Энергия. Работа и мощность

Преподаватель: Сорокина Василиса Ивановна

Задачи

Задача 1. Камень, подброшенный вверх в точке 1, свободно падает на землю. Траектория движения камня схематично изображена на рисунке. Трение пренебрежимо мало. Как изменяются кинетическая и потенциальная энергии камня вдоль траектории?



Задача 2. Геймер Вася каждый день «учится» 4 часа за компом — играет в «Танки», «Майнкрафт» и чуть-чуть смотрит учебники в PDF. Компьютер Васи мощный, кушает 200 Ватт в час. Сколько энергии Вася «нагеймерит» за неделю, если каждый день он сражается по 4 часа?

Задача 3. Кот Барсик лёг спать прямо на ноутбук — как всегда. Ноутбук греется 20 Вт, а Барсик считает это официальным отоплением. Если Барсик спит на ноутбуке 8 часов в день, сколько энергии он получит за сутки?

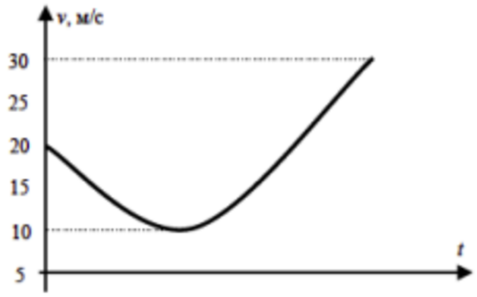
Задача 4. Вася утверждает, что одна пицца даёт ему силы на 3 часа физики. В одной пицце 1000 ккал. Сколько ватт составляет «мощность Васи», если он работает 3 часа на пицце? (Подсказка: 1 ккал $\approx$ 4184 Дж).

Задача 5. Мама стирает Васины носки в машине мощностью 2 кВт. На одну стирку уходит 1 час. Если Вася умудряется пачкать по 7 пар носков в неделю, сколько энергии уходит на поддержание носочной чистоты?

Задача 6. Петя прочитал, что лимонная батарейка может выдавать 0,9 В и 0,001 А. Он решил построить «соковую электростанцию» из 100 лимонов, чтобы зарядить телефон. Сколько Пете придётся ждать, если его телефону нужно 54 000 Дж энергии?

Задача 7. Шарик массой 1 кг, находящийся на высоте 10 м, из состояния покоя падает на поверхность, при этом выделяется количество теплоты 10 Дж, отскакивает вверх на высоту h_2. Найдите высоту подъёма h_2. Ответ дайте в м.

Задача 8. (МОШ, 2017, 11) На графике представлена зависимость модуля скорости шарика, брошенного под углом к горизонту с балкона, от момента броска до падения на землю. Определите, под каким углом был брошен шарик и на какой высоте над землёй находится балкон. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. $g = 10$ м/с^2.



Задача 9. Человек равномерно толкает вагонетку массой 0,7 т по горизонтальному участку пути длиной 200 м. Какую работу совершает человек, если сила трения составляет 0,06 силы тяжести вагонетки?

Задача 10. Длина медной трубы 2 м, внешний диаметр 20 см, толщина стенок 1 см. На какую высоту поднимает трубу подъёмник мощностью 350 Вт за 13 с? Плотность меди 8960 кг/м^3.

Задача 11. Скорость сплавляемого по реке плота и скорость течения воды в реке одинаковы. Что обладает большей кинетической энергией: вода объёмом 1 м^3 или древесина объёмом 1 м^3?

Задача 12. История человечества зафиксировала множество случаев, когда с неба падали различные предметы: пшеница, горох, куски ткани, фрукты, верёвки, рыба, лягушки, и даже металлические деньги. Вот любопытное сообщение из газеты «Известия» за 13 апреля 1985 года: пожилой житель Лондона Р. Лэнгтон даже представить себе не мог, что на свете и такое бывает. Рано утром пошёл дождь, после чего Лэнгтон выглянул в окно и увидел: весь его приусадебный участок устлан «ковром» из живой рыбы. Оцените энергию рыбы массой 500 г, которая упала на приусадебный участок Лэнгтона с высоты 500 м. Как при этом изменялись потенциальная и кинетическая энергии рыбы?

Задача 13. Тело массой 3 кг, падающее с высоты 10 м, пролетев половину расстояния до земли, приобрело скорость 10 м/с. Чему равны в этот момент потенциальная и кинетическая энергия тела?

Задача 14. Представь себе электромобиль, работающий на апельсиновом соке, который каким-то образом можно прямо превращать в энергию (1 литр сока даёт 2000 ккал). Сколько литров сока нужно, чтобы автомобиль массой 800 кг разогнался до 72 км/ч? 1 ккал = 4184 Дж.

Задача 15. На планете с ускорением свободного падения g' человек массой m делает вертикальный прыжок, сообщая себе начальную скорость v_0. Найдите, на какую высоту он поднимется, и какова будет его максимальная потенциальная энергия относительно точки старта.

