

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике**

**Отборочный тур
2014-2015**

9 класс

Вопрос №1: 5 баллов

Уравнение движения материальной точки от времени $x = 5t - 3t^2$. Определить проекцию ускорения этой точки в момент времени $t = 3$ с.

- 1) -3 м/с^2
- 2) 3 м/с^2
- 3) -6 м/с^2
- 4) -12 м/с^2

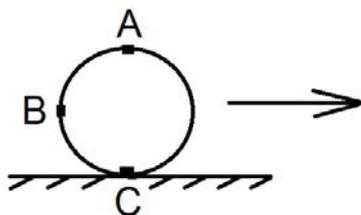
Вопрос №2: 5 баллов

Автомобиль начинает движение из состояния покоя. Его ускорение 2 м/с^2 . Определить путь, пройденный телом за четвертую секунду.

- 1) 7 м
- 2) 8 м
- 3) 9 м
- 4) 16 м

Вопрос №3: 5 баллов

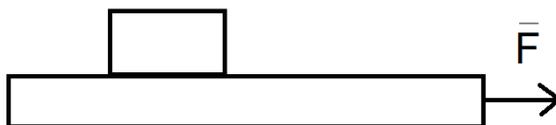
Автомобиль едет без проскальзывания по прямой с постоянной скоростью 60 км/ч . На рисунке показано одно из колес этого автомобиля. У какой из точек этого колеса скорость относительно Земли в данное мгновение равна нулю? Стрелкой показано направление движения автомобиля.



- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) нет таких точек

Вопрос №4: 5 баллов

Сила F разгоняет доску по гладкой горизонтальной поверхности. На доске лежит брусок. В ходе разгона брусок не сползает с доски. Определить направление силы трения, действующей на брусок.



- 1) влево
- 2) вправо
- 3) невозможно определить
- 4) сила трения отсутствует

Вопрос №5: 5 баллов

В инерциальной системе отсчета сила F сообщает телу массой $2m$ ускорение a . Какое ускорение сообщит сила $2F$ телу массой m ?

- 1) a
- 2) $2a$
- 3) $4a$
- 4) $8a$

Вопрос №6: 5 баллов

Шар объемом $V = 1$ л изготовлен из материала, плотность которого $\rho = 600$ кг/м³. Шар плавает в некоторой жидкости, погруженный в неё наполовину. Определить силу Архимеда, действующую на шар. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

- 1) 0Н
- 2) 3Н
- 3) 6Н
- 4) 12Н

Вопрос №7: 5 баллов

В цилиндрический сосуд с площадью основания 10 см² налили 1 л воды плотностью $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, а поверх воды налили 1 л масла плотность которого $\rho_{\text{м}} = 800$ кг/м³. Жидкости не смешиваются. Определить давление на дно сосуда.

- 1) 180 Па
- 2) 1800 Па
- 3) 18000 Па
- 4) 180000 Па

Вопрос №8: 5 баллов

С какой высоты должна упасть капля воды, чтобы при ударе о Землю нагреться на 50°C ? Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Считать, что все механическая энергия капли переходит в её внутреннюю энергию.

- 1) 4,2 км
- 2) 10 км
- 3) 21 км
- 4) 42 км

Вопрос №9: 5 баллов

В калориметр, содержащий 1 кг льда, взятого при температуре -10°C , добавили 1 кг воды, взятой при температуре 30°C . Определите установившуюся температуру в калориметре. Удельная теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$, удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

- 1) 0°C
- 2) 5°C
- 3) 10°C
- 4) 15°C

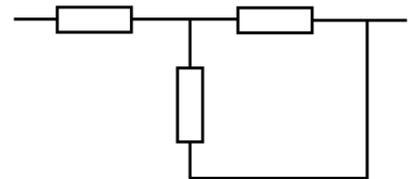
Вопрос №10: 5 баллов

Удельное сопротивление меди $\rho = 0,018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, площадь сечения медного провода $S = 0,1 \text{ см}^2$, длина провода $l = 10 \text{ см}$. Какое нужно приложить напряжение к концам провода, чтобы обеспечить протекание тока силой $I = 1 \text{ А}$?

- 1) 0,10 мВ
- 2) 0,18 мВ
- 3) 1 мВ
- 4) 1,8 мВ

Вопрос №11: 5 баллов

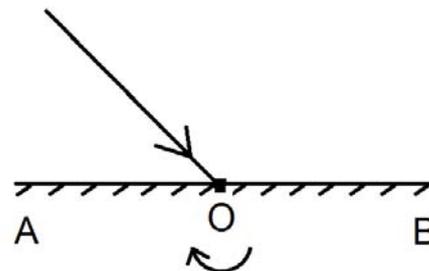
Сопротивление каждого из резисторов на данной схеме 2 Ом. Определить сопротивление всей схемы.



- 1) 2 Ом
- 2) 3 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 6 Ом

Вопрос №12: 5 баллов

Луч света падает на зеркало АВ. Угол падения α . Каким станет угол между падающим и отраженным лучами, если зеркало повернуть по часовой стрелке вокруг оси, проходящей через точку О, на 10° .



- 1) 10
- 2) 20
- 3) $\alpha + 10$
- 4) $2\alpha + 20$

Вопрос №13: 10 баллов

Автомобиль, двигающийся со скоростью 20 м/с, оказался в состоянии невесомости на середине выпуклого моста. Определить радиус кривизны этого моста. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Вопрос №14: 15 баллов

Вес куска стекла в воде 3 Н. Определить его массу. Плотность стекла $\rho_{\text{ст}} = 2500 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Вопрос №15: 15 баллов

Для приготовления ванны вместимостью 200 л смешали холодную воду при 10°C с горячей при 60°C . Какие объемы той и другой воды надо взять, чтобы температура установилась 40°C ?

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике**

**Отборочный тур
2014-2015**

Ответы и критерии оценивания

9 класс

№	Ответ	Балл
1	3) -6м/с^2	5
2	1) 7 м	5
3	3) С	5
4	2) вправо	5
5	3) 4а	5
6	3) 6 Н	5
7	3) 18000 Па	5
8	3) 21 км	5
9	1) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	5
10	2) 0,18 мВ	5
11	2) 3 Ом	5
12	4) $2\alpha+20$	5
13	40 м	10
14	0,5 кг	15
15	холодной воды – 80 л; горячей воды – 120 л	15
Итого:		100

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике**

**Отборочный тур
2014-2015**

10 класс

Вопрос №1: 5 баллов

Автомобиль едет со скоростью 54 км/ч. На него действует сила тяги $F = 2000\text{Н}$. Определить мощность, развиваемую силой тяги.

- 1) 30 кВт
- 2) 37 кВт
- 3) 108 кВт
- 4) 30000 кВт

Вопрос №2: 5 баллов

Однородную пружину жесткости k разрезали на четыре одинаковые части. Определить жесткость одной подобной части.

