

МЕХАНИКА

1. Две трети своего пути мотоциклист проехал со скоростью $v_1 = 54 \text{ км/ч}$, остальную часть пути – со скоростью $v_2 = 72 \text{ км/ч}$. Найти среднюю путевую скорость мотоциклиста.

Ответ: $\langle v \rangle \approx 16,4 \text{ м/с.}$

2. Мяч брошен вертикально вверх. На высоте $h = 6 \text{ м}$ он побывал дважды с интервалом $\Delta t = 3 \text{ с}$. Определить начальную скорость мяча.

Ответ: $v_0 = 18 \text{ м/с.}$

3. Тело брошено под углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить этот угол, если максимальная высота подъема h_{\max} меньше дальности полета S в $n = 2,4$ раза.

Ответ: $\alpha = 59^\circ$.

4. Найти модули скорости и ускорения точки в момент времени $t = 2 \text{ с}$, если точка движется по закону $\vec{r}(t) = (A + Bt)\vec{i} + (Ct + Dt^2)\vec{j}$, где $A = -9 \text{ м}$, $B = 3 \text{ м/с}$, $C = 4 \text{ м/с}$, $D = -1 \text{ м/с}^2$.

Ответ: $v = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $a = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

5. Раскручиваясь в течение $t = 2 \text{ мин}$, маховик набирает частоту $n = 900 \text{ об/мин}$. Найти угловое ускорение ε маховика и число оборотов N , которое он совершил за это время.

Ответ: $\varepsilon = 0,78 \text{ рад/с}^2$; $N = 900$.

6. Шар массой $m = 500 \text{ кг}$, падая с высоты $h = 1 \text{ м}$, ударяется о металлическую плиту. Определить среднее значение силы удара $\langle F \rangle$, если его длительность $t = 0,01 \text{ с}$. Удар считать абсолютно упругим.

Ответ: $\langle F \rangle = 221 \text{ кН.}$

7. Ракета начальной массой $m_0 = 500 \text{ г}$ выбрасывает непрерывную струю газа с постоянной относительно нее скоростью $v_0 = 400 \text{ м/с}$. Расход газа $q = 150 \text{ г/с}$. Пренебрегая сопротивлением воздуха и внешним силовым

полем, определить, какую скорость относительно Земли приобретает ракета через время $t = 2$ с после начала движения.

$$\text{Ответ: } v = 365 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

8. Однородная цепочка длиной $l = 1,5$ м и массой $m = 3$ кг лежит на столе. Если часть цепочки длиной $l_0 = 0,2$ м спустить со стола, то она начнет скользить вниз. Коэффициент трения цепочки о стол $\mu = 0,1$. Найти работу, совершающую против силы трения при соскальзывании всей цепочки.

$$\text{Ответ: } A = 1,69 \text{ Дж.}$$

9. Снаряд, летящий на высоте $H = 40$ м горизонтально со скоростью $v = 100$ м/с, разрывается на две равные части. Одна часть снаряда спустя время $t = 1$ с падает на землю точно под местом взрыва. Определить скорость другой части снаряда сразу после взрыва.

$$\text{Ответ: } v_2 = 203 \text{ м/с.}$$

10. Какую часть кинетической энергии передает движущийся шар массой m_1 неподвижному шару массой m_2 при абсолютно упругом центральном ударе, если: а) $m_1 = m_2$; б) $m_1 = 7m_2$.

$$\text{Ответ: а) } \frac{E'_{\kappa 2}}{E_{\kappa 1}} = 1; \text{ б) } \frac{E'_{\kappa 2}}{E_{\kappa 1}} = 0,44.$$

11. Груз массой $m = 4,5$ кг, подвешенный на нити длиной $l = 1,6$ м, вращается в горизонтальной плоскости с частотой $n = 36$ об/мин. Найти угол α , образованный нитью с вертикалью, силу натяжения нити T и скорость вращения груза v .

