q.

Разберём Примеры решения

Пример 5.1. Какое количество теплоты нужно, чтобы нагреть 2 кг воды от 20 °C до 70 °C?

ДАНО
$m = 2$ кг
$t_1 = 20$ °C
$t_2 = 70$ °C
$c = 4200$ Дж/(кг·°C)

Q — ?

РЕШЕНИЕ

$Q = cm(t_2 - t_1) = 4200 \cdot 2 \cdot 50 = 420\,000$ Дж

Ответ: **420 кДж**

Пример 5.2. Электрочайник мощностью 2 кВт с КПД 84% нагревает 1,5 кг воды от 20 °C до кипения (100 °C). Сколько времени на это нужно?

ДАНО
$P = 2$ кВт
$\eta = 84\%$
$m = 1{,}5$ кг
$t_1 = 20$ °C, $t_2 = 100$ °C

СИ
$P = 2000$ Вт
$\eta = 0{,}84$

t — ?

РЕШЕНИЕ

$Q_{пол} = 4200 \cdot 1{,}5 \cdot 80 = 504\,000$ Дж.

$$\eta \cdot P \cdot t = Q_{пол} \Rightarrow t = \frac{504\,000}{0{,}84 \cdot 2000} = \frac{504\,000}{1680} = 300 \text{ с}$$

Ответ: **300 с = 5 мин**

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

5.1 Какое количество теплоты нужно, чтобы нагреть 5 кг воды на 10 °C?

Ответ: _____

5.2 Сколько теплоты выделится при полном сгорании 2 кг сухих дров?

Ответ: _____

5.3 Стальная деталь массой 4 кг остывает от 520 °C до 20 °C. Сколько теплоты она отдаёт?

Ответ: _____

5.4 Сколько энергии нужно, чтобы расплавить 3 кг льда, взятого при 0 °C?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

5.5 На сколько градусов нагреются 10 кг воды, получив 840 кДж теплоты?

Ответ: _____

5.6 Какую массу бензина нужно сжечь, чтобы получить 92 МДж теплоты?

Ответ: _____

5.7 В алюминиевой кастрюле массой 500 г нагрели 2 кг воды от 20 °C до 100 °C. Какое количество теплоты получили кастрюля и вода вместе?

Ответ: _____

5.8 Нагреватель мощностью 500 Вт работал 7 мин и нагревал 1 кг воды. На сколько градусов нагрелась вода, если потерь нет?

Ответ: _____

5.9 Сколько сухих дров нужно сжечь в печи с КПД 42%, чтобы нагреть 100 кг воды от 10 °C до 60 °C?

Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

5.10 Какое количество теплоты нужно, чтобы 2 кг льда, взятого при −10 °C, превратить в воду с температурой 20 °C?

Ответ: _____

5.11 КПД двигателя автомобиля 25%. На 100 км пути он расходует 8 кг бензина. Найдите среднюю силу тяги двигателя.

Ответ: _____

5.12 Смешали 3 кг воды при 80 °C и 2 кг воды при 30 °C. Какой стала температура смеси? Потерями пренебречь.

Ответ: _____

5.13 Молот массой 50 кг падает с высоты 2 м на стальную заготовку массой 2 кг. На сколько градусов нагреется заготовка после 10 ударов, если ей передаётся 50% энергии молота?

Ответ: _____

Итог раздела 5: решено верно _____ из 13 Повторить номера: _____

6

РАЗДЕЛ 6 · 8 КЛАСС

Работа и мощность электрического тока

Электрический ток тоже совершает работу: крутит двигатель, нагревает спираль, светит лампой. Работа тока измеряется в джоулях, мощность — в ваттах; на счётчике дома энергию считают в киловатт-часах.

$A = U \cdot I \cdot t$	работа тока; U — напряжение, В; I — сила тока, А; t — время, с
$P = U \cdot I$	мощность тока, Вт; через закон Ома $I = \frac{U}{R}$: $P = I^2R = \frac{U^2}{R}$
$Q = I^2Rt$	закон Джоуля — Ленца: теплота, выделяемая в проводнике сопротивлением R
$1\ кВт \cdot ч = 3{,}6 \cdot 10^6\ Дж$	1000 Вт · 3600 с; стоимость = энергия (кВт·ч) × тариф

Последовательно и параллельно

Последовательное соединение: ток одинаковый, больше мощность выделяется на **большем** сопротивлении ($P = I^2R$). Параллельное соединение: напряжение одинаковое, больше мощность на **меньшем** сопротивлении ($P = \frac{U^2}{R}$).

Как считать энергию для счётчика

Мощность — в кВт, время — в часах: $W = P \cdot t$. Например, 2 кВт · 3 ч = 6 кВт·ч.

