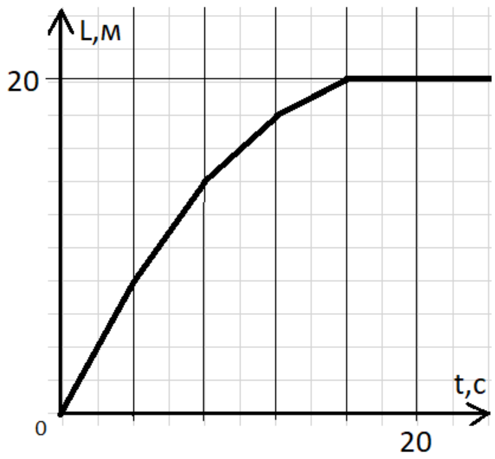
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Специализированный учебно-научный центр

ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ
9 класс
Физико-математический профиль
8 мая 2021 года

Задача №1 «Робот-тормоз». Робот умеет двигаться прямолинейно с постоянной скоростью, а также мгновенно менять скорость, но всегда только на одно и тоже 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 пройдённого пути от времени. Используя данные с самописца, ответьте на несколько вопросов:

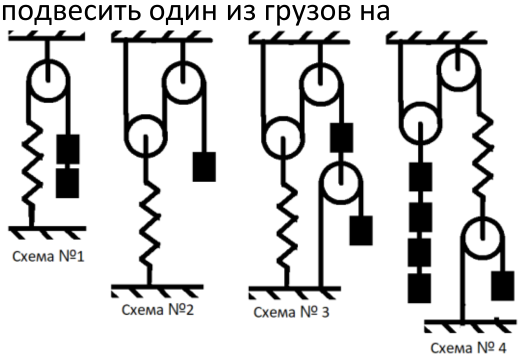


A. Чему равен тормозной пусть робота? (1 балл)
B. Чему равно время экстренного торможения? (1 балл)
C. Чему равно τ, интервал времени между последовательными уменьшениями скоростей? (1 балл)
D. На сколько уменьшает скорость робот каждые τ секунд? (1 балл)
E. С какой скоростью двигался робот, сразу после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

Решение:

A. По графику видно, что остановка произошла через **20 метров**.
B. По графику видно, что остановка произошла **16 секунд** после начала торможения.
C. 20 секунд делим на 5 делений, по **4 секунды** на интервал
D. 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.
E. Самый первый интервал робот проехал за 4 секунды (8 метров), следовательно, 8/4=**2м/с**
F. Значит, до уменьшения скорости ехал 2+0,5=**2,5 м/с**
G. 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**
H. За 20/2,5 = 8 секунд робот добрался бы до точки своей остановки, если бы не получал команды экстренного торможения. Значит, на 16 сек – 8 сек = **8** секунд добрался бы быстрее.

Задача №2 «Растянулась». Пружинку длинной 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:



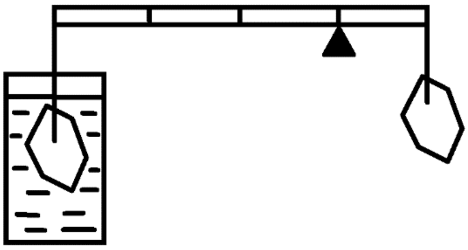
A. В схеме №1? (2 балла)
B. В схеме №2? (2 балла)
C. В схеме №3? (3 балла)
D. В схеме №4? (3 балла)

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

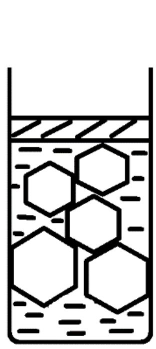
Задача № 3 «Тепловое равновесие» Два одинаковых твёрдых тела массой три килограмма подвешены на нити к невесомому стержню, одно из них погружено полностью в воду плотностью ρ = 1000 кг/м^3. Система находится в равновесии. Стержень для удобства разлинован на четыре равные части. Считайте g = 10 Н/кг. 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. $T_A=mg=3*10=$**30Н**
B. Стержень находится в равновесии, следовательно, сумма моментов сил равна нулю. $T_B*3d=T_A*d$ Упростив, получим: $T_B=T_A/3=30/3=$**10Н**
C. $T_B+F_A-mg=0$ Следовательно, $F_A=mg-T_B=30-10=$**20Н**
D. Сила Архимеда равна весу вытесненной жидкости, поэтому, $m_{выт}=F_A/g=20/10=$ **2 кг**
E. Так как $F_A=\rho gV$, $V=F_A/(\rho g)=20/(1000*10)=$ **$2*10^{-3}$ м^3**
F. $\rho=m/V=3/2*10^{-3}=$ **1500 кг/м^3**
G. Так как стержень в равновесии: $N-T_A-T_B=0$ Получаем: $N=T_A+T_B=10+30=$ **40Н**



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 ^{0}C, а поршень опустился. Ответьте на вопросы, используя следующие данные: удельная теплота плавления льда λ=330 кДж/кг, теплоёмкость воды $C_{воды}$ = 4,2 кДж/кг*^{0}C, плотность воды $\rho_{воды}$=1000 кг/м^3, плотность льда $\rho_{льда}$=900 кг/м^3, теплоёмкостями поршня и сосуда пренебречь.

A. Чему равна изначальная масса талой воды? (1 балл)
B. Сколько энергии потребуется, чтобы нагреть два литра талой воды на 13^{0}C? (1 балл)
C. Во сколько раз масса талой воды в исходном состоянии больше, чем масса первоначального льда? (2 балла)
D. Чему равна первоначальная масса льда? (2 балла)
E. На сколько процентов уменьшится высота поршня, отсчитанная от дна сосуда? (2 балла)
F. 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. $Q=cm(T_k - T_0) = 4200*2*(13-0)=$**109200 Дж**

C. $c(m_{воды}+m_{льда})(T_k - T_0)+\lambda m_{льда} = 2\lambda m_{льда}$ =>
$m_{воды}/m_{льда} = \lambda/(c(T_k - T_0)) - 1 = 330000/(4200*13) - 1 = \mathbf{5}$

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

E. $1 - h_{кон}/h_{нач} = 1 - V_{кон}/V_{нач} =$
$= 1 - (m_{воды}/\rho_{воды} + m_{льда}/\rho_{воды})/(m_{воды}/\rho_{воды} + m_{льда}/\rho_{льда}) =$
$= 1 - (2/1000+0,4/1000)/(2/1000+0,4/900) = 0,018 =$ **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:

A. Показание вольтметра в схеме 1 (1 балл)
B. Показание вольтметра в схеме 2 (2 балла)
C. Показание всех приборов в схеме 3 (3 балла)
D. Показание всех приборов в схеме 4 (4 балла).

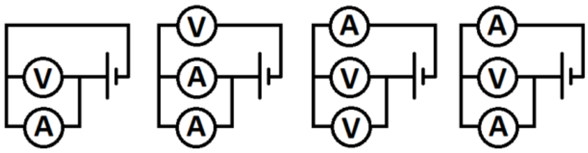


Схема 1 Схема 2 Схема 3 Схема 4

Решение:

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

B. Напряжение на каждом амперметре I*R=1*2=2В, следовательно, напряжение на вольтметре $U_V = U - U_A = 9 - 2 =$ **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=**2,4 А** (показания амперметра 2,4 А), напряжение на амперметре 2,4*2=4,8В, а значит, показания вольтметров 9-4,8=**4,2В**

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