

УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН В ЛЕТНЮЮ ШКОЛУ ПО ФИЗИКЕ
май 2013 года
РАЗБОР ЗАДАНИЙ

Перед Вами вариант вступительного задания по физике в Летнюю школу СУНЦ для физико-математического, математико-экономического, физико-химического и математико-информационного десятых классов.

Мы предлагаем Вам достаточно большое число задач. Начните с того, что внимательно прочитайте условия всех задач. Возможно, какие – то задачи Вам покажутся знакомыми, какие – то более интересными, в каких – то задачах вы сможете сразу, чисто интуитивно дать ответ. Выберите такие задачи для себя. Помните, что хотя задач достаточно много, Вы не обязаны решить все. Остановитесь на каком – то разумном числе задач (5 – 8) и постарайтесь правильно, логично и подробно (!) ответить на все вопросы, поставленные в задаче. Все вопросы отмечены символом « ► ». Правильный ответ на любой вопрос задачи будет приносить Вам какое-то количество баллов. **Большое количество вопросов к некоторым задачам объясняется тем, что последовательно отвечая на все вопросы, вы можете решить задачу, то есть эти вопросы предлагаются в качестве подсказок или плана решения задачи.** Не хватайтесь за все сразу, ведь Вы ограничены во времени – 2 часа. Ну а если вы сможете правильно решить все задачи, то это просто прекрасно, и Вы покажете абсолютный результат.

Все ваши решения должны быть обоснованными и подробными, в них не должно быть формул и цифр, «взятых с потолка». В задачах ускорение свободного падения можно считать равным 10 м/с^2 . Черновики сдаются вместе с чистовиками. Не забудьте заполнить титульный лист!

Ни пуха, ни пера !

1. Есть 50 канцелярских скрепок, мензурка и вода.

► Определите объём одной скрепки.

РЕШЕНИЕ:

Надо в мензурку налить воду, затем засыпать скрепки, измерить, как изменился объём. Эту величину затем надо разделить на количество насыпанных скрепок.

2. Автомобиль, двигаясь прямолинейно, проехал путь 10 метров на север, затем сделал поворот на запад, описав четверть окружности радиуса 10 метров, и проехал на запад ещё 10 метров по прямой улице. На всё движение было затрачено 20 секунд. Определите:

► путь автомобиля;

► перемещение автомобиля;

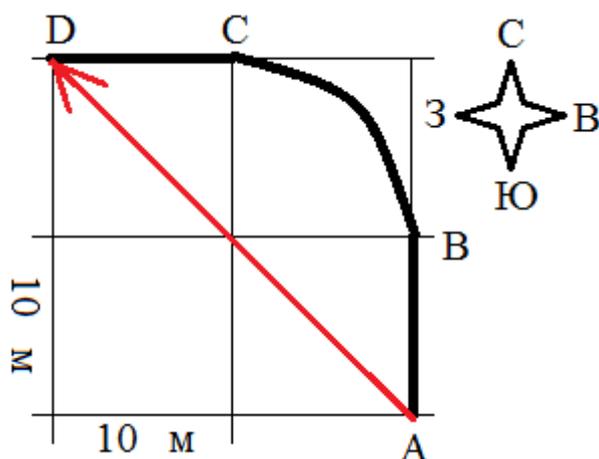
► среднюю скорость движения.

► Изобразите траекторию движения автомобиля в масштабе.

РЕШЕНИЕ:

Определим путь автомобиля L

$$L = 10 + \frac{2\pi \cdot 10}{4} + 10 = 35,7 \text{ м.}$$



Перемещение автомобиля – это вектор, соединяющий начальное положение (точка А) и конечное положение ((точка D)

$$\Delta \vec{r} = \vec{AD};$$

$$AD = 20\sqrt{2} = 28,2 \text{ м.}$$

Средняя путевая скорость (её ещё называют средней траекторной скоростью) автомобиля равна

$$V_{cp}^{nym} = \frac{L}{t};$$

$$V_{cp}^{nym} = \frac{35,7}{20} = 1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Средняя скорость по направлению (перемещение в единицу времени) равна

$$V_{cp} = \frac{28,2}{20} = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

и направлена так, как перемещение.

3. Скорость лодки относительно воды 4 км/ч, скорость течения 2 км/ч.

