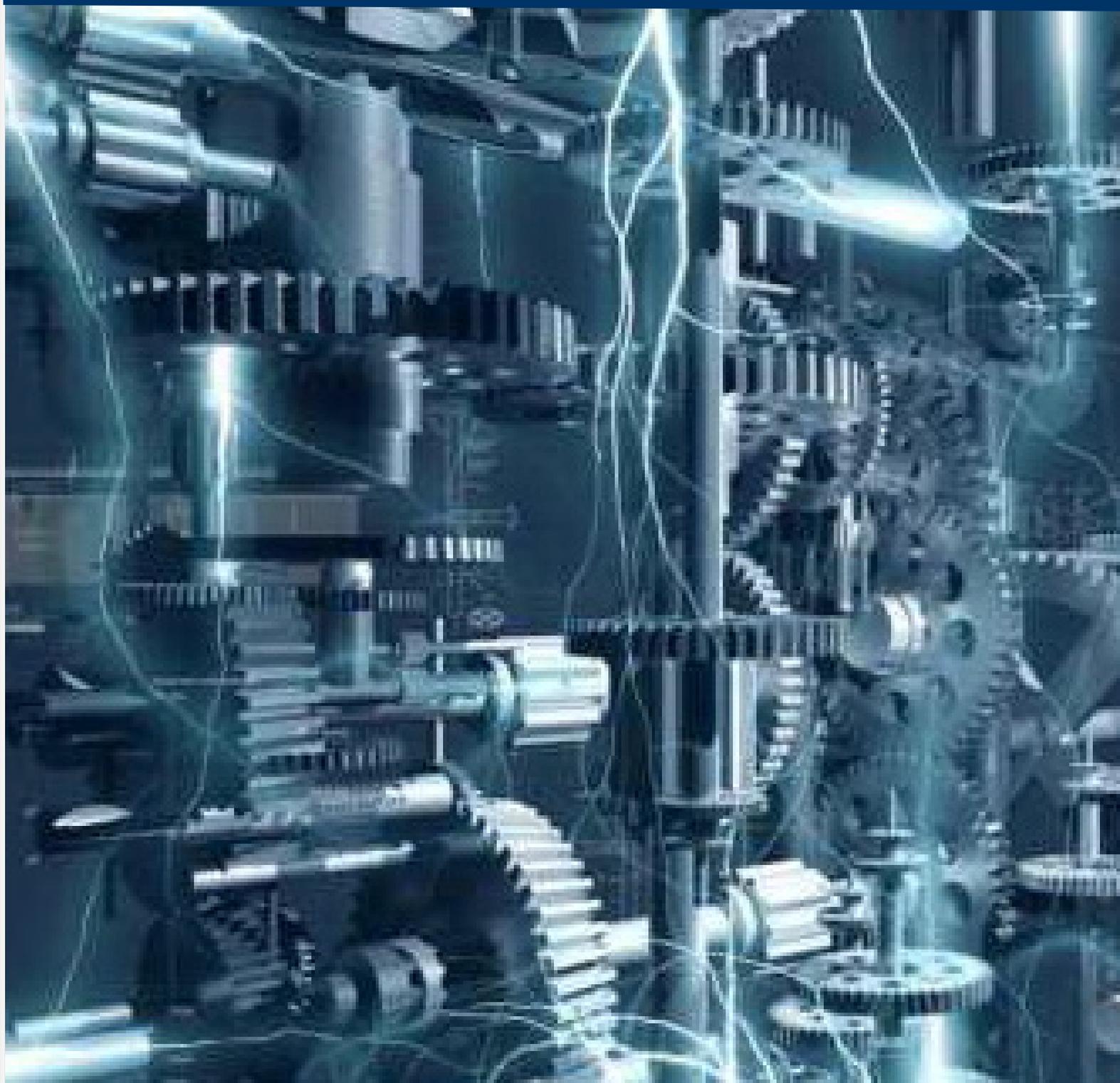


# Виртуальный курс физики

# МЕХАНИКА

Работа, мощность, энергия. Задачи для самостоятельного решения





# МЕХАНИКА

## Работа, мощность, энергия. Законы сохранения в механике

### Рекомендации по решению задач

При решении задач, связанных с понятиями работы, мощности, механической энергии, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- а) выполнить схематический чертёж, указав на нем все силы, действующие на тело;
- б) определить угол между направлением силы, работу которой требуется вычислить, и направлением перемещения (или скорости);
- в) установить, изменяется или не изменяется сила в процессе движения тела, и соответствующее значение силы подставить в формулу работы;
- г) при нахождении средней или мгновенной мощности подставить в формулу значения соответственно средней или мгновенной скорости тела;
- д) понятие потенциальной энергии тела следует использовать в задачах, в которых она изменяется. Нулевой уровень отсчета потенциальной энергии можно выбирать произвольно, но, как правило, он соответствует самому нижнему положению тела;
- е) использование теоремы о кинетической энергии при решении задач динамики позволяет в некоторых случаях упростить решение.

При решении задач, в которых можно воспользоваться законом сохранения импульса, следует:

- а) убедиться, что система тел замкнута;
- б) записать в векторном виде начальный и конечный импульсы системы;
- в) выбрать направления осей и записать закон сохранения импульса в проекциях на соответствующую ось;
- г) если сумма внешних сил не равна нулю, но равна нулю сумма проекций внешних сил на какое-либо направление, то записать равенство проекций начального и конечного импульсов системы на это направление.

При решении задач, в которых можно воспользоваться законом сохранения механической энергии, следует:

- а) убедиться, что система тел консервативна;
- б) записать равенство начальной и конечной механических энергий системы.