Осторожно, типичные ошибки

- Путают кВт (мощность) и кВт·ч (энергию).
- Подставляют время в минутах, когда нужны секунды.
- Считают, что более мощная лампа имеет большее сопротивление (при одинаковом U наоборот).

Разберём Примеры решения

Пример 6.1. Лампа работает при напряжении 220 В и силе тока 0,5 А. Найдите её мощность и энергию, потреблённую за 2 ч, в джоулях и киловатт-часах.

ДАНО
U = 220 В
I = 0,5 А
t = 2 ч

СИ
t = 7200 с

P — ? A — ?

РЕШЕНИЕ

$P = U \cdot I = 220 \cdot 0{,}5 = 110$ Вт.

$A = P \cdot t = 110 \cdot 7200 = 792\,000$ Дж; в кВт·ч: $0{,}11 \text{ кВт} \cdot 2 \text{ ч} = 0{,}22$ кВт·ч

Ответ: **110 Вт; 792 кДж = 0,22 кВт·ч**

Пример 6.2. Через резистор сопротивлением 20 Ом течёт ток 3 А. Сколько теплоты выделится за 5 мин?

ДАНО
R = 20 Ом
I = 3 А
t = 5 мин

СИ
t = 300 с

Q — ?

РЕШЕНИЕ

$Q = I^2Rt = 9 \cdot 20 \cdot 300 = 54\,000$ Дж

Ответ: **54 кДж**

Уровень А · базовый Одна формула, одно действие

6.1 Найдите мощность прибора, если при напряжении 220 В сила тока в нём 2 А.

Ответ: _____

6.2 Сколько энергии потребляет телевизор мощностью 100 Вт за 3 ч? Ответ дайте в джоулях и в кВт·ч.

Ответ: _____

6.3 Переведите: а) 2 кВт·ч в джоули; б) 1,8 МДж в кВт·ч.

Ответ: _____

6.4 Утюг мощностью 1100 Вт включён в сеть 220 В. Какая сила тока в нём?

Ответ: _____

Уровень Б · средний Два-три шага, перевод единиц

6.5 Сопротивление спирали плитки 44 Ом, напряжение в сети 220 В. Найдите силу тока и мощность плитки.

Ответ: _____

6.6 Сколько теплоты выделит проводник сопротивлением 10 Ом при силе тока 2 А за 1 мин?

Ответ: _____

6.7 Обогреватель мощностью 1,5 кВт работает 4 ч в сутки. Сколько энергии он потребит за 30 дней и сколько это стоит при условном тарифе 7 руб. за 1 кВт·ч?

Ответ: _____

6.8 Две лампы рассчитаны на напряжение 220 В: одна мощностью 40 Вт, другая 100 Вт. У какой лампы больше сопротивление нити? Найдите оба сопротивления.

Ответ: _____

6.9 Электрочайник нагрел 1 кг воды от 20 °C до 100 °C за 4 мин 40 с. Какова мощность чайника, если потерь нет?

Ответ: _____

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

6.10 Электрочайник мощностью 2 кВт имеет КПД 80%. За какое время он нагреет 1,6 кг воды от 20 °C до кипения?

Ответ: _____

6.11 Резисторы 10 Ом и 30 Ом подключили к источнику 120 В: а) последовательно; б) параллельно. Найдите мощность на каждом резисторе в обоих случаях.

Ответ: _____

6.12 Электродвигатель подъёмника работает при напряжении 220 В и силе тока 5 А. Он поднимает груз массой 88 кг на высоту 10 м за 10 с. Найдите КПД установки.

Ответ: _____

6.13 Спираль плитки мощностью 600 Вт укоротили на четверть длины. Какой станет мощность плитки в той же сети?

Ответ: _____

Итог раздела 6: решено верно _____ из 13 Повторить номера: _____

7 Комплексные задачи

РАЗДЕЛ 7 · 7–8 КЛАСС

В этих задачах соединяются несколько тем: работа, мощность, КПД, энергия, теплота, электричество. Начинайте с вопроса: **какая энергия во что превращается** и какая её доля полезна. Затем записывайте цепочку формул.

Уровень B · повышенный Несколько тем сразу, олимпиадные идеи

7.1 Насос с КПД 70% и мощностью 1,5 кВт поднимает воду из скважины глубиной 21 м. Сколько кубометров воды он поднимет за 1 ч? Плотность воды 1000 кг/м^3.

Ответ: _____

7.2 Высота плотины ГЭС 40 м, через турбины каждую секунду проходит 500 м^3 воды. КПД станции 90%. Найдите её мощность. Сколько квартир с мощностью потребления по 3 кВт она может обеспечить?