Задача 16. Скейтбордист разгоняется, отталкиваясь от земли с постоянной горизонтальной силой F, масса скейтборда с человеком m. Найдите, сколько работы он совершит и какую кинетическую энергию наберёт за время t, если начальная скорость была нулевая и трение отсутствует.

Задача 17. У звёзд есть такой параметр, как светимость — то, сколько энергии выделяется со всей поверхности звезды за одну секунду. Например, светимость Веги в 40 раз больше светимости Солнца, и составляет $1{,}5 \cdot 10^{28}$ Вт. А сколько энергии приходит на 1 квадратный метр, расположенный на расстоянии 1 астрономической единицы от Веги, за одну секунду?

Задача 18. Наверное все слышали про Проксиму Центавра — ближайшую звезду к Солнцу. Её светимость составляет $6{,}51 \cdot 10^{23}$ Вт (0,0017 от Солнечной светимости). Судя по наблюдениям, вокруг неё обращаются две планеты: Проксима Центавра b и Проксима Центавра c, первая на расстоянии 0,0485 а.е., вторая — 1,49 а.е. Найдите энергию, которая приходит на один квадратный метр за одну секунду на поверхности этих планет.

Задача 19. Люди давно пытались понять: как же светит Солнце? Во времена промышленной революции и паровозов в 18 веке было предположение, что Солнце горит на угле. Если удельная теплота сгорания угля $3 \cdot 10^7$ Дж/кг, а на 1 квадратный метр Земли за 1 секунду приходит энергия 1360 Дж, то как быстро сгорело бы такое угольное Солнце?

Задача 20. Солнечная панель с мощностью 300 Вт получает 5 часов солнечного света в день. Сколько энергии она произведёт за день?

Задача 21. Если гидроэлектростанция использует поток воды с расходом 1000 л/с и перепадом высоты 30 м, какую мощность она может генерировать? (Учитывайте, что 1 л воды весит 1 кг, $g = 9{,}81$ м/с^2).

Задача 22. Рассчитайте, сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг бензина, если его удельная теплота сгорания составляет 42 МДж/кг.

Задача 23. Спутник использует солнечные панели общей мощностью 500 Вт. Если он находится на орбите с постоянным солнечным облучением в 1361 Вт/м^2 и площадь панелей 1,2 м^2, какая часть энергии будет преобразована в электрическую?

Задача 24. Ракета использует 1,5 тонны ракетного топлива с удельной энергией 2500 МДж/т. Сколько энергии выделится при его сгорании?

Задача 25. Рассчитайте изменение потенциальной энергии для космического аппарата массой 1000 кг, если он поднимается с поверхности Луны ($g = 1{,}62$ м/с^2) на высоту 500 км.

Задача 26. Найти солнечную постоянную — сколько энергии приходит на 1 м^2 на заданном расстоянии от звезды, рассчитать для других самых известных звёзд.

Задача 27. Двигатель получает 800 Дж энергии от топлива и выполняет 400 Дж работы. Каков КПД этого двигателя?

Задача 28. Космический корабль использует 20000 Дж энергии за время полёта к другой планете. Из этой энергии 12000 Дж затрачивается на полезную работу, связанную с движением. Каков КПД космического корабля?

Задача 29. Солнечные панели на спутнике преобразуют 5000 Дж солнечной энергии в 1500 Дж электрической энергии. Найдите КПД солнечных батарей.

Задача 30. Ракетный двигатель затрачивает 100000 Дж энергии в процессе работы. При этом он выполняет работу 25000 Дж. Каков КПД ракеты?

Задача 31. До поверхности Земли доходит 52% излучения через атмосферу, лист может использовать 1% падающей энергии. На образование 0,5 кг глюкозы нужно 17 кДж, а площадь поверхности дерева 100 м^2, солнце светит 10 часов. Сколько будет создано глюкозы?

Задача 32. Рассчитать, какой будет скорость у тела, которое запускают с высоты 5 метров, параллельно земле с некоторой скоростью v_0. (Скорость и высоту пускай задают сами).

Задача 33. Энергия на скоростной трассе: автомобиль массой 1200 кг движется со скоростью 90 км/ч. Какую кинетическую энергию он имеет? Как изменится эта энергия, если скорость увеличится до 180 км/ч?

Задача 34. Если капля воды массой 0,01 кг падает с высоты 2 км, какую скорость она имеет перед падением на асфальт?

Задача 35. Автомобиль едет по горизонтальной дороге со скоростью v и начинает резко тормозить. Найти путь s, пройденный автомобилем до полной остановки, если коэффициент трения шин о дорогу равен μ.

Решения

Задача 1. **Условие.** Камень, подброшенный вверх в точке 1, свободно падает на землю. Траектория движения камня схематично изображена на рисунке. Трение пренебрежимо мало. Как изменяются кинетическая и потенциальная энергии камня вдоль траектории?

Решение. При движении камня вверх (точка 1 $\to$ точка 2) его кинетическая энергия уменьшается, а потенциальная возрастает. В верхней точке траектории (точка 2) кинетическая энергия обращается в ноль, а потенциальная энергия максимальна. При дальнейшем падении (точка 2 $\to$ точка 3 $\to$ точка 4) потенциальная энергия переходит в кинетическую: потенциальная уменьшается, кинетическая растёт. Непосредственно перед падением на землю (точка 4) кинетическая энергия максимальна, а потенциальная энергия равна нулю. Поскольку трение пренебрежимо мало, полная механическая энергия сохраняется на всей траектории.

