

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2015»

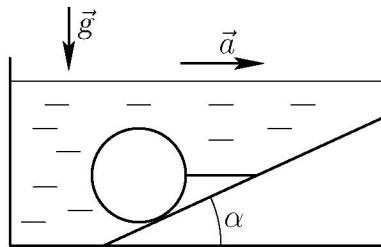
## Билет 1

2015 г.

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

- 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.

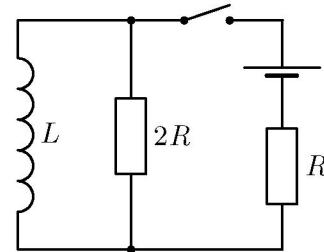


2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленях (относительно начального положения) отличаются в 4 раза, а в закрытом колене 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  $v$ .

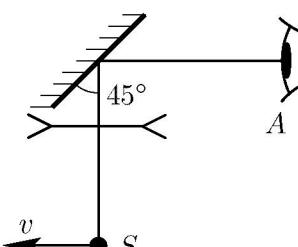
- 1) Найдите в этот момент скорость двух других шариков.
- 2) Найдите  $q$ , считая известными  $m$ ,  $v$ ,  $a$ .

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  $45^\circ$  с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 20 см. Шарик  $S$  находится на расстоянии  $d = 120$  см от линзы, колебается 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.

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2015»

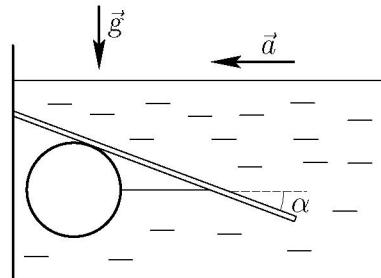
## Билет 2

2015 г.

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

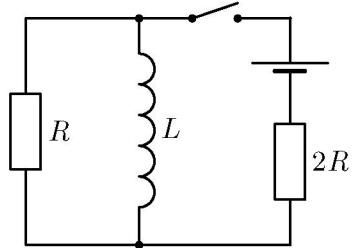


2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия уровень ртути в открытом колене смешается на  $x = 6$  см, а в закрытом колене остается воздушный столб длиной  $L = 15$  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  $v$ .

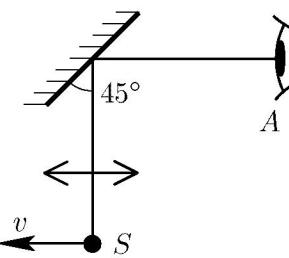
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой  $5m$ .
- 2) Найдите  $q$ , считая известными  $m$ ,  $v$ ,  $a$ .

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  $45^\circ$  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.

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2015»

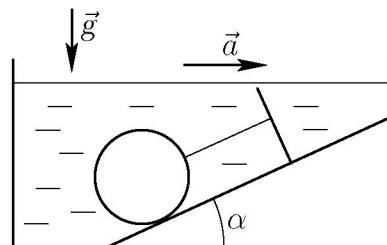
## Билет 3

2015 г.

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

- 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.



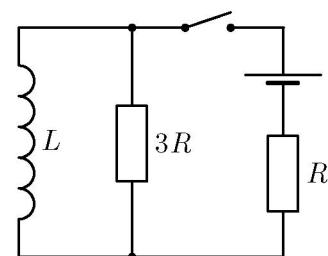
2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленах (относительно начального положения) отличаются в 5 раз. Найдите длину столба 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  $v$ .

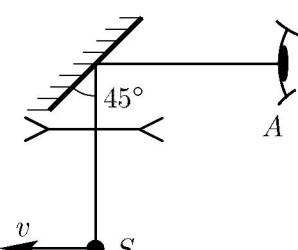
- 1) Найдите в этот момент скорость двух других шариков.
- 2) Найдите  $q$ , считая известными  $m$ ,  $v$ ,  $a$ .

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 выделяется 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  $45^\circ$  с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом 15 см. Груз  $S$  находится на расстоянии  $d = 60$  см от линзы, колебляясь 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.