Ответ: _____

7.3 Велосипедист вместе с велосипедом имеет массу 80 кг. Он разгоняется с места до 10 м/с за 20 с. Какую среднюю мощность он развивает на разгон (сопротивлением пренебречь)?

Ответ: _____

7.4 Автомобиль массой 1 т едет в гору с постоянной скоростью 15 м/с. На каждые 100 м пути дорога поднимается на 5 м. Сила сопротивления движению 500 Н. Какую мощность развивает двигатель?

Ответ: _____

7.5 Вода падает с плотины высотой 84 м. На сколько градусов вода внизу теплее, чем вверху, если вся механическая энергия идёт на её нагревание?

Ответ: _____

7.6 Турист массой 70 кг поднимается в гору на высоту 1000 м. КПД мышц человека около 25%. Сколько энергии он должен получить из пищи? Сколько граммов орехов это составит, если 100 г орехов дают 2800 кДж?

Ответ: _____

7.7 Свинцовая пуля, летящая со скоростью 200 м/с, попадает в стену и застревает в ней. На нагревание пули идёт 70% её кинетической энергии. На сколько градусов нагреется пуля?

Ответ: _____

7.8 Лифт с пассажирами (общая масса 1,2 т) поднимается на высоту 30 м за 40 с. Двигатель лифта питается от сети напряжением 400 В, КПД установки 75%. Найдите силу тока в двигателе.

Ответ: _____

Итог раздела 7: решено верно _____ из 8 Повторить номера: _____

Ответы

Краткие ответы для самопроверки. Полные решения — на следующих страницах.

1. Механическая работа

1.1	а) 3500 Дж; б) 200 кДж; в) 4,5 кДж; г) 0,072 МДж	**1.2**	600 Дж
1.3	20 Дж	**1.4**	0
1.5	0	**1.6**	960 Дж
1.7	1200 Н	**1.8**	20 м
1.9	а) -900 Дж; б) 900 Дж	**1.10**	7,2 кДж
1.11	138 кДж	**1.12**	140 Дж
1.13	1200 Дж	**1.14**	50 Дж

2. Мощность

2.1	а) 2500 Вт; б) 400 кВт; в) 0,75 кВт; г) 1,2 МВт	**2.2**	200 Вт
2.3	900 кДж	**2.4**	30 с
2.5	250 Вт	**2.6**	3 кВт
2.7	200 Вт	**2.8**	20 м/с = 72 км/ч
2.9	Аня, на 30 Вт (120 и 90 Вт)	**2.10**	0,5 м/с; 30 м
2.11	7,5 МВт	**2.12**	9 кВт; 10,8 МДж
2.13	900 Вт	**2.14**	4 человека

3. Простые механизмы и КПД

3.1	30 Н	**3.2**	250 Н; 4 м
3.3	75%	**3.4**	200 Н
3.5	80 см	**3.6**	80%
3.7	80%	**3.8**	60 с
3.9	400 Н	**3.10**	100 Н; 90%
3.11	60 см	**3.12**	10 кг
3.13	0,2 м/с		

4. Энергия и её превращения

4.1	120 Дж	**4.2**	200 кДж
4.3	2880 Дж	**4.4**	20 м
4.5	в 9 раз	**4.6**	10 м/с
4.7	3,2 м	**4.8**	$E_п$ = 200 Дж; $E_к$ = 400 Дж; 20 м/с
4.9	180 Дж	**4.10**	180 кДж
4.11	а) 12 м; б) в 3 раза	**4.12**	50 м; 200 м
4.13	3,6 Дж; 8 м/с	**4.14**	-1000 Дж; 20 кН

5. Количество теплоты

5.1	210 кДж	**5.2**	20 МДж
5.3	1 МДж	**5.4**	1,02 МДж
5.5	на 20 °C	**5.6**	2 кг
5.7	708,8 кДж	**5.8**	на 50 °C
5.9	5 кг	**5.10**	890 кДж
5.11	920 Н	**5.12**	60 °C
5.13	на 5 °C		

6. Работа и мощность электрического тока

6.1	440 Вт	**6.2**	1 080 000 Дж = 0,3 кВт·ч
6.3	а) $7{,}2 \cdot 10^6$ Дж; б) 0,5 кВт·ч	**6.4**	5 А
6.5	5 А; 1100 Вт	**6.6**	2400 Дж
6.7	180 кВт·ч; 1260 руб.	**6.8**	у 40 Вт: 1210 Ом и 484 Ом
6.9	1,2 кВт	**6.10**	336 с = 5 мин 36 с
6.11	а) 90 и 270 Вт; б) 1440 и 480 Вт	**6.12**	80%
6.13	800 Вт		