- 1) $\frac{1}{4}k$
- 2) $4k$
- 3) $\frac{1}{16}k$
- 4) $16k$

Вопрос №3: 5 баллов

Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Если принять потенциальную энергию тела в точке бросания равной нулю, то кинетическая энергия тела будет равна половине его потенциальной энергии при подъеме на высоту

- 1) 15 м
- 2) 20 м
- 3) 30 м
- 4) 50 м

Вопрос №4: 5 баллов

С какой скоростью влетает медный метеорит в атмосферу, если он не успевает долететь до земли? Начальная температура 155 К. Вся кинетическая энергия метеорита превращается в его внутреннюю энергию. Удельная теплота плавления меди 175 кДж/кг, температура плавления 1355 К, удельная теплоемкость 380 Дж/кг·К.

- 1) 1,1 км/с
- 2) 2,2 км/с
- 3) 3,3 км/с
- 4) 4,4 км/с

Вопрос №5: 5 баллов

Определите относительную влажность воздуха при температуре 18 °С, если точка росы равна 9 °С. Давление насыщенного водяного пара при температуре 9 °С равно 1147 Па, а при температуре 18 °С – 2066 Па.

- 1) 44 %
- 2) 50 %
- 3) 56 %
- 4) 80 %

Вопрос №6: 5 баллов

Имеется смесь водорода ($M_B = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$) и гелия ($M_G = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$). Сравните среднеквадратичные скорости их молекул.

- 1) $v_B = \sqrt{2}v_G$
- 2) $v_G = \sqrt{2}v_B$
- 3) $v_B = 2v_G$
- 4) $v_G = 2v_B$

Вопрос №7: 5 баллов

Идеальный газ сжали, совершив работу 200 Дж. При этом ему передали 100 Дж тепла. Определить, что произошло с его внутренней энергией.

- 1) Уменьшилась на 100 Дж
- 2) Увеличилась на 100 Дж
- 3) Уменьшилась на 300 Дж
- 4) Увеличилась на 300 Дж

Вопрос №8: 5 баллов

Шарик на нити совершает гармонические колебания с частотой 0,25 Гц. В момент времени $t_0 = 0$ с он проходит положение равновесия, двигаясь со скоростью $v = 1$ м/с. Определить скорость шарика в момент времени $t = 3$ с.

- 1) 0 м/с
- 2) 1 м/с
- 3) 2 м/с
- 4) 3 м/с

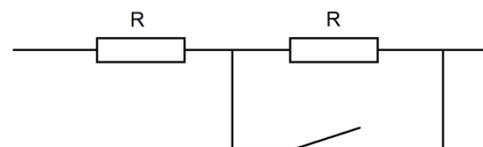
Вопрос №9: 5 баллов

Два точечных заряда взаимодействуют друг с другом с силой F_1 . Как изменится сила взаимодействия, если один из зарядов увеличить на 50%, а другой на 50% уменьшить?

- 1) Не изменится
- 2) Уменьшится на 25%
- 3) Уменьшится на 50%
- 4) Увеличится на 50%

Вопрос №10: 5 баллов

В приведенной на рисунке схеме оба сопротивления равны $R = 2$ Ом. Определить сопротивление всей схемы после замыкания ключа.



- 1) 1 Ом
- 2) 2 Ом
- 3) 3 Ом
- 4) 4 Ом

Вопрос №11: 5 баллов

Два последовательно расположенных проводника имеют площади поперечных сечений $S_2 = 2S_1$. Через сечение первого проводника за 1 с пробегает заряд 1 мкКл. Какой заряд пробежит через сечение второго проводника за 2 секунды?

- 1) 1 мкКл
- 2) 2 мкКл
- 3) 3 мкКл
- 4) 4 мкКл

Вопрос №12: 5 баллов

Луч света, распространяясь в воздухе, падает на прозрачную пластину под углом Брюстера, который равен 70° . Найти угол преломления в данной ситуации. Углом Брюстера называется угол падения, удовлетворяющий условию $\tan \alpha = n_{\text{пластины}}$.

- 1) 30°
- 2) 35°
- 3) 45°
- 4) 60°

Вопрос №13: 15 баллов

Камень бросили с поверхности Земли под углом 60° к горизонту. Определить начальную скорость камня, если известно, что в момент времени $t = 1\text{с}$ горизонтальное и вертикальное перемещения камня оказались одинаковыми. Ответ выразить в м/с и округлить до целых.

Вопрос №14: 15 баллов

Два шара одинакового объема, но разной массы: 5 кг и 2 кг соединены вертикально расположенной нитью. Определить ее натяжение, если эта система находится в равновесии, полностью погрузившись в воду.

Вопрос №15: 10 баллов

Если к выводам источника подключить резистор сопротивлением $R_1 = 100\text{ Ом}$, через него потечёт ток. Сила тока будет $I_1 = 1\text{ А}$, а при подключении резистора $R_2 = 200\text{ Ом}$ сила тока станет $I_2 = 0,8\text{ А}$. Вычислите силу тока короткого замыкания источника.

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике

Отборочный тур
2014-2015

Ответы и критерии оценивания
10 класс

№	Ответ	Балл
1	1) 30 кВт	5
2	2) 4к	5
3	3) 30 м	5
4	1) 1,1 км/с	5
5	3) 56 %	5
6	1) $\bar{\quad}$	5
7	4) Увеличилась на 300 Дж	5
8	1) 0 м/с	5
9	2) Уменьшится на 25%	5
10	2) 2 Ом	5
11	2) 2 мкКл	5
12	1) 20 ⁰	5
13	14 м/с	15
14	15 Н	15
15	1,33 А	10
Итого:		100

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике**

**Отборочный тур
2014-2015**

11 класс

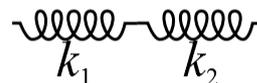
Вопрос №1: 5 баллов

Земля движется по круговой орбите вокруг Солнца. При таком движении линейная скорость Земли:

- 1) прямо пропорциональна массе Солнца
- 2) прямо пропорциональна массе Земли
- 3) прямо пропорциональна корню из массы Солнца
- 4) прямо пропорциональна корню из массы Земли

Вопрос №2: 5 баллов

Две пружины жесткостями $k_1 = 200$ Н/м и $k_2 = 600$ Н/м соединили так, как показано на рисунке. Найти жесткость, полученной пружины.



- 1) 100 Н/м
- 2) 150 Н/м
- 3) 400 Н/м
- 4) 800 Н/м

Вопрос №3: 5 баллов

Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде составляет 60%. Объем сосуда изотермически уменьшили в 2 раза. Определить конечную влажность воздуха.

- 1) 30%
- 2) 60%
- 3) 100%
- 4) 120%

Вопрос №4: 5 баллов

Сжимая и нагревая идеальный газ, его объем уменьшили на 20 %, а давление увеличили на 50 %. На сколько процентов увеличилась средняя квадратичная скорость молекул газа?