$$\text{Ответ: } \alpha = 64^\circ; T = 103 \text{ Н}; v = 5,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

12. Однородный диск, имеющий вес $P = 124$ Н, вращается с постоянным угловым ускорением, и его движение описывается уравнением $\varphi = 30t^2 + 2t + 1$. Диск вращается под действием постоянной касательной тангенциальной силы $F_t = 90,2$ Н, приложенной к ободу диска. Определить момент сил трения M_{mp} , действующих на диск при вращении. Радиус диска $R = 0,15$ м.

$$\text{Ответ: } M_{mp} = 5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

13. Определить момент инерции J однородной прямоугольной пластинки массой 500 г со сторонами $a = 20$ см и $b = 30$ см относительно оси, проходящей через геометрический центр пластиинки параллельно большей ее стороне.

Ответ: $J = 1,67 \cdot 10^{-3}$ кг·м².

14. На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом $R = 20$ см намотана невесомая нить, к концу которой подвешен груз массой $m = 2$ кг. Груз, разматывая нить, опускается с ускорением $a = 1$ м/с². Определить: 1) момент инерции J вала; 2) массу m_1 вала.

Ответ: $J = 0,7$ кг·м²; $m_1 = 35$ кг.

15. Через блок массой $m_0 = 300$ г, укрепленный на горизонтальной оси, проходящей через его центр, перекинута нить, к которой прикреплены грузы $m_1 = 300$ г и $m_2 = 200$ г. Блок считать однородным диском с радиусом 20 см.

Найти: 1) ускорения грузов; 2) результирующий момент вращения блока; 3) силу давления $F_{\text{давл.}}$ блока на ось.

Ответ: $a = 1,54$ м/с²; $M = 0,05$ Н·м; $F = 7,62$ Н.

16. Маховик, массу которого $m = 5$ кг можно считать распределенной по ободу радиусом $R = 20$ см, свободно вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр, с частотой $n = 720$ мин⁻¹. При торможении маховик останавливается через $\Delta t = 20$ с.

Найти: 1) тормозящий момент; 2) число оборотов, которое сделает маховик до полной остановки; 3) работу сил торможения.

Ответ: $M = 0,75$ Нм; $N = 120$ об; $A = 367,91$ Дж.

17. Платформа в виде сплошного диска радиусом 1,5 м и массой 180 кг вращается по инерции около вертикальной оси с частотой $n = 10$ мин⁻¹. В центре платформы стоит человек массой 60 кг. Какую линейную скорость относительно пола будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

Ответ: $v = 0,942$ м/с.

18. Два свинцовых шарика диаметром 2 и 1 мм опускают в сосуд с глицерином высотой 0,5 м. Считая, что скорость шариков сразу становится рав-

номерной, определить, насколько раньше и какой из шариков достигнет дна сосуда.

Ответ: шарик меньшего диаметра будет опускаться в четыре раза медленнее.

19. Релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 30 %. С какой относительной скоростью v движется тело?

Ответ: $v = 2,14 \cdot 10^8$ м/с.

20. Пружинный маятник совершает гармонические колебания, описываемые уравнением $x = 0,3 \cos \frac{\pi}{6}t$, м. В тот момент, когда возвращающая сила F в первый раз достигла значения -10 мН, потенциальная энергия E_n маятника оказалась равной $7,5$ мДж. Определить этот момент времени t .

Ответ: $t = 2$ с.

21. Тело массой $m = 100$ г, совершая затухающие колебания, за $t_1 = 1$ мин потеряло 40 % своей энергии. Определить коэффициент сопротивления r .

Ответ: $r = 8,54 \cdot 10^{-4}$ кг/с.

22. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания с одинаковыми периодами $0,2$ с и одинаковой начальной фазой $\pi/3$. Амплитуда одного колебания $A = 4$ см, второго $B = 3$ см. Найти уравнение результирующего колебания.