7. Комплексные задачи

7.1	18 $м^3$	**7.2**	180 МВт; 60 000 квартир
7.3	200 Вт	**7.4**	15 кВт
7.5	на 0,2 °C	**7.6**	2,8 МДж; 100 г
7.7	на 100 °C	**7.8**	30 А

Решения

Сверяй ход решения, а не только число в ответе

1. Механическая работа

1.1 а) 3,5 · 1000 = 3500 Дж; б) 0,2 МДж = 200 000 Дж = 200 кДж; в) 4500 : 1000 = 4,5 кДж; г) 72 000 : 1 000 000 = 0,072 МДж. **Ответ: а) 3500 Дж; б) 200 кДж; в) 4,5 кДж; г) 0,072 МДж.**

1.2 $A = F \cdot s = 40 \cdot 15 = 600$ Дж. **Ответ: 600 Дж.**

1.3 $m = 0{,}4$ кг; $F = mg = 0{,}4 \cdot 10 = 4$ Н; $A = F \cdot h = 4 \cdot 5 = 20$ Дж. **Ответ: 20 Дж.**

1.4 Штанга не перемещается: $s = 0$, значит $A = F \cdot s = 0$. Мышцы при этом устают, но механическая работа не совершается. **Ответ: 0.**

1.5 Сила тяжести направлена вертикально вниз, перемещение горизонтально (перпендикулярно силе), поэтому $A = 0$. **Ответ: 0.**

1.6 $F = mg = 12 \cdot 10 = 120$ Н; $A = F \cdot h = 120 \cdot 8 = 960$ Дж. **Ответ: 960 Дж.**

1.7 $A = 36\,000$ Дж; $F = \frac{A}{s} = \frac{36\,000}{30} = 1200$ Н. **Ответ: 1200 Н.**

1.8 $F = mg = 6000$ Н; $h = \frac{A}{F} = \frac{120\,000}{6000} = 20$ м. **Ответ: 20 м.**

1.9 При равномерном движении сила толчка равна силе трения: $F = 150$ Н. а) Трение направлено против движения: $A = -150 \cdot 6 = -900$ Дж. б) Сила толчка направлена по движению: $A = 150 \cdot 6 = 900$ Дж. **Ответ: а) −900 Дж; б) 900 Дж.**

1.10 Пролётов 5 − 1 = 4, $h = 4 \cdot 3 = 12$ м. $F = mg = 600$ Н; $A = 600 \cdot 12 = 7200$ Дж = 7,2 кДж. **Ответ: 7,2 кДж.**

1.11 $V = 2 \cdot 1 \cdot 0{,}2 = 0{,}4$ м^3; $m = \rho V = 2300 \cdot 0{,}4 = 920$ кг; $F = mg = 9200$ Н; $A = 9200 \cdot 15 = 138\,000$ Дж = 138 кДж. **Ответ: 138 кДж.**

1.12 Работа равна площади под графиком. Прямоугольник: $20 \cdot 4 = 80$ Дж. Треугольник: $\frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 6 = 60$ Дж. $A = 80 + 60 = 140$ Дж. **Ответ: 140 Дж.**

1.13 Ведро: $A_1 = mgh = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$ Дж. Цепь: масса $0{,}4 \cdot 10 = 4$ кг, её центр тяжести поднимается на 5 м: $A_2 = 4 \cdot 10 \cdot 5 = 200$ Дж. $A = 1000 + 200 = 1200$ Дж. **Ответ: 1200 Дж.**

1.14 Центр тяжести стержня находится в его середине и поднимается с пола на 1 м. $A = mgh = 5 \cdot 10 \cdot 1 = 50$ Дж. **Ответ: 50 Дж.**

2. Мощность

2.1 а) 2,5 · 1000 = 2500 Вт; б) 0,4 · 1000 = 400 кВт; в) 750 : 1000 = 0,75 кВт; г) 1 200 000 : 1 000 000 = 1,2 МВт. **Ответ: а) 2500 Вт; б) 400 кВт; в) 0,75 кВт; г) 1,2 МВт.**

2.2 $t = 120$ с; $N = \frac{24\,000}{120} = 200$ Вт. **Ответ: 200 Вт.**

2.3 $A = N \cdot t = 1500 \cdot 600 = 900\,000$ Дж = 900 кДж. **Ответ: 900 кДж.**

2.4 $t = \frac{A}{N} = \frac{60\,000}{2000} = 30$ с. **Ответ: 30 с.**

2.5 $A = mgh = 50 \cdot 10 \cdot 6 = 3000$ Дж; $N = \frac{3000}{12} = 250$ Вт. **Ответ: 250 Вт.**