- 1) на 9,5 %
- 2) на 19 %
- 3) на 30 %
- 4) на 50 %

Вопрос №5: 5 баллов

Как изменится температура идеального газа, если увеличить его объем в 2 раза при осуществлении процесса, в котором $PV^2 = \text{const}$? (P – давление газа, V – его объем)

- 1) не измениться
- 2) уменьшиться в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

Вопрос №6: 5 баллов

Один моль идеального газа нагревают на 10 К так, что температура в ходе нагрева пропорциональна объему. Определить работу, совершаемую газом при нагреве. Газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$.

- 1) 10 Дж
- 2) 8,31 Дж
- 3) 83,1 Дж
- 4) 831 Дж

Вопрос №7: 5 баллов

Как изменится напряженность электрического поля, если увеличить пробный заряд в пять раз?

- 1) Уменьшится в 5 раз
- 2) Не изменится
- 3) Увеличится в 5 раз
- 4) Исходных данных недостаточно, для того чтобы ответить на вопрос

Вопрос №8: 5 баллов

Два маленьких одинаковых металлических шарика с зарядами $q_1 = -2 \text{ мкКл}$ и $q_2 = +4 \text{ мкКл}$ располагаются на расстоянии l друг от друга. Шарики привели в соприкосновение друг с другом и затем развели на прежнее расстояние. Как изменилась сила электрического взаимодействия между шариками?

- 1) уменьшилась в 8 раз
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) не изменилась
- 4) увеличилась в 1,125 раза

Вопрос №9: 5 баллов

Напряжение на зажимах аккумулятора на 20 % меньше электродвижущей силы. Во сколько раз сопротивление внешней цепи отличается от внутреннего сопротивления аккумулятора?

- 1) в 5 раз меньше
- 2) в 4 раза меньше
- 3) в 4 раза больше
- 4) в 5 раз больше

Вопрос №10: 5 баллов

Груз на пружине совершает колебания с частотой 0,5 Гц. Известно, что за 4 секунды груз проходит путь 40 см. Определить амплитуду его колебаний.

- 1) 5 см
- 2) 10 см
- 3) 20 см
- 4) 40 см

Вопрос №11: 5 баллов

В идеальном колебательном контуре частота колебаний заряда на обкладках конденсатора ν . Какой будет частота изменения энергии магнитного поля катушки индуктивности, если индуктивность катушки увеличить в 3 раза, а емкость конденсатора уменьшить в 3 раза?

- 1) ν
- 2) 2ν
- 3) 3ν
- 4) 9ν

Вопрос №12: 5 баллов

Луч света падает на границу двух сред. Угол падения 60° . Известно, что угол между отраженным и преломленным лучами 30° . Определить во сколько раз отличаются показатели преломления сред.

- 1) в 1,15 раза
- 2) в 1,3 раза
- 3) в 1,73 раза
- 4) в 2 раза

Вопрос №13: 15 баллов

Протон сталкивается с неподвижным ядром изотопа водорода ${}^2_1\text{H}$ - дейтерия. После столкновения скорость ядра дейтерия 100 м/с, скорость протона 200 м/с, угол между векторами скоростей протона и ядра дейтерия равен 90° . Каким был модуль скорости протона перед столкновением? Масса ядра дейтерия в 2 раза больше массы протона. Ответ округлите до целых.

Вопрос №14: 10 баллов

Точечный заряд $q = 10$ мкКл и массой $m = 1$ мг летает в магнитном поле с индукцией $B = 2$ мТл по окружности. Определить период обращения.

Вопрос №15: 15 баллов

Тело массой 2 кг брошено с горизонтальной поверхности со скоростью 10 м/с под углом 30° к горизонту. Найти модуль изменения импульса тела за время полета. Пренебречь сопротивлением воздуха.

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности»
по физике**

**Отборочный тур
2014-2015**

Ответы и критерии оценивания

11 класс

№	Ответ	Балл
1	3) прямо пропорциональна корню из массы Солнца	5
2	2) 150 Н/м	5
3	3) 100%	5
4	1) на 9,5%	5
5	2) уменьшится в 2 раза	5
6	3) 83,1 Дж	5
7	2) не изменится	5
8	1) уменьшилась в 8 раз	5
9	3) в 4 раза больше	5
10	1) 5 см	5
11	2) 2v	5
12	1) в 1,15 раза	5
13	283 м/с	15
14	314 с	10
15	20 Н·м/с	15
Итого:		100

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
Заключительный тур (2014/2015 уч.г.)

Задания, ключи и критерии оценивания

9 класс

Вариант № 1.

Задание 1 (15 баллов): Материальная точка, масса которой 2 кг, имела начальную скорость $v_0 = 3$ м/с. Она остановилась в результате равноускоренного торможения. Найдите её кинетическую энергию на половине пути.

Решение:

Путь зависит от начальной скорости:

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad (2 \text{ балла})$$

На половине пути:

$$\frac{S}{2} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

Получаем, что:

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot 2a} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} \quad (5 \text{ баллов})$$

$$\text{В результате: } v^2 = \frac{v_0^2}{2} = \frac{3^2}{2} = 4,5$$

Следовательно, кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2 \cdot 4,5}{2} = 4,5 \text{ Дж} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 2 (25 баллов): Искусственный спутник Земли вращается по круговой орбите над экватором. Направление его вращения совпадает с направлением вращения Земли. Найдите отношение радиуса орбиты спутника к радиусу Земли, при котором спутник периодически проходит над точкой запуска ровно через двое суток.

Решение:

Так как угловая скорость спутника ω_c может быть и больше, и меньше угловой скорости Земли ω_3 , возможны два решения задачи.

1) Пусть $\omega_c > \omega_3$, тогда

$$(\omega_c - \omega_3) = \frac{2\pi}{2T_3} \quad (3 \text{ балла})$$

где T_3 – период обращения Земли вокруг своей оси (одни сутки).

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

В результате:

$$\omega_c = \frac{3\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

Согласно второму закону Ньютона:

$$G \frac{m_c M_3}{r^2} = m_c \omega_c^2 r \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляя сюда выражение для ω_c и зная, что:

$$g = G \frac{M_3}{r_3^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{9\pi^2 r_3} \approx 130 \quad (3 \text{ балла})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 5 \quad (2 \text{ балла})$$

2) Пусть $\omega_c < \omega_3$, тогда

$$(\omega_3 - \omega_c) = \frac{2\pi}{2T_3} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\omega_c = \frac{\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

И в результате:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{\pi^2 r_3} \approx 1170 \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 10,5 \quad (1 \text{ балл})$$

Задание 3 (20 баллов): Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на $H = 6$ см.

Человек массой $m = 70$ кг зашёл на льдину. В результате высота, выступающей над водой части льдины, уменьшилась в $n = 3$ раза. Найдите площадь льдины. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³.

Решение:

Второй закон Ньютона для первоначальной ситуации:

$$F_a = Mg$$

$$\rho_{\text{в}} g V_{\text{п}} = Mg \quad (5 \text{ баллов})$$

где $V_{\text{п}} = S(x - H)$ – объем погруженной в воду части льдины, x – высота всей льдины.

