Районно-городской этап XL Всероссийской олимпиады школьников по физике (Московская область)

Прошел октябрь, а с ним закончился и первый (школьный) этап Всероссийской олимпиады школьников. На этом этапе уровень сложности заданий бывает, как правило, невысок, а потому в числе победителей оказываются как учащиеся, одарённые в области физики, так и обычные прилежные школьники. Одна из задач второго (районно-городского) этапа — выявить школьников с развитым физическим мышлением, но сделать это так, чтобы не разочаровать в физике остальных участников олимпиады. Для этого в комплекте каждого класса должны быть включены как простые, так и относительно сложные задачи. Второй этап проводится муниципальными органами управления образованием и образовательными учреждениями в ноябре или декабре по заданиям, разработанным региональными методическими комиссиями или методическими комиссиями, созданными при муниципальных органах управления образованием. Ниже мы публикуем комплект задач, предлагавшихся в Московской области 20 ноября 2005 года на втором этапе Всероссийской олимпиады школьников.

Условия задач 8 класса

Задача 1. Рекорд дальности полета

Впервые люди «побороли» земное притяжение и смогли переместиться над землёй на летательном аппарате 21 ноября 1783 г. Два француза (Пиларт де Розье и Франсуа д'Арланд) на воздушном шаре конструкции братьев Монгольфье пролетели 2 лье (1 лье $= 4{,}444$ км). Через девять дней известный физик Жак Шарль со своим ассистентом на шаре собственной конструкции поставил новый рекорд дальности полета.

Говорят, что в тот день ветер дул с запада на восток со скоростью $1{,}6$ лье/ч. Через 3 часа 45 минут полёта направление ветра изменилось, и он стал дуть на северо-восток с прежней скоростью. Пролетев ещё 3 часа 15 минут, Жак Шарль и его ассистент благополучно приземлились. Вычислите, на каком расстоянии от точки старта приземлился Жак Шарль в этом рекордном перелёте.

Автор: фольклор

Задача 2. Приключения Буратино

Оказавшись в кладовой харчевни «Три пескаря», Буратино принялся исследовать её содержимое. Внимание мальчика привлекла банка с вертикальной шкалой и наклейкой «масло оливковое, 8 кг». Уровень жидкости доходил до отметки $H = 50$ см. Решив попробовать масло на вкус, Буратино свалился в банку! Случайно его взгляд упал на шкалу уровня масла. Теперь оно доходило до отметки 52 см. «А ведь, кажется, я знаю, как вычислить мою массу», — подумал мальчик.

Можно ли по имеющимся данным определить массу Буратино? Если да, определите её.

Автор: фольклор

Задача 3. Гидравлические весы

Ученик 8 класса города N-ска предложил для взвешивания тяжёлых грузов использовать модернизированный гидравлический пресс. Для этого к поршню малого цилиндра предлагалось прикрепить стрелку (рис. 1). Если большой поршень не нагружен, стрелка будет указывать на ноль. Если же поршень нагрузить, стрелка с малым поршнем поднимется вверх и покажет массу груза. На какую высоту переместится стрелка, если на большой поршень установить груз массой $m_0 = 63$ кг. Площади поршней равны $S_1 = 6000\ \text{см}^2$ и $S_2 = 1000\ \text{см}^2$ соответственно. В цилиндрах между поршнями находится машинное масло плотностью $\rho = 900\ \text{кг/м}^3$.

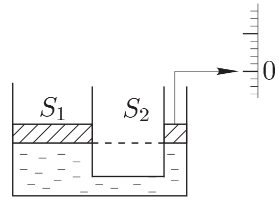

Рис. 1

Автор: Кирьяков Б.

Задача 4. Мокрый снежок

В калориметр, содержащий $m_1 = 100$ г воды при температуре $t_0 = 18{,}2°\text{C}$, опустили мокрый снежок массой $m_2 = 100$ г. После того как снежок растаял, оказалось, что температура воды в калориметре понизилась до $t_1 = 1{,}0°\text{C}$. Вычислите массу «сухого» снега, содержащегося в мокром снежке.

Для воды: удельная теплоёмкость $c_w = 4{,}2$ кДж/(кг·°C), удельная теплота плавления $\lambda = 340$ кДж/кг.

Автор: Шутенко Т.

