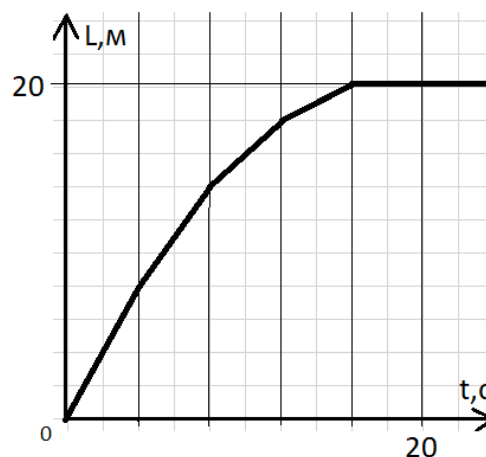


Задача №1 «Робот-тормоз». Робот умеет двигаться прямолинейно с постоянной скоростью, а также мгновенно менять скорость, но всегда только на одно и то же значение, и не чаще чем раз за τ секунд. И вот когда поступила команда экстренного торможения, робот тут же уменьшил скорость и включил самописец, записывающий зависимость пройденного пути от времени. Используя данные с самописца, ответьте на несколько вопросов:



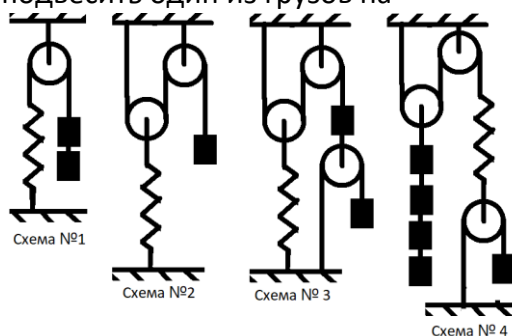
- Чему равен тормозной путь робота? (1 балл)
- Чему равно время экстренного торможения? (1 балл)
- Чему равно τ , интервал времени между последовательными уменьшениями скоростей? (1 балл)
- На сколько уменьшает скорость робот каждые τ секунд? (1 балл)
- С какой скоростью двигался робот, сразу после включения самописца? (1 балл)
- С какой скоростью двигался робот, когда получил команду об экстренном торможении? (1 балл)
- Чему равна средняя скорость движения робота за последние 6 секунд его экстренного торможения? (2 балла)
- На сколько секунд быстрее он добрался бы до точки своей остановки, если бы не получал команды экстренного торможения? (2 балла)

Решение:

- По графику видно, что остановка произошла через **20 метров**.
- По графику видно, что остановка произошла **16 секунд** после начала торможения.
- 20 секунд делим на 5 делений, по **4 секунды** на интервал
- Рассмотрим последний отрезок (с 12 секунд до 16), робот проехал 2 метра за 4 секунды, а потом остановился, следовательно, робот уменьшает скорость на $2/4=0,5$ м/с в начале каждого интервала.
- Самый первый интервал робот проехал за 4 секунды (8 метров), следовательно, $8/4=2$ м/с
- Значит, до уменьшения скорости ехал $2+0,5=2,5$ м/с
- Средняя скорость равна перемещению, деленному на время, за которое это перемещение было сделано. За последние 6 секунд (с 10 секунды по 16) тело прошло по графику две клетки (4 метра), значит, $4/6=0,67$ м/с
- За $20/2,5 = 8$ секунд робот добрался бы до точки своей остановки, если бы не получал команды экстренного торможения. Значит, на $16 \text{ сек} - 8 \text{ сек} = 8$ секунд добрался бы быстрее.

Задача №2 «Растянулась». Пружинку длиной 1 см, одинаковые грузы, идеальные нити и блоки соединяют различными способами. Если просто подвесить один из грузов на пружинке, то длина пружинки увеличится в два раза.