Второй закон Ньютона для ситуации, когда на льдине стоит человек:

$$F_a = Mg + mg$$

$$\rho_{\text{в}} g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = Mg + mg \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, выражая в одном уравнении силу тяжести льдины, и подставляя в другое, получаем:

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = \rho_B g S (x - H) + mg$$

$$\rho_B S H - \rho_B S \frac{H}{n} = m \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$S = \frac{m}{\rho_B \left(H - \frac{H}{n}\right)} = \frac{70}{1000(0,06 - 0,02)} = 1,75 \text{ м}^2 \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 4 (25 баллов): В сосуд, содержащий $m_1 = 15$ кг воды при температуре $T_1 = 293$ К, вливают $m_2 = 10$ кг расплавленного свинца, взятого при температуре плавления $T_{\text{пл}} = 600$ К. При этом образовалось $\Delta m_1 = 0,08$ кг пара. Какая установится температура T в сосуде? Температура кипения воды $T_{\text{к}} = 373$ К, удельная теплоемкость воды $c_1 = 4190$ Дж/(кг · К), удельная теплоемкость свинца $c_2 = 130$ Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $r = 2,25 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 30 \cdot 10^3$ Дж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

Решение:

Количество теплоты, отданное свинцом при его отвердевании и охлаждении от температуры отвердевания $T_{\text{пл}}$ до температуры T , равно:

$$Q_1 = \lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное испарившейся водой, равно:

$$Q_2 = c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + r \Delta m_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное неиспарившейся водой, равно:

$$Q_3 = c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

или

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) = c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + r \Delta m_1 + c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

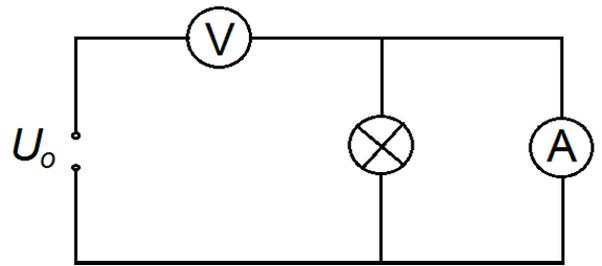
Решим это уравнение относительно T и получим

$$T = \frac{m_2 (\lambda + c_2 T_{\text{пл}}) + c_1 m_1 T_1 - \Delta m_1 (c_1 T_{\text{к}} + r)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + c_2 m_2}$$

Подставим числовые значения величин и вычислим

$$T = \frac{10(30 \cdot 10^3 + 130 \cdot 600) + 4190 \cdot 15 \cdot 293 - 0,08(4190 \cdot 393 + 2,25 \cdot 10^6)}{4190(15 - 0,08) + 130 \cdot 10} \approx 301 \text{ (К)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (15 баллов): Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Найдите сопротивление лампочки, если сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно $U_0 = 12$ В.



Решение:

Напряжение на амперметре и лампе:

$$U_{\text{л}} = U_{\text{а}} = U_0 - U_V = 12 - 11 = 1 \text{ В} \quad (4 \text{ балла})$$

Ток, текущий через вольтметр:

$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, ток, текущий через лампу:

$$I_{\text{л}} = I_V - I_{\text{а}} = 0,22 - 0,2 = 0,02 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Получаем, что сопротивление лампы:

$$R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Ом} \quad (3 \text{ балла})$$

Вариант №2.

Задание 1 (15 баллов): Материальная точка, масса которой 4 кг, остановилась в результате равноускоренного торможения. Её кинетическая энергия на половине пути равна $E_{\text{к}} = 8$ Дж. Определите её начальную скорость.

Решение:

Кинетическая энергия:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} \quad (3 \text{ балла})$$

Т.е. квадрат скорости точки на половине пути:

$$v^2 = \frac{2E}{m} = \frac{2 \cdot 8}{4} = 4 \quad (2 \text{ балла})$$

Путь зависит от начальной скорости:

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad (2 \text{ балла})$$

На половине пути:

$$\frac{s}{2} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

Получаем, что:

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot 2a} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\text{В результате: } v_0^2 = 2v^2 = 2 \cdot 4 = 8$$

$$\text{Окончательный ответ: } v_0 \approx 2,8 \text{ м/с} \quad (2 \text{ балла})$$

Задание 2 (20 баллов): Искусственный спутник Земли запущен с экватора и вращается по круговой орбите против направления вращения Земли. Найдите отношение радиуса орбиты спутника к радиусу Земли, при котором спутник периодически проходит над точкой запуска два раза в сутки. Ускорение свободного падения на поверхности Земли $g = 10 \text{ м/с}^2$, радиус Земли $r_3 = 6400 \text{ км}$, длительность суток 24 часа.

Решение:

Если спутник летает против вращения Земли, то:

$$(\omega_c + \omega_3) = \frac{2\pi \cdot 2}{T_3} \quad (3 \text{ балла})$$

где T_3 – период обращения Земли вокруг своей оси (одни сутки).

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

В результате:

$$\omega_c = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

Согласно второму закону Ньютона:

$$G \frac{m_c M_3}{r^2} = m_c \omega_c^2 r \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляя сюда выражение для ω_c и зная, что:

$$g = G \frac{M_3}{r_3^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{4\pi^2 r_3} \approx 292,5 \quad (3 \text{ балла})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 6,6 \quad (2 \text{ балла})$$

Задание 3 (20 баллов): Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на $H = 4 \text{ см}$. Человек массой $m = 80 \text{ кг}$ зашёл на льдину. В результате высота выступающей над водой части льдины уменьшилась в $n = 2$ раза. Найдите площадь льдины. Плотность воды $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Решение:

Второй закон Ньютона для первоначальной ситуации:

$$F_a = Mg$$

$$\rho_B g V_{\Pi} = Mg \quad (5 \text{ баллов})$$

где $V_{\Pi} = S(x - H)$ – объем погруженной в воду части льдины, x – высота всей льдины.