Условия задач 9 класса

Задача 1. Промежуточная высота

Два озорных мышонка бросили камень в кота Леопольда, поливавшего на своём балконе цветы. Через время t_1 камень пролетел мимо кота, а ещё через t_2 секунд упал на землю. На какой высоте H находился балкон кота Леопольда?

Автор: фольклор

Задача 2. Санки с моторчиком

Крокодил Гена с Чебурашкой решили покататься с горы. Гена установил на санки лебёдку с мотором, взял лыжи, и друзья отправились на Икшу. Чебурашка поехал с горки на санках, а Гена, ухватившись за трос, отправился следом. Склон горки составлял с горизонтом угол α. С каким ускорением поехал Гена, когда Чебурашка включил мотор, если сани покатились вниз с постоянной скоростью? Масса санок вместе с мотором, лебёдкой и Чебурашкой равна массе Гены вместе с лыжами. Трением между снегом и санками (лыжами) можно пренебречь.

Автор: Слободянин В.

Задача 3. Три вольтметра

Ученик 9 класса собрал электрическую цепь, состоящую из трёх одинаковых вольтметров, идеального амперметра и ключа. Когда ключ замкнут (рис. 2), вольтметр V_3 показывает напряжение $U_0 = 3$ В, а сила тока, протекающего через амперметр, $I_0 = 1$ мА. Вычислите показания вольтметров V_1, V_2, V_3 и амперметра при разомкнутом ключе.

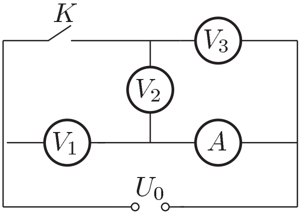

Рис. 2

Автор: фольклор

Задача 4. Кирпич

Кирпич — это параллелепипед, длины рёбер которого a, b, c относятся как $1 : 2 : 4$. Шершавый кирпич положили длинной узкой гранью на дно аквариума прямоугольной формы, площадь дна которого в два раза больше площади той грани кирпича, на которую его положили. В аквариум налили такое количество воды, что верхняя грань кирпича оказалась как раз на её поверхности, и измерили вес кирпича. После этого, не меняя количества воды в аквариуме, кирпич поставили на узкую и короткую грань, в результате чего вес кирпича увеличился в $n = 1{,}5$ раза по сравнению с первым случаем. Чему равна плотность ρ материала, из которого сделан кирпич? Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м^3.

Примечание. Под весом кирпича следует понимать силу, с которой он давит на дно.
Автор: Кармазин С.

Условия задач 10 класса

Задача 1. Бросок под углом к горизонту

Два озорных мышонка бросили камень в кота Леопольда, поливавшего на балконе цветы. Вектор начальной скорости камня составил с горизонтом угол α. Пролетев мимо кота в горизонтальном направлении, камень упал на землю на расстоянии L от мышей. На какой высоте H находился балкон кота Леопольда?
Автор: фольклор

Задача 2. Камера-обскура

Камера-обскура представляет собой светонепроницаемый ящик, у которого в стенке, обращенной к снимаемому объекту, имеется круглое отверстие диаметром $d = 0{,}5$ мм, а к внутренней стороне противоположной стенки прижата фотопластинка. Отверстие открывается только на время съёмки. Расстояние между передней и задней стенками камеры равно $b = 20$ см. Экспериментатор Глюк пошёл с камерой-обскурой в зоопарк фотографировать зебру. С какого максимального расстояния L можно сделать фотографию так, чтобы на ней светлые и тёмные полоски шкуры зебры были чётко различимы (не сливались) на фотографии? Ширина полос одинакова и равна $H = 5$ см.
Автор: фольклор

Задача 3. Устойчивость дрейфа подводной лодки

Подводная лодка с выключенными двигателями дрейфует на глубине H_0. Положение лодки считается устойчивым, если при малом изменении ΔH глубины её погружения, лодка с течением времени возвращается на прежнюю глубину. В каком из случаев положение лодки будет устойчиво: $k_l > k_w$, $k_l = k_w$ или $k_l < k_w$, где k_l — сжимаемость лодки, k_w — сжимаемость воды. Ответ обоснуйте.

Примечание. Под сжимаемостью понимают взятое с отрицательным знаком отношение относительного изменения объёма к изменению давления.
Автор: Кирьяков Б.

