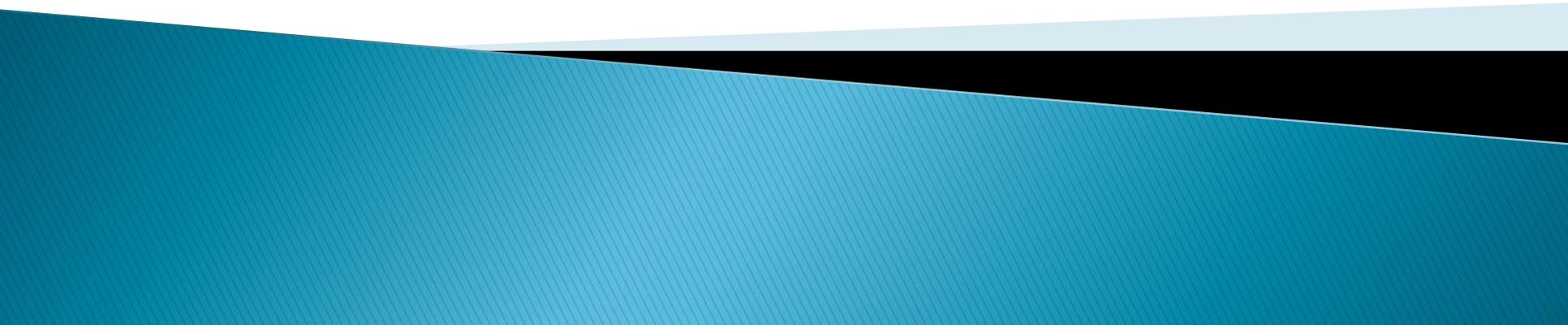


# Городское методическое объединение учителей физики

30.10.2014



1. Об изменениях в КИМ–ах ЕГЭ и ОГЭ в 2015г.

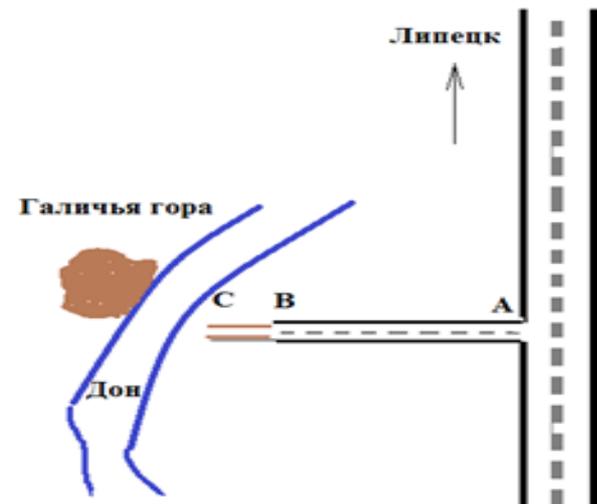
2. Об итогах школьного этапа всероссийской олимпиады по физике и астрономии.

3. Об организации и проведении муниципального этапа всероссийской олимпиады по физике и астрономии в 2014 – 2015 учебном году.

# 7 класс

## 1 задача (9 баллов)

- ▶ Внимательный Александр Юрьевич свернул с трассы в точке А, а ехавший следом за ним Сергей Петрович не заметил этого и поехал прямо. Александр Юрьевич проехал 5 км до точки В со скоростью 16 м/с, а затем 1 км по грунтовой дороге со скоростью 12 м/с и увидел пляж, но не увидел сзади машины Сергея Петровича, который все это время продолжал движение к Липецку со скоростью 90 км/час. Александр Юрьевич сразу стал вызывать по радиии Сергея Петровича. Откликнется ли ему друг по радиии, или придется звонить ему по мобильному телефону, если радиус действия радиии 10 км?



## Решение

1. Время, затраченное на движение от точки А до точки С

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2}, \quad t = \frac{5000}{16} + \frac{1000}{12} = 312,5 + 83,3 = 395,8 \text{ с.}$$

2. Путь, пройденный за это время в направлении на Липецк

$$S_3 = v_3 \cdot t, \quad S_3 = 25 \cdot 395,8 = 9895 \text{ м.}$$

3. Расстояние между автомобилями

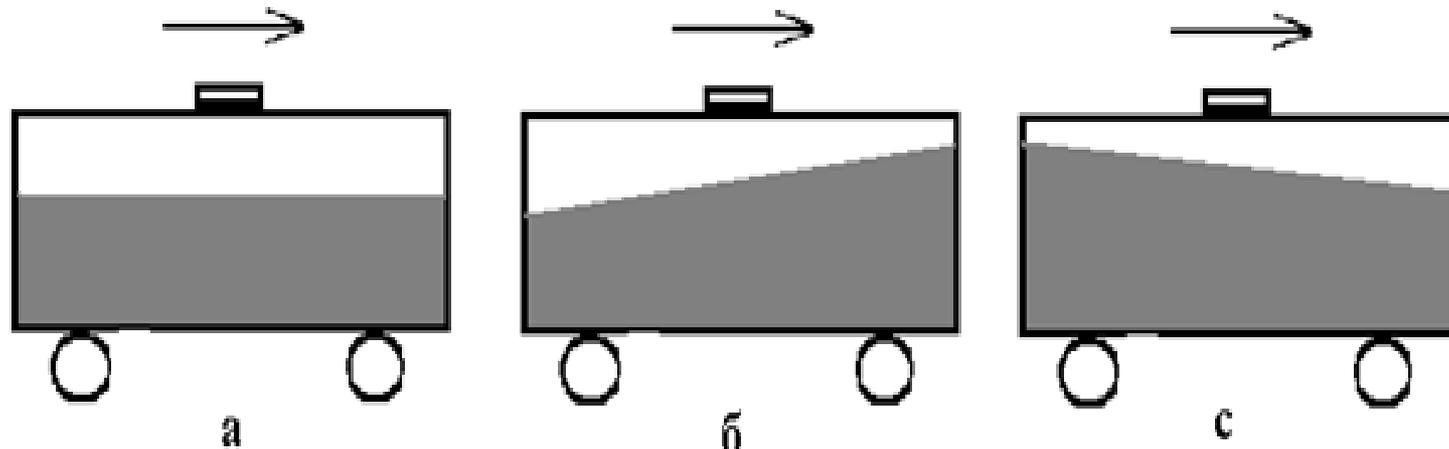
$$S = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 + S_3^2}, \quad S \approx \sqrt{6^2 + 9,9^2} \approx \sqrt{36 + 98} \approx \sqrt{134} \approx 11,6 \text{ км.}$$

4. Так как расстояние между автомобилями больше радиуса действия рации, то Александру Юрьевичу придется звонить по мобильному телефону.