На сколько сантиметров увеличивается длина пружинки в следующих схемах:



- A. В схеме №1? (2 балла)
- B. В схеме №2? (2 балла)
- C. В схеме №3? (3 балла)
- D. В схеме №4? (3 балла)

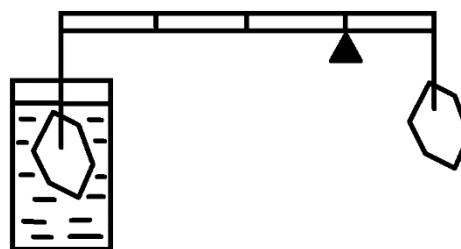
Решение:

Пусть масса груза m , а жесткость пружинки k . Тогда если просто подвесить один из грузов на пружинке, то длина пружинки увеличится в два раза, т.е. на 1 см. Запишем уравнение $kx=mg$, где $x=mg/k=1$ см.

- A. Так как натяжение нити и пружинки равно $2mg$, следовательно, $x_A=2mg/k=2$ см.
- B. Натяжение нити mg , следовательно, чтобы в равновесии был подвижный блок, сила упругости пружинки должна быть: $F_{упр} - 2T=0$. Поэтому $x_B=2mg/k=2$ см
- C. Груз увеличивает силу натяжения нити на mg , поэтому $x_C=6mg/k=6$ см
- D. $x_D=2mg/k=2$ см

Задача №3 «Тепловое равновесие» Два одинаковых твёрдых тела массой три килограмма подвешены на нити к невесомому стержню, одно из них погружено полностью в воду плотностью $\rho = 1000$ кг/м³. Система находится в равновесии. Стержень для удобства разлинован на четыре равные части. Считайте $g = 10$ Н/кг. Определите:

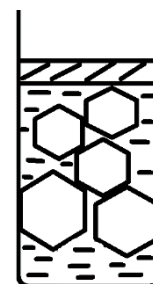
- A. Натяжение правой (сухой) нити. (1 балл)
- B. Натяжение левой (мокрой) нити (1 балл)
- C. Силу Архимеда, действующую на тело в воде. (1 балл)
- D. Массу вытесненной телом воды. (1 балл)
- E. Объем тел. (1 балла)
- F. Плотность тела. (2 балла)
- G. Силу, действующую со стороны стержня на опору (черный треугольник). (3 балла)



Решение:

- A. $T_A=mg=3*10=30$ Н
- B. Стержень находится в равновесии, следовательно, сумма моментов сил равна нулю. $T_B*3d=T_A*d$ Упростив, получим: $T_B=T_A/3 = 30/3=10$ Н
- C. $T_B + F_A - mg = 0$ Следовательно, $F_A=mg-T_B= 30-10=20$ Н
- D. Сила Архимеда равна весу вытесненной жидкости, поэтому, $m_{выт}=F_A/g=20/10= 2$ кг
- E. Так как $F_A=\rho gV$, $V=F_A/(\rho g) = 20/(1000*10)= 2*10^{-3}$ м³
- F. $\rho=m/V=3/2*10^{-3} = 1500$ кг/м³
- G. Так как стержень в равновесии: $N - T_A - T_B = 0$ Получаем: $N = T_A+T_B=10+30 = 40$ Н

Задача 4 «Коктейль». В сосуде под поршнем в тепловом равновесии находится два литра талой воды и небольшое количество кусочков льда, которые не касаются дна сосуда и не трутся о его стенки. Пузырьки в системе отсутствуют. Данной системе сообщили количество теплоты, вдвое превышающее энергию достаточную для плавления льда в сосуде. При этом температура в системе



поднялась на 13°C , а поршень опустился. Ответьте на вопросы, используя следующие данные: удельная теплота плавления льда $\lambda=330$ кДж/кг, теплоёмкость воды $C_{\text{воды}} = 4,2$ кДж/кг $^{\circ}\text{C}$, плотность воды $\rho_{\text{воды}}=1000$ кг/м 3 , плотность льда $\rho_{\text{льда}}=900$ кг/м 3 , теплоёмкостями поршня и сосуда пренебречь.