Необходимо помнить, что при упругих ударах (столкновениях) механическая энергия сохраняется. При неупругих ударах тел механическая энергия не сохраняется, при этом часть ее (или полностью) переходит во внутреннюю энергию.

Если система тел неконсервативная, то изменение механической энергии такой системы равно работе непотенциальных сил.

## Основные законы и соотношения

$$A = F \Delta r \cos \alpha$$

– механическая работа силы  $\mathbf{F}$ ;  $\alpha$  – угол между вектором силы и вектором перемещения  $\Delta \mathbf{r}$ ;

$$N_{\text{cp}} = \frac{A}{\Delta t}$$

– средняя мощность, равная отношению работы  $A$  к промежутку времени  $\Delta t$ .

$$N = F v \cos \alpha$$

– мгновенная мощность;  $v$  – мгновенная скорость тела;  $\alpha$  – угол между векторами силы и скорости.

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} = \frac{N_{\text{п}}}{N_3} \cdot 100 \%$$

– коэффициент полезного действия механизма;  $N_{\text{п}}$ ,  $A_{\text{п}}$  – полезная мощность или работа;  $N_3$ ,  $A_3$  – затраченная механизмом мощность или работа.

$$W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$$

– кинетическая энергия движущегося тела массой  $m$  со скоростью  $v$ .

$$W_{\text{п}} = mgh$$

– потенциальная энергия тела массой  $m$  на высоте  $h$  над нулевым уровнем энергии.

$$W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

– потенциальная энергия упругой деформации  $x$  относительно положения равновесия;  $k$  – коэффициент упругости.

$$W = W_{\text{к}} + W_{\text{п}} = \text{const}$$

– полная механическая энергия системы тел.

$$\Delta \mathbf{p} = 0$$

– изменение импульса замкнутой системы тел.

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}'_1 + \mathbf{p}'_2,$$

$$W_{\text{к1}} + W_{\text{к2}} = W'_{\text{к1}} + W'_{\text{к2}},$$

где  $\mathbf{p}_1$ ,  $\mathbf{p}_2$ ,  $W_{\text{к1}}$ ,  $W_{\text{к2}}$  – импульсы и энергии тел до абсолютно упругого удара;  $\mathbf{p}'_1$ ,  $\mathbf{p}'_2$ ,  $W'_{\text{к1}}$ ,  $W'_{\text{к2}}$  – импульсы и энергии тел после абсолютно упругого удара.