Ответ: $y(x) = 0,05 \cos(10\pi t + \pi/3)$, м.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

1. Два баллона емкостью $V_1 = 2$ л и $V_2 = 6$ л, в которых находятся различные газы, соединены трубкой с краном. Давление газа в первом баллоне $P_1 = 0,2$ МПа, а во втором $P_2 = 0,12$ МПа. Температура газов одинакова. Найти общее давление P в баллонах и парциальные давления P'_1 и P'_2 газов после открытия крана.

Ответ: $P'_1 = 5 \cdot 10^4$ Па; $P'_2 = 8 \cdot 10^4$ Па; $P = 1,3 \cdot 10^5$ Па.

2. В баллоне объемом $V = 0,4$ м³ находится кислород массой $m_1 = 1,2$ кг и $m_2 = 0,5$ кг воды. Баллон нагревается до температуры $t = 300$ °С, при этом вся вода превращается в пар. Определить давление в баллоне после нагревания.

Ответ: $P = 777$ кПа.

3. Молекула кислорода, летящая со скоростью $v = 500$ м/с, упруго ударяется о стенку по нормали к ней. Найти импульс, полученный стенкой.

Ответ: $P = \Delta P = -5,3 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

4. Найти внутреннюю энергию U массы $m = 50$ г азота при температуре $t = 20$ °С. Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения молекул, и какая часть – на долю вращательного движения?

Ответ: $U = 10,8$ кДж; $U_n = 6,5$ кДж; $U_e = 4,3$ кДж.

5. Найти число молекул n кислорода в единице объема сосуда при давлении $P = 300$ Па, если средняя квадратичная скорость его молекул $\langle v_{ke} \rangle = 2,5$ км/с.

Ответ: $n = 6,8 \cdot 10^{24}$ м⁻³.

6. Температура окиси азота NO $t = 27$ °С. Определить долю молекул, скорости которых лежат в интервале от $v_1 = 820$ м/с до $v_2 = 830$ м/с.

Ответ: $\frac{\Delta N}{N} = 0,4\%$.

7. Температура воздуха на некоторой высоте $T_0 = 220$ К, а давление $P = 25$ кПа. Найти изменение высоты Δh , соответствующее изменению давления на $\Delta P = 100$ Па.

Ответ: $\Delta h = 25,7$ м.

8. Найти среднее число соударений z в течение $t = 1$ с, испытываемых молекулой водорода при нормальных условиях.

Ответ: $\langle z \rangle = 1,1 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$.

9. Температура кислорода массой $m = 40$ г в процессе адиабатического расширения понизилась на $\Delta T = 20$ К. Найти работу расширения газа.

Ответ: $A = -519$ Дж.

10. Холодильная машина работает по обратимому циклу Карно в интервале температур $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и $t_2 = -3^\circ\text{C}$. Рабочее тело – азот, масса которого $m = 0,2$ кг. Найти количество теплоты, отбиравшееся от охлажденного тела, и работу внешних сил за цикл, если максимальный объем больше минимального в 5 раз. Вычислить холодильный коэффициент.

Ответ: $Q_2 = 21,6$ кДж; $A^* = 2,4$ кДж; $\varepsilon = 9$.

11. Углекислый газ массой $m = 10$ кг адиабатно расширяется в вакуум от $V_1 = 1 \text{ м}^3$ до $V_2 = 2 \text{ м}^3$. Принимая поправку Ван-дер-Ваальса $a = 0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, определить понижение температуры ΔT газа при этом расширении.

Ответ: $\Delta T = -1,65$ К.

12. Определить, какую силу F следует приложить к горизонтальному медному кольцу высотой $h = 15$ мм с внутренним диаметром $d_1 = 40$ мм и внешним $d_2 = 42$ мм, чтобы оторвать его от поверхности воды. Плотность меди $\rho = 8,93 \text{ г/см}^3$, поверхностное натяжение воды $\sigma = 73 \text{ мН/м}$.

Ответ: $F = 35,7$ мН.