Ответ: кинетическая энергия уменьшается при подъёме и растёт при падении; потенциальная энергия растёт при подъёме и уменьшается при падении; полная механическая энергия сохраняется.

Задача 2. **Условие.** Геймер Вася каждый день «учится» 4 часа за компом — играет в «Танки», «Майнкрафт» и чуть-чуть смотрит учебники в PDF. Компьютер Васи мощный, кушает 200 Ватт в час. Сколько энергии Вася «нагеймерит» за неделю, если каждый день он сражается по 4 часа?

Решение. Мощность компьютера $P = 200$ Вт. Время игры в день $t_{\text{день}} = 4$ ч $= 14\,400$ с. Число дней в неделе $N = 7$.

Энергия за один день:

$$E_{\text{день}} = P \cdot t_{\text{день}} = 200\ \text{Вт} \cdot 14\,400\ \text{с} = 2\,880\,000\ \text{Дж} = 2{,}88\ \text{МДж}.$$

За неделю:

$$E_{\text{нед}} = E_{\text{день}} \cdot 7 = 2\,880\,000 \cdot 7 = 20\,160\,000\ \text{Дж} \approx 2{,}016 \cdot 10^7\ \text{Дж}.$$

В киловатт-часах: $E_{\text{нед}} = 0{,}2\ \text{кВт} \cdot 4\ \text{ч} \cdot 7 = 5{,}6\ \text{кВт} \cdot \text{ч}$.

Ответ: $\approx 2{,}016 \cdot 10^7$ Дж (или 5,6 кВт·ч).

Задача 3. **Условие.** Кот Барсик лёг спать прямо на ноутбук — как всегда. Ноутбук греется 20 Вт, а Барсик считает это официальным отоплением. Если Барсик спит на ноутбуке 8 часов в день, сколько энергии он получит за сутки?

Решение. Мощность ноутбука $P = 20$ Вт. Время сна $t = 8$ ч $= 8 \cdot 3600 = 28\,800$ с.

Энергия за сутки:

$$E = P \cdot t = 20\ \text{Вт} \cdot 28\,800\ \text{с} = 576\,000\ \text{Дж} = 576\ \text{кДж}.$$

Ответ: 576 кДж (или 0,16 кВт·ч).

Задача 4. **Условие.** Вася утверждает, что одна пицца даёт ему силы на 3 часа физики. В одной пицце 1000 ккал. Сколько ватт составляет «мощность Васи», если он работает 3 часа на пицце? (Подсказка: 1 ккал ≈ 4184 Дж).

Решение. Энергия одной пиццы:

$$E = 1000\ \text{ккал} \cdot 4184\ \text{Дж/ккал} = 4\,184\,000\ \text{Дж}.$$

Время работы $t = 3$ ч $= 3 \cdot 3600 = 10\,800$ с.

Мощность Васи:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{4\,184\,000}{10\,800} \approx 387{,}4 \text{ Вт}.$$

Ответ: ≈ 387 Вт.

Задача 5. **Условие.** Мама стирает Васины носки в машине мощностью 2 кВт. На одну стирку уходит 1 час. Если Вася умудряется пачкать по 7 пар носков в неделю, сколько энергии уходит на поддержание носочной чистоты?

Решение. Мощность стиральной машины $P = 2$ кВт $= 2000$ Вт. Время одной стирки $t = 1$ ч $= 3600$ с.

Энергия одной стирки:

$$E_1 = P \cdot t = 2000 \cdot 3600 = 7\,200\,000 \text{ Дж} = 7{,}2 \text{ МДж}.$$

Если Вася пачкает 7 пар носков в неделю и всё это стирается (например, за одну стирку), то энергия за неделю равна $E_1 = 7{,}2$ МДж. Если предположить, что каждая пара стирается отдельно — умножаем на 7: $7 \cdot 7{,}2 = 50{,}4$ МДж.

В стандартной трактовке задачи принимается одна стирка в неделю: $E = 7{,}2$ МДж $= 2$ кВт·ч.

Ответ: 7,2 МДж (или 2 кВт·ч за одну стирку в неделю).

Задача 6. **Условие.** Петя прочитал, что лимонная батарейка может выдавать 0,9 В и 0,001 А. Он решил построить «соковую электростанцию» из 100 лимонов, чтобы зарядить телефон. Сколько Пете придётся ждать, если его телефону нужно 54 000 Дж энергии?

Решение. Мощность одной лимонной батарейки:

$$P_1 = U \cdot I = 0{,}9 \text{ В} \cdot 0{,}001 \text{ А} = 0{,}0009 \text{ Вт}.$$

Мощность 100 лимонов (при последовательном включении напряжения суммируются, а ток остаётся прежним, что удобнее для зарядки):

$$P = 100 \cdot U \cdot I = 100 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}001 = 0{,}09 \text{ Вт}.$$

Время зарядки:

$$t = \frac{E}{P} = \frac{54\,000 \text{ Дж}}{0{,}09 \text{ Вт}} = 600\,000 \text{ с} \approx 166{,}7 \text{ ч} \approx 6{,}9 \text{ суток}.$$

Ответ: $\approx 600\,000$ с (около 167 часов, или почти 7 суток).