► За какое время лодка пройдёт 12 км по течению реки?

► Против течения?

РЕШЕНИЕ:

Скорость лодки по течению равна

$$V_1 = 4 + 2 = 6 \frac{\text{км}}{\text{ч}},$$

тогда расстояние $L = 12$ км она пройдёт за время

$$t_1 = \frac{L}{V_1};$$

$$t_1 = \frac{12}{6} = 2 \text{ ч.}$$

Против течения лодка движется со скоростью

$$V_2 = 4 - 2 = 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}},$$

расстояние L она пройдёт за время

$$t_2 = \frac{L}{V_2};$$

$$t_2 = \frac{12}{2} = 6 \text{ ч.}$$

4. ► Какие физические величины необходимо измерить в опытах со свободно падающим телом, чтобы вычислить ускорение свободного падения в данном месте Земли?

РЕШЕНИЕ:

Нужно измерить расстояние L и время t . Начальная скорость тела равна нулю поэтому ускорение свободного падения определим из соотношения

$$L = \frac{gt^2}{2};$$

$$g = \frac{2L}{t^2}.$$

5. Клеть шахтного подъёмника, подвешенная на тросе, при подъёме сначала движется ускоренно в течение времени t_1 , затем равномерно в течение времени t_2 , перед остановкой – замедленно в течение времени t_3 .

► Как скажется такой характер движения на силе натяжения троса?

► Построить качественно график зависимости силы натяжения троса от времени движения?

► Когда вероятнее всего трос может порваться?

РЕШЕНИЕ:

При движении вверх с ускорением a вес клетки (сила натяжения троса) равен

$$P_{\uparrow} = m(g + a),$$

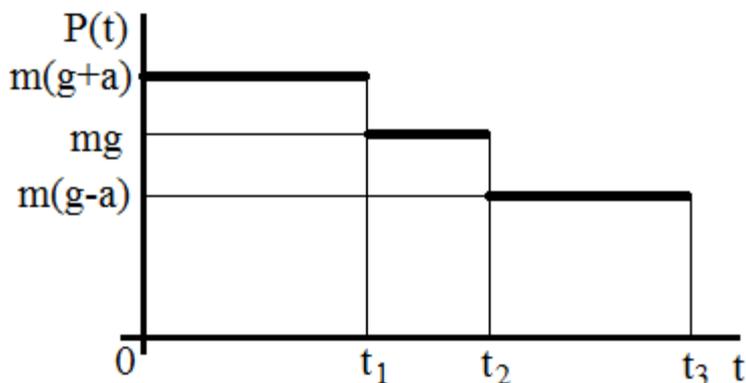
где m – масса клетки.

При равномерном движении клетки её вес равен

$$P_0 = mg.$$

При движении с ускорением a , направленным вниз, вес клетки равен

$$P_{\downarrow} = m(g - a).$$



Качественный график зависимости силы натяжения троса от времени представлен на рисунке.

Трос вероятнее всего может порваться, когда сильнее всего натянут, то есть когда движется с ускорением a , направленным вверх.

6. Колесо велосипеда имеет радиус 40 см. ► С какой скоростью едет велосипедист, если колесо делает 120 оборотов в минуту? ► Чему равен период вращения колеса?

РЕШЕНИЕ:

Сначала определим период вращения колеса T – это время, за которое колесо делает один полный оборот

$$T = \frac{1}{120} \text{ мин} = \frac{60}{120} \text{ с} = 0,5 \text{ с}.$$

Если колесо велосипеда движется без проскальзывания, то скорость велосипеда равна

$$V = \frac{2\pi}{T} R;$$

$$V = 5 \frac{m}{c}.$$

7. Начинаящий факир составил для себя следующий план подготовки к лежанию на гвоздях: сначала привыкнуть лежать на 200 гвоздях, затем на 300 гвоздях и т.д., постепенно доводя количество гвоздей до нескольких тысяч. ► Каков недостаток этого плана?

► Чему равно давление гвоздя на кожу человека, если количество гвоздей равно 200, 300, ...?

► Каким должно быть минимальное количество гвоздей, чтобы лежание на них было безопасным?

Масса факира 70 кг, остриё каждого гвоздя имеет площадь $0,1 \text{ мм}^2$, а человеческая кожа может выдерживать давление 3 МПа.