Второй закон Ньютона для ситуации, когда на льдине стоит человек:

$$F_a = Mg + mg$$

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = Mg + mg \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, выражая в одном уравнении силу тяжести льдины, и подставляя в другое, получаем:

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = \rho_B g S(x - H) + mg$$

$$\rho_B S H - \rho_B S \frac{H}{n} = m \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$S = \frac{m}{\rho_B \left(H - \frac{H}{n}\right)} = \frac{80}{1000(0,04 - 0,02)} = 4 \text{ м}^2 \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 4 (25 баллов): В сосуд, содержащий $m_1 = 20$ кг воды при температуре $T_1 = 298$ К, вливают $m_2 = 15$ кг расплавленного свинца, взятого при температуре плавления $T_{\text{пл}} = 600$ К. При этом образовалось $\Delta m_1 = 0,1$ кг пара. Какая установится температура T в сосуде, после того как свинец отвердеет? Температура кипения воды $T_k = 373$ К, удельная теплоемкость воды $c_1 = 4190$ Дж/(кг · К), удельная теплоемкость свинца $c_2 = 130$ Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $r = 2,25 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 30 \cdot 10^3$ Дж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

Решение:

Количество теплоты, отданное свинцом при его отвердевании и охлаждении от температуры отвердевания $T_{\text{пл}}$ до температуры T , равно

$$Q_1 = \lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное испарившейся водой, равно

$$Q_2 = c_1 \Delta m_1 (T_k - T_1) + r \Delta m_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное неиспарившейся водой, равно

$$Q_3 = c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

или

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) = c_1 \Delta m_1 (T_k - T_1) + r \Delta m_1 + c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

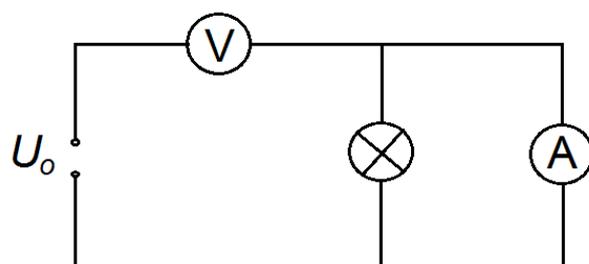
Решим это уравнение относительно T и получим

$$T = \frac{m_2(\lambda + c_2 T_{\text{пл}}) + c_1 m_1 T_1 - \Delta m_1 (c_1 T_k + r)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + c_2 m_2}$$

Подставим числовые значения величин и вычислим

$$T = \frac{15(30 \cdot 10^3 + 130 \cdot 600) + 4190 \cdot 20 \cdot 298 - 0,1(4190 \cdot 393 + 2,25 \cdot 10^6)}{4190(20 - 0,1) + 130 \cdot 15} \approx 307 \text{ (К)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (20 баллов): Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Какими станут показания приборов, если их поменять в схеме местами.



Сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно $U_0 = 12 \text{ В}$.

Решение:

Напряжение на амперметре и лампе:

$$U_{\text{л}} = U_{\text{а}} = U_0 - U_{\text{V}} = 12 - 11 = 1 \text{ В} \quad (4 \text{ балла})$$

Ток, текущий через вольтметр:

$$I_{\text{V}} = \frac{U_{\text{V}}}{R_{\text{V}}} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, ток, текущий через лампу:

$$I_{\text{л}} = I_{\text{V}} - I_{\text{а}} = 0,22 - 0,2 = 0,02 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Получаем, что сопротивление лампы:

$$R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Ом} \quad (3 \text{ балла})$$

Сопротивление амперметра:

$$R_{\text{а}} = \frac{U_{\text{а}}}{I_{\text{а}}} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ Ом} \quad (1 \text{ балл})$$

После того, как приборы поменять местами, общее сопротивление:

$$R_0 = R_{\text{а}} + \frac{R_{\text{V}} R_{\text{л}}}{R_{\text{V}} + R_{\text{л}}} = 5 + \frac{50 \cdot 50}{50 + 50} = 30 \text{ Ом} \quad (1 \text{ балл})$$

Сила тока в цепи, т.е. показание амперметра:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{12}{30} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

(1 балл)

Напряжение на амперметре:

$$U_a = I_0 \cdot R_a = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ В}$$

(1 балл)

Следовательно, новое показание вольтметра:

$$U_V = U_0 - U_a = 12 - 2 = \mathbf{10 \text{ В}}$$

(1 балл)

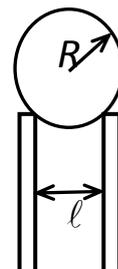
Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
Заключительный тур (2014/2015 уч.г.)

Задания, ключи и критерии оценивания

10 класс

Вариант № 1

Задание 1 (20 баллов). Шарик радиуса $R = 3$ см катится равномерно без скольжения по двум параллельным рейкам, расстояние между которыми $l = 4$ см, и за время $t = 2$ с проходит путь $S = 1,2$ м. С какой скоростью v движется верхняя точка шарика?



Решение:

Скорость центра шарика:

$$v_{ц} = \frac{S}{t} = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Шарик совершает вращательное движение относительно горизонтальной оси проходящей через точки соприкосновения шарика о рейки. У центра шарика и его верхней точки одинаковые угловые скорости относительно данной оси. С учетом того, что угловая скорость:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

(5 баллов)

Получаем:

$$\frac{v_{ц}}{x} = \frac{v}{x + R}$$

где $x = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ – расстояние от центра шарика до оси вращения **(5 баллов)**

Окончательный результат:

$$v = v_{ц} \frac{x+R}{x} = 0,6 \frac{\sqrt{5}+3}{\sqrt{5}} = 1,4 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Задание 2 (25 баллов). N одинаковых металлических шариков радиуса R соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода l намного больше величины радиуса шарика R . Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле известной

напряженности E . Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности. Какие по величине заряды индуцируются на крайних в цепочке шариках.

Решение:

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. (3 балла)

Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_B + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_B + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_B + 2k \frac{q}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

где $\Delta\varphi_B = E(N - 1)l$ – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. (5 баллов)

Получаем:

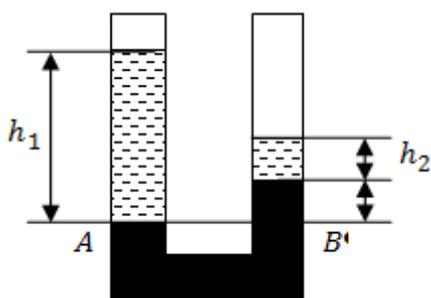
$$E(N - 1)l = 2k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$q = \frac{E(N-1)lR}{2k} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 3 (15 баллов). В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой $h_1 = 50$ см, в другой – столб керосина высотой $h_2 = 18$ см. Определить разность h уровней ртути в обоих сосудах. (Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, масла - $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, керосина - $\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.)

Решение:



Выберем в качестве поверхности одного уровня поверхность, проходящую по самой нижней границе раздела жидкостей масло – ртуть (см. рисунок). Жидкости находятся в равновесии, поэтому давление в точках А и В этой поверхности одинаковое: $p_A = p_B$.
Учитывая, что

$$p_A = p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

$$p_B = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h \quad (5 \text{ баллов})$$

можно записать

$$p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h$$

Отсюда находим h

$$h = \frac{\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{\rho} = \frac{0,9 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-2} - 0,8 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{13,6 \cdot 10^3} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 4 (20 баллов). Горизонтальные пластины плоского конденсатора присоединены к батарее с постоянной ЭДС. Между пластинами находится в состоянии покоя заряженный шарик массой m . Если расстояние между пластинами увеличить на 10 %, то, как при этом будет двигаться шарик? Чему равно ускорение этого движения? Размеры пластин велики по сравнению с расстоянием между ними.

Решение:

Сила, действующая на шарик со стороны электрического поля:

$$F = Eq \quad (4 \text{ балла})$$

где E – напряженность электрического поля, q – заряд шарика.

