

**9 класс**

**Задача 9.1.** Объем части шарика, погруженной в жидкость, в  $k$  раз меньше всего его объема. Плотность жидкости в  $n$  раз больше плотности шарика. Найти силу давления шарика на дно стакана, в который налита жидкость. При каком соотношении между  $n$  и  $k$  шарик будет плавать?

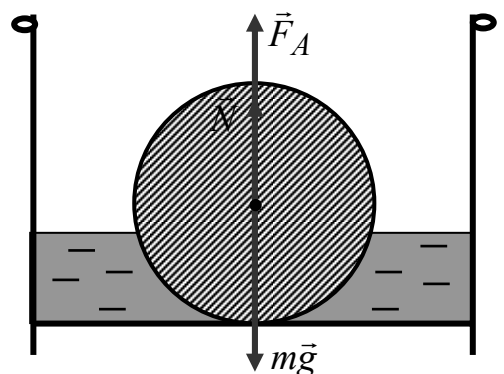
**Решение:**

Второй закон Ньютона для шарика будет выглядеть следующим образом:

$$F_A + N - mg = 0, \quad (1)$$

где  $F_A$  – сила Архимеда,  $N$  – сила реакции опоры.

Масса шарика равна



$$m = \rho_{ш} \cdot V, \quad (2)$$

где  $V$  – объем шарика.

По закону Архимеда

$$F_A = \rho_{ж} \cdot V_{погр} \cdot g, \quad (3)$$

где  $V_{погр}$  – объем погруженной части.

Из выражения (1) с учетом (2) и (3) находим

$$N = mg - F_A = \rho_{ш} \cdot V \cdot g - \rho_{ж} \cdot V_{погр} \cdot g = \rho_{ш} V g \left( 1 - \frac{\rho_{ж} V_{погр}}{\rho_{ш} V} \right) = mg \left( 1 - \frac{n}{k} \right). \quad (4)$$

Сила давления численно равна силе реакции опоры по 3-му закону Ньютона.

### Критерии оценки.

Второй закон Ньютона	2 балла
Масса шарика	2 балла
Закон Архимеда	2 балла
Расчетная формула	2 балла
Условие плавания	2 балла

**Задача 9.2.** Автомобиль начал двигаться равноускоренно и, разогнавшись до скорости **120 км/ч**, сломался. Один час шофер ремонтировал автомобиль. Оставшиеся **180 км** он проехал за **2** часа. Определить среднюю скорость автомобиля за всю поездку.

### Решение:

$$V_{cp} = \frac{S}{t}.$$

Ни  $S$ , ни  $t$  найти по условию задачи нельзя.

Но

$$S = S_1 + S_2,$$

где  $S_1$  — путь равноускоренного движения. При равноускоренном движении

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

$$V_{cpl} = \frac{S_1}{t} = \frac{V_0 t + \frac{at^2}{2}}{t} = V_0 + \frac{at}{2} = \frac{2V_0 + at}{2} = \frac{V_0 + (V_0 + at)}{2} = \frac{V_0 + V}{2}.$$

$$\text{Если } V_0=0, \text{ то } V_{\text{ср1}} = \frac{V}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ км/ч.}$$

$$V_{\text{ср2}} = \frac{S_2}{t_2} = \frac{180}{1+2} = 60 \text{ км/ч.}$$

$$V_{\text{ср1}} = V_{\text{ср2}} \text{ следовательно } V_{\text{ср}} = 60 \text{ км/ч.}$$

**Ответ:** 60 км/ч

### Критерии оценки.

Понятие средней скорости	2 балла
Средняя скорость при равноускоренном движении	2 балла
Не забыть про час ремонта	2 балла
Средняя скорость на втором участке	2 балла
Их равенство и окончательный вывод	2 балла

**Задача 9.3.** Определить концентрацию свободных электронов в меди, если на каждый атом приходится один свободный электрон. (Возможно, Вам понадобятся: плотность меди  $8.6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса меди  $64 \text{ г/моль}$ ).

