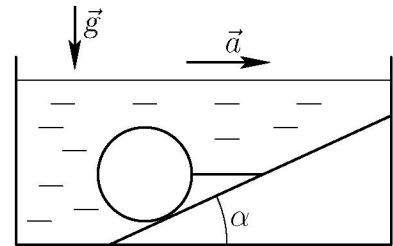


1. В сосуде с водой закреплен клин. На гладкой поверхности клина, наклоненной к горизонту под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 1/4$), удерживается стеклянный шар с помощью горизонтально натянутой нити (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность стекла 3ρ .



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/8$.

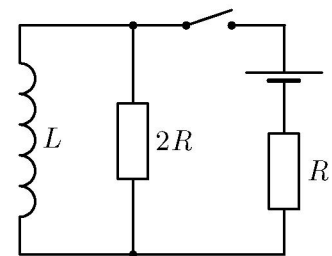
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленях (относительно начального положения) отличаются в 4 раза, а в закрытом колене остается столб воздуха длиной $L = 25$ см. Найдите атмосферное давление. Ответ выразить в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.).

3. Три небольших по размерам положительно заряженных шарика связаны попарно тремя легкими непроводящими нитями и находятся неподвижно в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 2a, 2a$. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $3m$ и заряд $2q$. Короткую нить пережигают, и шарики начинают двигаться. В момент, когда шарики оказались на одной прямой, скорость шарика массой $3m$ оказалась v .

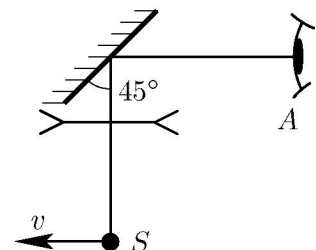
- 1) Найдите в этот момент скорость двух других шариков.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через резистор $2R$ равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через этот же резистор равен $2I_0$.



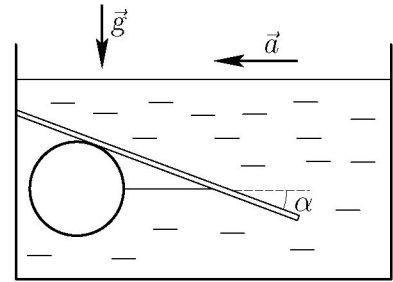
- 1) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 2) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найдите заряд, протекший через резистор $2R$ при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -40$ см и небольшого плоского зеркала (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 20 см. Шарик S находится на расстоянии $d = 120$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 12$ см/с. Наблюдатель A , находясь на расстоянии 40 см от зеркала, следит за изображением шарика, глядя в сторону зеркала.



- 1) На каком расстоянии (от себя) увидел бы наблюдатель A изображение при отсутствии линзы?
- 2) На каком расстоянии (от себя) видит наблюдатель A изображение при наличии линзы?
- 3) Найдите максимальную скорость этого изображения при наличии линзы.

1. В сосуде с водой закреплена полка, наклоненная к горизонту под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 1/3$). Пробковый шар опирается на гладкую поверхность полки и удерживается с помощью горизонтально натянутой нити (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность пробки $\rho/5$.



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/6$.

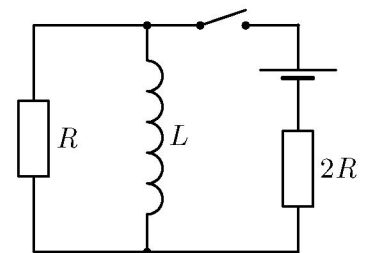
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия уровень ртути в открытом колене смещается на $x = 6$ см, а в закрытом колене остается воздушный столб длиной $L = 15$ см. Найдите начальную (до долива ртути) длину столба воздуха в закрытом колене. Атмосферное давление $P_0 = 750$ мм рт. ст.

3. В вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 4a, 4a$ находятся неподвижно три небольших по размерам положительно заряженных шарика, связанных попарно тремя легкими непроводящими нитями. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $5m$ и заряд $4q$. Короткую нить пережигают, и шарики начинают двигаться. В момент, когда шарики оказались на одной прямой, скорость шариков массой m оказалась v .

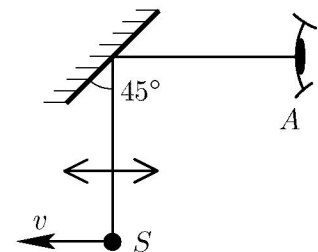
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой $5m$.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. На рисунке показана схема электрической цепи. Все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через источник равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через резистор R равен $0,5I_0$.



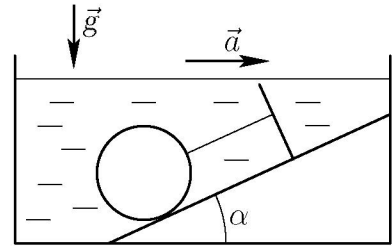
- 1) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 2) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найдите заряд, протекший через резистор R при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 30$ см и небольшого плоского зеркала (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 40 см. Гайка S находится на расстоянии $d = 20$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 2$ см/с. Наблюдатель A , находясь на расстоянии 50 см от зеркала, следит за изображением гайки, глядя в сторону зеркала.



- 1) На каком расстоянии (от себя) увидел бы наблюдатель A изображение при отсутствии линзы?
- 2) На каком расстоянии (от себя) видит наблюдатель A изображение при наличии линзы?
- 3) Найдите максимальную скорость этого изображения при наличии линзы.

1. В сосуде с водой закреплен клин. На гладкой поверхности клина, наклоненной к горизонту под углом α ($\sin \alpha = 3/5$), удерживается шар с помощью нити, натянутой под углом α горизонту (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность шара 2ρ .



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/7$.

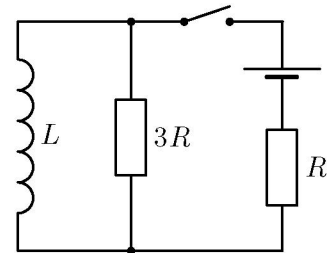
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленях (относительно начального положения) отличаются в 5 раз. Найдите длину столба воздуха, оставшегося в закрытом колене. Атмосферное давление $P_0 = 760$ мм рт. ст.

3. Три небольших по размерам положительно заряженных шарика связаны попарно тремя легкими непроводящими нитями и находятся неподвижно в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами a , $3a$, $3a$. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $4m$ и заряд $3q$. Короткую нить пережигают, и шарики начинают двигаться. В момент, когда шарики оказались на одной прямой, скорость шарика массой $4m$ оказалась v .

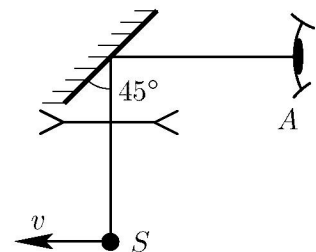
- 1) Найдите в этот момент скорость двух других шариков.
- 2) Найдите q , считая известными m , v , a .

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через резистор $3R$ равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через этот же резистор равен $3I_0$.



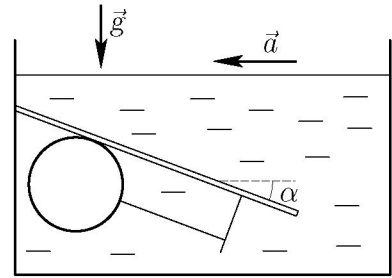
- 1) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 2) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найдите заряд, протекший через резистор $3R$ при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -30$ см и небольшого плоского зеркала (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 15 см. Груз S находится на расстоянии $d = 60$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 6$ см/с. Наблюдатель A , находясь на расстоянии 45 см от зеркала, следит за изображением груза, глядя в сторону зеркала.