**Ответ:** Алексею Юрьевичу придется звонить по мобильному телефону

## 2 задача (10 баллов)

На рисунке схематично изображен бензовоз, который движется в направлении, указанном стрелкой. Поверхность бензина в каждом случае



располагается по-разному. Определите, как изменяется скорость бензовоза в каждом из трех случаев, и что является причиной изменения уровня жидкости.

## Решение

В случае *a* скорость уровень жидкости не изменяется, следовательно, бензовоз движется равномерно. В случае *b* бензовоз тормозит (его скорость уменьшается), а бензин, сохраняя свою скорость, набегает по инерции на переднюю стенку цистерны. В случае *в* бензовоз увеличивает скорость, а жидкость, сохраняя свою скорость, набегает по инерции на заднюю стенку цистерны.

Ответ: в случае *a* скорость постоянна, *b* – уменьшается, *в* - увеличивается.

### 3 задача (8баллов)

Завод закупил запасные детали из стали сложной формы к станкам. Чтобы они не ржавели, заведующий складом решил хранить их в пластиковом кубе, залив маслом. Масса куба 30 кг, объем -  $1 \text{ м}^3$ . В куб сложили детали и залили их маслом. Масса куба с деталями и маслом составляет 5900 кг. Плотность масла  $900 \text{ кг/м}^3$ , плотность стали  $8000 \text{ кг/м}^3$ . Какой объем машинного масла залили в бочку?

## Решение

Пусть суммарный объем машинного масла равен  $V_1$ , а суммарный объем деталей равен  $V_2$ . Тогда  $V_1 + V_2 = V$  (1).

При этом  $\rho_1 V_1 = m_1$  - общая масса машинного масла, а  $\rho_2 V_2 = m_2$  - общая масса стальных деталей. Суммарная масса заполненного куба складывается из массы машинного масла, массы деталей и массы пустого пластикового куба:  $m_1 + m_2 + m = M$  (2).

Таким образом, получаем два уравнения (1) и (2) с двумя неизвест-

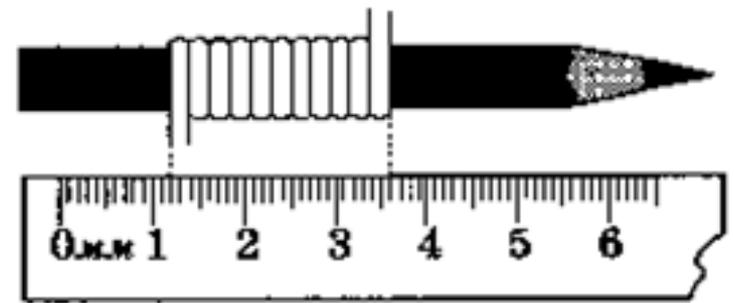
НЫМИ  $\begin{cases} V_1 + V_2 = 1 \text{ м}^3 \\ 900 \text{ кг} / \text{ м}^3 \cdot V_1 + 8000 \text{ кг} / \text{ м}^3 \cdot V_2 = 5870 \text{ кг} \end{cases}$

Решая совместно, получаем, что  $V_1 = 0,3 \text{ м}^3$ ,  $V_2 = 0,7 \text{ м}^3$ .

**Ответ:** объем машинного масла в пластиковом кубе равен  $0,3 \text{ м}^3$ .

## 4 задача (10 баллов)

Костя очень любит мастерить. В журнале "Самоделкин" он прочитал, как самому сделать рычажные весы, приспособив под их чашки поддоны для цветочных горшков. Костя сделал весы, но огорчился, что у него нет гирей для них. Однако он подумал, взял кусок медной проволоки и намотал на карандаш, как показано на рисунке (на рисунке в одном и том же масштабе изображены карандаш, плотно обвитый тонкой проволокой, и линейка). Какой длины должны быть отрезки проволоки, чтобы их можно было использовать как гири массой 1 г, 2 г, 5 г?



Плотность меди  $\rho = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

## Решение

1. По рисунку определяем диаметр проволоки (цена деления линейки – 1 мм):  $(3,6 \text{ см} - 1,2 \text{ см}):11 = 0,22 \text{ см}$ .

Следовательно, радиус проволоки  $R = 0,11 \text{ см}$ .

2. Площадь сечения проволоки

$$S = \pi R^2$$

2. Объем кусочка проволоки  $V = Sl = \pi R^2 l$  (1), где  $l$  – длина проволоки.