2.6 $m = 1000 \cdot 1{,}2 = 1200$ кг; $A = 1200 \cdot 10 \cdot 15 = 180\,000$ Дж; $N = \frac{180\,000}{60} = 3000$ Вт = 3 кВт. **Ответ: 3 кВт.**

2.7 $v = 18 : 3{,}6 = 5$ м/с; сила тяги равна силе сопротивления; $N = F \cdot v = 40 \cdot 5 = 200$ Вт. **Ответ: 200 Вт.**

2.8 $v = \frac{N}{F} = \frac{3\,000\,000}{150\,000} = 20$ м/с; $20 \cdot 3{,}6 = 72$ км/ч. **Ответ: 20 м/с = 72 км/ч.**

2.9 Аня: $h = 3 \cdot 3 = 9$ м; $A = 400 \cdot 9 = 3600$ Дж; $N = 3600 : 30 = 120$ Вт. Боря: $h = 2 \cdot 3 = 6$ м; $A = 600 \cdot 6 = 3600$ Дж; $N = 3600 : 40 = 90$ Вт. Работа одинаковая, но Аня справилась быстрее: 120 − 90 = 30 Вт. **Ответ: Аня, на 30 Вт (120 и 90 Вт).**

2.10 $F = mg = 1200$ Н; $v = \frac{N}{F} = \frac{600}{1200} = 0{,}5$ м/с; $h = v \cdot t = 0{,}5 \cdot 60 = 30$ м. **Ответ: 0,5 м/с; 30 м.**

2.11 За 1 с падает 1800 : 60 = 30 м³, то есть 30 000 кг воды. $N = \frac{mgh}{t}$ = 30 000 · 10 · 25 = 7 500 000 Вт = 7,5 МВт. **Ответ: 7,5 МВт.**

2.12 v = 54 : 3,6 = 15 м/с; N = 600 · 15 = 9000 Вт = 9 кВт; A = N·t = 9000 · 1200 = 10 800 000 Дж = 10,8 МДж. **Ответ: 9 кВт; 10,8 МДж.**

2.13 F = k·v, поэтому N = F·v = k·v²: мощность пропорциональна квадрату скорости. $\frac{N_2}{N_1} = (\frac{3}{2})^2 = \frac{9}{4}$; $N_2 = 400 \cdot \frac{9}{4}$ = 900 Вт. **Ответ: 900 Вт.**

2.14 Наибольшая сила тяги $F = \frac{N}{v} = \frac{6000}{1}$ = 6000 Н, это вес 600 кг. На людей остаётся 600 − 300 = 300 кг, то есть 300 : 75 = 4 человека. **Ответ: 4 человека.**

3. Простые механизмы и КПД

3.1 $F_2 = \frac{90 \cdot 10}{30}$ = 30 Н. **Ответ: 30 Н.**

3.2 P = mg = 500 Н; $F = \frac{P}{2}$ = 250 Н. Выигрыш в силе в 2 раза ⇒ проигрыш в расстоянии в 2 раза: 2 · 2 = 4 м. **Ответ: 250 Н; 4 м.**

3.3 $\eta = \frac{300}{400} \cdot 100\%$ = 75%. **Ответ: 75%.**

3.4 Неподвижный блок выигрыша в силе не даёт: F = mg = 200 Н. **Ответ: 200 Н.**

3.5 Пусть опора на расстоянии x от груза 2 кг: 20 · x = 80 · (1 − x) ⇒ 100x = 80 ⇒ x = 0,8 м = 80 см (до тяжёлого груза 20 см). **Ответ: 80 см.**

3.6 $A_п$ = 60 · 10 · 1 = 600 Дж; $A_з$ = 250 · 3 = 750 Дж; $\eta = \frac{600}{750} \cdot 100\%$ = 80%. **Ответ: 80%.**

3.7 При подъёме на h конец верёвки проходит 2h. $\eta = \frac{mgh}{F \cdot 2h} = \frac{400}{500}$ = 0,8 = 80%. **Ответ: 80%.**

3.8 $A_п$ = 1500 · 10 · 12 = 180 000 Дж; $A_з = \frac{A_п}{\eta} = \frac{180\,000}{0{,}6}$ = 300 000 Дж; $t = \frac{A_з}{N} = \frac{300\,000}{5000}$ = 60 с. **Ответ: 60 с.**

3.9 $A_п$ = 100 · 10 · 1,2 = 1200 Дж; $A_з = \frac{1200}{0{,}75}$ = 1600 Дж; $F = \frac{1600}{4}$ = 400 Н. **Ответ: 400 Н.**

