

ЗАОЧНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ
2019/20 учебный год

7 класс

1. В литре воды содержится примерно $3 \cdot 10^{25}$ молекул. Оцените размер одной молекулы.

Решение. На одну молекулу приходится объём $V = \frac{1}{3 \cdot 10^{25}} = 3,3 \cdot 10^{-26}$ л = $3,3 \cdot 10^{-23}$ см³. Если представить себе каждую молекулу в виде куба с объёмом $3,3 \cdot 10^{-23}$ см³, то размером такой молекулы будет ребро данного куба $a = \sqrt[3]{V} = 3,2 \cdot 10^{-8}$ см.

Ответ: $3,2 \cdot 10^{-8}$ см.

2. Поезд проходит по мосту длиной 171 м за 27 с (считая с момента въезда на мост локомотива до ухода последнего вагона), а мимо пешехода, идущего навстречу поезду со скоростью 1 м/с, – за 9 с. Найдите скорость поезда и его длину.

Решение. Пусть x – длина поезда, y – его скорость. Тогда $171 + x = 27y$, $x = 9(y + 1)$. Решая данную систему, находим: $x = 99$ м, $y = 10$ м/с.

3. Из одного куска пластилина вылепили фигурку и её копию, только в два раза большей высоты. Какова масса копии, если масса оригинала 50 г?

Решение. Все размеры копии должны быть увеличены в 2 раза, поэтому её объём будет в 8 раз больше объёма оригинала, и масса составит 400 г.

Ответ: 400 г.

4. Из пункта A вниз по течению реки одновременно отплыли плот и катер, а навстречу им в тот же момент из пункта B отправился второй такой же катер. Когда первый катер достигнет пункта B , к чему будет ближе плот – к пункту A или ко второму катеру?

Решение. Пусть v – скорость катера в стоячей воде, u – скорость реки и t – время движения первого катера от A до B . Тогда расстояние от A до B равно $s_1 = (v + u)t$. Вторым катер за время t пройдёт расстояние $s_2 = (v - u)t$ и будет находиться от пункта A на расстоянии $s_1 - s_2 = 2ut$. Плот же за это время пройдёт путь ut , то есть будет ровно посередине между пунктом A и вторым катером.

Ответ: посередине.

5. Плотность сухого песка равна 2250 кг/м³, а плотность очень влажного песка, насыщенного водой, равна 2700 кг/м³. Найдите среднюю плотность песчинок.

Решение. Один кубический метр влажного песка имеет массу 2700 кг, а один кубический метр сухого песка – 2250 кг. Это происходит потому, что вода занимает пространство между песчинками, которое в сухом песке занимает воздух. Значит, масса воды, содержащейся в кубометре влажного песка, составляет $2700 - 2250 = 450$ кг. Объём этой воды равен $450 \text{ кг} : 1000 \text{ кг/м}^3 = 0,45 \text{ м}^3$. Следовательно, объём песчинок в кубометре сухого песка составляет $1 \text{ м}^3 - 0,45 \text{ м}^3 = 0,55 \text{ м}^3$. Тогда плотность песчинок составляет $2250 \text{ кг} : 0,55 \text{ м}^3 = 4090 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 4090 кг/м³.

8 класс

1. Какая физическая ошибка допущена в следующем стихотворении:

*«Она жила и по стеклу текла,
Но вдруг её морозом оковало.
И неподвижной льдинкой капля стала,
А в мире поубавилось тепла.» ?*

Ответ: при кристаллизации воды выделяется тепло.

2. Когда я вымыл стаканы в горячей воде и поставил их сушить вверх дном на гладкий стол, то они дружно поползли по столу. Я вспомнил что когда я мыл их в холодной водой, то такого с ними не происходило. Почему стаканы начали двигаться?

Ответ. Воздух, находящийся в горячем стакане, нагревается от его стенок, расширяется и начинает выходить из-под стакана. Образуется «воздушная подушка», из-за чего резко уменьшается трение, и стакан начинает скользить по столу в сторону наклона стола, даже если это наклон почти не заметен.

3. Стальной шарик плавает в ртути. Изменится ли погружение шарика в ртуть, если сверху долить воды?

Ответ: Глубина погружения в ртуть уменьшится, так как возрастёт выталкивающая сила за счёт вытесненной шариком воды.

4. Канат одним своим концом привязан к стене. Петя держится за свободный конец каната и растягивает его с горизонтальной силой 200 Н. Миша берется за середину каната и тянет его по направлению к стене с силой 120 Н. Маша посередине между стеной и Мишей тянет канат в том же направлении, что и Петя, с силой 40 Н. Найдите натяжение каната между стеной и Машей.

Решение. Равнодействующая сил Пети и Миши равна $200\text{ Н} - 120\text{ Н} = 80\text{ Н}$ и направлена от стены. То есть натяжение ближней к стене половины каната будет таким же, если вместо сил Пети и Миши к середине каната приложена сила $F = 80\text{ Н}$, направленная от стены. Равнодействующая сил Маши и силы F равна $80\text{ Н} - 40\text{ Н} = 40\text{ Н}$ и направлена в сторону большей силы, то есть от стены. Натяжение ближайшей к стене части каната будет таким же, если вместо Пети, Миши и Маши в той точке, где держит канат Маша, будет приложена от стены сила 40 Н, а это значит, что натяжение между стеной и Машей 40 Н.