3. Объем выразим из формулы, определяющей плотность

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

4. Приравняв (1) и (2), выразим длину проволоки:

$$\pi R^2 l = \frac{m}{\rho}, \quad l = \frac{m}{\pi R^2 \rho}$$

5. Рассчитаем длину проволоки массой 1 г:

$$l_1 = \frac{1}{3,14 \cdot 0,11^2 \cdot 8,9} = 2,96 \approx 3 \text{ см}$$

6. Отрезки проволоки массой 2 г и 5 г должны быть длиннее соответственно в 2 раза и пять раз.

$$l_2 = 6 \text{ см}, \quad l_3 = 15 \text{ см}.$$

**Ответ:**  $l_1 = 3 \text{ см}, \quad l_2 = 6 \text{ см}, \quad l_3 = 15 \text{ см}.$

## Таблица результатов 7 класс

Всего участников	№ задания	Выполнение заданий		
		От 0 до 50 %	От 50 до 100%	100%
38	1	80	10	10
	2	76	16	8
	3	76	13	11
	4	87	13	0

## 8 класс

### 1 задача (10 баллов)

Саша и Дима заблудились в Усманском бору. Темнело, испуганные мальчики захотели разжечь костер. Они нашли старое бревно с углублением, подходящую плотную деревянную палочку, сухой мох. Саша повертел палочку, расстроился, и заявил, что при трении нагревается только 20 г древесины, а не вся палочка, и костер до конца ночи не разгорится. Однако отличник Дима прикинул, что если мох воспламеняется при температуре  $180^{\circ}\text{C}$ , на нагревание дерева идет 30% работы, совершаемой Сашей, ежесекундно в окружающую среду уходит примерно 10 Дж тепла, в бору прохладно, температура  $0^{\circ}\text{C}$ , то костер может загореться совсем скоро. И правда, уже через полчаса по дыму костра мальчиков нашли спасатели. Сколько времени потребовалось вращать палочку для получения огня? Ранее на уроке физики друзья выяснили, что каждый из них может при вращении карандаша развивать мощность 100 Вт, и еще Дима вспомнил, что удельная теплоемкость дерева равна  $2\text{кДж}/(\text{кг }^{\circ}\text{C})$ .

## Решение

1. Работа, совершаемая Сашей,  $A = P \cdot \tau$  (1), где  $P$  – мощность, развиваемая человеком,  $\tau$  – время совершения работы. 30% ( $k=0,3$ ) от этой работы – это количество теплоты, выделяющееся в дереве. Из этого тепла  $Q_{\text{п}} = P_{\text{п}} \tau$  (2) теряется на нагрев окружающей среды, где  $P_{\text{п}} = 10$  Дж/с. Остальное тепло идет на нагрев дерева массой 20 г от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$ .  $Q = cm\Delta t$  (3).

2. Итак,  $0,3A = Q_{\text{п}} + Q$ , после подстановки получим

$$\tau = \frac{cm\Delta t}{0,3P - P_{\text{п}}} = 2000 \cdot 0,01 \cdot 180 / (30 - 10) = 180 \text{ с} = 6 \text{ мин.}$$

Ответ: огонь загорелся через 6 мин.

## 2 задача (8 баллов)

Однородный груз, подвешенный к динамометру, опускают сначала в воду, потом в керосин. В первом случае динамометр показывает  $P_1=24$  Н, когда груз опускают в керосин, динамометр показывает  $P_2=30$  Н. Каковы объем и масса груза, если плотность керосина  $800$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $1000$  кг/м<sup>3</sup>.

## Решение

Пусть  $m$  – масса груза,  $V$  – объем,  $\rho_1$  – плотность воды,  $\rho_2$  – плотность керосина. Вес тела в жидкости равен разности между силой тяжести и силой Архимеда  $\rho gV$ , т.е.

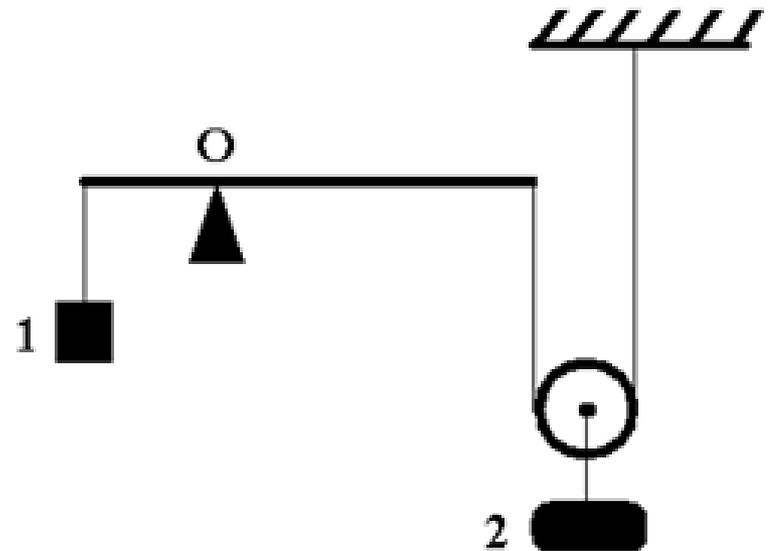
$$P_1 = mg - \rho_1 gV(1) \quad P_2 = mg - \rho_2 gV(2);$$

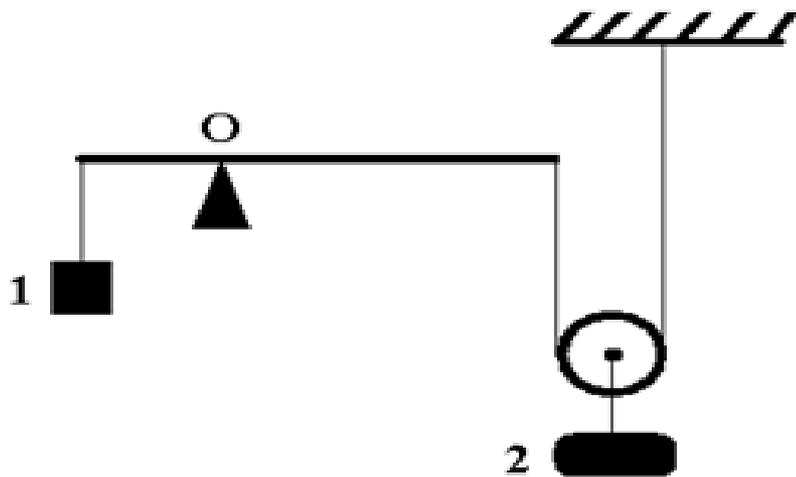
$$P_2 - P_1 = (\rho_1 - \rho_2)gV \Rightarrow V = \frac{P_2 - P_1}{g(\rho_1 - \rho_2)} = 0,003 \text{ м}^3 (3)$$

$$m = \frac{\rho_1 P_2 - \rho_2 P_1}{g(\rho_1 - \rho_2)} = 7,4 \text{ кг} (4)$$

### 3 задача (10 баллов)

Груз 1 массой 500 г уравнивает рычаг, ко второму концу которого прикреплен блок с грузом 2 массой 2 кг. Длина рычага  $L=60$  см. На каком расстоянии от левого конца рычага надо расположить точку опоры O, чтобы система находилась в равновесии?