Задача 4. Моль электронов

При стационарном протекании одного моля электронов через резистор сопротивлением $R = 3{,}42$ Ом, на нём выделилось $W = 1{,}00$ кДж теплоты. Оцените, сколь долго продолжался такой процесс.

Примечание. Постоянная Авогадро $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$, заряд электрона $q_e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ Кл.
Автор: фольклор

Задача 5. Напряжение в сети

При подключении амперметра к сети постоянного напряжения через резистор сопротивлением $R_1 = 100$ Ом, сила тока, протекающего через амперметр, равна $I_1 = 40$ мА. Если в цепь включить последовательно с амперметром не один, а два таких резистора, то сила тока станет равной $I_2 = 24$ мА. Определите напряжение сети.
Автор: Бажанский И.

Условия задач 11 класса

Задача 1. Грузы на пружине

Один конец пружины прикреплён к упору, а другой — к грузу массой $m_1 = 1$ кг. Груз колеблется вдоль горизонтальной оси Ox с амплитудой $A_1 = 1$ см. Во сколько раз нужно изменить массу груза, чтобы при колебаниях с амплитудой $A_2 = 2$ см, максимальное (амплитудное) значение мощности, развиваемой пружиной, осталось таким же, как и в первом случае? Определите значение этой массы m_2.
Автор: Слободянин В.

Задача 2. Пожарный

Тренированный пожарный может удерживать в руках груз весом до $F_{\max} \approx 900$ Н. Оцените, какой максимальной высоты $H_{\max}$ может достичь струя воды, вырывающаяся из шланга (рис. 3), конец которого пожарный держит в руках?

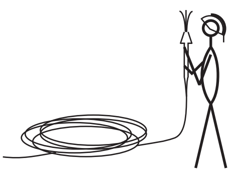

Рис. 3

Расход воды $\mu = 30$ л/с. Сопротивление воздуха не учитывать.
Автор: Чудновский А.

Задача 3. Кипящий чайник

В чайнике «Тефаль» мощностью 1 кВт кипит вода. С какой скоростью из его носика вырывается струя пара, если площадь отверстия носика равна $S = 5$ см^2, теплота испарения воды $r = 2{,}26 \cdot 10^6$ Дж/кг, нормальное атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).
Автор: Ковбасюк А.

Задача 4. Неизвестный газ

Однажды экспериментатор Глюк заинтересовался изотермическими процессами. Он поместил в теплопроводящий цилиндр под поршень 10 г водорода. Цилиндр опустил в кипящую воду и, выдвигая поршень, следил за тем, как давление зависит от объёма газа. Таким же способом Глюк получил изотермы для 10 г гелия и 10 г неизвестного газа, соответственно (рис. 4).

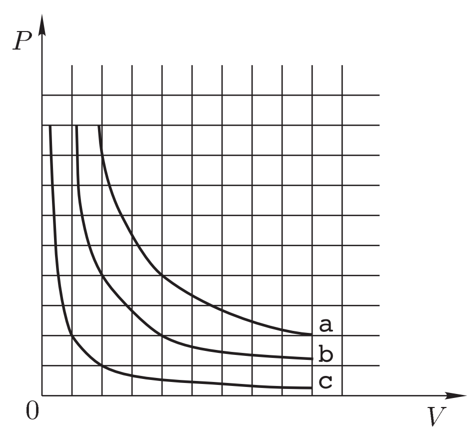

Рис. 4

Какая из трёх изотерм (a, b или c) соответствует водороду, гелию, неизвестному газу? Что это за газ?
Автор: Слободянин В.

Задача 5. Кубический конденсатор

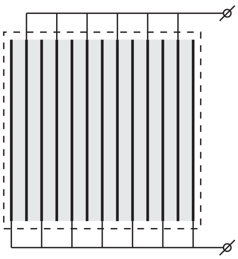

Рис. 5

Бумажный конденсатор представляет собой «слоёный пирог», в котором слои тонкой алюминиевой фольги чередуется со слоями пропарафиненной бумагой толщиной $d = 0{,}1$ мм и диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2{,}5$. Напряжённость электрического поля, при котором происходит пробой бумаги, равна $E_0 = 4{,}0 \cdot 10^7$ В/м. Листы фольги через один соединяют между собой (рис. 5) и получившийся «слоёный пирог» плотно упаковывают в корпус кубической формы. Какой длины a должно было бы быть ребро кубического конденсатора, чтобы электрический пробой произошёл, когда заряд конденсатора станет равным заряду электронов в количестве $\nu = 1{,}0$ моль.