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}',$$

$$\Delta W_{\text{мех}} = W'_{\text{к}} - (W_{\text{к1}} + W_{\text{к2}}),$$

где  $\mathbf{p}_1$ ,  $\mathbf{p}_2$ ,  $W_{\text{к1}}$ ,  $W_{\text{к2}}$  – импульсы и кинетические энергии тел до абсолютно неупругого удара;  $\mathbf{p}'$ ,  $W'_{\text{к}}$  – импульс и кинетическая энергия тел (как единого целого) после соударения;  $\Delta W_{\text{мех}}$  – изменение полной механической энергии.

## Задачи для самостоятельного решения

### Механическая работа. Мощность

1. Груз массой 5 кг падает с некоторой высоты и достигает поверхности Земли за 2,5 с. Найти работу, совершенную грузом.

*Ответ:* 1,5 кДж.

2. Найти работу, которую требуется совершить, чтобы увеличить скорость движения тела от 2 до 6 м/с на отрезке пути 10 м. На всем пути движения действует постоянная сила трения, равная 2 Н. Масса тела равна 1 кг.

*Ответ:* 35,6 Дж.

3. Автомобиль массой 2 т движется в гору. Уклон горы равен 4 м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения составляет 0,08. Найти работу, совершенную двигателем автомобиля на пути 3 км. Путь был пройден за 4 мин.

*Ответ:*  $7 \cdot 10^6$  Дж.

4. Сани тянут на пути 100 м с силой 80 Н за веревку, составляющую угол  $30^\circ$  с горизонтом. Какая работа совершается при этом?

*Ответ:* 6,8 кДж.

5. Тело массой 20 кг поднимают равноускоренно из состояния покоя на высоту 20 м за 10 с. Определить совершенную работу.

*Ответ:* 4,2 кДж.

6. Поезд массой 600 т, отойдя от станции на 2,5 км, приобретает скорость 60 км/ч. Какую среднюю мощность развивает локомотив, если коэффициент трения равен 0,005?

*Ответ:*  $5,2 \cdot 10^5$  Вт.

7. Найти работу, которую необходимо совершить, чтобы сжать пружину на 20 см, если известно, что под действием силы 29,4 Н она сжимается на 1 см.

*Ответ:* 59 Дж.

8. Танк, масса которого 15 т и мощность 368 кВт, поднимается в гору с уклоном  $30^\circ$ . Какую максимальную скорость может развивать танк?

*Ответ:* 5 м/с.

9. Средняя мощность двигателя подъемного крана 7,5 кВт, его коэффициент полезного действия 0,8. Определить массу груза, который можно поднять равноускоренно на высоту 25 м за 25 с.

*Ответ:* 607 кг.

10. Камень, скользящий по горизонтальной поверхности льда, останавливается, пройдя 48 м. Определить начальную скорость камня, если известно, что коэффициент трения 0,06.

*Ответ:* 7,5 м/с.

11. Пуля, летящая с определенной скоростью, углубляется в стенку на расстояние 10 см. На какое расстояние углубляется в ту же стенку пуля, которая имеет скорость, вдвое большую?

*Ответ:* 40 см.

12. Человек с постоянной скоростью поднимает из колодца глубиной 5 м ведро с водой, масса которого 7 кг. Время подъема 10 с. Найти развиваемую человеком мощность.

*Ответ:* 34,3 Вт.

13. Пуля, имеющая массу 10 г, подлетает к доске толщиной 4 см со скоростью 600 м/с и, пробив ее, вылетает со скоростью 400 м/с. Найти среднюю силу сопротивления доски.

*Ответ:*  $2,5 \cdot 10^4$  Н.

14. Моторная лодка движется со скоростью 18 км/ч. При этом двигатель лодки развивает мощность 1 кВт. Считая, что половина мощности расходуется на преодоление силы сопротивления воды, найти эту силу.