Задача 7. **Условие.** Шарик массой 1 кг, находящийся на высоте 10 м, из состояния покоя падает на поверхность, при этом выделяется количество теплоты 10 Дж, отскакивает вверх на высоту h_2. Найдите высоту подъёма h_2. Ответ дайте в м.

Решение. Начальная потенциальная энергия шарика:

$$E_{p1} = mgh_1 = 1 \cdot 10 \cdot 10 = 100 \text{ Дж}.$$

При ударе о поверхность выделяется теплота $Q = 10$ Дж. По закону сохранения энергии механическая энергия после отскока:

$$E_{p2} = E_{p1} - Q = 100 - 10 = 90 \text{ Дж}.$$

С другой стороны, потенциальная энергия на высоте h_2:

$$E_{p2} = mgh_2 \implies h_2 = \frac{E_{p2}}{mg} = \frac{90}{1 \cdot 10} = 9 \text{ м}.$$

Ответ: 9 м.

Задача 8. **Условие.** (МОШ, 2017, 11) На графике представлена зависимость модуля скорости шарика, брошенного под углом к горизонту с балкона, от момента броска до падения на землю. Определите, под каким углом был брошен шарик и на какой высоте над землёй находится балкон. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. $g = 10$ м/с^2.

Решение. По графику определяем:

- Начальная скорость $v_0 = 20$ м/с (при $t = 0$).
- Минимальная скорость $v_{\min} = 10$ м/с — это скорость в верхней точке траектории, где вертикальная составляющая обращается в ноль, а горизонтальная остаётся постоянной: $v_x = v_0 \cos\alpha = 10$ м/с.
- Конечная скорость $v_{\text{кон}} = 30$ м/с (в момент падения на землю).

Из условия $v_0 \cos\alpha = v_{\min} = 10$ м/с:

$$\cos\alpha = \frac{10}{20} = 0{,}5 \implies \alpha = 60^\circ.$$

Вертикальная составляющая начальной скорости:

$$v_{0y} = v_0 \sin\alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \approx 17{,}32 \text{ м/с}.$$

Полное время полёта найдём из графика: скорость достигает 30 м/с приблизительно при $t \approx 4{,}5$ с.

Из закона сохранения энергии, конечная скорость связана с начальной высотой H:

$$v_{\text{кон}}^2 = v_0^2 + 2gH \implies H = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_0^2}{2g}.$$

$$H = \frac{30^2 - 20^2}{2 \cdot 10} = \frac{900 - 400}{20} = \frac{500}{20} = 25 \text{ м}.$$

Ответ: $\alpha = 60^\circ$; высота балкона $H = 25$ м.

Задача 9. **Условие.** Человек равномерно толкает вагонетку массой 0,7 т по горизонтальному участку пути длиной 200 м. Какую работу совершает человек, если сила трения составляет 0,06 силы тяжести вагонетки?

Решение. Масса вагонетки $m = 0{,}7$ т $= 700$ кг. Сила трения:

$$F_{\text{тр}} = 0{,}06\, mg = 0{,}06 \cdot 700 \cdot 9{,}8 \approx 411{,}6 \text{ Н}.$$

Так как вагонетка движется равномерно, приложенная сила равна силе трения: $F = F_{\text{тр}}$.

Работа человека:

$$A = F \cdot S = 411{,}6 \cdot 200 = 82\,320 \text{ Дж} \approx 82{,}3 \text{ кДж}.$$

(При $g = 10$ м/с^2: $F_{\text{тр}} = 0{,}06 \cdot 700 \cdot 10 = 420$ Н, $A = 420 \cdot 200 = 84\,000$ Дж $= 84$ кДж).

Ответ: $\approx 82{,}3$ кДж (или 84 кДж при $g = 10$ м/с^2).

Задача 10. **Условие.** Длина медной трубы 2 м, внешний диаметр 20 см, толщина стенок 1 см. На какую высоту поднимает трубу подъёмник мощностью 350 Вт за 13 с? Плотность меди 8960 кг/м^3.

Решение. Внешний радиус $R = 10$ см $= 0{,}1$ м, внутренний радиус $r = 10 - 1 = 9$ см $= 0{,}09$ м, длина $L = 2$ м.

Объём меди:

$$V = \pi(R^2 - r^2)L = \pi(0{,}1^2 - 0{,}09^2) \cdot 2 = \pi(0{,}01 - 0{,}0081) \cdot 2 = \pi \cdot 0{,}0019 \cdot 2 \approx 0{,}01194 \text{ м}^3.$$

Масса трубы:

$$m = \rho V = 8960 \cdot 0{,}01194 \approx 106{,}98 \text{ кг}.$$

Работа подъёмника:

$$A = P \cdot t = 350 \cdot 13 = 4550 \text{ Дж}.$$

С другой стороны, работа против силы тяжести $A = mgh$. Тогда:

$$h = \frac{A}{mg} = \frac{4550}{106{,}98 \cdot 9{,}8} \approx \frac{4550}{1048{,}4} \approx 4{,}34 \text{ м}.$$

(При $g = 10$ м/с^2: $h = \frac{4550}{1069{,}8} \approx 4{,}25$ м).