**Решение:**

$$n = \frac{N}{V}$$

Возьмем некоторый объем  $V$  меди и подсчитаем в нем число свободных электронов. Т.к. медь одновалентна, то, полагаем, что при ее кристаллизации высвобождается на каждый атом один электрон

$$N = N_A \nu = N_A \frac{m}{\mu} = N_A \frac{\rho V}{\mu}$$
$$n = \frac{N}{V} = \frac{N_A \frac{\rho V}{\mu}}{V} = \frac{N_A \rho}{\mu} = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 8.6 \cdot 10^3}{64 \cdot 10^{-3}} = 8.1 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}.$$

### Критерии оценки.

Понятие концентрации	2 балла
Расчет числа электронов	4 балла
Расчетная формула	2 балла
Вычисления	2 балла

**Задача 9.4.** В опыте было установлено, что температура  $m = 142$  г ледяной воды в легком сосуде, подвешенном посередине комнаты, поднялась на  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$  за полчаса. Когда же в сосуде находилось такое же количество льда, то на его таяние потребовалось 10 часов. Какова, исходя из этого эксперимента, удельная теплота плавления льда? Удельная теплоемкость воды  $c_e = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг $\cdot$ °C).

**Решение:**

Количество теплоты  $Q$ , которое подводится к сосуду за полчаса

$$Q = c_e m \Delta t.$$

За 10 часов к сосуду подводится в 20 раз большее количество тепла. Поэтому

$$\lambda m = 20 c_e m \Delta t$$

Отсюда:

$$\lambda = 20 c_e \Delta t$$

$$\lambda = 20 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 4 = 336 \cdot 10^3 \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right).$$

**Ответ:**  $336 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

**Критерии оценки.**

Постоянство подводимого тепла	2 балла
$Q_2 = 20Q_1$	2 балла
Формулы для расчета тепла в обоих случаях	4 балла
Вычисления	2 балла

**Задача 9.5.** Представьте себе, что параллели и меридианы (воображаемые линии на глобусе), проведенные через каждые  $10^\circ$ , являются реальными проводниками одинакового сопротивления, контактирующими в точках пересечения. Чему равно сопротивление  $R_x$  между “полюсами” такой цепи, если сопротивление одного проводника, расположенного вдоль всего “экватора” равно  $R$ ?

**Решение:**

Предположим, что к “полюсам” подведено некоторое напряжение. Легко сообразить, что в точках пересечения некоторой “параллели” с “меридианами” все потенциалы будут одинаковыми. Следовательно, по “параллелям” ток не течет и их можно не учитывать. Тогда все “меридианы” (а их число равно 36) соединены параллельно, а длина каждого из них равна половине длины “экватора”. Таким образом, сопротивление  $R_x$  равно

$$\frac{R}{2 \cdot 36} = \frac{R}{72}.$$

Задания и решения заключительного этапа Межрегиональной олимпиады школьников «Будущее инновационной России» Центрально-Черноземного экономического региона

**Критерии оценки.**

Равенство потенциалов в точках пересечения меридианов с одной из параллелей	4 балла
Возможность исключить из расчета все параллели	2 балла
Соотношение между длиной экватора и меридиана	2 балла
Расчет общего сопротивления	2 балла.

**9 КЛАСС**

*Задача 1*

Юный физик Петя ехал на олимпиаду в Москву. По пути ему захотелось определить скорость поезда. Привязав маленький грузик к нити, он перекинул ее через крючок в потолке и начал укорачивать нить. В некоторый момент маятник резко увеличил амплитуду колебаний. Петя подсчитал, что за одну минуту маятник совершил **100** колебаний. Петя знал, что длина рельсов **12.5** метров. С какой скоростью он ехал в Москву?

**Решение:**

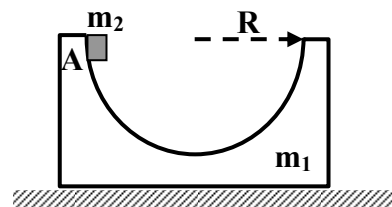
$$V = \frac{l}{T} = \frac{12,5}{3/5} = \frac{12,5 \cdot 5 \cdot 3,6}{3} = 75 \text{ км / ч.}$$

**Критерии оценки:**

Понятие резонанса	– 4 балла
Определение периода	– 2 балла
Выражение для скорости	– 2 балла
Расчет	– 2 балла.

