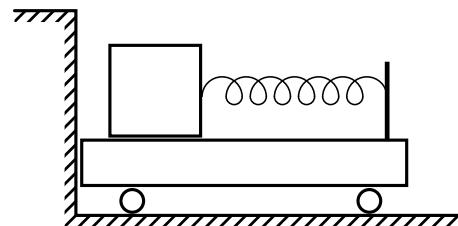


1. На горизонтальной поверхности стола находится тележка. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Масса тележки в 3 раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что удлинение пружины равно  $x$ , а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают.



- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора.
- 3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $2x$ . Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикрепленной к бруску пружине, то деформация пружины равна  $2x/3$ . Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь. Деформация  $x$  пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

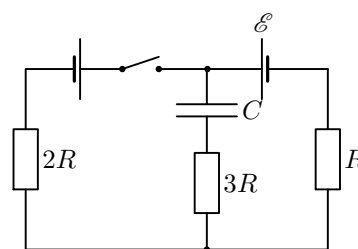
2. Тяжёлый подвижный поршень площадью  $S = 10 \text{ см}^2$  делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом  $V_0 = 1 \text{ л}$  каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой  $m = 2 \text{ г}$ , под поршнем —  $m_1 = 2 \text{ г}$  азота. Температура в цилиндре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , молярные массы азота и воды  $\mu_a = 28 \text{ г/моль}$ ,  $\mu_b = 18 \text{ г/моль}$ , плотность воды  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .

- 1) Найдите массу  $M$  поршня.
- 2) Какую часть объёма  $V_0$  занимает жидкая вода?

3. Для подзарядки аккумулятора используется динамомашинка (генератор) с сопротивлением обмотки ротора  $R = 1 \text{ Ом}$ . Человек вращает ручку динамомашинки с частотой  $n = 1 \text{ об/с}$ , прикладывая к ней силу  $F = 20 \text{ Н}$  на расстоянии  $\rho = 8 \text{ см}$  от оси вращения вдоль направления движения ручки. Через аккумулятор идёт ток  $I = 1 \text{ А}$ . Из-за трения в механизмах динамомашинки теряется 20% затрачиваемой человеком мощности. Считать, что ротор вращается между полюсами постоянного магнита.

- 1) Какую мощность затрачивает человек?
- 2) Найти напряжение на зажимах динамомашинки.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС меньше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и ждут установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{18}C\mathcal{E}^2$ .

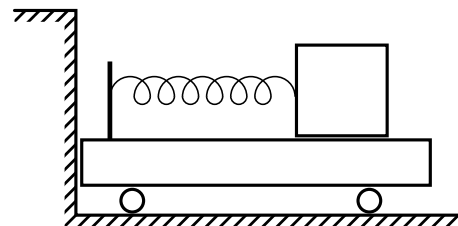


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $3R$  после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

5. Для определения показателя преломления неизвестной прозрачной жидкости экспериментатор Глюк положил на дно мензурки монету и налил в неё исследуемую жидкость. Толщина слоя жидкости  $H = 27 \text{ см}$ . Далее он сфотографировал монету с высоты  $h = 37 \text{ см}$  над поверхностью жидкости и получил резкое изображение, диаметр которого в  $k = 10$  раз меньше диаметра монеты. Фокусное расстояние объектива  $F = 50 \text{ мм}$ . Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости.

- 1) Какое расстояние  $d$  было установлено на шкале дальности объектива?
- 2) Найдите показатель преломления  $n$  жидкости.

1. Тележка находится на горизонтальной поверхности стола. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Масса тележки в 2 раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что пружина сжата на величину  $x$ , а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают.



- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора.
- 3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $3x$ . Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикрепленной к бруску пружине, то деформация пружины равна  $3x/4$ . Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь.

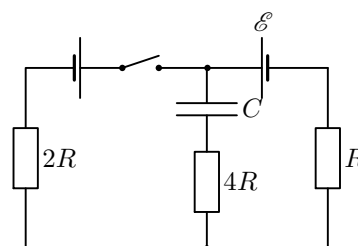
2. Тяжёлый подвижный поршень массой  $m_0 = 10$  кг делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом  $V_0 = 1$  л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой  $m = 2,5$  г, под поршнем —  $m_1 = 2,5$  г азота. Температура в цилиндре  $100$  °С. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, молярные массы азота и воды  $\mu_a = 28$  г/моль,  $\mu_b = 18$  г/моль, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

- 1) Найдите площадь поршня.
- 2) Какую часть объёма  $V_0$  занимает жидкая вода?

3. Ящик массой  $m = 50$  кг передвигают с постоянной скоростью  $v = 0,1$  м/с вверх вдоль наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  ( $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ ) при помощи лебёдки, приводимой в действие мотором постоянного тока. Сопротивление обмотки ротора мотора  $R = 2$  Ом, ток через неё  $I = 2,5$  А. Из-за трения в оси мотора и передачах теряется 16% потребляемой ротором мощности. Коэффициент трения скольжения между ящиком и наклонной плоскостью  $\mu = 0,2$ . Прикреплённый к ящику лёгкий трос лебёдки направлен вдоль наклонной плоскости. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Найти силу натяжения троса.
- 2) Найти напряжение, подводимое к ротору мотора.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС больше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{72}C\mathcal{E}^2$ .