*Ответ:* 100 Н.

15. Насос, двигатель которого развивает мощность 25 кВт, поднимает  $100 \text{ м}^3$  нефти на высоту 6 м за 8 мин. Найти КПД установки.

*Ответ:* 40 %.

16. Для растяжения пружины на 4 мм необходимо совершить работу 0,02 Дж. Какую работу требуется совершить, чтобы растянуть эту пружину на 4 см?

*Ответ:* 2 Дж.

17. Найти потенциальную и кинетическую энергию тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, на расстоянии 2 м от поверхности Земли.

*Ответ:* 60 и 90 Дж.

18. Определить массу тела, если его кинетическая энергия 2 Дж, а импульс – 4 кг·м/с.

*Ответ:* 4 кг.

19. Камень массой 2 кг упал с некоторой высоты. Падение продолжалось 1,43 с. Найти кинетическую и потенциальную энергию камня в средней точке пути.

*Ответ:* 100 и 100 Дж.

20. Камень массой 0,2 кг бросили под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 15 м/с. Найти его кинетическую и потенциальную энергию в высшей точке траектории.

*Ответ:* 5,7 и 16,8 Дж.

21. Пуля, летящая с некоторой скоростью, пробивает несколько одинаковых досок, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. В какой по счету доске застрянет пуля, если ее скорость после прохождения первой доски составляет 83 % от начальной скорости?

*Ответ:* в четвертой.

22. В каком случае двигатель автомобиля должен затратить бóльшую работу: а) на разгон с места до скорости 27 км/ч или б) на увеличение скорости от 27 до 54 км/ч? Силу сопротивления и время разгона в обоих случаях считать одинаковыми.

*Ответ:* в случае б.

23. Хоккейная шайба, имея начальную скорость 5 м/с, скользит до удара о борт площадки 10 м. Определить, какой путь пройдет шайба после удара. Удар считать абсолютно упругим, коэффициент трения шайбы о лед равен 0,1.

*Ответ:* 2,7 м.

### **Законы сохранения механике**

1. Граната, летящая со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Бóльший осколок, масса которого составляла 60 % от массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 м/с. Найти скорость меньшего осколка.

*Ответ:* 12,5 м/с.

2. Из ружья массой 5 кг вылетает пуля массой  $5 \cdot 10^{-3}$  кг со скоростью 600 м/с. Найти скорость отдачи ружья.

*Ответ:* 0,6 м/с.

3. Снаряд весом 980 Н, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он: 1) стоял неподвижно; 2) двигался со скоростью 36 км/ч в том же направлении, что и снаряд?

*Ответ:* 17,8 и 53,5 км/ч.

4. Человек массой 80 кг перемещается в лодке длиной 5 м с носа на корму. Сколько весит лодка, если за это время она продвинулась в стоячей воде в обратном направлении на 2 м? Начальная скорость лодки равна нулю.

*Ответ:* 1200 Н.

5. Какую скорость получит неподвижная лодка, имеющая вместе с грузом массу 200 кг, если находящийся в ней пассажир выстрелит в горизонтальном направлении? Масса пули 10 г, ее скорость 800 м/с.

*Ответ:*  $4 \cdot 10^{-2}$  м/с.

6. Метеорит и ракета движутся под углом  $90^\circ$  друг к другу. Ракета попадает в метеорит и застревает в нем. Масса метеорита  $m$ , масса ракеты  $m/2$ , скорость метеорита  $v$ , скорость ракеты  $2v$ . Определить импульс метеорита и ракеты после соударения.

*Ответ:*  $\sqrt{2}mv$ .

7. Ракета, масса которой без заряда 400 г, при сгорании 50 г топлива поднимается на высоту 125 м. Определить скорость выхода газов из ракеты, считая, что сгорание топлива происходит мгновенно.

*Ответ:* 400 м/с.

8. Конькобежец массой 70 кг, стоя на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. Найти, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед равен 0,02.