3.10 Поднимают груз вместе с блоком: $F = \frac{(18 + 2) \cdot 10}{2}$ = 100 Н. $\eta = \frac{m_г gh}{F \cdot 2h} = \frac{180}{200}$ = 90%. **Ответ: 100 Н; 90%.**

3.11 Правило моментов: 50 · 40 = 40 · 20 + 20 · x ⇒ 2000 = 800 + 20x ⇒ x = 60 см. **Ответ: 60 см.**

3.12 Вес доски приложен к её середине — 1,5 м от левого конца, то есть 0,5 м справа от опоры. Моменты: m · 10 · 1 = 200 · 0,5 ⇒ m = 10 кг. **Ответ: 10 кг.**

3.13 Общий КПД η = 0,8 · 0,9 = 0,72. Полезная мощность $N_п$ = 2500 · 0,72 = 1800 Вт = mg·v ⇒ $v = \frac{1800}{9000}$ = 0,2 м/с. **Ответ: 0,2 м/с.**

4. Энергия и её превращения

4.1 $E_п$ = mgh = 3 · 10 · 4 = 120 Дж. **Ответ: 120 Дж.**

4.2 $E_к = \frac{1000 \cdot 20^2}{2} = \frac{1000 \cdot 400}{2}$ = 200 000 Дж = 200 кДж. **Ответ: 200 кДж.**

4.3 m = 0,009 кг; $E_к = \frac{0{,}009 \cdot 640\,000}{2}$ = 2880 Дж. **Ответ: 2880 Дж.**

4.4 $h = \frac{E_п}{mg} = \frac{1000}{50}$ = 20 м. **Ответ: 20 м.**

4.5 $E_к$ пропорциональна v^2: 3^2 = 9. **Ответ: в 9 раз.**

4.6 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{100}$ = 10 м/с. **Ответ: 10 м/с.**

4.7 $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{64}{20}$ = 3,2 м. **Ответ: 3,2 м.**

4.8 Полная энергия E = 2 · 10 · 30 = 600 Дж. На высоте 10 м: $E_п$ = 2 · 10 · 10 = 200 Дж; $E_к$ = 600 − 200 = 400 Дж. $\frac{2 \cdot v^2}{2}$ = 400 ⇒ v^2 = 400 ⇒ v = 20 м/с. **Ответ: $E_п$ = 200 Дж; $E_к$ = 400 Дж; 20 м/с.**

4.9 В начале $E_п$ = 10 · 10 · 5 = 500 Дж. Внизу $E_к = \frac{10 \cdot 64}{2}$ = 320 Дж. Q = 500 − 320 = 180 Дж. **Ответ: 180 Дж.**

4.10 v_1 = 10 м/с, v_2 = 20 м/с. $E_{к1} = \frac{1200 \cdot 100}{2}$ = 60 000 Дж; $E_{к2} = \frac{1200 \cdot 400}{2}$ = 240 000 Дж. A = 240 000 − 60 000 = 180 000 Дж = 180 кДж. **Ответ: 180 кДж.**

4.11 а) Полная энергия $mg \cdot 24$ делится пополам: $mgh = mg \cdot 12 \Rightarrow h = 12$ м. б) $E_п = mg \cdot 6$, $E_к = mg \cdot (24 - 6) = mg \cdot 18$, отношение $18 : 6 = 3$. **Ответ: а) 12 м; б) в 3 раза.**

4.12 $v = 20$ м/с; $E_к = \frac{1500 \cdot 400}{2} = 300\,000$ Дж. Вся энергия уходит на работу трения: $F \cdot s = E_к \Rightarrow s = \frac{300\,000}{6000} = 50$ м. При вдвое большей скорости энергия в 4 раза больше: $4 \cdot 50 = 200$ м. **Ответ: 50 м; 200 м.**

4.13 Потеря: $mg(h_1 - h_2) = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 1{,}8 = 3{,}6$ Дж. Скорость отскока $v = \sqrt{(2gh_2)} = \sqrt{(2 \cdot 10 \cdot 3{,}2)} = \sqrt{64} = 8$ м/с. **Ответ: 3,6 Дж; 8 м/с.**

4.14 $E_{к1} = \frac{0{,}01 \cdot 360\,000}{2} = 1800$ Дж; $E_{к2} = \frac{0{,}01 \cdot 160\,000}{2} = 800$ Дж. $A = 800 - 1800 = -1000$ Дж. $F = \frac{1000}{0{,}05} = 20\,000$ Н $= 20$ кН. **Ответ: −1000 Дж; 20 кН.**

5. Количество теплоты

5.1 $Q = 4200 \cdot 5 \cdot 10 = 210\,000$ Дж $= 210$ кДж. **Ответ: 210 кДж.**

5.2 $Q = qm = 1{,}0 \cdot 10^7 \cdot 2 = 2 \cdot 10^7$ Дж $= 20$ МДж. **Ответ: 20 МДж.**