- 1) На каком расстоянии (от себя) увидел бы наблюдатель A изображение при отсутствии линзы?
- 2) На каком расстоянии (от себя) видит наблюдатель A изображение при наличии линзы?
- 3) Найдите максимальную скорость этого изображения при наличии линзы.

1. В сосуде с водой закреплена полка, наклоненная к горизонту под углом α ($\sin \alpha = 3/5$). Деревянный шар опирается на гладкую поверхность полки и удерживается с помощью нити, натянутой под углом α горизонту (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность дерева $\frac{3}{5}\rho$.



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/4$.

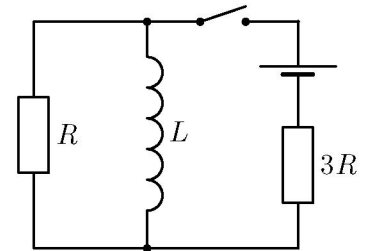
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают слой ртути длиной $l = 6$ см. После установления равновесия в закрытом колене остается воздушный столб длиной $L = 19$ см. Найдите смещение уровня ртути в открытом колене относительно начального положения. Атмосферное давление $P_0 = 760$ мм рт. ст.

3. В вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 5a, 5a$ находятся неподвижно три небольших по размерам положительно заряженных шарика, связанных попарно тремя легкими непроводящими нитями. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $2m$ и заряд $5q$. Короткую нить пережигают, и шарики начинают двигаться. В момент, когда шарики оказались на одной прямой, скорость шариков массой m оказалась v .

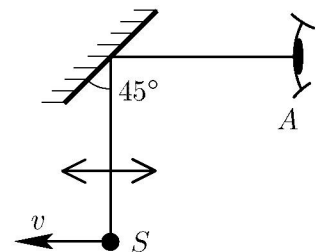
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой $5m$.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. На рисунке показана схема электрической цепи. Все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через источник равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через резистор R равен $I_0/3$.



- 1) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 2) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найдите заряд, протекший через резистор R при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 24$ см и небольшого плоского зеркала (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 38 см. Шайба S находится на расстоянии $d = 18$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 1$ см/с. Наблюдатель A , находясь на расстоянии 30 см от зеркала, следит за изображением шайбы, глядя в сторону зеркала.



- 1) На каком расстоянии (от себя) увидел бы наблюдатель A изображение при отсутствии линзы?
- 2) На каком расстоянии (от себя) видит наблюдатель A изображение при наличии линзы?
- 3) Найдите максимальную скорость этого изображения при наличии линзы.

Билет 1

1. 1) $T_1 = \frac{1}{2} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g, F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $T_2 + F_{A2} - N_2 \sin \alpha = 3 \rho V a, N_2 \cos \alpha - 3 \rho V g + F_{A1} = 0$. $T_2 = (a + g \tan \alpha) 2 \rho V = \frac{3}{4} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{7}{8} \rho V g$.

2. Пусть x – повышение уровня в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x) S = (\rho g H_0 + \rho g 3x) L S$. Отсюда $H_0 = 3L = 75$ см = 750 мм. $P_0 = 750$ мм рт.ст.

3. 1) По ЗСИ $3mv = 2mu$. Отсюда $u = \frac{3}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} = k \frac{q^2}{4a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{3mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{5mv^2 a}{k}} = \sqrt{20\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $2I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(2I_0)^2}{2} = 2LI_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\epsilon}{2R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\epsilon = 3I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из $2R$ и источника $I_\epsilon R + (I_\epsilon - 2I_0) 2R = \epsilon$. С учетом выражения для ϵ находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\epsilon = \frac{7}{3} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_{2R} 2R, L \Delta I_L = I_{2R} \Delta t \cdot 2R, L \Delta I_L = \Delta q_{2R} \cdot 2R$. После суммирования $L(2I_0 - 0) = q \cdot 2R$. Отсюда заряд $q = \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 120 + 20 + 40 = 180$. $x_1 = 180$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 30$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 30 + 20 + 40 = 90$. $x_2 = 90$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = \frac{1}{4}$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = \frac{1}{4} v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = \frac{1}{4} v = 3$ см/с.

Билет 2

1. 1) $T_1 = \frac{4}{15} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g, F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $-T_2 + F_{A2} + N_2 \sin \alpha = \frac{\rho}{5} V a, F_{A1} - N_2 \cos \alpha - \frac{\rho}{5} V g = 0$. $T_2 = (a + g \tan \alpha) \frac{4}{5} \rho V = \frac{2}{5} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2НЕВ} = \frac{7}{30} \rho V g$.

2. Пусть l – искомая длина, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 75$ см. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 l S = (\rho g H_0 + \rho g (x - (l - L))) l S$. Отсюда $l = \frac{L(H_0 + L + x)}{H_0 + L} = 16$ см.

3. 1) По ЗСИ $2mv = 5mu$. Отсюда $u = \frac{2}{5} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} = k \frac{q^2}{8a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} + \frac{5mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{8}{5} \frac{mv^2 a}{k}} = 4 \sqrt{\frac{2}{5} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $0,5I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(0,5I_0)^2}{2} = \frac{1}{8} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\mathcal{E} = 3I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из R и источника $I_\epsilon 2R + (I_\epsilon - 0,5I_0)R = \mathcal{E}$. С учетом выражения для \mathcal{E} находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\epsilon = \frac{7}{6} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_R R, L \Delta I_L = I_R \Delta t \cdot R, L \Delta I_L = \Delta q_R \cdot R$. После суммирования $L(0,5I_0 - 0) = q \cdot R$. Отсюда заряд $q = \frac{1}{2} \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 20 + 40 + 50 = 110$. $x_1 = 110$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 60$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 60 + 40 + 50 = 150$. $x_2 = 150$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 3$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 3v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = 3v = 6$ см/с.

Билет 3

1. 1) $T_1 = \frac{3}{5} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для шара в проекциях на направление нити $T_2 - 2\rho V g \sin \alpha + F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = 2\rho V a \cos \alpha$.

$$T_2 = (g \sin \alpha + a \cos \alpha) \rho V = \frac{5}{7} \rho V g.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{29}{35} \rho V g$.

2. Пусть x – повышение уровня в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 76$ см. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x) S = (\rho g H_0 + \rho g 4x) L S$. Отсюда $L = \frac{H_0}{4} = 19$ см.

3. 1) По ЗСИ $4mv = 2mu$. Отсюда $u = 2v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} = k \frac{q^2}{6a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{4mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{36}{5} \frac{mv^2 a}{k}} = 12 \sqrt{\frac{1}{5} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $3I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(3I_0)^2}{2} = \frac{9}{2} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\varepsilon = 4I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из $3R$ и источника $I_\varepsilon R + (I_\varepsilon - 3I_0) 3R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{13}{4} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_{3R} 3R$, $L \Delta I_L = I_{3R} \Delta t \cdot 3R$, $L \Delta I_L = \Delta q_{3R} \cdot 3R$. После суммирования $L(3I_0 - 0) = q \cdot 3R$. Отсюда заряд $q = \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 60 + 15 + 45 = 120$. $x_1 = 120$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 20$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 20 + 15 + 45 = 80$. $x_2 = 80$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = \frac{1}{3}$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = \frac{1}{3} v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = \frac{1}{3} v = 2$ см/с.