### Задача 2

На гладкой горизонтальной поверхности стоит симметричный брусок массы  $m_1$  с углублением полусферической формы радиуса  $R$ . Из точки  $A$  без трения и начальной скорости соскальзывает маленькая шайба массой  $m_2$ . Какова амплитуда колебаний бруска при его последующем движении?



**Решение:**

«Брусок-шайба» – замкнутая система, поэтому положение ее центра масс не изменяется:

$$m_2 A_2 = m_1 A_1,$$

$$A_1 + A_2 = R.$$

Решая систему, получим для амплитуды колебаний бруска относительно поверхности:

$$A_1 = R \frac{m_2}{m_1 + m_2}.$$

**Критерии оценки:**

Замкнутость системы	– 4 балла,
Закон сохранения импульса или понятие центра масс	– 4 балла
Выражение амплитуды	– 2 балла

### Задача 3

Воздушный шар поднимает на Земле груз массой **100 кг**. Какой груз поднимет этот шар на Луне?

#### Решение:

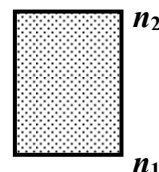
Никакой не поднимет – нет атмосферы, нет и силы Архимеда!

#### Критерии оценки:

Сила Архимеда	– 4 балла,
Отсутствие атмосферы на Луне	– 4 балла
Связь силы Архимеда с атмосферой	– 2 балла

### Задача 4

В вертикально расположенном цилиндре находится идеальный газ. Концентрация газа линейно изменяется по высоте от  $n_1$  до  $n_2$ . Чему равно отношение числа молекул  $N_2$  в верхней половине цилиндра к числу молекул  $N_1$  в его нижней половине?

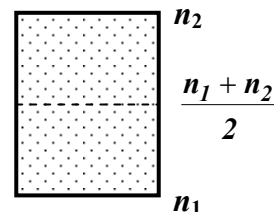


#### Решение:

Известно, что среднее значение линейно изменяющейся величины равно среднему арифметическому ее крайних значений и равно также ее значению в середине диапазона.

Т.е. в середине цилиндра концентрация составит:

$$n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2}.$$



Среднее значение концентрации в верхней половине цилиндра равно:

$$n_{cp1} = \frac{n_2 + n_{cp}}{2} = \frac{3n_2 + n_1}{4},$$

а в нижней –  $n_{cp2} = \frac{n_1 + n_{cp}}{2} = \frac{3n_1 + n_2}{4}.$

Тогда число молекул в верхней половине цилиндра равно:

$$N_1 = n_{cp1} \cdot \frac{V}{2},$$

а в нижней –

$$N_2 = n_{cp2} \cdot \frac{V}{2}.$$



Таким образом:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{3n_2 + n_1}{n_2 + 3n_1}.$$

**Критерии оценки:**

Понятие концентрации	– 2 балла,
Один из способов подсчета числа молекул через переменную концентрацию и объем	– 4 балла,
Конечная формула	– 4 балла.

**Задача 5**

Снаряд, выпущенный вертикально вверх в точке максимального подъема разорвался на два равных осколка. Оба осколка упали на Землю вблизи точки выстрела с интервалом в 10 секунд. Определить скорости осколков сразу после выстрела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Решение:**

Так как в точке максимального подъема снаряд имел нулевую скорость и разорвался он на два равных осколка, то скорости осколков после разрыва одинаковы и один из них полетел вертикально вниз, а второй вертикально вверх, так как упали они вблизи точки выстрела. Сопротивления воздуха нет, поэтому время подъема второго осколка равно времени опускания до точки разрыва, а его скорость направлена вниз и равна скорости первого осколка. Поэтому 10 с это время движения второго осколка вверх и вниз до точки разрыва.

$$V = V_0 - gt = 0 \Rightarrow V_0 = gt = 10 \cdot 5 = 50 \text{ м / с}.$$

**Критерии оценки:**

Равенство скоростей после разрыва	– 2 балла.
Равенство величины скорости второго осколка после взрыва и после опускания в эту же точку	– 2 балла.
Определение времени движения второго осколка от точки взрыва вверх и до неё же вниз (10 с)	– 2 балла.
Только вверх – 5 секунд	– 2 балла.
Определение скорости	– 2 балла.