Примечание. Постоянна Авогадро $N_A = 6{,}0 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$, заряд электрона $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}9 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Автор: Прут Э.

Решения задач 8 класса

Задача 1. Заметим, что $t_1 = 3$ часа 45 минут $= 3{,}75$ ч, а $t_2 = 3$ часа 15 минут $= 3{,}25$ ч.

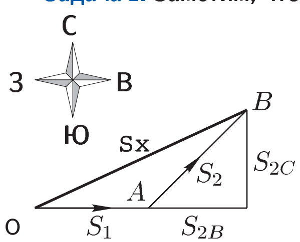

Рис. 6

Длина первого участка пути $S_1 = v_1 t_1 = 6$ лье. Длина второго участка пути $S_2 = v_2 t_2 = 5{,}2$ лье, причём проекции этого перемещения (S_{2C} и S_{2B}) как на северное, так и на восточное направления равны $3{,}68$ лье (рис. 6). Полное перемещение в восточном направлении $S_1 + S_{2B} \approx 9{,}68$ лье, а расстоянии от точки старта Жака Шарля до места приземления

$$S_x = \sqrt{(S_1 + S_{2B})^2 + S_{2C}^2} \approx 10{,}4 \text{ лье} = 46 \text{ км}.$$

Задача 2. Пусть m — масса Буратино, ρ_M — плотность масла, S — площадь горизонтального сечения банки; ΔH — увеличение уровня масла. Тогда масса масла $M = \rho_M S H$. Воспользуемся законом Архимеда: $mg = \rho_M S \Delta H g$. Из записанных формул находим

$$m = M\Delta H / H = 0{,}32 \text{ кг}.$$

Задача 3. Пусть h_1 — перемещение вниз большого поршня с грузом относительно исходного уровня, h_2 — перемещение вверх малого поршня (рис. 7). Для давления жидкости под большим поршнем (в точке B) справедливо соотношение:

$$\frac{mg}{S} = \rho g(h_1 + h_2).$$

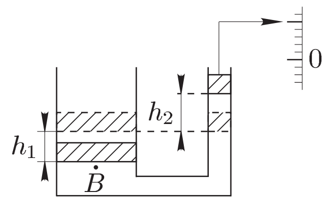

Рис. 7

Из условия несжимаемости жидкости следует

$$\rho S_1 h_1 = \rho S_2 h_2.$$

Из записанных уравнений находим

$$h_2 = \frac{m_0}{\rho(S_1 + S_2)} = 0{,}1 \text{ м}.$$

Задача 4. Пусть m_0 — искомая масса «сухого» снега. Мокрый снежок состоит из воды (жидкость) и снега (твёрдое вещество). Температура снежка $t_2 = 0°\text{C}$.

Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_w m_1(t_0 - t_1) = \lambda m_0 + c_w m_2(t_1 - t_2),$$

$$\text{откуда} \qquad m_0 = \frac{c_w}{\lambda}(m_1(t_0 - t_1) - m_2(t_1 - t_2)) \approx 20 \text{ г}.$$

Решения задач 9 класса

Задача 1. Время полёта камня вверх $t_B = (t_1 + t_2)/2$. За это время он поднимется на высоту $H_M = gt_B^2/2$. Выше уровня H камень находился $t_3 = |t_1 - t_2|$, а время полёта от уровня H до высшей точки траектории $t_4 = t_3/2$. Над промежуточным уровнем H камень поднимется на высоту $h = gt_4^2/2$. Следовательно, искомая высота

$$H = H_M - h = \frac{g}{2}\left(t_B^2 - t_4^2\right) = \frac{gt_1t_2}{2}.$$

Задача 2. Пусть N_1 и N_2 — нормальные реакции опоры, действующие на Гену и Чебурашку (причём $N_1 = N_2 = N$), T_1 и T_2 — силы реакции, действующие со стороны троса на Гену и Чебурашку соответственно:

$$T_1 = T_2 = T. \qquad (1)$$

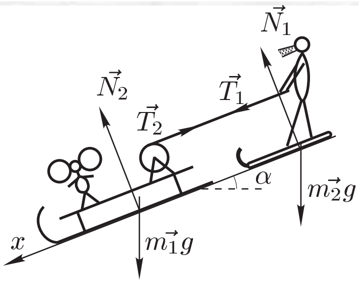

Рис. 8

Направим ось Ox вниз вдоль склона горы (рис. 8). Применим к движению Гены второй закон Ньютона в проекции на ось Ox:

$$ma = mg\sin\alpha + T_1.$$

Аналогичный закон применим к спускающемуся с горы Чебурашке:

$$0 = mg\sin\alpha - T_2.$$

Суммируя уравнения с учётом (1), получим

$$a = 2g\sin\alpha.$$

Задача 3. При замкнутом ключе схему можно представить следующим образом (рис. 9). Поскольку амперметр идеальный, его сопротивление равно нулю. В этом случае все три вольтметра включены параллельно, и напряжения на них одинаковы. Силы токов, протекающих через V_1 и V_2 одинаковы и равны:

$$I_1 = I_2 = I_0/2 = 0{,}5\ \text{мА}.$$

При разомкнутом ключе (рис. 10) идеальный амперметр «закорачивает» вольтметры V_2 и V_3. Поэтому напряжение $U_2 = U_3 = 0$, а напряжение $U_1 = 3$ В, то есть такое же, как и при замкнутом ключе. Значит, сила тока, протекающего через первый вольтметр: $I_1' = I_1 = 0{,}5$ мА и равна силе тока через амперметр.

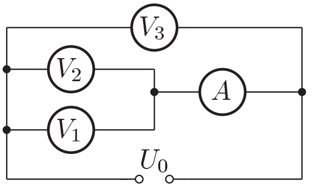

Рис. 9

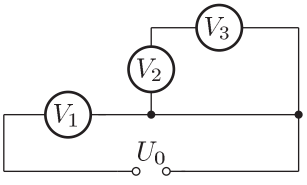

Рис. 10

Задача 4. Пусть ρ_k — плотность материала кирпича. Вес кирпича $P_k = \rho_k(abc)g$. В первом эксперименте на него действует сила Архимеда

$$F_{A1} = \rho(abc)g.$$

Взвешивание кирпича, погружённого в воду, покажет

$$P_1 = P_k - F_{A1} = (\rho_k - \rho)(abc)g.$$

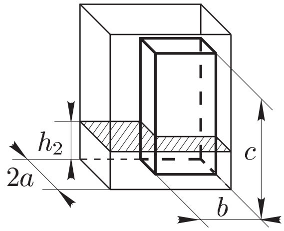

Рис. 11

После того как кирпич поставили на узкую и короткую грань (рис. 11), площадь дна аквариума, свободного от кирпича возросла до $S_2 = 2ac - ab = 3ab$, а высота столба воды стала равной $h_2 = (abc)/(3ab) = c/3$.

В этом случае на кирпич действует сила Архимеда $F_{A2} = \rho\,(abc/3)\,g$, а взвешивание кирпича, частично погруженного в воду, даст

$$P_2 = P_k - F_{A2} = \left(\rho_k - \frac{\rho}{3}\right)(abc)g.$$

По условию $3P_1/2 = P_2$, откуда

$$\frac{3}{2}\,(\rho_k - \rho)\,(abc)g = \left(\rho_k - \frac{\rho}{3}\right)(abc)g.$$

После сокращения на общий множитель и преобразования получим: $\rho_k = 7\rho/3$.

Решения задач 10 класса

Задача 1. Вертикальные составляющие скорости камня в момент броска и момент падения на землю одинаковы по модулю. Поэтому для полного времени t полёта:

$$v_0 \sin\alpha - (-v_0 \sin\alpha) = gt,$$

откуда

$$t = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}.$$

За это время камень пролетел со скоростью $v_x = v_0 \cos\alpha$ в горизонтальном направлении расстояние L:

$$L = v_0 t \cos\alpha = \frac{2v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g}. \qquad (2)$$