Билет 4

1. 1) $T_1 = \frac{6}{25} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для шара в проекциях на направление нити $T_2 + \frac{3}{5} \rho V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha - F_{A2} \cos \alpha = -\frac{3}{5} \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha + a \cos \alpha) \frac{2}{5} \rho V = \frac{8}{25} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{3}{25} \rho V g$.

2. Пусть x_1 – искомое смещение, x_2 – смещение в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 76$ см. По условию $x_1 + x_2 = l$. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x_2) S = (\rho g H_0 + \rho g (x_1 - x_2)) L S$. Из записанных уравнений $x_1 = \frac{l(H_0 + L)}{2L + H_0} = 5$ см.

3. 1) По ЗСИ $2mv = 2mu$. Отсюда $u = v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} = k \frac{q^2}{10a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{20}{9} \frac{mv^2 a}{k}} = \frac{4}{3} \sqrt{5\pi \varepsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $\frac{1}{3} I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(I_0/3)^2}{2} = \frac{1}{18} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\varepsilon = 4I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из R и источника $I_\varepsilon 3R + \left(I_\varepsilon - \frac{1}{3} I_0\right) R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{13}{12} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_R R$, $L \Delta I_L = I_R \Delta t \cdot R$, $L \Delta I_L = \Delta q_R \cdot R$. После суммирования $L \left(\frac{1}{3} I_0 - 0\right) = q \cdot R$. Отсюда заряд $q = \frac{1}{3} \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 18 + 38 + 30 = 86$. $x_1 = 86$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 72$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 72 + 38 + 30 = 140$. $x_2 = 140$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 4$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 4v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = 4v = 4$ см/с.

Олимпиада «Физтех-2015». МФТИ. 01.03.2014

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полный балл.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко.** Проверяющий проставляет на работе количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.

Критерии оценивания. 2015 г. Билеты 1-4

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
2) Есть понимание, что сила Архимеда не вертикальна 2 очка
Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
Ответ на второй вопрос 2 очка
За получение типичного неверного ответа ставить 3 очка за 2-й вопрос.

Задача 2. (10 очков)

- Ур-е Бойля-Мариотта 2 очка
Прав. выражение для конечного давл. в закр. колене 2 очка
Ответ 6 очков

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
2) Правильно записан ЗСЭ 3 очка
Ответ на второй вопрос 4 очка

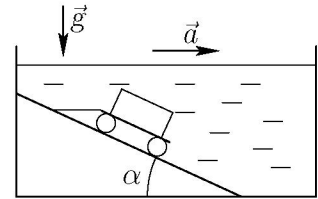
Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
2) Правильная связь начального тока и ЭДС 2 очка
Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
Ответ на второй вопрос 2 очка
3) Ответ на третий вопрос 2 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
2) Найдено изображение в линзе 2 очка
Ответ на второй вопрос 3 очка
3) Ответ на третий вопрос 3 очка

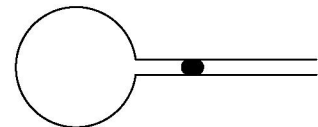
1. В сосуде с водой закреплен клин. На поверхности клина, наклоненной к горизонту под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 1/3$), удерживается тележка с закрепленным на ней стеклянным бруском с помощью горизонтально натянутой нити (см. рис.). Объем бруска V , плотность воды ρ , плотность стекла 3ρ .



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/9$.

В обоих случаях брусок находится полностью в воде. Объемами и массами тележки и колес и трением в их осях пренебречь.

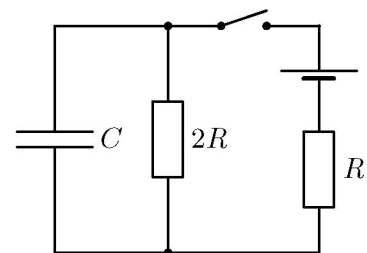
2. В тонкостенную колбу впаяна длинная тонкая стеклянная трубка постоянного внутреннего сечения (см. рис.). В трубке находится капля ртути, отделяющая воздух в колбе от окружающего воздуха. Изменение температуры окружающего воздуха при постоянном атмосферном давлении приводит к смещению капли — получаем газовый термометр. При температуре $t_1 = 17^\circ\text{C}$ капля находится на расстоянии $L_1 = 20$ см от колбы, а при температуре $t_2 = 27^\circ\text{C}$ — на расстоянии $L_2 = 30$ см. Какую минимальную температуру можно измерить этим термометром? Атмосферное давление считать неизменным.



3. Три небольших по размерам положительно заряженных шарика связаны попарно тремя легкими непроводящими нитями и находятся неподвижно в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 2a, 2a$. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $3m$ и заряд $2q$. Две нити одинаковой длины одновременно пережигают, и шарики разлетаются. В момент, когда шарики оказались в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 3a, 3a$, скорость связанных шариков оказалась v .

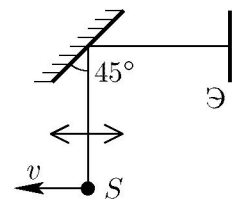
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой $3m$.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через конденсатор равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через конденсатор равен $I_0/4$.



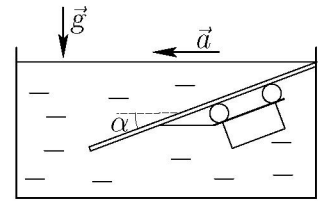
- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 40 см. Груз S находится на расстоянии $d = 25$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 2$ см/с. На экране наблюдается резкое изображение груза.



- 1) На каком расстоянии от линзы и где надо было бы поместить экран для наблюдения изображения при отсутствии зеркала?
- 2) Найдите расстояние между зеркалом и экраном.
- 3) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

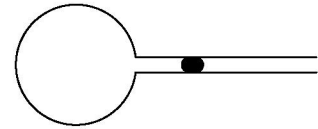
1. В сосуде с водой закреплена полка, наклоненная к горизонту под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 3/8$). На поверхности полки удерживается тележка с закрепленным на ней пробковым бруском с помощью горизонтально натянутой нити (см. рис.). Объем бруска V , плотность воды ρ , плотность пробки $\rho/5$.



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/8$.

В обоих случаях брусок находится полностью в воде. Объемами и массами тележки и колес и трением в их осях пренебречь.

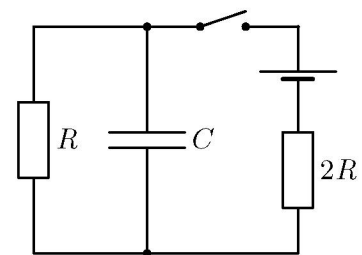
2. В тонкостенную колбу впаяна длинная тонкая стеклянная трубка постоянного внутреннего сечения (см. рис.). В трубке находится капля ртути, отделяющая воздух в колбе от окружающего воздуха. Изменение температуры окружающего воздуха при постоянном атмосферном давлении приводит к смещению капли — получаем газовый термометр. При температуре $t_1 = 7^\circ\text{C}$ капля находится на расстоянии $L_1 = 20$ см от колбы, а при температуре $t_2 = 17^\circ\text{C}$ — на расстоянии $L_2 = 40$ см. Какую максимальную температуру можно измерить этим термометром, если длина трубки $L_3 = 60$ см? Атмосферное давление считать неизменным.



3. В вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, a, 1,5a$ находятся неподвижно три небольших по размерам положительно заряженных шарика, связанных попарно тремя легкими непроводящими нитями. Каждый из шариков, связанных длинной нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $5m$ и заряд $4q$. Две нити одинаковой длины одновременно пережигают, и шарики разлетаются. В момент, когда шарики оказались в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $6a, 6a, 1,5a$, скорость шарика массой $5m$ оказалась v .