**9 класс**

**Задача 9.1.** Из скважины какой максимальной глубины, может качать воду вакуумный насос при нормальном атмосферном давлении?

Решение.

$$\rho gh = P_{атм} \quad h = \frac{P_{атм}}{\rho g} = 10,3 м.$$

Критерии оценки:

Принцип работы насоса—2 балла.

Столб воды уравновешивает атмосферное давление – 4 балла.

Знание величины нормального атмосферного давления и плотности воды-2 балла.

Правильный расчет -2 балла.

**Задача 9.2.** Тело равномерно вращается по окружности радиусом 30 см. со скоростью 0,60 м/с. Чему равен период колебаний проекции этого тела на ось, параллельную диаметру окружности?

Решение.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{V} = \pi = 3,1 с.$$

Критерии оценки:

Понимание взаимосвязи вращения тела и колебания проекции-2 балла.

Тождественность угловой скорости вращения тела и циклической частоты колебаний проекции -2 балла.

Формула связи периода и циклической частоты -2 балла.

Линейная и угловая скорости -2 балла.

Расчет -2 балла.

**Задача 9.3.** Математический маятник длиной 1 м отклонили на 2 см. и отпустили. Какой путь пройдет груз маятника за 10 секунд.

**Решение.**

За один период маятник проходит путь равный 4 амплитудам.

$$S = 4aN = 4a \frac{t}{T} = \frac{4at}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} = 0.4 \text{ м}$$

Критерии оценки:

За один период маятник проходит путь равный 4 амплитудам -2 балла..

$$S = 4aN - 2 \text{ балла.}$$

$$N = \frac{t}{T} - 2 \text{ балла.}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} - 2 \text{ балла.}$$

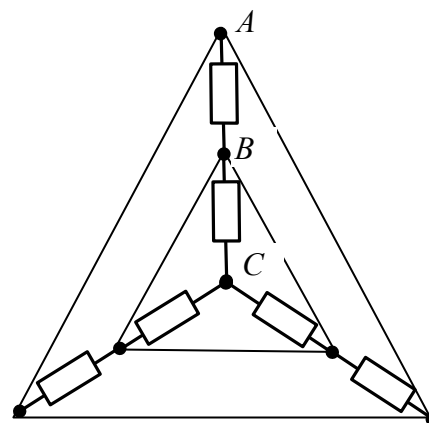
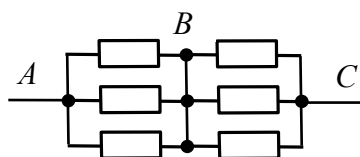
Расчет-2 балла.

**Задача 9.4.**

Чему равно сопротивление между узлами *A* и *B*, *A* и *C* схемы, изображенной на рисунке? Сопротивление каждого резистора *R*.

Решение:

Данную схему можно преобразовать к следующему виду:



Теперь непосредственно видно, что  $R_{AB} = \frac{1}{3}R$ , а  $R_{AC} = \frac{2}{3}R$ .

**Критерии оценки.**

Понимание, какие точки имеют одинаковый потенциал-4 балла.

Преобразование схемы - 4 балла.

Расчет -2балла.

**Задача 9.5.** Как изменится период колебаний пружинного маятника, если груз подвесить не на одной, а на двух одинаковых, соединенных последовательно, пружинах.

Задания и решения заключительного этапа Межрегиональной олимпиады школьников «Будущее инновационной России» Центрально-Черноземного экономического региона

***Решение***

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

При последовательном соединении двух пружин коэффициент жесткости системы пружин уменьшится вдвое  $k_2 = k_1 / 2$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{m}{k_2}}}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}}} = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} = \sqrt{\frac{2k_1}{k_1}} = \sqrt{2}$$

**Критерии оценки.**

Доказательство того, что коэффициент жесткости уменьшится вдвое-4 балла.

Отношение периодов- 4 балла.

Расчет -2балла.