Мимо Леопольда камень пролетел горизонтально, следовательно, в этот момент он находился в наивысшей точке своей траектории. По закону сохранения энергии

$$H = \frac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g}.$$

С учётом (2):

$$H = \frac{1}{4} L \operatorname{tg}\alpha.$$

Задача 2. Световые лучи, идущие от границы светлой (тёмной) полоски зебры, попадают в некоторую область на фотопластинке (рис. 12). Для того, чтобы полоски на снимке не сливались, области, в которые попадают лучи от соседних границ, не должны пересекаться:

$$\angle ACB \simeq H/(L+b) > \angle A'CB' = d/b.$$

В предельном случае (при максимально возможном значении L) эти области касаются друг друга. В этом случае

$$\frac{H}{L+b} = \frac{d}{b},$$

откуда

$$L_{\max} = b\left(\frac{H}{d} - 1\right) = 19{,}8 \text{ м} \approx 20 \text{ м}.$$

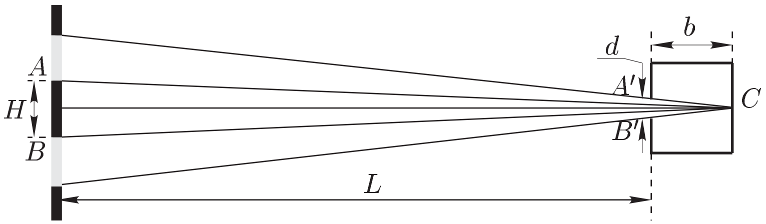

Рис. 12

Задача 3. На заданной глубине H_0 средняя плотность лодки равна плотности окружающей воды. Допустим, лодка погрузилась чуть глубже. Возможны три случая:

1. Когда $k_l > k_w$, объём лодки уменьшается с глубиной сильнее, чем аналогичный объём воды, поэтому средняя плотность лодки становится выше плотности окружающей воды и она тонет. В этом случае положение равновесия неустойчиво.

2. Повторяя рассуждения для $k_l = k_w$, придём к выводу, что средняя плотность лодки всегда будет равна плотности окружающей воды. Это безразличное положение равновесия.

3. В случае $k_l < k_w$ средняя плотность лодки изменяется с глубиной меньше, чем плотность окружающей воды. То есть при небольшом увеличении глубины сила Архимеда становится больше mg, где m — масса лодки, а при уменьшении — меньше. Их равнодействующая и обеспечит возвращающую силу. Имеем положение устойчивого равновесия.

Задача 4. Теплота, выделяющаяся на резисторе:

$$W = Pt = I^2Rt = $$
$$= \frac{(It)^2R}{t} = \frac{q^2R}{t} = \frac{(q_eN_A)^2R}{t},$$

где P — мощность, выделяющаяся на резисторе, q — полный заряд, протёкший через резистор, q_e — заряд одного электрона. Тогда

$$t = \frac{(q_eN_A)^2R}{W} \approx 3{,}2 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 1 \text{ год}.$$

Задача 5. Пусть амперметр имеет сопротивление R_A. Тогда закон Ома для первого случая: $I_1(R_A + R_1) = U$ (так как соединение последовательное, то сопротивления амперметра и резистора складываются). Закон Ома для второго случая: $I_2(R_A + 2R_1) = U$. Решая полученную систему уравнений, находим

$$U = \frac{I_1I_2R_1}{I_1 - I_2} = 6 \text{ В}.$$

Решения задач 11 класса

Задача 1. Пусть координата груза $x = A\sin\omega t$. Дифференцируя по времени это выражение, получаем

$$v = \omega A\cos\omega t, \qquad a = -\omega^2 A\sin\omega t.$$

Мгновенная мощность, передаваемая пружиной грузу,

$$P = Fv = mav = -m\omega^3A^2\sin\omega t\cos\omega t = $$
$$= -\frac{1}{2}m\omega^3A^2\sin 2\omega t.$$

Учитывая, что $\omega = \sqrt{k/m}$, найдём амплитудное значение мощности:

$$P_0 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k^3}{m}}A^2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k^3}{m_1}}A_1^2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k^3}{m_2}}A_2^2.$$

Из последнего равенства находим $m_2 = m_1A_2^4/A_1^4 = 16 \text{ кг} = 1 \text{ пуд}$.

Задача 2. Для достижения максимальной высоты $H_{\max}$ необходима максимальная скорость $v_{\max}$ истечения воды из шланга. Струя воды создаёт реактивную силу $F = \rho\mu v$, действующую на пожарного.