Решение:

Обозначим искомое расстояние  $l$ , тогда второе плечо рычага  $L-l$ . К левому концу рычага

приложена сила тяжести  $m_1g$ , а к правому - сила натяжения нити  $\frac{m_2g}{2}$  (1),

т.к. подвижный блок дает двукратный выигрыш в силе. По правилу рычага

(относительно точки O):  $m_1gl = \frac{m_2g}{2}(L-l)$  (2).

$$\text{Отсюда } l = \frac{m_2L}{2m_1 + m_2}, \quad l = \frac{2 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,5 + 2} = 0,4 \text{ м.}$$

Ответ:  $l = 0,4 \text{ м.}$

#### 4 задача (8 баллов)

В калориметре находится вода, масса которой 50 г и температура  $0^{\circ}\text{C}$ . В него добавляют кусок льда, масса которого 20 г и температура  $-5^{\circ}\text{C}$ . Какой будет температура содержимого калориметра после установления в нем теплового равновесия? Ответ выразите в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Удельная теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$ , удельная теплота плавления льда  $332 \text{ кДж}/\text{кг}$ , удельная теплоемкость льда  $2100 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$ .

## Решение

Обозначим через  $t_1$  температуру воды,  $t_2$  - температуру льда. В процессе теплообмена участвуют лед и вода, причем лед получает некоторое количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для его нагревания до температуры плавления и затем для его плавления.

$$Q_1 = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_2 - t_1) + \lambda m_{\text{л}}, \quad Q_1 = 210 + 66400 = 66610 \text{ Дж.}$$

Вода, первоначально находящаяся в калориметре, отдаст при кристаллизации количество теплоты  $Q_2$ .

$$Q_2 = \lambda m_{\text{в}}, \quad Q_2 = 16600 \text{ Дж.}$$

Т.к.  $Q_2 < Q_1$ , то теплоты, отданной водой, хватит на нагревание льда до  $0^\circ \text{C}$ , далее наступит тепловое равновесие. Таким образом, в калориметре будет находиться смесь воды и льда при температуре  $t = 0^\circ \text{C}$ .

**Ответ:**  $t = 0^\circ \text{C}$

## Таблица результатов 8 класс

Всего участников	№ задания	Выполнение заданий		
		От 0 до 50 %	От 50 до 100%	100%
30	1	84	13	3
	2	67	13	20
	3	53	40	7
	4	94	3	3

9 класс  
1 задача (10 баллов)

Два тела движутся навстречу друг другу по одной прямой со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  и ускорениями  $a_1$  и  $a_2$ , направленными противоположно соответствующим скоростям в начальный момент времени. При каком максимально начальном расстоянии между телами они еще могут встретиться?

### Решение

Удобно решать задачу с позиций относительности движения. Пусть первое тело неподвижно, тогда начальная скорость второго тела относительно первого  $v_1 + v_2$  (1). Ускорение второго тела относительно первого постоянно и равно  $a_1 + a_2$  (2). Ускорение направлено противоположно начальной скорости.

Максимальное расстояние второе тело пройдет до первого в том случае, когда в момент встречи его мгновенная скорость будет равна нулю, т.е.  $v = (v_1 + v_2) - (a_1 + a_2)t = 0$  (3).

Расстояние соответственно будет равно (4)  $S = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)}$ .

**Ответ:**  $S = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2(a_1 + a_2)}$ .

## 2 задача (9 баллов)

Перед запуском корабля-исследователя на Марс изготовили его модель в масштабе 1:10. При испытаниях модели на Земле выяснили, что модель не проваливается в грунт, обладающий такими же свойствами, как марсианский, если её масса не больше  $m$ . Будет ли реальный корабль-исследователь проваливаться в грунт при движении по поверхности Марса?

Ускорение свободного падения на Земле равно  $g_{\text{З}} = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ , на Марсе  $g_{\text{М}} =$

$$3,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

## Решение

Объект проваливается в грунт, если его давление на грунт превышает некоторое критическое давление  $p_c$ , определяемое механическими свойствами данного грунта.

Если масса объекта  $M$ , площадь опоры (гусениц, колёс и т.д.) равна  $S$ , то давление на грунт равно  $p = \frac{Mg}{S}$ , где  $Mg$  – сила тяжести,  $g$  – ускорение свободного падения.

Обозначим отношение линейных размеров корабля-исследователя к линейным размерам модели  $k=10$ .

Масса модели равна  $m$ . Масса корабля-исследователя связана с его объёмом, а объём определяется кубом линейных размеров, поэтому масса корабля-исследователя  $M$  связана с массой модели

$$M = k^3 m .$$

Аналогично, если площадь опоры модели равна  $s$ , площадь опоры корабля-исследователя  $S = k^2 s$ .