Ответ: 40 Н.

5. По шоссе равномерно движется длинная колонна автомобилей. Расстояния между соседними автомобилями в колонне одинаковы. Едущий по шоссе в том же направлении инспектор ГИБДД обнаружил, что если его скорость равна $v_1 = 36\text{ км/ч}$, то через каждые $\tau_1 = 10\text{ с}$ его обгоняет автомобиль из колонны, а при скорости $v_2 = 90\text{ км/ч}$ через каждые $\tau_2 = 20\text{ с}$ он обгоняет авто-

мобиль из колонны. Через какой промежуток времени будут проезжать автомобили мимо инспектора, если он остановится?

Решение. Прежде всего, заметим, что $v_1 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$, $v_2 = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}$. Пусть l – расстояние между машинами в колонне, u – скорость автомобилей в колонне, τ_3 – искомое время. Тогда справедливы уравнения:

$$(u - v_1)\tau_1 = l, \quad (v_2 - u)\tau_2 = l, \quad u\tau_3 = l.$$

Решая данную систему, получим:

$$u = \frac{v_2\tau_2 + v_1\tau_1}{\tau_2 + \tau_1} = 20 \text{ м/с}, \quad l = (u - v_1)\tau_1 = 100 \text{ м}, \quad \tau_3 = l/u = 5 \text{ с}.$$

Ответ: через 5 с.

9 класс

1. Когда жители Земли движутся быстрее вокруг Солнца – в полдень или в полночь?

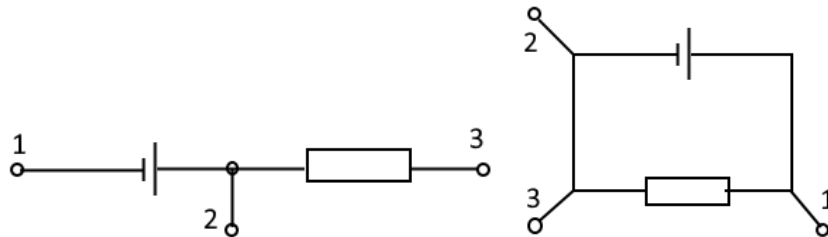
Ответ: в полночь, поскольку тогда скорость собственного вращения Земли добавляется к орбитальной скорости движения Земли вокруг Солнца, а в полдень – вычитается из неё.

2. Человек, несший автомобильную камеру, решил облегчить ношу. Для этого он накачал камеру, увеличив её объем и рассчитывая использовать выталкивающую силу воздуха. Достиг ли он цели?

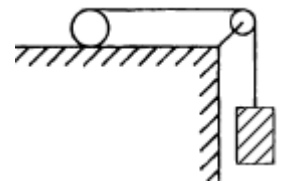
Ответ: нет, поскольку человек значительно увеличил вес своей ноши – плотность сжатого воздуха в камере больше плотности наружного воздуха.

3. В «чёрном ящике» с тремя контактами находится схема, спаянная из идеальной батарейки и резистора. Если к контактам 1 и 2 подсоединить другой резистор с сопротивлением r , то через него будет идти ток $I_{1,2} \neq 0$. При присоединении этого же резистора к контактам 1 и 3 через него потечет ток $I_{1,3}$, причём $I_{1,3} \neq I_{1,2}$. При подключении этого резистора к контактам 2 и 3 ток через него течь не будет. Какие схемы могут находиться в «чёрном ящике»?

Решение. Возможны следующие схемы:



4. Нерастяжимая нить намотана на цилиндр, а другим концом привязана к грузу (см. рис.). Какой путь пройдет груз, когда катящийся без скольжения цилиндр, длина окружности которого равна l , сделает один оборот?



Решение. Так как скорость нити ровно в 2 раза больше скорости центра цилиндра, груз пройдет в 2 раза большее расстояние, чем цилиндр.

Ответ: $2l$.

5. Из двух полушарий, сделанных из разных материалов, склеили шар. Массы половинок отличаются в два раза. Шар плавает в воде, погружившись ровно наполовину. Найдите плотность материала тяжелой половинки.

Решение. Так как объемы полушарий равны, а масса второй половинки в 2 раза больше массы первой, то плотность второй половинки в 2 раза больше плотности первой: $\rho_2 = 2\rho_1$. Пусть M – масса шара, V – его объем, тогда справедливо равенство:

$$M = \rho_1 \frac{V}{2} + \rho_2 \frac{V}{2} = \rho_1 \frac{V}{2} + 2\rho_1 \frac{V}{2} = \frac{3}{2}\rho_1 V.$$

Поскольку тело плавает, погружившись ровно наполовину, то сила Архимеда равна силе тяжести: $\rho_{\text{воды}} \frac{V}{2} g = \frac{3}{2}\rho_1 Vg$. Отсюда

$$\rho_1 = \frac{\rho_{\text{воды}}}{3} = \frac{1000}{3} \approx 333 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_2 = 2\rho_1 \approx 667 \text{ кг/м}^3.$$

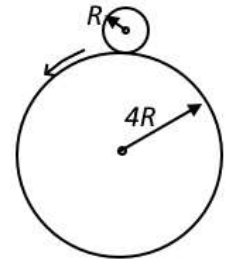
Ответ: $\approx 667 \text{ кг/м}^3$.