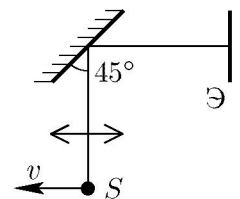
- 1) Найдите в этот момент скорость связанных шариков.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. На рисунке показана схема электрической цепи. Все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа через источник течет ток I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через конденсатор равен $I_0/2$.



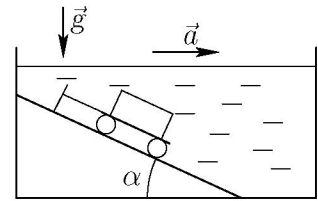
- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 18$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между экраном и зеркалом 70 см. Гайка S находится на расстоянии $d = 21$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 1$ см/с. На экране наблюдается резкое изображение гайки.



- 1) На каком расстоянии от линзы и где надо было бы поместить экран для наблюдения изображения при отсутствии зеркала?
- 2) Найдите расстояние между зеркалом и линзой.
- 3) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

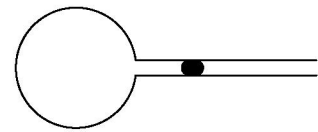
1. В сосуде с водой закреплен клин. На поверхности клина, наклоненной к горизонту под углом α ($\sin \alpha = 3/5$), удерживается тележка с закрепленным на ней эбонитовым бруском с помощью нити, натянутой под углом α к горизонту (см. рис.). Объем бруска V , плотность воды ρ , плотность эбонита $1,2\rho$.



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/12$.

В обоих случаях шар находится полностью в воде. Объемом тележки, колес и трением в их осях пренебречь.

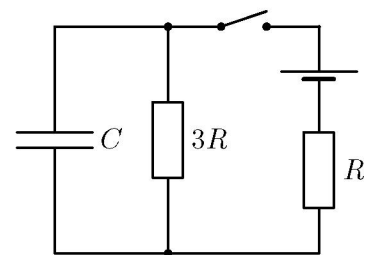
2. В тонкостенную колбу впаяна длинная тонкая стеклянная трубка постоянного внутреннего сечения (см. рис.). В трубке находится капля ртути, отделяющая воздух в колбе от окружающего воздуха. Изменение температуры окружающего воздуха при постоянном атмосферном давлении приводит к смещению капли — получаем газовый термометр. При температуре $t_1 = 17^\circ\text{C}$ капля находится на расстоянии $L_1 = 20$ см от колбы. Минимальная температура, которую можно измерить этим термометром, равна $t_0 = 7^\circ\text{C}$. При какой температуре t_2 капля будет находиться на расстоянии $L_2 = 40$ см от колбы? Атмосферное давление считать неизменным.



3. Три небольших по размерам положительно заряженных шарика связаны попарно тремя легкими непроводящими нитями и находятся неподвижно в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 3a, 3a$. Каждый из шариков, связанных короткой нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $4m$ и заряд $3q$. Две нити одинаковой длины одновременно пережигают, и шарики разлетаются. В момент, когда шарики оказались в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $a, 4a, 4a$, скорость связанных шариков оказалась v .

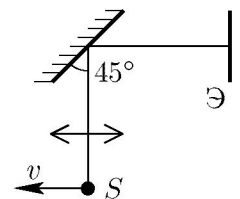
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой $4m$.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа ток через конденсатор равен I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через конденсатор равен $I_0/5$.



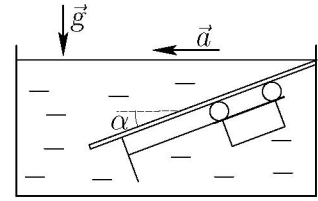
- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 25$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 50 см. Шарик S находится на расстоянии $d = 30$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 3$ см/с. На экране наблюдается резкое изображение шарика.



- 1) На каком расстоянии от линзы и где надо было бы поместить экран для наблюдения изображения при отсутствии зеркала?
- 2) Найдите расстояние между зеркалом и экраном.
- 3) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

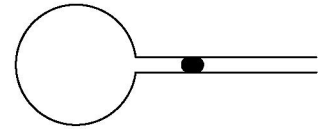
1. В сосуде с водой закреплена полка, наклоненная к горизонту под углом α ($\sin \alpha = 3/5$). На поверхности полки удерживается тележка с закрепленным на ней деревянным бруском с помощью нити, натянутой под углом α к горизонту (см. рис.). Объем бруска V , плотность воды ρ , плотность дерева $0,7\rho$.



- 1) Найдите силу натяжения нити при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу натяжения нити при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/6$.

В обоих случаях брусок находится полностью в воде. Объемами и массами тележки и колес и трением в их осях пренебречь.

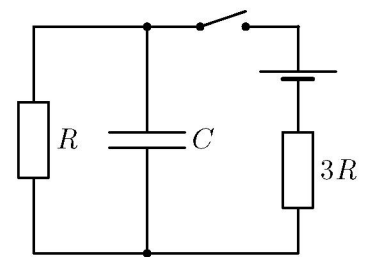
2. В тонкостенную колбу впаяна длинная тонкая стеклянная трубка постоянного внутреннего сечения (см. рис.). В трубке находится капля ртути, отделяющая воздух в колбе от окружающего воздуха. Изменение температуры окружающего воздуха при постоянном атмосферном давлении приводит к смещению капли — получаем газовый термометр. При температуре $t_1 = 17^\circ\text{C}$ капля находится на расстоянии $L_1 = 20$ см от колбы, а при температуре $t_2 = 27^\circ\text{C}$ — на расстоянии $L_2 = 30$ см. Чему равна длина трубки, если максимальная температура, которую можно измерить этим термометром, $t_3 = 47^\circ\text{C}$? Атмосферное давление считать неизменным.



3. В вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $2a, 2a, 3a$ находятся неподвижно три небольших по размерам положительно заряженных шарика, связанных попарно тремя легкими непроводящими нитями. Каждый из шариков, связанных длинной нитью, имеет массу m и заряд q . Третий шарик имеет массу $6m$ и заряд $6q$. Две нити одинаковой длины одновременно пережигают, и шарики разлетаются. В момент, когда шарики оказались в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами $4a, 4a, 3a$, скорость шарика массой $6m$ оказалась v .

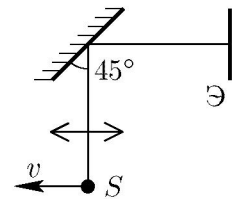
- 1) Найдите в этот момент скорость связанных шариков.
- 2) Найдите q , считая известными m, v, a .

4. На рисунке показана схема электрической цепи. Все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Сразу после замыкания ключа через источник течет ток I_0 . Сразу после размыкания ключа ток через конденсатор равен $2I_0/3$.



- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделится в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите ток, текущий через источник непосредственно перед размыканием ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 27$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между экраном и зеркалом 50 см. Шайба S находится на расстоянии $d = 36$ см от линзы, колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 4$ см/с. На экране наблюдается резкое изображение шайбы.