Модель испытывается в земных условиях, ускорение свободного падения на Земле равно  $g_3$ , давление модели на грунт равно

$$p_m = \frac{mg_3}{s} .$$

Давление на грунт корабля-исследователя на поверхности Марса определяется выражением:

$$p_k = \frac{Mg_M}{S} = \frac{k^3 mg_M}{k^2 s} = kp \frac{g_M}{g_3} .$$

Определим отношение  $\frac{F_k}{P_m}$

$$\frac{P_k}{P_m} = k \frac{g_M}{g_3} .$$

Корабль-исследователь не будет проваливаться в грунт, если отношение  $\frac{P_k}{P_m} \leq 1$ , то есть он оказывает на грунт давление, не превышающее давление модели, или, чтобы корабль не проваливался, должно выполняться неравенство

$$k \frac{g_M}{g_3} \leq 1 .$$

Проверим это, подставив величины ускорения свободного падения на Марсе и Земле. Видно, что

$$10 \cdot \frac{3,8}{9,8} > 1 .$$

**Ответ:** корабль-исследователь будет проваливаться в грунт.

### 3 задача (6 баллов)

В двух одинаковых сосудах с водой плавают плоская широкая и высокая узкая коробочки. В каждую коробочку кладут одинаковые тяжелые предметы массой  $m$ . В каком из сосудов после добавления предметов уровень воды поднимется выше?

## Решение

Объем погруженной в воду части каждой коробочки изменится на величину  $\Delta V = \frac{m}{\rho}$ , где  $\rho$  - плотность воды. Т.к. сосуды одинаковы, то уровни воды в них изменятся на одну и ту же величину.

**Ответ:** уровни воды в сосудах изменятся на одну и ту же величину

#### 4 задача (9 баллов)

В калориметре с некоторым количеством воды находится электронагреватель постоянной мощности. Если включить нагреватель в сеть, а в калориметр добавлять воду температурой  $0^{\circ}\text{C}$  со скоростью  $1 \text{ г/с}$ , то установившаяся температура воды в калориметре будет равна  $50^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре, если в него вместо воды добавлять лед температурой  $0^{\circ}\text{C}$  со скоростью  $0,5 \text{ г/с}$ ? Теплообменом калориметра с окружающей средой пренебречь.

Удельная теплоемкость воды равна  $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ , удельная теплота плавления льда  $335 \text{ кДж/кг}$ .

## Решение

В установившемся режиме  $m_1 = 1$  г воды за 1 с нагревается на  $\Delta t = 50$  °C, получая при этом количество теплоты

$$Q_1 = cm_1\Delta t_1 = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 50 \text{ °C} = 210 \text{ Дж.}$$

Следовательно, мощность электронагревателя составляет 210 Вт.

Обозначим установившуюся температуру воды в калориметре во втором случае через  $t_2$ . Тогда при той же мощности нагревателя за 1 с количество теплоты 210 Дж будет тратиться на плавление

$m_2 = 0,5$  г льда и нагревание получившейся при этом воды от 0 °C до температуры  $t_2$ . Отсюда:

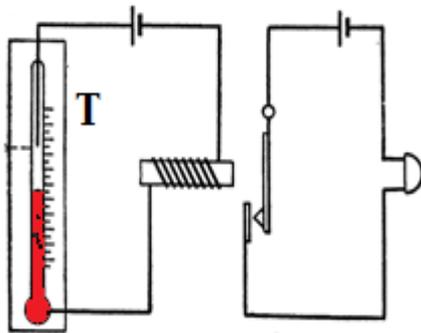
$$Q_1 = Q_2 = cm_1\Delta t_1 = \lambda m_2 + cm_2\Delta t_2;$$

$$t_2 = \frac{cm_1\Delta t_1 - \lambda m_2}{cm_2} = 20^\circ \text{C}$$

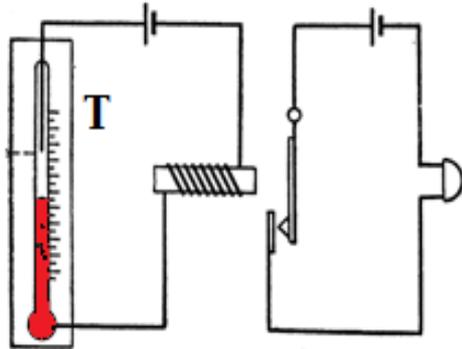
$$\text{Ответ: } t_2 = 20^\circ \text{C}$$

## 5 задача (7баллов)

На рисунке приведена схема устройство, которое подает звуковой сигнал в том случае, когда температура достигает некоторой критической. Основной частью устройства является контактный термометр T, в верхней части канала



которого вставлен проводник. Пользуясь схемой, объясните принцип действия устройства. Каким образом можно увеличить температуру, при которой раздается звуковой сигнал?



## Решение

Т.к. ртуть является проводником, то при достижении определенной температуры ртутный столбик замыкает цепь. При этом срабатывает электромагнитное реле, включающее цепь с сигнальным устройством.

Чтобы увеличить температуру, на которую реагирует устройство, надо уменьшить длину проводника, вставленного в канал термометра.

## Таблица результатов 9 класс

Всего участников	№ задания	Выполнение заданий		
		От 0 до 50 %	От 50 до 100%	100%
29	1	76	21	3
	2	100	0	0
	3	56	41	3
	4	52	48	0
	5	24	24	52

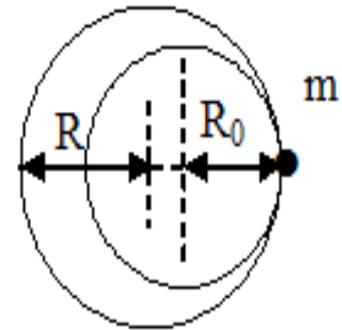
10 класс  
1 задача (10 баллов)

Материальная точка начинает двигаться по прямой с постоянным ускорением  $a$ . Спустя время  $t_1$  после начала движения ускорение меняет знак на противоположный, оставаясь неизменным по модулю. Определите, через какое время  $t$  после начала движения точка окажется в исходном положении.

Ответ:  $t = t_1(2 + \sqrt{2})$ .

## 2 задача (10 баллов)

На поверхности шара массой  $M$  и радиусом  $R$  расположена материальная точка массой  $m$ . В шаре вырезали сферическую полость радиусом  $\frac{3}{4}R$ ? Во сколько раз уменьшилась сила тяготения между материальной точкой и шаром? Центры шара, полости и материальная точка лежат на одной прямой (см. рисунок).