10 класс

1. На столе лежит стопка книг. Что легче: вытянуть нижнюю книгу, придерживая (но, не поднимая) остальные, или привести в движение всю стопку, потянув за нижнюю книгу? Ответ поясните.

Решение. Легче сдвинуть стопку книг – при этом надо преодолеть силу трения, действующую на нижнюю поверхность книги, соприкасающуюся со столом. Во втором случае надо преодолеть ещё и силу трения, действующую на верхнюю поверхность книги.

2. Круг радиусом R катится по кругу радиусом $4R$ (см. рис.). Сколько оборотов совершит малый круг по возвращении в первоначальное положение?



Решение. При прохождении $\frac{1}{4}$ окружности малый круг совершает $1\frac{1}{4}$ оборота. (Убедитесь самостоятельно.) Поэтому при полном обороте вокруг большого круга малый круг совершит $4 \cdot 1\frac{1}{4} = 5$ оборотов.

Ответ: 5 оборотов.

3. Алюминиевую болванку массой $M = 108$ кг нужно переправить на противоположный берег озера. В качестве "плавсредств" можно использовать брёвна с площадью поперечного сечения $S = 0,034$ м². Болванка привязывается к бревну верёвкой. Какова должна быть минимальная длина бревна L ? Плотность алюминия $\rho_a = 2700$ кг/м³, древесины $\rho_d = 600$ кг/м³, воды $\rho_v = 1000$ кг/м³. Сам переправляющий может тянуть бревно с болванкой за собой на верёвке.

Решение. Наиболее предпочтительной (с точки зрения экономии в размерах бревна) является ситуация, при которой бревно вместе с болванкой целиком находится под водой во взвешенном состоянии. В этом случае сила Архимеда равна силе тяжести: $(M + \rho_d SL)g = (M / \rho_a + SL)\rho_v g$. Из этого уравне-

ния находим искомую величину:
$$L = \frac{M \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_a} \right)}{S(\rho_v - \rho_d)} = 5 \text{ м.}$$

Ответ: 5 м.

4. Груз неизвестной массы взвешивают, уравновесивая его гирькой с известной массой M на концах тяжёлого прямого коромысла; при этом равновесие достигается, когда точка опоры коромысла смещается от его середины на $x = \frac{1}{4}$ его длины в сторону груза. В отсутствие же груза на втором плече коромысло остаётся в равновесии при смещении его точки опоры от середины в сторону гирьки на $y = \frac{1}{3}$ его длины. Считая коромысло однородным по длине, найдите массу взвешиваемого груза m .

Решение. Пусть l – длина коромысла, а M – масса коромысла. Тогда равенства моментов сил тяжести будут иметь вид:

$$\frac{mgl}{4} = \frac{M_{\kappa}gl}{4} + Mg \frac{3l}{4}, \quad (1)$$

$$\frac{M_{\kappa}gl}{3} = Mg \frac{l}{6}. \quad (2)$$

Решив данную систему, находим $m = 3,5M$.

Ответ: $m = 3,5M$.

5. Небольшое тело падает с огромной высоты на землю. Считая удар абсолютно упругим (тело отскакивает от земли с такой же по модулю скоростью, которую имело перед ударом о землю), определите ускорение тела сразу после того, как оно отскочит от земли.

Решение. Во время падения на тело действуют две силы: сила тяжести \vec{mg} , направленная вниз, и сила сопротивления воздуха \vec{F}_c , направленная противоположно скорости тела, то есть вверх. Поскольку тело падает с очень большой высоты, сила сопротивления растёт с увеличением скорости. Найдётся такая высота, на которой сила сопротивления окажется равной по модулю силе тяжести (рис. 1):

$$mg - F_c = 0, \quad \vec{mg} + \vec{F}_c = \vec{0}.$$

Начиная с этого момента, тело будет падать с некоторой постоянной скоростью \vec{v} . С такой же по модулю, но противоположно направленной скоростью тело отскочит от земли сразу же после абсолютно упругого удара о землю. В этот момент на тело действуют две одинаково направленные и равные по модулю силы (рис. 2). Поэтому ускорение будет равно

$$a = \frac{mg + F_c}{m} = \frac{2mg}{m} = 2g \approx 20 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $\approx 20 \text{ м/с}^2$.

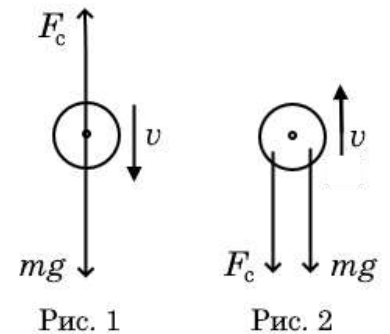


Рис. 1

Рис. 2