- 1) На каком расстоянии от линзы и где надо было бы поместить экран для наблюдения изображения при отсутствии зеркала?
- 2) Найдите расстояние между зеркалом и линзой.
- 3) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

Билет 5

1. 1) $T_1 = \frac{2}{3} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на тележку. Уравнения движения для бруска в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $-T_2 + F_{A2} + N_2 \sin \alpha = 3 \rho V a$, $N_2 \cos \alpha - 3 \rho V g + F_{A1} = 0$. $T_2 = (g \tan \alpha - a) 2 \rho V = \frac{4}{9} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{1}{3} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P V_0 = \nu R T_{\text{MIN}}$. Отсюда $T_{\text{MIN}} = T_2 - \frac{L_2}{L_2 - L_1} (T_2 - T_1)$, $t_{\text{MIN}} = t_2 - \frac{L_2}{L_2 - L_1} (t_2 - t_1) = -3$ °C.

3. 1) По ЗСИ $3mu = 2mv$. Отсюда $u = \frac{2}{3} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} = k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{3a} + \frac{2mv^2}{2} + \frac{3mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{5mv^2 a}{2k}} = \sqrt{10\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через $2R$ сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{4} 2R = \frac{1}{2} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{8} C I_0^2 R^2.$$

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через $2R$ равен $\frac{1}{4} I_0$, для контура из $2R$ и источника $I_\varepsilon R + \frac{I_0}{4} 2R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{1}{2} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 100$ см от линзы. На расстоянии $f = 100$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $b = 40$ см – расстояние между линзой и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = f - b = 60$ см от зеркала.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 4$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 4v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 4v = 8$ см/с.

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 6

1. 1) $T_1 = \frac{3}{10} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление вдоль полки $T_2 \cos \alpha + \frac{\rho}{5} V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = \frac{\rho}{5} V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \operatorname{tg} \alpha - a) \frac{4}{5} \rho V = \frac{1}{5} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{13}{40} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$,

$P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P(V_0 + L_3 S) = \nu R T_{MAX}$. Отсюда $T_{MAX} = T_2 + \frac{L_3 - L_2}{L_2 - L_1} (T_2 - T_1)$,

$t_{MAX} = t_2 + \frac{L_3 - L_2}{L_2 - L_1} (t_2 - t_1) = 27 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. 1) По ЗСИ $2mu = 5mv$. Отсюда $u = \frac{5}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{1,5a} + 2k \frac{(4q)q}{a} = k \frac{q^2}{1,5a} + 2k \frac{(4q)q}{6a} + \frac{5mv^2}{2} + \frac{2mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{21}{16} \frac{mv^2 a}{k}} = \sqrt{\frac{21}{4} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через R сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = 2I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{2} R = \frac{1}{2} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{8} C I_0^2 R^2$.

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через R равен $\frac{1}{2} I_0$, для контура из R и источника

$I_\varepsilon 2R + \frac{I_0}{2} R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед

размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{3}{4} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 126$ см от линзы. На расстоянии $f = 126$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $x = 70$ см – расстояние между экраном и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = 70$ см от зеркала. Расстояние между линзой и зеркалом $b = f - x = 56$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 6$. Максимальная скорость изображения в линзе

$u = \Gamma v = 6v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 6v = 6$ см/с.

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 7

1. 1) $T_1 = \frac{3}{25} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление нити $T_2 - 1,2 \rho V g \sin \alpha + F_{A1} \sin \alpha - F_{A2} \cos \alpha = -1,2 \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha - a \cos \alpha) 0,2 \rho V = \frac{8}{75} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{1}{25} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P V_0 = \nu R T_{\text{MIN}}$. Отсюда $T_2 = T_{\text{MIN}} + \frac{L_2}{L_1} (T_1 - T_{\text{MIN}})$, $t_2 = t_{\text{MIN}} + \frac{L_2}{L_1} (t_1 - t_{\text{MIN}}) = 27$ °С.

3. 1) По ЗСИ $4mu = 2mv$. Отсюда $u = \frac{1}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} = k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{4a} + \frac{2mv^2}{2} + \frac{4mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{3mv^2 a}{k}} = \sqrt{12\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через $3R$ сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{5} 3R = \frac{3}{5} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора: $Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{9}{50} C I_0^2 R^2$.

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через $3R$ равен $\frac{1}{5} I_0$, для контура из $3R$ и источника $I_\varepsilon R + \frac{I_0}{5} 3R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{2}{5} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 150$ см от линзы. На расстоянии $f = 150$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $b = 50$ см – расстояние между линзой и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = f - b = 100$ см от зеркала.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 5$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 5v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 5v = 15$ см/с.

Билет 8

1. 1) $T_1 = \frac{9}{50} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление вдоль полки $T_2 + 0,7 \rho V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = 0,7 \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha - a \cos \alpha) 0,3 \rho V = \frac{7}{50} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{41}{150} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P(V_0 + L_3 S) = \nu R T_3$. Отсюда $L_3 = L_1 + \frac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} (L_2 - L_1)$, $L_3 = L_1 + \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1} (L_2 - L_1) = 50$ см.

3. 1) По ЗСИ $6mv = 2mu$. Отсюда $u = 3v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{3a} + 2k \frac{(6q)q}{2a} = k \frac{q^2}{3a} + 2k \frac{(6q)q}{4a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{6mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{4mv^2 a}{k}} = 4\sqrt{\pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через R сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = 3I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{2}{3} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{2}{9} C I_0^2 R^2.$$

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через R равен $\frac{2}{3} I_0$, для контура из R и источника $I_\varepsilon 3R + \frac{2}{3} I_0 R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{7}{9} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 108$ см от линзы. На расстоянии $f = 108$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $x = 50$ см – расстояние между экраном и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = 50$ см от зеркала. Расстояние между линзой и зеркалом $b = f - x = 58$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 3$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 3v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 3v = 12$ см/с.

Олимпиада «Физтех-2015». МФТИ. 01.03.2015

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полный балл.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Абитуриент обязан пояснять, по какому закону или на основании чего записано уравнение или сформулировано утверждение. Правильный ответ в задаче без попыток объяснения оценивается в ноль очков.

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко**. Проверяющий проставляет на работе количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.

Критерии оценивания. 2015 г. Билеты 5-8

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание, что сила Архимеда не вертикальна 2 очка
- Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
- Ответ на второй вопрос 2 очка
- За получение типичного неверного ответа ставить 3 очка за 2-й вопрос.

Задача 2. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 6 очков
- Правильный аналитический ответ 2 очка
- Правильный численный ответ 2 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записан ЗСЭ 3 очка
- Ответ на второй вопрос 4 очка

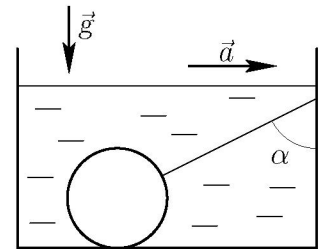
Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Есть понимание, что при размыкании напряжение на конденсаторе не изменяется 2 очка
- Ответ на второй вопрос 2 очка
- 3) Ответ на третий вопрос 4 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков
- 3) Ответ на третий вопрос 3 очка

1. В сосуде с водой находится шар, прикрепленный к вертикальной стенке сосуда нитью, наклоненной к ней под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 2$) (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность шара 2ρ .

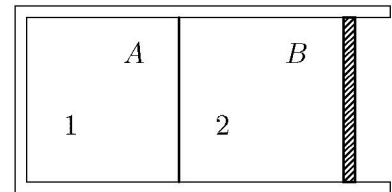


1) Найдите силу давления шара на гладкое горизонтальное дно при неподвижном сосуде.

2) Найдите силу давления шара на дно при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/3$.

В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объем теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным, теплоизолированным поршнем B . Наружное атмосферное давление равно P_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке больше, чем во втором. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках начинает выравниваться, а поршень перемещается. По окончании процесса теплообмена температура в первом отсеке уменьшается на ΔT_1 ($\Delta T_1 > 0$). Трением поршня о цилиндр, теплоемкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.