Ответ: $\approx 4{,}3$ м.

Задача 11. **Условие.** Скорость сплавляемого по реке плота и скорость течения воды в реке одинаковы. Что обладает большей кинетической энергией: вода объёмом 1 м^3 или древесина объёмом 1 м^3?

Решение. Кинетическая энергия тела:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho V v^2}{2}.$$

Скорости одинаковы, объёмы одинаковы ($V = 1$ м^3), поэтому кинетическая энергия пропорциональна плотности вещества.

Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м^3. Плотность древесины (например, сосны) $\rho_{\text{д}} \approx 400$–$600$ кг/м^3. Поскольку $\rho_{\text{в}} > \rho_{\text{д}}$, вода обладает большей кинетической энергией.

Ответ: вода объёмом 1 м^3 обладает большей кинетической энергией.

Задача 12. **Условие.** Рыба массой 500 г упала на приусадебный участок с высоты 500 м. Оцените её энергию. Как при этом изменялись потенциальная и кинетическая энергии рыбы?

Решение. Масса рыбы $m = 0{,}5$ кг, высота $h = 500$ м.

Начальная потенциальная энергия рыбы:

$$E_p = mgh = 0{,}5 \cdot 9{,}8 \cdot 500 = 2450 \text{ Дж}.$$

В момент падения на землю вся потенциальная энергия переходит в кинетическую:

$$E_k = E_p = 2450 \text{ Дж}.$$

По мере падения потенциальная энергия уменьшается (от 2450 Дж до 0), а кинетическая возрастает (от 0 до 2450 Дж). Полная механическая энергия при отсутствии сопротивления воздуха сохраняется.

Ответ: энергия ≈ 2450 Дж; потенциальная энергия уменьшается, кинетическая растёт.

Задача 13. **Условие.** Тело массой 3 кг, падающее с высоты 10 м, пролетев половину расстояния до земли, приобрело скорость 10 м/с. Чему равны в этот момент потенциальная и кинетическая энергия тела?

Решение. Высота в рассматриваемый момент: $h = 10 - 5 = 5$ м.

Потенциальная энергия:

$$E_p = mgh = 3 \cdot 9{,}8 \cdot 5 = 147 \text{ Дж} \quad (\text{или } 150 \text{ Дж при } g = 10).$$

Кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^2}{2} = 150 \text{ Дж}.$$

Ответ: $E_p \approx 147$ Дж, $E_k = 150$ Дж.

Задача 14. **Условие.** Представь себе электромобиль, работающий на апельсиновом соке, который каким-то образом можно прямо превращать в энергию (1 литр сока даёт 2000 ккал). Сколько литров сока нужно, чтобы автомобиль массой 800 кг разогнался до 72 км/ч? 1 ккал = 4184 Дж.

Решение. Скорость $v = 72$ км/ч $= 20$ м/с.

Кинетическая энергия автомобиля:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{800 \cdot 20^2}{2} = \frac{800 \cdot 400}{2} = 160\,000 \text{ Дж} = 160 \text{ кДж}.$$

Энергия одного литра сока:

$$E_1 = 2000 \cdot 4184 = 8\,368\,000 \text{ Дж} = 8{,}368 \text{ МДж}.$$

Требуемый объём сока:

$$V = \frac{E_k}{E_1} = \frac{160\,000}{8\,368\,000} \approx 0{,}0191 \text{ л} \approx 19 \text{ мл}.$$

Ответ: $\approx 0{,}019$ л (около 19 мл).

Задача 15. **Условие.** На планете с ускорением свободного падения g' человек массой m делает вертикальный прыжок, сообщая себе начальную скорость v_0. Найдите, на какую высоту он поднимется, и какова будет его максимальная потенциальная энергия относительно точки старта.

Решение. По закону сохранения механической энергии начальная кинетическая энергия полностью переходит в потенциальную в верхней точке:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg'h \implies h = \frac{v_0^2}{2g'}.$$

Максимальная потенциальная энергия относительно точки старта:

$$E_{p,\max} = mgh = \frac{mv_0^2}{2}.$$

Ответ: $h = \dfrac{v_0^2}{2g'}$, $E_{p,\max} = \dfrac{mv_0^2}{2}$.

Задача 16. **Условие.** Скейтбордист разгоняется, отталкиваясь от земли с постоянной горизонтальной силой F, масса скейтборда с человеком m. Найдите, сколько работы он совершит и какую кинетическую энергию наберёт за время t, если начальная скорость была нулевая и трение отсутствует.