*Ответ:* на 0,3 м.

9. Стальной шарик, упавший с высоты 1,5 м на стальную доску, отскакивает от нее со скоростью  $v_2 = 0,75v_1$ , где  $v_1$  – скорость, с которой он подлетел к доске. На какую высоту он поднимется?

*Ответ:* на 0,84 м.

10. Тело массой 5 кг ударяется о неподвижное тело массой 2,5 кг, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией 5 Дж. Считая удар центральным и упругим, найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

*Ответ:* 5,62 и 0,62 Дж.

11. На тонкой нити подвешен шарик массой 100 г. Прочность нити 1,96 Н. Определить, на какой минимальный угол требуется отклонить нить от вертикали, чтобы после того как шарик будет отпущен нить оборвалась при прохождении им через положение равновесия.

*Ответ:*  $60^\circ$ .

12. Шар массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$ , отклоняют на угол  $90^\circ$  от вертикали и отпускают. Определить силу максимального натяжения нити.

*Ответ:*  $3 mg$ .

13. Пружина детского пистолета, жесткость которой 10 Н/см, имеет длину 15 см. На какую высоту поднимется шарик массой 10 г, выпущенный из пистолета вертикально вверх, если пружина его была сжата до 5 см?

*Ответ:* 50 м.

14. Тело массой  $m$ , скатившись с горы высотой  $h$ , останавливается. Какую работу требуется совершить, чтобы поднять тело обратно на гору?

*Ответ:*  $2 mgh$ .

15. Ящик с песком массой 10 кг удерживается пружиной, жесткость которой 30 Н/см. Пуля массой 10 г, движущаяся со скоростью 500 м/с, попадает в ящик и застревает в нем. Определить, насколько при этом сожмется пружина.

*Ответ:* на 0,03 м.

16. Стальной шарик массой 20 г, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 81 см. Найти: а) импульс силы, полученный плитой за время удара; б) количество теплоты, выделившееся при ударе.

*Ответ:*  $0,17 \text{ Н}\cdot\text{с}$ ,  $37,2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

17. Два тела движутся навстречу друг другу и неупруго соударяются. Скорость первого тела до удара равна 2 м/с, скорость второго – 4 м/с. Общая скорость тел после удара по направлению совпадает с направлением скорости первого тела и равна 1 м/с. Во сколько раз кинетическая энергия первого тела была больше кинетической энергии второго тела?

*Ответ:* в 1,25 раза.

18. Шарик соскальзывает без трения по наклонному желобу, образующему «мертвую петлю» радиусом  $R$ . С какой высоты  $h$  шарик должен начать движение, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли?

*Ответ:*  $\frac{5}{2} R$ .

19. Мяч бросают с некоторой высоты вертикально вниз на горизонтальную площадку со скоростью 20 м/с. Насколько выше первоначального уровня подпрыгнет мяч? Удар мяча о землю считать абсолютно упругим.

*Ответ:* на 20,4 м.

20. Тело массой  $m_1$  ударяется неупруго о покоящееся тело массой  $m_2$ . Найти долю потерянной при этом кинетической энергии.

*Ответ:*  $\frac{m_2}{m_1 + m_2}$ .

21. Неупругие шары массой 1 и 2 кг движутся навстречу друг другу со скоростями, соответственно равными 1 и 2 м/с. Найти изменение кинетической энергии системы после удара.

*Ответ:* 3 Дж.

22. Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Массы шаров 0,2 и 0,1 кг. Первый шар отклоняют таким образом, что его центр тяжести поднимается на 4,5 см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шары после упругого соударения?

*Ответ:* на 0,005 и 0,08 м.

23. Конькобежец, разогнавшись до скорости 27 км/ч, въезжает на ледяную гору. На какую высоту от начального уровня въедет конькобежец, если подъем горы составляет 0,5 м на каждые 10 м по горизонтали и коэффициент трения коньков о лед равен 0,02?

*Ответ:* на 2 м.