1) Найдите изменение температуры во втором отсеке.

2) Найдите изменение объема гелия во втором отсеке.

3. Две проводящие пластины с зарядами $Q > 0$ и $-4Q$ расположены параллельно и напротив друг друга (см. рис.). Площадь каждой пластины S , размеры пластин велики по сравнению с расстоянием d между ними, и можно считать, что заряды распределены по каждой поверхности пластин равномерно.

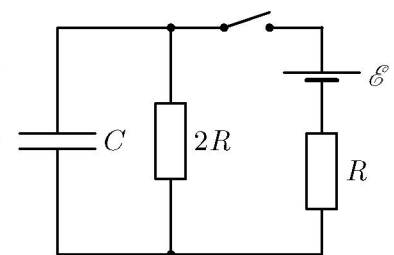


1) Найти разность потенциалов левой и правой пластин.

2) Найти заряд на левой стороне левой пластины.

3) Найти силу притяжения пластин.

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, через резистор $2R$ протек заряд q_0 . После размыкания ключа через тот же резистор протек заряд $2q_0$.

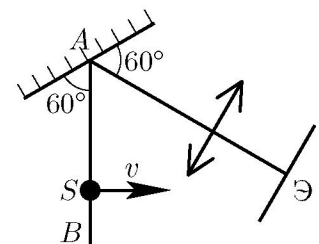


1) Найдите ток через источник сразу после замыкания ключа.

2) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи после размыкания ключа.

3) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.

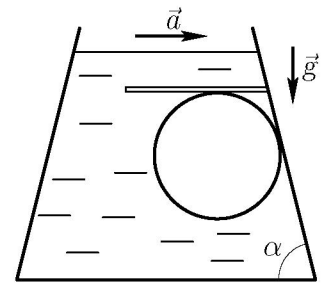
5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 18$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 60° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 20 см. Муха S пересекает линию AB , находясь на расстоянии 52 см от зеркала, двигаясь перпендикулярно AB и имея скорость $v = 9$ см/с.



1) На каком расстоянии от линзы надо поместить экран для наблюдения резкого изображения мухи?

2) Найдите скорость изображения на экране.

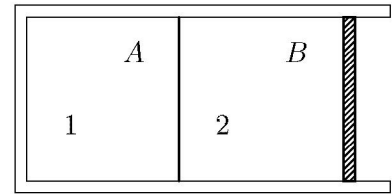
1. В сосуде с водой закреплена горизонтальная полка. Поверхности полки и стенок сосуда гладкие. Стенка сосуда наклонена к горизонту под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 4/3$). Пробковый шар опирается на полку (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность пробки $\rho/5$.



- 1) Найдите силу давления шара на полку при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу давления шара на полку при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/2$.

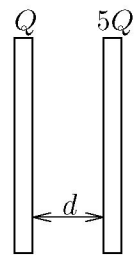
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объем теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным, теплоизолированным поршнем B . Наружное атмосферное давление равно P_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке равна T_1 , а во втором — T_2 , причем $T_1 > T_2$. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках начинает выравниваться, а поршень перемещается. Трением поршня о цилиндр, теплоемкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.



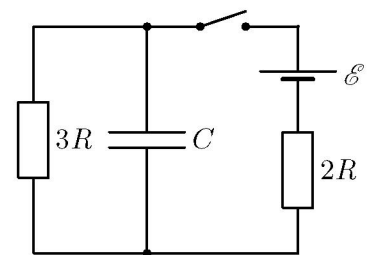
- 1) Какая температура установится после окончания процесса теплообмена?
- 2) Найдите изменение объема гелия во втором отсеке.

3. Две проводящие пластины с положительными зарядами Q и $5Q$ расположены параллельно и напротив друг друга (см. рис.). Площадь каждой пластины S , размеры пластин велики по сравнению с расстоянием d между ними, и можно считать, что заряды распределены по каждой поверхности пластин равномерно.



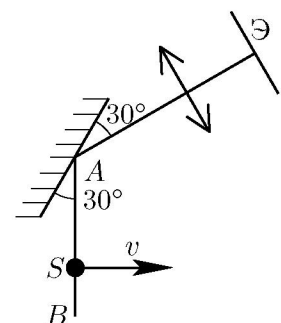
- 1) Найти разность потенциалов правой и левой пластин.
- 2) Найти заряд на правой стороне левой пластины.
- 3) Найти силу отталкивания пластин.

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, через резистор $3R$ протек некоторый заряд. После размыкания ключа через тот же резистор протек заряд в 2 раза больший. При этом после размыкания ключа в цепи выделилось количество теплоты Q_1 .



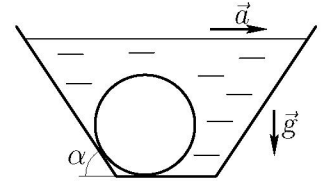
- 1) Найдите ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найдите заряд, протекший через конденсатор при замкнутом ключе.
- 3) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 30$ см, небольшого плоского зеркала и экрана \mathcal{E} (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 30° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 15 см. Перпендикулярно линии AB , вблизи нее, на расстоянии 25 см от зеркала колеблется шарик S , имея максимальную скорость $v = 2$ см/с.



- 1) На каком расстоянии от линзы надо поместить экран для наблюдения резкого изображения шарика?
- 2) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

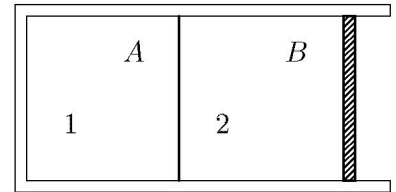
1. В сосуде с водой находится стеклянный шар. Стенки сосуда и дно гладкие. Дно горизонтальное, левая стенка наклонена под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность шара 3ρ .



- 1) Найдите силу давления шара на дно при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу давления шара на дно при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/4$.

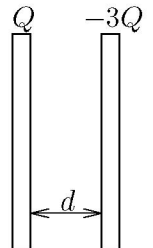
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объем теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным, теплоизолированным поршнем B . Наружное атмосферное давление равно P_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке больше, чем во втором. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках начинает выравниваться, а поршень перемещается. По окончании процесса теплообмена объем гелия во втором отсеке увеличивается на ΔV . Трением поршня о цилиндр, теплоемкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.



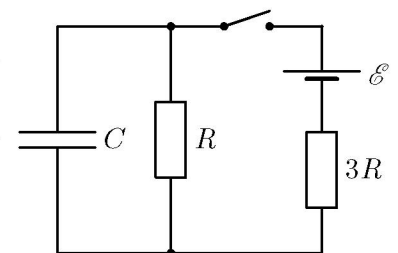
- 1) Найдите отношение модулей изменений температуры в первом и втором отсеках после окончания теплообмена.
- 2) Найдите изменение температуры в первом отсеке.

3. Две проводящие пластины с зарядами $Q > 0$ и $-3Q$ расположены параллельно и напротив друг друга (см. рис.). Площадь каждой пластины S , размеры пластин велики по сравнению с расстоянием d между ними, и можно считать, что заряды распределены по каждой поверхности пластин равномерно.



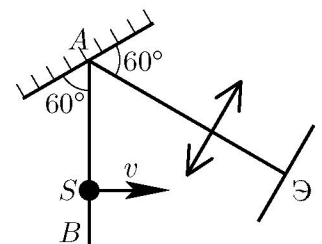
- 1) Найти разность потенциалов левой и правой пластин.
- 2) Найти заряд на правой стороне правой пластины.
- 3) Найти силу притяжения пластин.