РЕШЕНИЕ:

План факира плох тем, что он забывает, что чем меньше гвоздей, тем больше давление, поэтому начинать надо с большего числа гвоздей и постепенно его уменьшать, а не наоборот.

При 100 гвоздях давление равно

$$p_{100} = \frac{mg}{100S};$$

$$p_{100} = 7 \cdot 10^7 \text{ Н}.$$

При 200 гвоздях давление равно

$$p_{200} = \frac{mg}{200S};$$

$$p_{200} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ Н}.$$

При 300 гвоздях давление равно

$$p_{300} = \frac{mg}{300S};$$

$$p_{300} = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Н}.$$

Чтобы кожа не поранилась (проткнулась гвоздём) нужно количество гвоздей N , определяемое из условия

$$p = 3 \cdot 10^6 = \frac{700}{N \cdot 10^{-7}};$$

$$N = 2333.$$

8. Кусок металла в воздухе весит 7,8 Н, в воде – 6,8 Н, в жидкости А – 7 Н, а в жидкости В – 7,1 Н. Плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

► Определите плотность жидкостей А и В.

РЕШЕНИЕ:

Из того, что «кусок металла в воздухе весит 7,8 Н», делаем вывод, что сила тяжести, действующая на кусок равна

$$mg = 7,8 \text{ Н}.$$

В воде кусок металла весит $T = 6,8 \text{ Н}$, при этом

$$T = mg - \rho g V.$$

Из записанного соотношения определим объём куска V

$$V = \frac{mg - T}{\rho g}.$$

В жидкости А кусок металла весит $T_A = 7 \text{ Н}$

$$T_A = mg - \rho_A g V.$$

Из записанных соотношений определяем плотность жидкости А

$$\rho_A = \frac{mg - T_A}{mg - T} \rho;$$

$$\rho_A = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Плотность жидкости В определим аналогично

$$\rho_B = \frac{mg - T_B}{mg - T} \rho;$$

$$\rho_B = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

9. Электрическая схема изображена на рисунке. Показания амперметра $I = 4 \text{ А}$, сопротивление $R = 1,5 \text{ Ом}$.

► Чему равно напряжение источника?

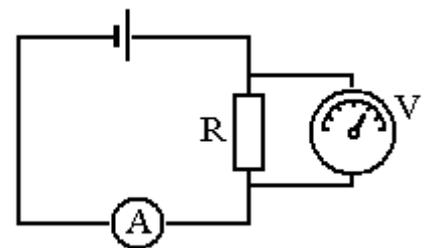
► Какова цена деления шкалы вольтметра?

РЕШЕНИЕ:

Считаем, что приборы идеальные, то есть сопротивление амперметра пренебрежимо мало, а сопротивление вольтметра очень велико, тогда сила тока цепи равна $I = 4 \text{ А}$, напряжение источника

$$U = IR;$$

$$U = 4 \cdot 1,5 = 6 \text{ В}.$$



Вольтметр показывает напряжение на резисторе, которое совпадает с напряжением источника, так как стрелка остановилась на четвёртом делении, то цена деления вольтметра равна $\frac{6}{4} = 1,5 \text{ В}$.

10. ► Какое количество теплоты выделится в нити электрической лампы в течение 1 часа, если лампа потребляет ток силой 1 А при напряжении 220 В? ► Если выделившееся количество теплоты полностью использовать для нагревания 10 грамм воды, то на сколько градусов можно нагреть эту воду? Удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$.

РЕШЕНИЕ:

За 1 час лампочка выделит количество теплоты, равное

$$Q = IUt;$$

$$Q = 7,92 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

Для того, чтобы 10 грамм воды нагреть на 1°C , надо затратить количество теплоты, равное

$$q = cm;$$

$$q = 4200 \cdot 0,01 = 42 \frac{\text{Дж}}{\text{град}}.$$

Таким образом полученного от лампочки за 1 час тепла хватит, чтобы нагреть 10 грамм воды на

$$\Delta t = \frac{Q}{q};$$

$$\Delta t = \frac{7,92 \cdot 10^5}{42} = 18857^\circ \text{C}.$$

Полученное огромное значение означает, что вода будет нагрета до кипения и, скорее всего, вся испарится, но ни температура кипения, ни удельная теплота парообразования, к сожалению, не даны в условии задачи.