Решение. Ускорение скейтбордиста:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Скорость в момент времени t:

$$v = at = \frac{Ft}{m}.$$

Перемещение за это время:

$$s = \frac{at^2}{2} = \frac{Ft^2}{2m}.$$

Совершённая работа:

$$A = F \cdot s = F \cdot \frac{Ft^2}{2m} = \frac{F^2t^2}{2m}.$$

Приобретённая кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}\left(\frac{Ft}{m}\right)^2 = \frac{F^2t^2}{2m}.$$

Ответ: $A = E_k = \dfrac{F^2t^2}{2m}$.

Задача 17. **Условие.** У звёзд есть такой параметр, как светимость — то, сколько энергии выделяется со всей поверхности звезды за одну секунду. Например, светимость Веги в 40 раз больше светимости Солнца, и составляет $1{,}5 \cdot 10^{28}$ Вт. А сколько энергии приходит на 1 квадратный метр, расположенный на расстоянии 1 астрономической единицы от Веги, за одну секунду?

Решение. Расстояние 1 а.е. $= 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м.

Излучение звезды распространяется сферически, поэтому энергия, приходящая на 1 м^2 на расстоянии r, равна:

$$I = \frac{L}{4\pi r^2}.$$

Подставим значения:

$$I = \frac{1{,}5 \cdot 10^{28}}{4\pi \cdot (1{,}5 \cdot 10^{11})^2} = \frac{1{,}5 \cdot 10^{28}}{4\pi \cdot 2{,}25 \cdot 10^{22}} = \frac{1{,}5 \cdot 10^{28}}{2{,}827 \cdot 10^{23}} \approx 53 \text{ Вт/м}^2.$$

Ответ: ≈ 53 Вт/м^2.

Задача 18. **Условие.** Светимость Проксимы Центавра составляет $6{,}51 \cdot 10^{23}$ Вт. Вокруг неё обращаются две планеты: Проксима Центавра b на расстоянии 0,0485 а.е. и Проксима Центавра c на расстоянии 1,49 а.е. Найдите энергию, которая приходит на один квадратный метр за одну секунду на поверхности этих планет.

Решение. Расстояние 1 а.е. $= 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м.

Для планеты b ($r_b = 0{,}0485$ а.е. $= 0{,}0485 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11} \approx 7{,}275 \cdot 10^9$ м):

$$I_b = \frac{L}{4\pi r_b^2} = \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot (7{,}275 \cdot 10^9)^2} = \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot 5{,}29 \cdot 10^{19}} \approx \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{6{,}65 \cdot 10^{20}} \approx 980 \text{ Вт/м}^2.$$

Для планеты c ($r_c = 1{,}49$ а.е. $= 1{,}49 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11} \approx 2{,}235 \cdot 10^{11}$ м):

$$I_c = \frac{L}{4\pi r_c^2} = \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot (2{,}235 \cdot 10^{11})^2} = \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^{22}} \approx \frac{6{,}51 \cdot 10^{23}}{6{,}28 \cdot 10^{23}} \approx 1{,}04 \text{ Вт/м}^2.$$

Ответ: для b ≈ 980 Вт/м^2, для c $\approx 1{,}04$ Вт/м^2.

Задача 19. **Условие.** Люди давно пытались понять: как же светит Солнце? Во времена промышленной революции и паровозов в 18 веке было предположение, что Солнце горит на угле. Если удельная теплота сгорания угля $3 \cdot 10^7$ Дж/кг, а на 1 квадратный метр Земли за 1 секунду приходит энергия 1360 Дж, то как быстро сгорело бы такое угольное Солнце?

Решение. Расстояние от Земли до Солнца $R = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м. Полная мощность излучения Солнца (светимость):

$$L = I \cdot 4\pi R^2 = 1360 \cdot 4\pi \cdot (1{,}5 \cdot 10^{11})^2 = 1360 \cdot 4\pi \cdot 2{,}25 \cdot 10^{22} \approx 3{,}85 \cdot 10^{26} \text{ Вт}.$$

Масса угля, необходимая для выделения такой энергии за 1 секунду:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{L}{q} = \frac{3{,}85 \cdot 10^{26}}{3 \cdot 10^7} \approx 1{,}28 \cdot 10^{19} \text{ кг/с}.$$

Масса Солнца $M_\odot \approx 2 \cdot 10^{30}$ кг. Время полного сгорания:

$$t = \frac{M_\odot}{dm/dt} = \frac{2 \cdot 10^{30}}{1{,}28 \cdot 10^{19}} \approx 1{,}56 \cdot 10^{11} \text{ с} \approx 5000 \text{ лет}.$$

Ответ: такое угольное Солнце сгорело бы примерно за 5000 лет.

Задача 20. **Условие.** Солнечная панель с мощностью 300 Вт получает 5 часов солнечного света в день. Сколько энергии она произведёт за день?

Решение. Мощность $P = 300$ Вт, время $t = 5$ ч $= 5 \cdot 3600 = 18\,000$ с.

Энергия:

$$E = P \cdot t = 300 \cdot 18\,000 = 5\,400\,000 \text{ Дж} = 5{,}4 \text{ МДж} = 1{,}5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Ответ: 5,4 МДж (или 1,5 кВт·ч).