## Решение

Сила тяготения  $F_1$  между сплошным шаром массой  $M$  и материальной точкой массой  $m$ , находящейся на расстоянии  $R$  от центра шара согласно закону всемирного тяготения равна

$$F_1 = G \frac{Mm}{R^2} \quad (1), \text{ где } G \text{ – гравитационная постоянная.}$$

Сила тяготения  $F_0$  между полым шаром и материальной точкой массой  $m$ , находящейся на расстоянии  $R_0 = \frac{3}{4}R$  от центра полости, можно представить как разность между силой тяготения  $F_1$  и силой тяготения  $F_2$ .  $F_2$  - сила тяготения между сплошным шаром радиусом  $R_0 = \frac{3}{4}R$  (массой  $M_2$ ) и материальной точкой массой  $m$ , находящейся на расстоянии  $R_0 = \frac{3}{4}R$  от центра этого шара

$$\text{Так как } M = \rho V^3 = \frac{4}{3} \rho \pi R^3 \text{ (т.е. } M \sim R^3), \text{ то } M_2 = \left(\frac{3}{4}\right)^3 M \quad (2).$$

$$F_2 = G \frac{Mm}{R^2} - G \frac{\left(\frac{3}{4}\right)^3 Mm}{\left(\frac{3}{4}\right)^2 R^2} = \frac{1}{4} G \frac{Mm}{R^2} = \frac{1}{4} F_1 \quad (3)$$

Таким образом, сила тяготения между полым шаром и материальной точкой уменьшится в 4 раза.

**Ответ:** сила тяготения между полым шаром и материальной точкой уменьшится в 4 раза.

### 3 задача (7 баллов)

Во сколько раз напряженность электрического поля на поверхности капли, образовавшейся из слияния  $N$  маленьких одинаково заряженных капель, больше напряженности на поверхности маленькой капельки до слияния (считать, что капли имеют сферическую форму).

## Решение

Пусть малая капля имеет радиус  $r$  и заряд  $q$ , тогда напряженность поля на ее поверхности  $E_1 = k \frac{q}{r^2}$ . По закону сохранения заряда заряд большой капли будет соответственно  $Nq$ , ее радиус обозначим  $R$ , напряженность на поверхности большой капли будет равна  $E = k \frac{Nq}{R^2}$ . Нам необходимо найти

отношение напряженностей, т.е.  $\frac{E}{E_1} = \frac{Nr^2}{R^2}$  (1). Соотношение между радиусами

большой и малой капель найдем из условия, что объем большой капли  $V$  равен сумме объемов  $V_1$  всех малых капель, т.е.  $V = NV_1$ , или  $\frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4N\pi r^3}{3}$ , отсюда

$R = \sqrt[3]{N}r$ , подставим данное значение в выражение (1), получим:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{Nr^2}{\sqrt[3]{N^2}r^2} = N^{1/3} = \sqrt[3]{N}.$$

**Ответ:**  $\frac{E}{E_1} = \sqrt[3]{N}$

## 4 задача (9 баллов)

Плоский конденсатор заполнили диэлектриком, проницаемость которого зависит от напряжения по закону  $\varepsilon = kU$ , где  $k = 2 \text{ В}^{-1}$ . В начальный момент времени этот конденсатор не заряжен. Второй такой же конденсатор, но без диэлектрика, заряженный до напряжения  $U_0 = 15 \text{ В}$ , подключают параллельно первому. Определите напряжение, установившееся на конденсаторах.

## Решение

1. Пусть емкость конденсатора без диэлектрика равна  $C_0$ . Тогда заряд второго конденсатора определяется как первоначально равен  $q_0 = C_0 U_0$ . После соединения конденсаторов по закону сохранения электрического заряда  $C_0 U_0 = q_1 + q_2$  (1). Выразив заряды через соответствующие емкости и учитывая, что при параллельном соединении напряжение на них одинаково, получим из (1):  $C_0 U_0 = U(C_0 + kUC_0)$  (2). Из (2) выразим искомую величину  $U$ :

$$U = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 4kU_0}}{2k} \quad (3). \text{ Очевидно, что нам подходит только положительный}$$

$$\text{ответ, т.е. } U = \frac{\sqrt{1 + 4kU_0} - 1}{2k} \text{ или } U = \frac{\sqrt{1 + 4 \cdot 2 \cdot 15} - 1}{2 \cdot 2} = 2,5 \text{ В.}$$

Ответ:  $U = 2,5 \text{ В.}$

## 5 задача (7 баллов)

В калориметр положили кусок льда массой 100 г, имеющего температуру  $-10^{\circ}\text{C}$  и налили 500 г воды, имеющей температуру  $40^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды равна  $4,2 \text{ кДж/кг } ^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость льда  $2,1 \text{ кДж/кг } ^{\circ}\text{C}$ , а его удельная теплота плавления равна  $0,33 \text{ МДж/кг}$ . Определите температуру содержимого калориметра после установления теплового равновесия. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

## Решение

1) найдем количество теплоты, необходимое для нагревания льда от температуры  $t_2 = -10^\circ\text{C}$  до температуры  $t = 0^\circ\text{C}$

$$Q_1 = c_l m_l (t - t_2), \quad Q_1 = 2100 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2100 \text{ Дж};$$

2) вычислим количество теплоты, которое выделится при остывании воды от температуры  $t_1 = 40^\circ\text{C}$  до температуры  $t = 0^\circ\text{C}$

$$Q_2 = c_w m_w (t_1 - t), \quad Q_2 = 4200 \cdot 0,5 \cdot 40 = 84000 \text{ Дж}.$$

3) для того, чтобы лед растаял, необходимо количество теплоты

$$Q_3 = \lambda m_l, \quad \text{или} \quad Q_3 = 330000 \cdot 0,1 = 33000 \text{ Дж}.$$

4) т.к.  $Q_1 + Q_3 < Q_2$ , то конечная температура  $t_k$  будет выше нуля, и можно составить уравнение теплового баланса

$$c_w m_l (t_k - t) + Q_3 + Q_1 = c_w m_w (t_1 - t_k) \quad (1).$$

Выразив из уравнения (4) конечную температуру  $t_k$  и подставив численные значения, получим, что  $t_k = 19^\circ\text{C}$ .