5.3 $Q = 500 \cdot 4 \cdot (520 - 20) = 500 \cdot 4 \cdot 500 = 1\,000\,000$ Дж $= 1$ МДж. **Ответ: 1 МДж.**

5.4 $Q = \lambda m = 3{,}4 \cdot 10^5 \cdot 3 = 1\,020\,000$ Дж $= 1{,}02$ МДж. **Ответ: 1,02 МДж.**

5.5 $\Delta t = \frac{Q}{cm} = \frac{840\,000}{4200 \cdot 10} = 20$ °C. **Ответ: на 20 °C.**

5.6 $m = \frac{Q}{q} = \frac{92 \cdot 10^6}{46 \cdot 10^6} = 2$ кг. **Ответ: 2 кг.**

5.7 Кастрюля: $920 \cdot 0{,}5 \cdot 80 = 36\,800$ Дж. Вода: $4200 \cdot 2 \cdot 80 = 672\,000$ Дж. $Q = 708\,800$ Дж $= 708{,}8$ кДж. **Ответ: 708,8 кДж.**

5.8 $Q = P \cdot t = 500 \cdot 420 = 210\,000$ Дж; $\Delta t = \frac{210\,000}{4200 \cdot 1} = 50$ °C. **Ответ: на 50 °C.**

5.9 $Q_{пол} = 4200 \cdot 100 \cdot 50 = 21\,000\,000$ Дж. $Q_{затр} = \frac{21\,000\,000}{0{,}42} = 50\,000\,000$ Дж; $m = \frac{5 \cdot 10^7}{10^7} = 5$ кг. **Ответ: 5 кг.**

5.10 Нагрев льда: $2100 \cdot 2 \cdot 10 = 42\,000$ Дж. Плавление: $3{,}4 \cdot 10^5 \cdot 2 = 680\,000$ Дж. Нагрев воды: $4200 \cdot 2 \cdot 20 = 168\,000$ Дж. Сумма $Q = 890\,000$ Дж $= 890$ кДж. **Ответ: 890 кДж.**

5.11 $Q = 46 \cdot 10^6 \cdot 8 = 368 \cdot 10^6$ Дж; полезная работа $A = 0{,}25 \cdot Q = 92 \cdot 10^6$ Дж. $F = \frac{A}{s} = \frac{92\,000\,000}{100\,000} = 920$ Н. **Ответ: 920 Н.**

5.12 Тепловой баланс: $c \cdot 3 \cdot (80 - t) = c \cdot 2 \cdot (t - 30) \Rightarrow 240 - 3t = 2t - 60 \Rightarrow 5t = 300 \Rightarrow t = 60$ °C. **Ответ: 60 °C.**

5.13 Один удар: $E = 50 \cdot 10 \cdot 2 = 1000$ Дж; 10 ударов — 10 000 Дж; заготовке достаётся 5000 Дж. $\Delta t = \frac{5000}{500 \cdot 2} = 5$ °C. **Ответ: на 5 °C.**

6. Работа и мощность электрического тока

6.1 $P = U \cdot I = 220 \cdot 2 = 440$ Вт. **Ответ: 440 Вт.**

6.2 $A = 100 \cdot 10\,800 = 1\,080\,000$ Дж; 0,1 кВт · 3 ч = 0,3 кВт·ч. **Ответ: 1 080 000 Дж = 0,3 кВт·ч.**

6.3 а) $2 \cdot 3{,}6 \cdot 10^6 = 7{,}2 \cdot 10^6$ Дж; б) $1{,}8 \cdot 10^6 : 3{,}6 \cdot 10^6 = 0{,}5$ кВт·ч. **Ответ: а) $7{,}2 \cdot 10^6$ Дж; б) 0,5 кВт·ч.**

6.4 $I = \frac{P}{U} = \frac{1100}{220} = 5$ А. **Ответ: 5 А.**

6.5 $I = \frac{220}{44} = 5$ А; $P = U \cdot I = 220 \cdot 5 = 1100$ Вт (или $P = \frac{U^2}{R} = \frac{48\,400}{44} = 1100$ Вт). **Ответ: 5 А; 1100 Вт.**

6.6 $Q = I^2Rt = 4 \cdot 10 \cdot 60 = 2400$ Дж. **Ответ: 2400 Дж.**

6.7 $W = 1{,}5 \cdot 4 \cdot 30 = 180$ кВт·ч; стоимость $180 \cdot 7 = 1260$ руб. **Ответ: 180 кВт·ч; 1260 руб..**