Поскольку конденсатор соединен с батареей, разность потенциалов между его обкладками все время постоянна и равна ε , а напряженность электростатического поля

$$E = \frac{\varepsilon}{d} \quad (4 \text{ балла})$$

где d – расстояние между пластинами конденсатора.

Второй закон Ньютона для шарика:

$$\frac{\varepsilon}{d} q = mg \quad (4 \text{ балла})$$

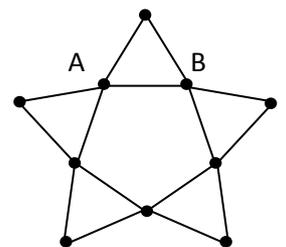
Если увеличить расстояние между пластинами, то сила, с которой электростатическое поле будет действовать на шарик, станет равной

$$F_1 = \frac{\varepsilon}{1,1d} q \quad (4 \text{ балла})$$

В связи с тем, что $F_1 < mg$, шарик начнет двигаться вниз с ускорением

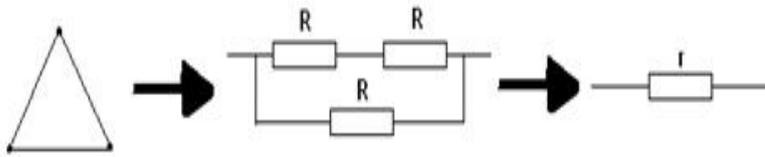
$$a = \frac{mg - F_1}{m} = \frac{1}{11} \frac{\varepsilon q}{dm} = \frac{10}{11} \text{ м/с}^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Задание 5 (20 баллов). Из одинаковых отрезков металлической проволоки собрали пятиконечную звезду, изображенную на рисунке. Сопротивление каждого отрезка равно 3 Ом. Определите сопротивление данной фигуры, между точками A и B .



Решение:

Если внимательно посмотреть на эту фигуру, то её элементарной ячейкой является треугольник сопротивлений. (5 баллов)



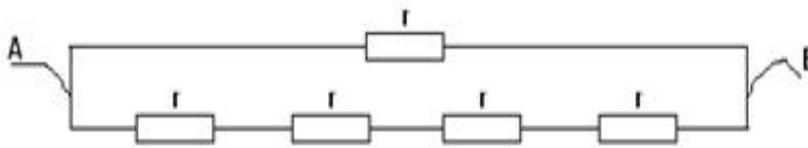
Сопротивление этого треугольника равно:

$$r = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R = 2 \text{ Ом}$$

(5 баллов)

Эквивалентная электрическая схема исходной фигуры:

(5 баллов)



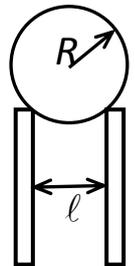
Сопротивление цепи между точками A и B будет равно:

$$R_{AB} = \frac{4r \cdot r}{4r + r} = \frac{4}{5}r = 1,6 \text{ Ом}$$

(5 баллов)

Вариант № 2

Задание 1 (20 баллов). Шарик радиуса $R = 4$ см катится равномерно без скольжения по двум параллельным рейкам, расстояние между которыми $l = 4$ см, и за время $t = 4$ с проходит путь $S = 1,6$ м. С какой скоростью v движется нижняя точка шарика?



Решение:

Скорость центра шарика:

$$v_{ц} = \frac{S}{t} = \frac{1,6}{4} = 0,4 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Шарик совершает вращательное движение относительно горизонтальной оси проходящей через точки соприкосновения шарика о рейки. У центра шарика и его нижней точки одинаковые угловые скорости относительно данной оси. С учетом того, что угловая скорость:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

(5 баллов)

Получаем:

$$\frac{v_{ц}}{x} = \frac{v}{R-x}$$

где $x = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ – расстояние от центра шарика до оси вращения **(5 баллов)**

Окончательный результат:

$$v = v_{ц} \frac{R-x}{x} = 0,4 \frac{4-\sqrt{12}}{\sqrt{12}} = \mathbf{0,06 \text{ м/с}} \quad \mathbf{(5 баллов)}$$

Задание 2 (25 баллов). N одинаковых металлических шариков радиуса R соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода l намного больше величины радиуса шарика R . Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле. Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности, при этом известно, что на крайних шариках появляется индуцированный заряд q . Определить напряженность электрического поля.

Решение:

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad \mathbf{(5 баллов)}$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. **(3 балла)**

Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_{в} + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_{в} + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_{в} + 2k \frac{q}{R} \quad \mathbf{(2 балла)}$$

где $\Delta\varphi_{в} = E(N-1)l$ – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. **(5 баллов)**

Получаем:

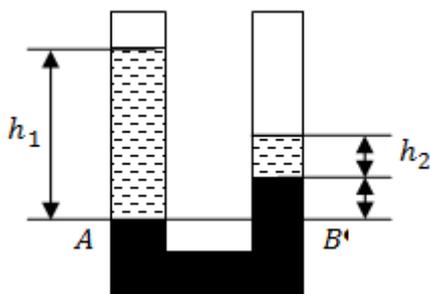
$$E(N-1)l = 2k \frac{q}{R} \quad \mathbf{(5 баллов)}$$

Окончательный результат:

$$E = \frac{2kq}{R(N-1)l} \quad \mathbf{(5 баллов)}$$

Задание 3 (15 баллов). В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой $h_1 = 25$ см, в другой – столб керосина высотой $h_2 = 8$ см. Определить разность h уровней ртути в обоих сосудах. (Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, масла - $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³, керосина - $\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³.)

Решение:



Выберем в качестве поверхности одного уровня поверхность, проходящую по самой нижней границе раздела жидкостей масло – ртуть (см. рисунок). Жидкости находятся в равновесии, поэтому давление в точках A и B этой поверхности одинаковое: $p_A = p_B$. Учитывая, что

$$p_A = p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

$$p_B = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h \quad (5 \text{ баллов})$$

можно записать

$$p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h$$

Отсюда находим h

$$h = \frac{\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{\rho} = \frac{0,9 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-2} - 0,8 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{13,6 \cdot 10^3} = 1,18 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (20 баллов). Горизонтальные пластины плоского конденсатора присоединены к батарее с постоянной ЭДС. Между пластинами находится в состоянии покоя заряженный шарик массой m . Если расстояние между пластинами уменьшить на 20 %, то, как при этом будет двигаться шарик? Чему равно ускорение этого движения? Размеры пластин велики по сравнению с расстоянием между ними.

Решение:

Сила, действующая на шарик со стороны электрического поля:

$$F = Eq \quad (4 \text{ балла})$$

где E – напряженность электрического поля, q – заряд шарика.

Поскольку конденсатор соединен с батареей, разность потенциалов между его обкладками все время постоянна и равна ε , а напряженность электростатического поля

$$E = \frac{\varepsilon}{d} \quad (4 \text{ балла})$$

где d – расстояние между пластинами конденсатора.