Задача 21. **Условие.** Если гидроэлектростанция использует поток воды с расходом 1000 л/с и перепадом высоты 30 м, какую мощность она может генерировать? (Учитывайте, что 1 л воды весит 1 кг, $g = 9{,}81$ м/с^2).

Решение. Расход воды $Q = 1000$ л/с $= 1$ м^3/с, значит масса воды за секунду $m = 1000$ кг.

Мощность потока воды:

$$P = \frac{mgh}{t} = \rho Q g h = 1000 \cdot 1 \cdot 9{,}81 \cdot 30 = 294\,300 \text{ Вт} \approx 294 \text{ кВт}.$$

Ответ: ≈ 294 кВт.

Задача 22. **Условие.** Рассчитайте, сколько теплоты выделится при сгорании 1 кг бензина, если его удельная теплота сгорания составляет 42 МДж/кг.

Решение. Количество теплоты:

$$Q = q \cdot m = 42 \text{ МДж/кг} \cdot 1 \text{ кг} = 42 \text{ МДж}.$$

Ответ: 42 МДж.

Задача 23. **Условие.** Спутник использует солнечные панели общей мощностью 500 Вт. Если он находится на орбите с постоянным солнечным облучением в 1361 Вт/м^2 и площадь панелей 1,2 м^2, какая часть энергии будет преобразована в электрическую?

Решение. Падающая мощность на панели:

$$P_{\text{пад}} = I \cdot S = 1361 \cdot 1{,}2 = 1633{,}2 \text{ Вт}.$$

КПД солнечных панелей:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{пад}}} = \frac{500}{1633{,}2} \approx 0{,}306 = 30{,}6\%.$$

Ответ: $\approx 30{,}6\%$.

Задача 24. **Условие.** Ракета использует 1,5 тонны ракетного топлива с удельной энергией 2500 МДж/т. Сколько энергии выделится при его сгорании?

Решение. Энергия:

$$E = q \cdot m = 2500 \text{ МДж/т} \cdot 1{,}5 \text{ т} = 3750 \text{ МДж} = 3{,}75 \text{ ГДж}.$$

Ответ: 3750 МДж.

Задача 25. **Условие.** Рассчитайте изменение потенциальной энергии для космического аппарата массой 1000 кг, если он поднимается с поверхности Луны ($g = 1{,}62$ м/с^2) на высоту 500 км.

Решение. Поскольку высота 500 км сопоставима с радиусом Луны ($R_{\text{Л}} \approx 1737$ км), используем формулу для гравитационной потенциальной энергии:

$$\Delta E_p = GMm \left(\frac{1}{R_{\text{Л}}} - \frac{1}{R_{\text{Л}} + h} \right).$$

Учтём, что $GM = gR_{\text{Л}}^2$:

$$\Delta E_p = mgR_{\text{Л}}^2 \left(\frac{1}{R_{\text{Л}}} - \frac{1}{R_{\text{Л}} + h} \right) = mgR_{\text{Л}} \left(1 - \frac{R_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}} + h} \right) = mgR_{\text{Л}} \cdot \frac{h}{R_{\text{Л}} + h}.$$

Подставим: $R_{\text{Л}} = 1{,}737 \cdot 10^6$ м, $h = 5 \cdot 10^5$ м.

$$\Delta E_p = 1000 \cdot 1{,}62 \cdot 1{,}737 \cdot 10^6 \cdot \frac{5 \cdot 10^5}{2{,}237 \cdot 10^6} \approx 2{,}814 \cdot 10^9 \cdot 0{,}2235 \approx 6{,}29 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

(Если считать g постоянным: $\Delta E_p = mgh = 1000 \cdot 1{,}62 \cdot 5 \cdot 10^5 = 8{,}1 \cdot 10^8$ Дж).

Ответ: $\approx 6{,}3 \cdot 10^8$ Дж (точный расчёт).

Задача 26. **Условие.** Найти солнечную постоянную — сколько энергии приходит на 1 м^2 на заданном расстоянии от звезды, рассчитать для других самых известных звёзд.

Решение. Солнечная постоянная для звезды светимости L на расстоянии r:

$$I = \frac{L}{4\pi r^2}.$$

Для Солнца: $L_\odot = 3{,}828 \cdot 10^{26}$ Вт, $r = 1$ а.е. $= 1{,}496 \cdot 10^{11}$ м:

$$I_\odot = \frac{3{,}828 \cdot 10^{26}}{4\pi \cdot (1{,}496 \cdot 10^{11})^2} \approx 1361 \text{ Вт/м}^2.$$

Для любой другой звезды:

$$I_* = I_\odot \cdot \frac{L_*}{L_\odot} \cdot \left(\frac{r_\oplus}{r} \right)^2.$$

Ответ: $I = \dfrac{L}{4\pi r^2}$; для Солнца $I_\odot \approx 1361$ Вт/м^2.

Задача 27. **Условие.** Двигатель получает 800 Дж энергии от топлива и выполняет 400 Дж работы. Каков КПД этого двигателя?

Решение. КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{Q_{\text{затр}}} = \frac{400}{800} = 0{,}5 = 50\%.$$

Ответ: 50%.