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2015»

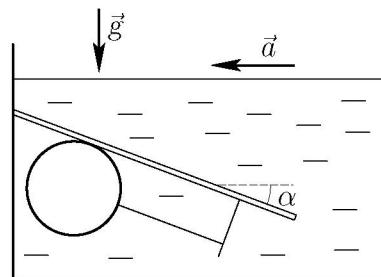
## Билет 4

2015 г.

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

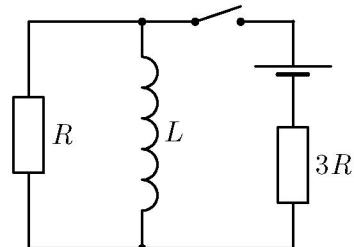


2. U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают слой ртути длиной  $l = 6$  см. После установления равновесия в закрытом колене остается воздушный столб длиной  $L = 19$  см. Найдите смещение уровня ртути 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  $v$ .

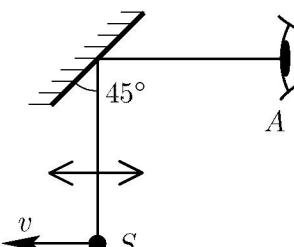
- 1) Найдите в этот момент скорость шарика массой  $5m$ .
- 2) Найдите  $q$ , считая известными  $m$ ,  $v$ ,  $a$ .

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  $45^\circ$  с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом  $38$  см. Шайба  $S$  находится на расстоянии  $d = 18$  см от линзы, колебляясь 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.

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

## 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  $T_2 + F_{A2} - N_2 \sin \alpha = 3\rho V a$ ,  $N_2 \cos \alpha - 3\rho V g + F_{A1} = 0$ .  $T_2 = (a + \operatorname{tg} \alpha) 2\rho V = \frac{3}{4} \rho V g$ .

**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,  $\rho$  – 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:  $\rho g H_0 (L+x) S = (\rho g H_0 + \rho g 3x) LS$ . 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  $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} = k \frac{q^2}{4a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{3mv^2}{2}$ .  $q = \sqrt{\frac{5mv^2 a}{k}} = \sqrt{20\pi\varepsilon_0 mv^2 a}$ .

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

**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.

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

## 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  $-T_2 + F_{A2} + N_2 \sin \alpha = \frac{\rho}{5} V a$ ,  $F_{A1} - N_2 \cos \alpha - \frac{\rho}{5} V g = 0$ .  $T_2 = (a + \operatorname{tg} \alpha) \frac{4}{5} \rho V = \frac{2}{5} \rho V g$ .

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

**2.** Пусть  $l$  – искомая длина,  $\rho$  – плотность ртути,  $S$  – площадь поперечного сечения трубыки.  $P_0 = \rho g H_0$  – 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  $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} = k \frac{q^2}{8a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} + \frac{5mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$ .  $q = \sqrt{\frac{8mv^2 a}{5k}} = 4\sqrt{\frac{2}{5}\pi\varepsilon_0 mv^2 a}$ .

**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:  $Q = \frac{L(0,5I_0)^2}{2} = \frac{1}{8} LI_0^2$ .

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

**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.

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

## 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,  $\rho$  – 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,  $I_0 = \frac{\epsilon}{3R+R}$ . Отсюда ЭДС источника  $\epsilon = 4I_0 R$ . Непосредственно перед размыканием ключа для контура из  $3R$  и источника  $I_\epsilon R + (I_\epsilon - 3I_0)3R = \epsilon$ . С учетом выражения для  $\epsilon$  находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа:  $I_\epsilon = \frac{13}{4} I_0$ .

**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.

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

## 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,  $\rho$  – плотность ртути,  $S$  – площадь поперечного сечения трубы.  $P_0 = \rho g H_0$  – атмосферное давление,  $H_0 = 76$  см. По условию  $x_1 + x_2 = l$ . Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа:  $\rho g H_0 (L + x_2) S = (\rho g H_0 + \rho g (x_1 - x_2)) LS$ . 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  $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} = k \frac{q^2}{10a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$ .  $q = \sqrt{\frac{20}{9} \frac{mv^2 a}{k}} = \frac{4}{3} \sqrt{5\pi\varepsilon_0 mv^2 a}$ .

**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:  $Q = \frac{L(I_0/3)^2}{2} = \frac{1}{18} LI_0^2$ .

**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  $\varepsilon$  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