Второй закон Ньютона для шарика:

$$\frac{\varepsilon}{d}q = mg \quad (4 \text{ балла})$$

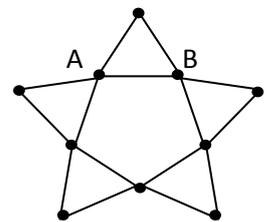
Если уменьшить расстояние между пластинами, то сила, с которой электростатическое поле будет действовать на шарик, станет равной

$$F_1 = \frac{\varepsilon}{0,8d}q \quad (4 \text{ балла})$$

В связи с тем, что $F_1 > mg$, шарик начнет двигаться вверх с ускорением:

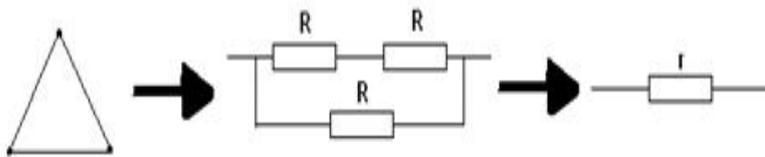
$$a = \frac{F_1 - mg}{m} = \frac{\frac{\varepsilon}{0,8d}q - mg}{m} = 2,5 \text{ м/с}^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Задание 4 (20 баллов). Из проводников одинаковой длины собрали фигуру, показанную на рисунке. Сопротивление одного проводника равно 4 Ом. Определите сопротивление всей фигуры, если её в цепь подключать точками A и B.



Решение:

Если внимательно посмотреть на эту фигуру, то её элементарной ячейкой является треугольник сопротивлений. (5 баллов)

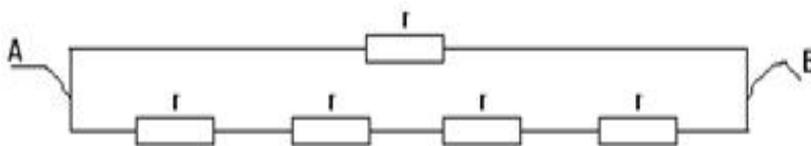


Сопротивление этого треугольника равно:

$$r = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R = \frac{8}{3} \text{ Ом} \quad (5 \text{ баллов})$$

Эквивалентная электрическая схема исходной фигуры:

(5 баллов)



Сопротивление цепи между точками A и B будет равно:

$$R_{AB} = \frac{4r \cdot r}{4r + r} = \frac{4}{5}r \approx 2,1 \text{ Ом} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
Заключительный тур (2014/2015 уч.г.)**

Задания, ключи и критерии оценивания

11 класс

Вариант № 1

Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением встречного ветра удерживается газета масса которой m . При каком минимальном коэффициенте трения k газеты о стекло это возможно? Плотность воздуха ρ , площадь газеты S , скорость ветра v ? Трением воздуха о газету пренебечь.

Решение:

Каждую секунду на газету падает и затем растекается масса воздуха:

$$\frac{m}{t} = \rho S c \quad (4 \text{ балла})$$

где $c = v + u$ – скорость ветра относительно автомобиля (2 балла)

В системе отсчета, связанной с автомобилем, эта масса каждую секунду изменяет свой импульс на величину:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho S (u + v)(u + v) \quad (4 \text{ балла})$$

Поэтому, в соответствии с законами Ньютона, на газету действует сила, перпендикулярная плоскости газеты:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho S (u + v)^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Газета не будет скользить при условии:

$$mg \leq F_{\text{тр}} \quad (4 \text{ балла})$$

$$mg \leq kF$$

$$mg \leq k\rho S (u + v)^2$$

Отсюда следует:

$$k \geq \frac{mg}{\rho S (u + v)^2} \quad (2 \text{ балла})$$

Задание 2 (15 баллов): Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при 0°C в качестве холодильника и воду при 100°C в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить

в холодильнике, чтобы превратить в пар 500 г воды в нагревателе? Удельная теплота парообразования $r = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение:

При замерзании воды массой m_2 выделится количество теплоты:

$$Q = \lambda m_2 \quad (3 \text{ балла})$$

где λ – удельная теплота плавления льда.

Для испарения массы m_1 воды нужно затратить количество теплоты:

$$Q = r m_1 \quad (3 \text{ балла})$$

где r – удельная теплота парообразования воды.

Из выражения КПД идеальной тепловой машины Карно:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3 \text{ балла})$$

Находим, что:

$$Q_2 = \frac{T_2 Q_1}{T_1}$$

В результате, получаем:

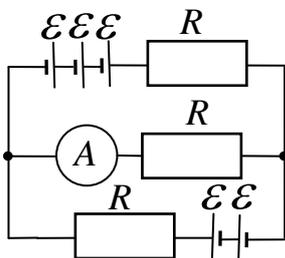
$$\lambda m_2 = \frac{T_2 r m_1}{T_1} \quad (3 \text{ балла})$$

откуда:

$$m_2 = \frac{T_2 r m_1}{\lambda T_1} = \frac{273 \cdot 0,5 \cdot 2,26 \cdot 10^6}{373 \cdot 3,35 \cdot 10^5} \approx 2,47 \text{ кг} \quad (3 \text{ балла})$$

Задание 3 (15 баллов): В электрической цепи каждое э.д.с. равно $\varepsilon = 1,5$ В, $R = 10$ Ом.

Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



Решение:

Правила Кирхгофа для данной электрической цепи:

$$3\varepsilon = I_1 R + I_3 R \quad (4 \text{ балла})$$

$$2\varepsilon = I_2 R - I_3 R \quad (4 \text{ балла})$$

$$I_3 + I_2 = I_1 \quad (4 \text{ балла})$$

где I_1 – ток, протекающий верхние элементы, I_2 – ток, протекающий через нижние источники питания, I_3 – ток, протекающий через амперметр.

Решая данную систему, получим:

$$I_3 = \frac{\varepsilon}{3R} = 0,05 \text{ A} \quad (3 \text{ баллов})$$

Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 5$ см и массой $m = 0,015$ г сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 10$ кВ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Найти скорость осколков к моменту, когда они окажутся на сферической поверхности радиусом $R_2 = 12$ см.

Решение:

Заряженная сфера обладает электростатической энергией:

$$W = \frac{1}{2} C_1 \varphi_1^2 = \frac{1}{2} q \varphi_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

где C_1 – емкость сферы в начальном состоянии; $q = C_1 \varphi_1 = 4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1$. (5 баллов)

При разлете осколков их суммарный заряд остается прежним, а потенциал точек на сферической поверхности становится:

$$\varphi_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \varphi_1 \frac{R_1}{R_2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Записывая закон сохранения энергии:

$$q \frac{\varphi_1}{2} = q \frac{\varphi_2}{2} + \frac{mv^2}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

и подставляя выражения для q и φ_2 , находим скорость:

$$v = \varphi_1 \sqrt{\frac{4\pi\varepsilon_0 R_1 (R_2 - R_1)}{m R_2}} = 4,7 \text{ м/с} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (25 баллов): Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 60$ см посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25$ см от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение, если показатель преломления вещества $n = 1,5$.