Задача 28. **Условие.** Космический корабль использует 20000 Дж энергии за время полёта к другой планете. Из этой энергии 12000 Дж затрачивается на полезную работу, связанную с движением. Каков КПД космического корабля?

Решение. КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{Q_{\text{затр}}} = \frac{12\,000}{20\,000} = 0{,}6 = 60\%.$$

Ответ: 60%.

Задача 29. **Условие.** Солнечные панели на спутнике преобразуют 5000 Дж солнечной энергии в 1500 Дж электрической энергии. Найдите КПД солнечных батарей.

Решение. КПД:

$$\eta = \frac{E_{\text{эл}}}{E_{\text{солн}}} = \frac{1500}{5000} = 0{,}3 = 30\%.$$

Ответ: 30%.

Задача 30. **Условие.** Ракетный двигатель затрачивает 100000 Дж энергии в процессе работы. При этом он выполняет работу 25000 Дж. Каков КПД ракеты?

Решение. КПД:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{25\,000}{100\,000} = 0{,}25 = 25\%.$$

Ответ: 25%.

Задача 31. **Условие.** До поверхности Земли доходит 52% излучения через атмосферу, лист может использовать 1% падающей энергии. На образование 0,5 кг глюкозы нужно 17 кДж, а площадь поверхности дерева 100 м^2, солнце светит 10 часов. Сколько будет создано глюкозы?

Решение. Солнечная постоянная $I_0 = 1360$ Вт/м^2. До поверхности доходит:

$$I_1 = 0{,}52 \cdot 1360 = 707{,}2 \text{ Вт/м}^2.$$

Лист использует 1%:

$$I_2 = 0{,}01 \cdot 707{,}2 = 7{,}072 \text{ Вт/м}^2.$$

За 10 часов (36 000 с) при площади $S = 100$ м^2:

$$E = I_2 \cdot S \cdot t = 7{,}072 \cdot 100 \cdot 36\,000 = 25\,459\,200 \text{ Дж} \approx 2{,}546 \cdot 10^7 \text{ Дж}.$$

На 0,5 кг глюкозы нужно 17 кДж = 17 000 Дж. Масса глюкозы:

$$m = \frac{E}{17\,000} \cdot 0{,}5 = \frac{25\,459\,200}{17\,000} \cdot 0{,}5 \approx 748{,}8 \text{ кг}.$$

Ответ: $\approx$ 749 кг глюкозы.

Задача 32. **Условие.** Рассчитать, какой будет скорость у тела, которое запускают с высоты 5 метров параллельно земле с некоторой скоростью v_0. (Скорость и высоту пускай задают сами).

Решение. Пусть $h = 5$ м, $v_0 = 10$ м/с. По закону сохранения механической энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Разделим на $m/2$:

$$v^2 = v_0^2 + 2gh.$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{100 + 100} = \sqrt{200} \approx 14{,}14 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$. При $v_0 = 10$ м/с и $h = 5$ м: $v \approx 14{,}14$ м/с.

Задача 33. **Условие.** Энергия на скоростной трассе: автомобиль массой 1200 кг движется со скоростью 90 км/ч. Какую кинетическую энергию он имеет? Как изменится эта энергия, если скорость увеличится до 180 км/ч?

Решение. Переведём скорости в СИ:

$$v_1 = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}, \quad v_2 = 180 \text{ км/ч} = 50 \text{ м/с}.$$

Кинетическая энергия при 90 км/ч:

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{1200 \cdot 25^2}{2} = \frac{1200 \cdot 625}{2} = 375\,000 \text{ Дж} = 375 \text{ кДж}.$$

Кинетическая энергия при 180 км/ч:

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{1200 \cdot 50^2}{2} = \frac{1200 \cdot 2500}{2} = 1\,500\,000 \text{ Дж} = 1{,}5 \text{ МДж}.$$

Отношение энергий:

$$\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{1\,500\,000}{375\,000} = 4.$$

Ответ: $E_{k1} = 375$ кДж; $E_{k2} = 1{,}5$ МДж (увеличится в 4 раза).

Задача 34. **Условие.** Если капля воды массой 0,01 кг падает с высоты 2 км, какую скорость она имеет перед падением на асфальт?

Решение. Без учёта сопротивления воздуха по закону сохранения механической энергии:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2000} = \sqrt{40\,000} = 200 \text{ м/с}.$$

Ответ: 200 м/с (без учёта сопротивления воздуха).

Задача 35. **Условие.** Автомобиль едет по горизонтальной дороге со скоростью v и начинает резко тормозить. Найти путь s, пройденный автомобилем до полной остановки, если коэффициент трения шин о дорогу равен μ.

Решение. При торможении на автомобиль действует только сила трения $F_{\text{тр}} = \mu mg$, сообщающая ему ускорение:

$$a = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \mu g.$$

Из кинематики равнозамедленного движения ($v_{\text{кон}} = 0$):

$$v^2 = 2as \implies s = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2\mu g}.$$

Ответ: $s = \dfrac{v^2}{2\mu g}$.