6.8 $R = \frac{U^2}{P}$: $\frac{48\,400}{40} = 1210$ Ом; $\frac{48\,400}{100} = 484$ Ом. Больше сопротивление у менее мощной лампы. **Ответ: у 40 Вт: 1210 Ом и 484 Ом.**

6.9 $Q = 4200 \cdot 1 \cdot 80 = 336\,000$ Дж; $t = 280$ с; $P = \frac{336\,000}{280} = 1200$ Вт. **Ответ: 1,2 кВт.**

6.10 $Q = 4200 \cdot 1{,}6 \cdot 80 = 537\,600$ Дж. Полезная мощность $0{,}8 \cdot 2000 = 1600$ Вт. $t = \frac{537\,600}{1600} = 336$ с. **Ответ: 336 с = 5 мин 36 с.**

6.11 а) $R = 40$ Ом, $I = \frac{120}{40} = 3$ А; $P_1 = 9 \cdot 10 = 90$ Вт, $P_2 = 9 \cdot 30 = 270$ Вт. б) На каждом 120 В: $P_1 = \frac{14\,400}{10} = 1440$ Вт, $P_2 = \frac{14\,400}{30} = 480$ Вт. Больше мощности выделяется: в а) на большем, в б) на меньшем сопротивлении. **Ответ: а) 90 и 270 Вт; б) 1440 и 480 Вт.**

6.12 Затраченная мощность $P = 220 \cdot 5 = 1100$ Вт. Полезная $N = \frac{mgh}{t} = \frac{880 \cdot 10}{10} = 880$ Вт. $\eta = \frac{880}{1100} \cdot 100\% = 80\%$. **Ответ: 80%.**

6.13 Сопротивление пропорционально длине: $R_2 = \frac{3}{4}R_1$. При том же U: $P = \frac{U^2}{R}$, значит $P_2 = \frac{4}{3}P_1 = \frac{4}{3} \cdot 600 = 800$ Вт. **Ответ: 800 Вт.**

7. Комплексные задачи

7.1 Полезная работа за час: $0{,}7 \cdot 1500 \cdot 3600 = 3\,780\,000$ Дж. $m = \frac{A}{gh} = \frac{3\,780\,000}{10 \cdot 21} = 18\,000$ кг $= 18$ м^3. **Ответ: 18 м^3.**

7.2 За 1 с: $m = 500\,000$ кг; $mgh = 500\,000 \cdot 10 \cdot 40 = 2{\cdot}10^8$ Дж. $N = 0{,}9 \cdot 2{\cdot}10^8 = 1{,}8{\cdot}10^8$ Вт $= 180$ МВт. $180\,000\,000 : 3000 = 60\,000$. **Ответ: 180 МВт; 60 000 квартир.**

7.3 $A = E_к = \frac{80 \cdot 100}{2} = 4000$ Дж; $N = \frac{4000}{20} = 200$ Вт. **Ответ: 200 Вт.**

7.4 На 100 м пути двигатель поднимает машину на 5 м: работа против тяжести $10\,000 \cdot 5 = 50\,000$ Дж, это добавочная сила $50\,000 : 100 = 500$ Н. Сила тяги $F = 500 + 500 = 1000$ Н. $N = F{\cdot}v = 1000 \cdot 15 = 15\,000$ Вт $= 15$ кВт. **Ответ: 15 кВт.**

7.5 $mgh = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{gh}{c} = \frac{10 \cdot 84}{4200} = 0{,}2$ °C. Масса сокращается. **Ответ: на 0,2 °C.**

7.6 Полезная работа $mgh = 70 \cdot 10 \cdot 1000 = 700\,000$ Дж. Из пищи: $\frac{700\,000}{0{,}25} = 2\,800\,000$ Дж $= 2800$ кДж. Это ровно 100 г орехов. **Ответ: 2,8 МДж; 100 г.**

7.7 На 1 кг пули: $\frac{v^2}{2} = \frac{40\,000}{2} = 20\,000$ Дж. $0{,}7 \cdot \frac{mv^2}{2} = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{0{,}7 \cdot 20\,000}{140} = 100$ °C. Масса пули не нужна. **Ответ: на 100 °C.**

7.8 Полезная мощность $N_п = \frac{1200 \cdot 10 \cdot 30}{40} = 9000$ Вт. Потребляемая $P = \frac{9000}{0{,}75} = 12\,000$ Вт. $I = \frac{P}{U} = \frac{12\,000}{400} = 30$ А. **Ответ: 30 А.**

Тетрадь пройдена! Отметь в итогах разделов номера, где были ошибки, и через неделю реши их ещё раз без подсказок — так знания закрепляются надёжнее всего.