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, через резистор R протек заряд q_0 . После размыкания ключа через тот же резистор протек заряд $q_0/2$.



- 1) Найдите ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи после размыкания ключа.
- 3) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.

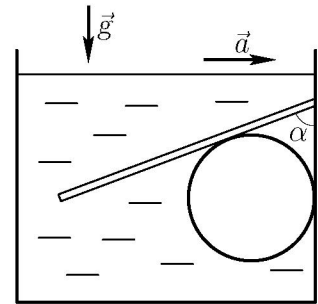
5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см, небольшого плоского зеркала и экрана Θ (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 60° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 25 см. Комар S пересекает линию AB , находясь на расстоянии 35 см от зеркала, двигаясь перпендикулярно AB и имея скорость $v = 4$ см/с.



- 1) На каком расстоянии от линзы надо поместить экран для наблюдения резкого изображения комара?
- 2) Найдите скорость изображения на экране.

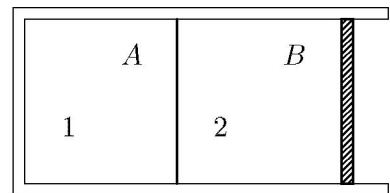
1. В сосуде с водой закреплена полка, наклоненная к вертикальной стенке сосуда под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 3$). Поверхности полки и стенок сосуда гладкие. Пробковый шар опирается на полку (см. рис.). Объем шара V , плотность воды ρ , плотность пробки $\rho/5$.

- 1) Найдите силу давления шара на стенку при неподвижном сосуде.
- 2) Найдите силу давления шара на стенку при движении сосуда с горизонтальным ускорением $a = g/6$.



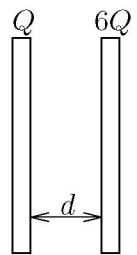
В обоих случаях шар находится полностью в воде.

2. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объем теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным, теплоизолированным поршнем B . Наружное атмосферное давление равно P_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке равна T_1 , что больше температуры во втором отсеке. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках начинает выравниваться, а поршень перемещается. По окончании процесса теплообмена в отсеках устанавливается температура T_0 . Трением поршня о цилиндр, теплоемкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.



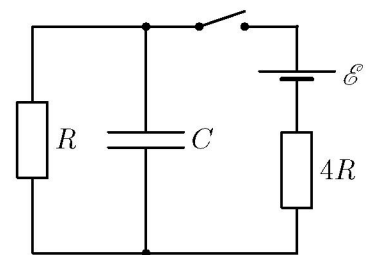
- 1) Найдите начальную температуру во втором отсеке.
- 2) Найдите изменение объема гелия во втором отсеке.

3. Две проводящие пластины с положительными зарядами Q и $6Q$ расположены параллельно и напротив друг друга (см. рис.). Площадь каждой пластины S , размеры пластин велики по сравнению с расстоянием d между ними, и можно считать, что заряды распределены по каждой поверхности пластин равномерно.



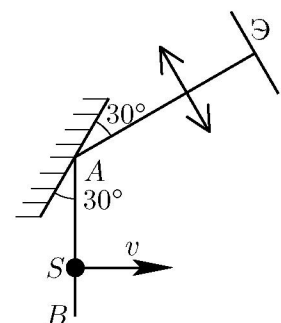
- 1) Найти разность потенциалов правой и левой пластин.
- 2) Найти заряд на левой стороне правой пластины.
- 3) Найти силу отталкивания пластин.

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал. Ключ на некоторое время замыкают, а затем размыкают. За время, пока ключ был замкнут, через резистор R протек некоторый заряд. После размыкания ключа через тот же резистор протек заряд в 2 раза меньший. При этом после размыкания ключа в цепи выделилось количество теплоты Q_1 .



- 1) Найдите ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найдите заряд, протекший через конденсатор при замкнутом ключе.
- 3) Найдите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.

5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 24$ см, небольшого плоского зеркала и экрана \mathcal{E} (см. рис.). Плоскость зеркала составляет угол 30° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 16 см. Перпендикулярно линии AB , вблизи нее, на расстоянии 20 см от зеркала колеблется груз S , имея максимальную скорость $v = 5$ см/с.



- 1) На каком расстоянии от линзы надо поместить экран для наблюдения резкого изображения груза?
- 2) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 9

1. 1) $N_1 = \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления дна на шар, T – сила натяжения нити. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} + T \sin \alpha = 2\rho V a$, $N_2 - 2\rho V g + F_{A1} + T \cos \alpha = 0$.

$$N_2 = \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \rho V = \frac{5}{6} \rho V g.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{2}{3} \rho V g$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V \Delta T_1 = \nu C_P \Delta T_2$. Здесь $C_V = \frac{3}{2} R$, $C_P = C_V + R = \frac{5}{2} R$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении. Отсюда изменение температуры во втором отсеке $\Delta T_2 = \frac{3}{5} \Delta T_1$.

2) Пусть V и T_2 – начальные объем и температура во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2$, $P_0 (V + \Delta V) = \nu R (T_2 + \Delta T_2)$. Отсюда с учетом полученного выражения для ΔT_2 находим изменение объема $\Delta V = \frac{3}{5} \frac{\nu R \Delta T_1}{P_0}$.

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{5Q}{2\varepsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{5Qd}{2\varepsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри левой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{Q-q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{-4Q}{2\varepsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд

левой стороны левой пластины $q = -\frac{3}{2} Q$.

3) $F = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} 4Q = \frac{2Q^2}{\varepsilon_0 S}$.

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через $2R$ не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания заряд конденсатора один и тот же и равен $2q_0$. После размыкания выделится количество теплоты, равное энергии конденсатора:

$$Q_1 = \frac{(2q_0)^2}{2C} = \frac{2q_0^2}{C}.$$

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $2q_0 + q_0 = 3q_0$. Работа источника $A = 3q_0 \varepsilon$. По ЗСЭ $A = \frac{2q_0^2}{C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = 3q_0 \varepsilon - \frac{2q_0^2}{C} = q_0 \left(3\varepsilon - \frac{2q_0}{C} \right)$.

5. Обозначим $b = 52$ см, $c = 20$ см.

1) Изображение S_1 мухи в зеркале будет на расстоянии $b = 52$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 72$ см от линзы. Изображение в линзе попадает на экран на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 24$ см от линзы. Итак, расстояние между линзой и экраном $f = 24$ см.

2) Скорость изображения в зеркале равна скорости мухи v . Скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = \frac{1}{3}$. Скорость на экране $u = \frac{1}{3} v = 3$ см/с.

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)
Билет 10

1. 1) $N_1 = \frac{4}{5} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления полки на шар, Q – сила давления стенки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} - Q \sin \alpha = \frac{1}{5} \rho V a$, $-N_2 - \frac{1}{5} \rho V g + F_{A1} - Q \cos \alpha = 0$. $N_2 = \frac{4}{5} \rho V \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{1}{2} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{47}{40} \rho V g$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V (T_1 - T_0) = \nu C_P (T_0 - T_2)$. Здесь $C_V = \frac{3}{2} R$, $C_P = C_V + R = \frac{5}{2} R$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении. Отсюда установившаяся температура в отсеках $T_0 = \frac{3}{8} T_1 + \frac{5}{8} T_2$.

2) Пусть V начальный объем во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2$, $P_0 (V + \Delta V) = \nu R T_0$. Отсюда с учетом полученного выражения для T_0 находим $\Delta V = \frac{3}{8} \frac{\nu R (T_1 - T_2)}{P_0}$.