Формулу для реактивной силы можно вывести из закона изменения импульса. За малый промежуток времени Δt из шланга вытечет вода массой $\Delta m = \rho\mu\Delta t$. Она унесёт импульс $\Delta p = v\Delta m$. Если единственной опорой шланга является пожарный, то ему необходимо прикладывать усилие F, чтобы компенсировать изменение импульса: $\Delta p = F\Delta t$, откуда $F = \rho\mu v$.

Когда $F = F_{\max}$, скорость истечения максимальна: $v = v_{\max} = F_{\max}/(\rho\mu)$. Максимальную высоту подъёма находим из кинематики:

$$H_{\max} = \frac{v_{\max}^2}{2g} = \frac{F_{\max}^2}{2g\rho^2\mu^2} = 45 \text{ м}.$$

В решении предполагалось, что горизонтальная часть импульса поступающей воды обнуляется за счёт силы трения между шлангом и землёй. Если же сила трения пренебрежимо мала, то пожарному придётся прикладывать усилие не вертикально, а под углом 45° к горизонту, что уменьшит вертикальную составляющую силы в $\sqrt{2}$ раза, а максимальную высоту в 2 раза.

Задача 3. Количество теплоты, необходимое для испарения воды массой m, равно $Q = rm$. Поскольку всё тепло идёт на испарение воды, то

$$N = dQ/dt = r dm/dt. \qquad (3)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона $pV = \frac{m}{\mu}RT$. Найдём массу пара, занимающего объём V: $m = Vp\mu/(RT)$. Скорость испарения

$$\frac{dm}{dt} = \frac{p\mu}{RT} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{p\mu S}{RT} \cdot v, \qquad (4)$$

где v — скорость истечения пара из носика чайника. Из (3) и (4) получим

$$N = rp\mu Sv/(RT),$$

откуда окончательно запишем:

$$v = \frac{NRT}{rp\mu S} \approx 1{,}5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 4. Для идеального газа

$$PV = \frac{m}{\mu}RT,$$

откуда

$$P_{He}V = \frac{m}{\mu_{He}}RT, \qquad P_H V = \frac{m}{\mu_H}RT,$$

так как температуры и массы газов равны. При одинаковом объёме

$$\frac{p_{He}}{p_H} = \frac{\mu_H}{\mu_{He}} = \frac{1}{2}.$$

Найдём отношение давлений на изотермах для одного и того же объёма:

$$p_a : p_b = 2:1, \qquad p_b : p_c = 4:1,$$
$$p_a : p_c = 8:1.$$

Приходим к выводу, что изотерма a соответствует водороду, b — гелию. Тогда неизвестному газу соответствует изотерма c. Найдём молярную массу неизвестного газа:

$$\mu = \frac{p_H}{p_{He}} \cdot \mu_H = 8\mu_H = 16\ \text{г/моль}.$$

Отсюда неизвестный газ — метан (CH_4).

Задача 5. Фольга является проводником, поэтому поле внутри неё равно нулю, а заряды скапливаются на двух поверхностях фольги. Таким образом, каждый слой фольги можно рассматривать как две соединённые между собой пластины от двух плоских конденсаторов. Внутренность каждого плоского конденсатора — это слой бумаги.

Поле внутри плоского конденсатора $E = \sigma/(\varepsilon\varepsilon_0)$, где $\sigma = Q/S$ — поверхностная плотность зарядов, $Q = \nu N_A e$ — заряд конденсатора, S — суммарная площадь всех пластин. Всего в кубическом конденсаторе a/d слоёв фольги, каждый площадью $S_1 = a^2$, поэтому

$$S = \frac{a}{d}S_1 = \frac{a^3}{d}.$$

Подставив в соотношение для E выражения для σ и S, получим

$$E = \frac{Qd}{\varepsilon\varepsilon_0 a^3},$$

откуда

$$a = \sqrt[3]{\frac{Qd}{\varepsilon\varepsilon_0 E}} = \sqrt[3]{\frac{\nu N_a ed}{\varepsilon\varepsilon_0 E}} \approx 22{,}1\ \text{м} \approx 22\ \text{м}.$$

Подборку задач осуществил В.П. Слободянин
Публикацию подготовил А.В. Чудновский