Решение:

Полученное своеобразное сферическое зеркало представляет оптическую систему, состоящую из линзы и вогнутого зеркала. В этой системе преобразование светового

потока происходит три раза. Лучи от предмета попадают в линзу, преломляются в ней и идут на зеркало. Отразившись от зеркала, они опять падают на линзу и, преломившись в ней, дают окончательное изображение. Учитывая это, можно записать, оптическая сила системы:

$$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2 \quad (4 \text{ балла})$$

где D_1 – оптическая сила линзы; D_2 – оптическая сила зеркала.

С учетом $R_2 = \infty$, т.к. линза плосковыпуклая, получаем:

$$D_1 = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{(n-1)}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

$$D_2 = \frac{2}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

Поэтому:

$$D = 2 \frac{(n-1)}{R_1} + \frac{2}{R_1} = \frac{2n}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, фокусное расстояние оптической системы:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{R_1}{2n} = \frac{0,6}{2 \cdot 1,5} = 0,2 \text{ м} \quad (4 \text{ балла})$$

По формуле линзы:

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{0,25 \cdot 0,2}{0,25 - 0,2} = 1 \text{ м} \quad (3 \text{ балла})$$

Увеличение равно:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1}{0,25} = 4 \quad (2 \text{ балла})$$

Вариант № 2

Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением встречного ветра удерживается газета. Коэффициент трения газеты о стекло k , плотность воздуха ρ , площадь газеты S , скорость ветра v . При какой максимальной массе газеты m это возможно? Трением воздуха о газету пренебречь.

Решение:

Каждую секунду на газету падает и затем растекается масса воздуха:

$$\frac{m}{t} = \rho S c \quad (4 \text{ балла})$$

где $c = v + u$ – скорость ветра относительно автомобиля (2 балла)

В системе отсчета, связанной с автомобилем, эта масса каждую секунду изменяет свой импульс на величину:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho S(u + v)(u + v) \quad (4 \text{ балла})$$

Поэтому, в соответствии с законами Ньютона, на газету действует сила, перпендикулярная плоскости газеты:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho S(u + v)^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Газета не будет скользить при условии:

$$mg \leq F_{\text{тр}} \quad (4 \text{ балла})$$

$$mg \leq kF$$

$$mg \leq k\rho S(u + v)^2$$

Отсюда следует:

$$m \leq \frac{k\rho S(v+u)^2}{g} \quad (2 \text{ балла})$$

Задание 2 (15 баллов): Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при 0 °С в качестве холодильника и воду при 100 °С в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар 1000 г воды в нагревателе? Удельная теплота парообразования $r = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение:

При замерзании воды массой m_2 выделится количество теплоты:

$$Q = \lambda m_2 \quad (3 \text{ балла})$$

где λ – удельная теплота плавления льда.

Для испарения массы m_1 воды нужно затратить количество теплоты:

$$Q = r m_1 \quad (3 \text{ балла})$$

где r – удельная теплота парообразования воды.

Из выражения КПД идеальной тепловой машины Карно:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3 \text{ балла})$$

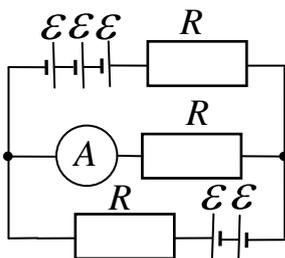
В результате, получаем:

$$\lambda m_2 = \frac{T_2 r m_1}{T_1} \quad (3 \text{ балла})$$

откуда:

$$m_2 = \frac{T_2 r m_1}{\lambda T_1} = \frac{273 \cdot 1 \cdot 2,26 \cdot 10^6}{373 \cdot 3,35 \cdot 10^5} \approx 4,94 \text{ кг} \quad (3 \text{ балла})$$

Задание 3 (15 баллов): В электрической цепи каждое э.д.с. равно $\varepsilon = 3$ В, $R = 5$ Ом. Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



Решение:

Правила Кирхгофа для данной электрической цепи:

$$3\varepsilon = I_1 R + I_3 R \quad (4 \text{ балла})$$

$$2\varepsilon = I_2 R - I_3 R \quad (4 \text{ балла})$$

$$I_3 + I_2 = I_1 \quad (4 \text{ балла})$$

где I_1 – ток, протекающий верхние элементы, I_2 – ток, протекающий через нижние источники питания, I_3 – ток, протекающий через амперметр.

Решая данную систему, получим:

$$I_3 = \frac{\varepsilon}{3R} = 0,2 \text{ A} \quad (3 \text{ баллов})$$

Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 10$ см и массой $m = 0,1$ г сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 5$ кВ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Через какое-то время скорость осколков оказалась равной $v = 1$ м/с. Определить радиус сферической поверхности, на которой в данный момент времени располагаются осколки.

Решение:

Заряженная сфера обладает электростатической энергией:

$$W = \frac{1}{2} C_1 \varphi_1^2 = \frac{1}{2} q \varphi_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

где C_1 – емкость сферы в начальном состоянии; $q = C_1 \varphi_1 = 4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1$. **(5 баллов)**

При разлете осколков их суммарный заряд остается прежним, а потенциал точек на сферической поверхности становится:

$$\varphi_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \varphi_1 \frac{R_1}{R_2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Записывая закон сохранения энергии:

$$q \frac{\varphi_1}{2} = q \frac{\varphi_2}{2} + \frac{mv^2}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

и подставляя выражения для q и φ_2 , находим радиус:

$$R_2 = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_1^2 \varphi_1^2}{4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1^2 - mv^2} \approx 0,16 \text{ м} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (25 баллов). Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 50$ см посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25$ см от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение, если показатель преломления вещества $n = 1,5$.

Решение:

Полученное своеобразное сферическое зеркало представляет оптическую систему, состоящую из линзы и вогнутого зеркала. В этой системе преобразование светового потока происходит три раза. Лучи от предмета попадают в линзу, преломляются в ней и идут на зеркало. Отразившись от зеркала, они опять падают на линзу и, преломившись в ней, дают окончательное изображение. Учитывая это, можно записать, оптическая сила системы:

$$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2 \quad (4 \text{ балла})$$

где D_1 – оптическая сила линзы; D_2 – оптическая сила зеркала.

С учетом $R_2 = \infty$, т.к. линза плосковыпуклая, получаем:

$$D_1 = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{(n-1)}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

$$D_2 = \frac{2}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

Поэтому:

$$D = 2 \frac{(n-1)}{R_1} + \frac{2}{R_1} = \frac{2n}{R_1} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, фокусное расстояние оптической системы:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{R_1}{2n} = \frac{0,5}{2 \cdot 1,5} = \frac{1}{6} \text{ м} \quad (4 \text{ балла})$$

По формуле линзы:

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{0,25 \cdot \frac{1}{6}}{0,25 - \frac{1}{6}} = 0,5 \text{ м} \quad (3 \text{ балла})$$

Увеличение равно:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (2 \text{ балла})$$