- Чему равна изначальная масса талой воды? (1 балл)
- Сколько энергии потребуется, чтобы нагреть два литра талой воды на 13°C ? (1 балл)
- Во сколько раз масса талой воды в исходном состоянии больше, чем масса первоначального льда? (2 балла)
- Чему равна первоначальная масса льда? (2 балла)
- На сколько процентов уменьшится высота поршня, отсчитанная от дна сосуда? (2 балла)
- Как поменяется давление воды на дно сосуда, когда весь лёд растает? (2 балла)

Решение:

A. Масса одного литра воды равна одному килограмму, поэтому масса талой воды равна **2кг**.

B. $Q=cm(T_k - T_0) = 4200 \cdot 2 \cdot (13-0) = \mathbf{109200}$ Дж

C. $c(m_{\text{воды}} + m_{\text{льда}})(T_k - T_0) + \lambda m_{\text{льда}} = 2 \lambda m_{\text{льда}} \Rightarrow$

$$m_{\text{воды}}/m_{\text{льда}} = \lambda / (c(T_k - T_0)) - 1 = 330000 / (4200 \cdot 13) - 1 = \mathbf{5}$$

D. $m_{\text{льда}} = m_{\text{воды}}/5 = 2/5 = \mathbf{0,4}$ кг

E. $1 - h_{\text{кон}}/h_{\text{нач}} = 1 - V_{\text{кон}}/V_{\text{нач}} =$

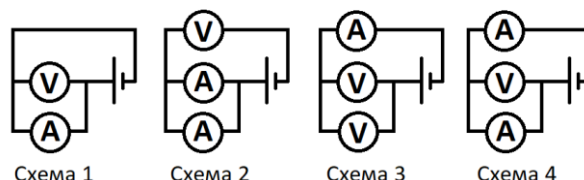
$$= 1 - (m_{\text{воды}}/\rho_{\text{воды}} + m_{\text{льда}}/\rho_{\text{льда}}) / (m_{\text{воды}}/\rho_{\text{воды}} + m_{\text{льда}}/\rho_{\text{льда}}) =$$

$$= 1 - (2/1000 + 0,4/900) / (2/1000 + 0,4/900) = 0,018 = \mathbf{1,8\%}$$

F. Так как масса системы не поменялась, и площадь дна не изменилась, следовательно, давление на дно **не поменялось**.

Задача 5 «Четыре схемы». Из шести одинаковых неидеальных амперметров и пяти неидеальных вольтметров, но четырёх идеальных (без внутреннего сопротивления) батареек напряжением 9В собрали четыре схемы. Оказалось, что в первой схеме амперметр показывает 4.5 А, а во второй – 1 А. Определите:

- Показание вольтметра в схеме 1 (1 балл)
- Показание вольтметра в схеме 2 (2 балла)
- Показание всех приборов в схеме 3 (3 балла)
- Показание всех приборов в схеме 4 (4 балла).



Решение:

A. Так как напряжение на вольтметре и амперметре равно напряжению на батарейке, напряжение на вольтметре **9 В**, а сопротивление амперметра $R_A = U/I = 9/4.5 = 2$ Ом.

B. Напряжение на каждом амперметре $I \cdot R = 1 \cdot 2 = 2$ В, следовательно, напряжение на вольтметре $U_V = U - U_A = 9 - 2 = \mathbf{7}$ В. Следовательно, сопротивление вольтметра равно $R_V = U_V / (I + I) = 7 / (1 + 1) = 3,5$ Ом.

C. Общее сопротивление всей цепи равно $2 + 3,5/2 = 3,75$ Ом, общий ток равен $9/3,75 = \mathbf{2,4}$ А (показания амперметра 2,4 А), напряжение на амперметре $2,4 \cdot 2 = 4,8$ В, а значит, показания вольтметров $9 - 4,8 = \mathbf{4,2}$ В

D. Общее сопротивление всей цепи равно $2 \cdot 3,5 / (2 + 2,5) + 2 = 36/11$ Ом = 3,27 Ом, Общий ток $9/3,27 = \mathbf{2,75}$ А (показание верхнего амперметра), напряжение на верхнем амперметре $2,75 \cdot 2 = \mathbf{5,5}$ В, напряжение на вольтметре $9 - 5,5 = 3,5$ В, ток на нижнем амперметре $3,5/2 = \mathbf{1,75}$ А.