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{2Q}{\epsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{2Qd}{\epsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри левой пластины равна нулю: $\frac{Q - q}{2\epsilon_0 S} - \frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{5Q}{2\epsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд правой стороны левой пластины $q = -2Q$.

3) $F = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} 5Q = \frac{5Q^2}{2\epsilon_0 S}$.

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через $3R$ не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2R}$.

2) Пусть при замкнутом ключе через резистор $3R$ протек заряд q_0 . Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания заряд конденсатора один и тот же и равен $2q_0$. После размыкания выделится количество теплоты, равное энергии конденсатора: $Q_1 = \frac{(2q_0)^2}{2C}$. При замкнутом ключе через конденсатор протекает заряд $q_C = 2q_0 = \sqrt{2CQ_1}$.

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $2q_0 + q_0 = 3q_0$. Работа источника $A = 3q_0 \mathcal{E}$. По ЗСЭ $A = \frac{(2q_0)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = 3q_0 \mathcal{E} - \frac{2q_0^2}{C} = 3\mathcal{E} \sqrt{\frac{1}{2} C Q_1} - Q_1$.

5. Обозначим $b = 25$ см, $c = 15$ см.

1) Изображение S_1 шарика в зеркале на расстоянии $b = 25$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 40$ см от линзы. Расстояние между линзой и экраном $f = \frac{dF}{d - F} = 120$ см.

2) Скорость изображения в зеркале не изменится. Максимальная скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = 3$. Итак, $u = 3v = 6$ см/с.

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 11

1. 1) $N_1 = 2\rho Vg$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho Vg, F_{A2} = \rho Va$. Пусть N_2 – сила давления дна на шар, Q – сила давления стенки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} + Q \sin \alpha = 3\rho Va, N_2 - 3\rho Vg + F_{A1} + Q \cos \alpha = 0$.

$$N_2 = 2\rho V \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{3}{2} \rho Vg.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2\text{НЕВ}} = \frac{5}{4} \rho Vg$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V |\Delta T_1| = \nu C_P \Delta T_2$. Здесь $C_V = 3R/2, C_P = C_V + R = 5R/2$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении, $\Delta T_1 < 0$. Отсюда отношение

$$\text{модулей изменений температуры в отсеках } \frac{|\Delta T_1|}{\Delta T_2} = \frac{5}{3}.$$

2) Пусть V и T_2 – начальные объем и температура во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2, P_0 (V + \Delta V) = \nu R (T_2 + \Delta T_2)$. Отсюда с учетом полученного выражения для

$$\text{отношения изменений температуры находим } \Delta T_1 = -\frac{5 P_0 \Delta V}{3 \nu R} < 0.$$

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{2Q}{\varepsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{2Qd}{\varepsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри правой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{-3Q - q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд правой стороны правой пластины $q = -Q$.

$$3) F = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} 3Q = \frac{3Q^2}{2\varepsilon_0 S}.$$

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через R не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R}$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания заряд конденсатора один и тот же и равен $q_0/2$. После размыкания выделится количество теплоты, равное энергии конденсатора:

$$Q_1 = \frac{(q_0/2)^2}{2C} = \frac{1}{8} \frac{q_0^2}{C}.$$

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $\frac{1}{2} q_0 + q_0 = \frac{3}{2} q_0$. Работа источника $A = \frac{3}{2} q_0 \varepsilon$.

По ЗСЭ $A = \frac{(q_0/2)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = \frac{3}{2} q_0 \varepsilon - \frac{q_0^2}{8C} = \frac{1}{2} q_0 \left(3\varepsilon - \frac{q_0}{4C} \right)$.

5. Обозначим $b = 35$ см, $c = 25$ см.

1) Изображение S_1 комара в зеркале будет на расстоянии $b = 35$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 60$ см от линзы. Расстояние между линзой и экраном $f = \frac{dF}{d-F} = 30$ см.

2) Скорость изображения в зеркале равна скорости комара v . Скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = \frac{1}{2}$. Скорость на экране

$$u = \frac{1}{2} v = 2 \text{ см/с}.$$

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 12

1. 1) $N_1 = \frac{4}{15} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления стенки на шар, Q – сила давления полки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} + Q \cos \alpha - N_2 = \frac{1}{5} \rho V a$, $-\frac{1}{5} \rho V g + F_{A1} - Q \sin \alpha = 0$. $N_2 = \frac{4}{5} \rho V \left(a + \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{2}{5} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{7}{30} \rho V g$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V (T_1 - T_0) = \nu C_P (T_0 - T_2)$. Здесь $C_V = 3R/2$, $C_P = C_V + R = 5R/2$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении. Отсюда начальная температура во втором отсеке $T_2 = \frac{8}{5} T_0 - \frac{3}{5} T_1$.

2) Пусть V начальный объем во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2$, $P_0 (V + \Delta V) = \nu R T_0$. Отсюда с учетом полученного выражения для T_2 находим $\Delta V = \frac{3}{5} \frac{\nu R (T_1 - T_0)}{P_0}$.

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{5Q}{2\epsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{5Qd}{2\epsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри правой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{6Q - q}{2\epsilon_0 S} + \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд левой стороны правой пластины $q = 5Q/2$.

3) $F = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} 6Q = \frac{3Q^2}{\epsilon_0 S}$.

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через R не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\epsilon}{4R}$.

2) Пусть при замкнутом ключе через резистор R протек заряд q_0 . Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания заряд конденсатора один и тот же и равен $q_0/2$. После размыкания выделится количество теплоты, равное энергии конденсатора: $Q_1 = \frac{(q_0/2)^2}{2C}$. При замкнутом ключе через конденсатор протекает заряд $q_C = q_0/2 = \sqrt{2CQ_1}$.

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $q_0/2 + q_0 = 3q_0/2$. Работа источника $A = \frac{3}{2} q_0 \epsilon$. По ЗСЭ $A = \frac{(q_0/2)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = \frac{3}{2} q_0 \epsilon - \frac{(q_0/2)^2}{2C} = 3\epsilon \sqrt{2CQ_1} - Q_1$.

5. Обозначим $b = 20$ см, $c = 16$ см.

1) Изображение груза в зеркале будет на расстоянии $b = 20$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 36$ см от линзы. Расстояние между линзой и экраном $f = \frac{dF}{d - F} = 72$ см.

2) Скорость изображения в зеркале не изменится. Максимальная скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = f/d$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = 2$. Итак, $u = 2v = 10$ см/с.

Олимпиада «Физтех-2015». МФТИ. 01.03.2015

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полный балл.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Абитуриент обязан пояснять, по какому закону или на основании чего записано уравнение или сформулировано утверждение. Правильный ответ в задаче без попыток объяснения оценивается в ноль очков.

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко**. Проверяющий проставляет на работе количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.

Критерии оценивания. 2015 г. Билеты 9-12

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание, что сила Архимеда не вертикальна 2 очка
- Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
- Ответ на второй вопрос 2 очка
- За получение типичного неверного ответа ставить
3 очка за 2-й вопрос.

Задача 2. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
- Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
- Ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 4 очка
- 3) Ответ на третий вопрос 4 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Есть понимание, что при размыкании заряд конденсатора
равен заряду через резистор после размыкания 1 очко
- Ответ на второй вопрос 2 очка
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
- Ответ на третий вопрос 2 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Найдено изображение в зеркале 2 очка
- Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 4 очка