## Таблица результатов 10 класс

Всего участников	№ задания	Выполнение заданий		
		От 0 до 50 %	От 50 до 100%	100%
20	1	45	10	45
	2	75	20	5
	3	85	10	5
	4	95	5	0
	5	50	0	50

11 класс  
1 задача (9 баллов)

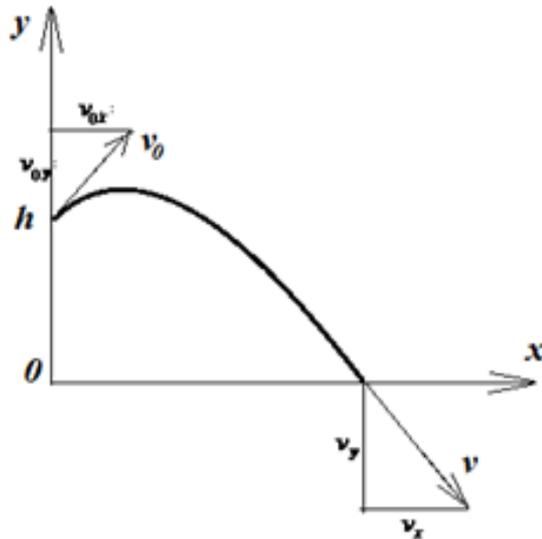
Мальчик, стоя на палубе корабля, кидает с высоты 5 м камушек вверх под углом 30 градусов к горизонту с начальной скоростью 8 м/с. Определите скорость камушка в момент падения в море. На море штиль, сопротивлением воздуха можно пренебречь.

## Решение

Выберем систему координат так, как показано на рисунке. Составим уравнение скорости  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$  (1) и запишем его в проекциях на координатные оси:

$$OX: v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$OY: v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$



Скорость падения камня можно предста-

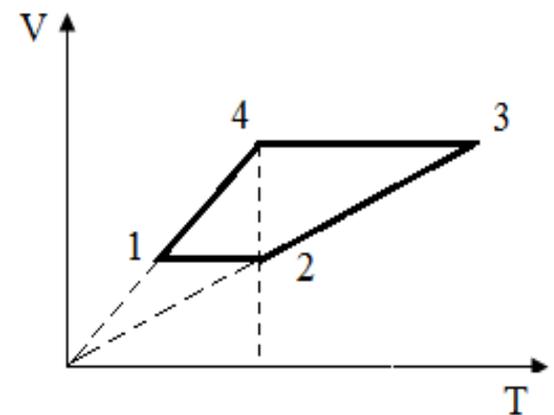
вить как  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha - gt)^2}$  (2). Для нахождения времени запишем уравнения движения камня в проекции на ось OY, направленную вертикально вверх

$$0 = h + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (3), \text{ отсюда найдем время } t \approx 0,85 \text{ с. Рассчитаем ско-}$$

рость падения камня, подставив полученное время в (1):  $v \approx 8,2 \text{ м.}$

## 2 задача (10 баллов)

**Задача 2. Замкнутый цикл.** Один моль идеального газа совершает замкнутый процесс 1-2-3-4-1, состоящий из двух изохор и двух изобар (см. рисунок). Температура в точке 1 равна  $T_1$ , а в точке 3 –  $T_3$ . Определите работу, совершаемую газом за цикл.



## Решение

1. Полезная работа равна разности  $A=Q_1-|Q_2|$  (1), где  $Q_1$  – количество теплоты, полученное газом от нагревателя в процессах 1-2 и 2-3,  $Q_2$  – количество теплоты, переданное газом холодильнику в процессах 3-4 и 4-1.

$$Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) \quad (2).$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2}R(T_3 - T_2) + P_2(V_3 - V_2) \quad (3). \text{ Т.о., } Q_1 = Q_{12} + Q_{23}.$$

$$\text{Аналогично } Q_2 = Q_{34} + Q_{41}, \text{ где } Q_{34} = \frac{3}{2}R(T_4 - T_3) = -\frac{3}{2}R(T_3 - T_2) \quad (4)$$

$$Q_{41} = \frac{3}{2}R(T_1 - T_4) + P_1(V_1 - V_4) = -\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) - P_1(V_3 - V_2) \quad (5). \text{ Подставим (2) - (5) в (1),}$$

3. Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для процессов 2-3:

$$P_2(V_3 - V_2) = R(T_3 - T_2)$$

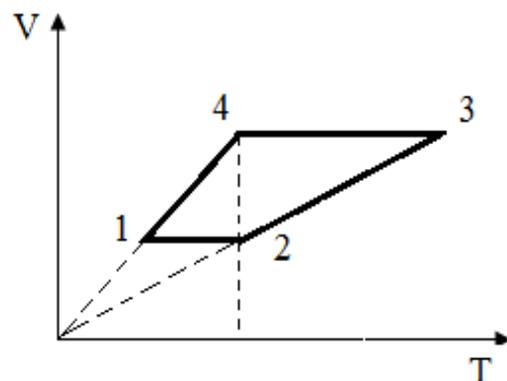
$$\text{и 1-4: } P_1(V_3 - V_2) = R(T_2 - T_1),$$

выразим из них значения давлений и подставим в (6):  $A = R(T_1 + T_3 - 2T_2)$  (7).

Значения  $T_2$  можно найти, учитывая, что процесс 1-3 – изохорный:  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ . Под-

ставив сюда уже известные значения  $P_2$  и  $P_1$ , найдем значение температуры  $T_2 = \sqrt{T_1 T_3}$ , тогда из (7) получим окончательный ответ:  $A = R(T_1 + T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3})$ .

**Ответ:**  $A = R(T_1 + T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3})$ .



## 3 задача (10 баллов)

### Задача 3. Пластина в конденсаторе

Плоский конденсатор заряжается от батареи с ЭДС  $E = 300$  В. В пространство между пластинами конденсатора вдвигают с постоянной скоростью  $v = 2$  мм/с пластину толщиной 3 мм из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 9$ . Какой ток пройдет по цепи во время движения пластины? Площадь пластин конденсатора  $20 \times 20$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними 4 мм. Диэлектрическая постоянная  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

## Решение

Из-за изменения емкости конденсатора во время движения пластины меняется его заряд, тогда ток  $I = \frac{q_2 - q_1}{t}$ . До внесения пластины емкость конденсатора

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}, \text{ заряд}$$

$$q_1 = \frac{\varepsilon_0 S E}{d}, \text{ после внесения пластины емкость } C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \text{ следовательно,}$$

заряд  $q_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S E}{d}$ . Время движения пластины  $t = \frac{l}{v}$ , где  $l$  – длина пластины конденсатора. Осуществив подстановки, получим:

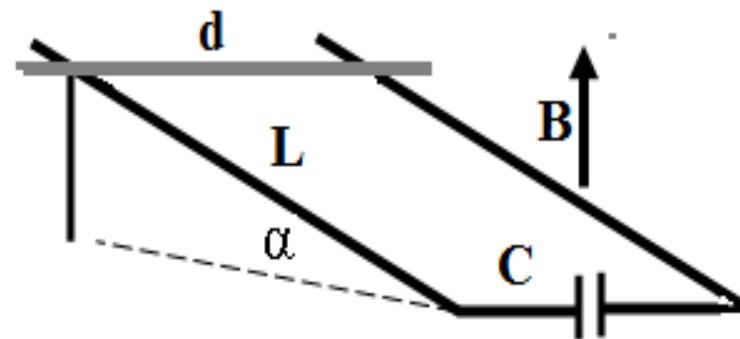
$$I = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon - 1) l v E}{d} \quad (1), \quad I \approx 2,1 \cdot 10^{-9} \text{ А.}$$

Ответ:  $I \approx 2,1 \cdot 10^{-9} \text{ А.}$

## 4 задача(10 баллов)

### Задача 4. Движение в магнитном поле

По двум параллельным металлическим направляющим длиной  $L$ , наклоненным под углом  $\alpha$  к горизонту и расположенным на расстоянии  $d$  друг от друга, может скользить без трения металлическая перемычка массой  $m$ . Направляющие замкнуты снизу



на незаряженный конденсатор емкостью  $C$ , и вся конструкция находится в магнитном поле, индукция которого  $B$  направлена вертикально вверх. Перемычка соскальзывает без начальной скорости вниз по направляющим. Определите время  $t$ , за которое перемычка достигнет основания конструкции. Сопротивлением направляющих и перемычки пренебречь.

## Решение

При движении перемишки меняется магнитный поток, пронизывающий контур, составленной перемишкой и направляющими, соединенными конденсатором, т.е. возникает ЭДС индукции. Движение перемишки ускоренное, поэтому значение ЭДС, а значит, и напряжение на конденсаторе изменяется. Несмотря на разрыв цепи (наличие конденсатора) в контуре будет существовать ток зарядки конденсатора. Этот ток будет причиной возникновения силы Ампера, тормозящей перемишку. Мгновенная ЭДС, возникающая в контуре, определяется выражением

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -v d B \cos\alpha \quad (1).$$

Теперь найдем мгновенное значение тока:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C \Delta \varepsilon}{\Delta t} = \frac{\Delta v C d B \cos\alpha}{\Delta t} = a C d B \cos\alpha \quad (2)$$

Видим, что сила тока пропорциональна ускорению перемишки.

Найдем силу Ампера:

$$F_A = a C (d B \cos\alpha)^2 \quad (3)$$

Запишем второй закон Ньютона в проекции на направление движения перемишки (ОХ):

$$m a = m g \sin\alpha - a C (d B \cos\alpha)^2 \quad (4)$$

$$a = \frac{m g \sin\alpha}{m + C (d B \cos\alpha)^2} \quad (5)$$

Теперь можем определить время движения перемишки:

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L(m + C (d B \cos\alpha)^2)}{m g \sin\alpha}} \quad (6)$$

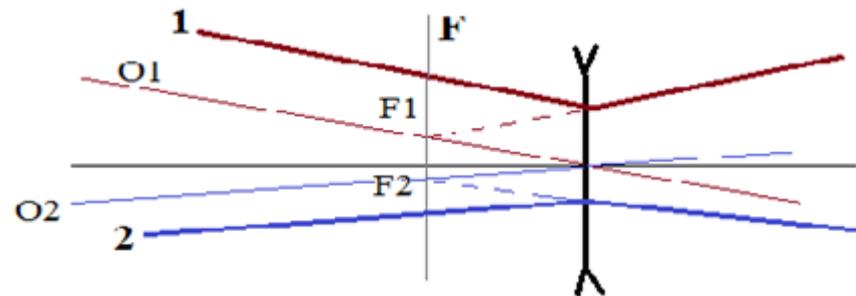
## 5 задача(9 баллов)

### Задача 5. Луч в рассеивающей линзе

Известен ход луча 1 в рассеивающей линзе.  
Нарисуйте, как пойдет луч 2 после преломления.  
Объясните ваш чертеж.



### Решение



## Таблица результатов 11 класс

Всего участников	№ задания	Выполнение заданий		
		От 0 до 50 %	От 50 до 100%	100%
24	1	46	4	50
	2	79	8	13
	3	50	29	21
	4	96	4	0
	5	92	4	4