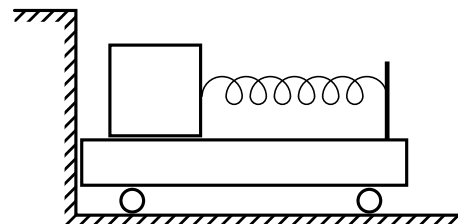


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $4R$  после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

5. С борта яхты турист, установив расстояние  $d = 2,05$  м на шкале дальности объектива, фотографирует рыбку и получает резкое изображение. Расстояние от поверхности воды до объектива  $h = 1,0$  м. Фокусное расстояние объектива  $F = 50$  мм. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ . Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости

- 1) Во сколько раз длина изображения меньше длины рыбки?
- 2) На какой глубине  $H$  находится рыбка?

1. На горизонтальной поверхности стола находится тележка. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Масса тележки в 4 раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что удлинение пружины равно  $x$ , а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают.



- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора.
- 3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $4x/3$ . Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикрепленной к бруску пружине, то деформация пружины равна  $x/3$ . Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь. Деформация  $x$  пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

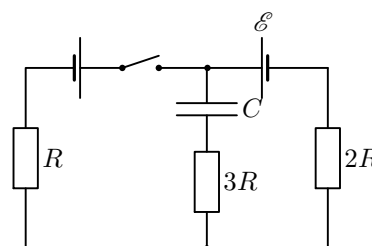
2. Тяжёлый подвижный поршень массой  $M = 12$  кг и площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> делит объём вертикально расположенного цилиндра на две равные части объёмом  $V_0 = 1$  л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой  $m = 3$  г, под поршнем — азот. Температура в цилиндре  $100$  °С. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, молярные массы азота и воды  $\mu_a = 28$  г/моль,  $\mu_b = 18$  г/моль, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

- 1) Найдите массу азота под поршнем.
- 2) Какую часть объёма  $V_0$  занимает жидкая вода?

3. Трамвай массой  $m = 15500$  кг движется со скоростью  $v = 36$  км/ч в гору с небольшим уклоном  $\alpha = 0,01$ . Ротор двигателя трамвая потребляет постоянный ток  $I = 80$  А. Сопротивление обмоток ротора  $R = 1$  Ом. Трение в оси двигателя и передачах приводит к потере 15% потребляемой ротором мощности. Сила сопротивления движению трамвая составляет  $k = 0,01$  от силы тяжести, действующей на трамвай. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Определить силу тяги, развиваемую двигателем трамвая.
- 2) Определить напряжение, подводимое к ротору двигателя.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС меньше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и ждут установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{2}{9}C\mathcal{E}^2$ .

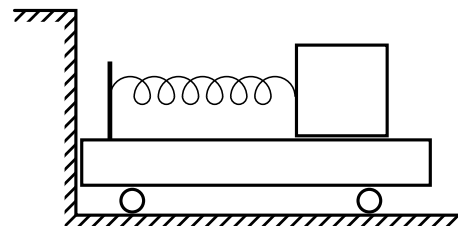


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $2R$  после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

5. Мальчик фотографирует черепаху, находящуюся на глубине  $H = 1,32$  м, и получает резкое изображение, длина которого в  $k = 30$  раз меньше длины черепахи. Фокусное расстояние объектива  $F = 90$  мм. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ . Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости.

- 1) Найдите расстояние  $f$  от объектива до изображения.
- 2) Найдите расстояние  $h$  от поверхности воды до объектива.

1. Тележка находится на горизонтальной поверхности стола. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Масса тележки в 5 раз больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что пружина сжата на величину  $x$ , а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают.



- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора.
- 3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $5x/2$ . Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикрепленной к бруску пружине, то деформация пружины равна  $x/2$ . Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь.

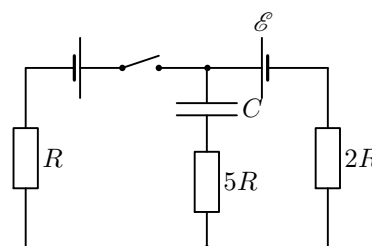
2. Тяжёлый подвижный поршень массой  $m_0 = 9$  кг и площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом  $V_0 = 1$  л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой  $m = 1,5$  г, под поршнем —  $m_1 = 1,5$  г азота. Температура в цилиндре 90 °С. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, молярные массы азота и воды  $\mu_a = 28$  г/моль,  $\mu_b = 18$  г/моль, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

- 1) Определите по этим данным давление насыщенного пара воды при 90 °С.
- 2) Какую часть объёма  $V_0$  занимает жидкая вода?

3. Груз массой  $m = 10$  кг висит на лёгком тросе, намотанном на вал. Вал через зубчатую передачу соединён с ротором генератора. Сопротивление обмоток ротора  $R = 1$  Ом. К зажимам генератора подключён электровентилятор. Груз под действием силы тяжести опускается с постоянной скоростью  $v = 1$  см/с, и через вентилятор идёт ток  $I = 0,3$  А. Потери на трение в подшипниках и передаче равны 20% от энергии, потребляемой вентилятором. Считать, что ротор вращается между полюсами постоянного магнита. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Найти мощность тепловых потерь в обмотке генератора.
- 2) Найти напряжение на зажимах генератора.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС больше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и ждут установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{18}C\mathcal{E}^2$ .



- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $5R$  после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

5. Посетитель океанариума фотографирует рыбку, находящуюся на глубине  $H = 1,2$  м, и получает резкое изображение на расстоянии  $f = 63$  мм от объектива. Фокусное расстояние объектива  $F = 60$  мм. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ . Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости

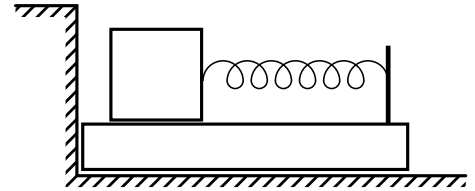
- 1) Во сколько раз длина изображения меньше длины рыбки?
- 2) На каком расстоянии  $h$  от объектива находится рыбка?

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2013»

Билет 5

2013 г.

1. Доска находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. На гладкой верхней горизонтальной поверхности доски находится брусок, прикрепленный к доске лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Брусок отклоняют влево так, что пружина растянута на величину  $x$ , а доска прижата к упору. Затем брусок отпускают.



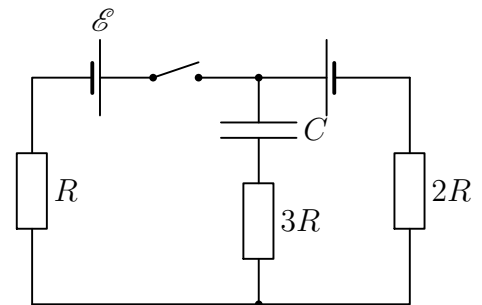
- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $x/7$ . Если брусок с доской двигать по столу с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к бруску, то деформация сжатой пружины равна  $3x/4$ . Все деформации пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

2. В цилиндре под поршнем находится водяной пар при температуре  $T$ . При изобарическом охлаждении цилиндра объём уменьшается в 2 раза, а температура — на 10%. К концу охлаждения в цилиндре образовалось  $\nu$  молей жидкости, объём которой намного меньше объёма пара. Найдите работу, совершённую над содержимым цилиндра в этом процессе. Пар считать идеальным газом.

3. Проводящий шарик радиусом  $R$  с зарядом  $Q$  имеет потенциал  $\varphi_1 = 200$  В. Каким станет потенциал  $\varphi_2$  шарика, если он окажется внутри полого проводящего шара с радиусами сферических поверхностей  $2R$  и  $3R$  и зарядом  $2Q$ ? Центры заряженного шарика и полого шара совпадают.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС меньше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{2}{9}C\mathcal{E}^2$ .



- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $2R$  после размыкания ключа?

- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

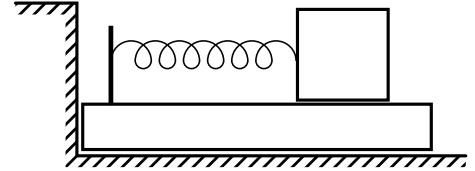
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии  $d = 15$  см от линзы, его действительное изображение наблюдается на вдвое большем расстоянии. Найдите фокусное расстояние  $F$  линзы. Если за линзой перпендикулярно её главной оптической оси поместить плоскопараллельную прозрачную пластину толщиной  $h = 9$  см с показателем преломления  $n = 1,5$ , то изображение точечного источника наблюдается на задней поверхности пластины. Найдите расстояние  $l$  от линзы до передней поверхности пластины.

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2013»

Билет 6

2013 г.

1. На шероховатой горизонтальной поверхности стола находится доска. На гладкой верхней горизонтальной поверхности доски находится брусок, прикрепленный к доске лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Брусок отклоняют влево так, что пружина сжата на величину  $x$ , а доска прижата к упору. Затем брусок отпускают.



1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.

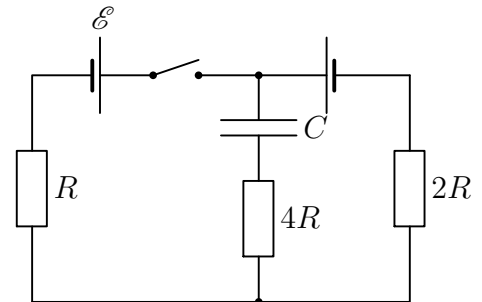
2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $x/9$ . Если брусок с доской двигать по столу с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к бруску, то деформация растянутой пружины равна  $4x/5$ .

2. В цилиндре под поршнем находятся в равновесии водяной пар и  $\nu$  молей жидкой воды при температуре  $T$ . При изобарическом нагревании цилиндра объём увеличивается в 2,5 раза, а температура — в 1,5 раза. Найдите работу, совершённую содержимым цилиндра в этом процессе. Объём жидкости намного меньше объёма пара. Пар считать идеальным газом.

3. Потенциал электростатического поля в точке А на расстоянии  $R$  от точечного заряда  $Q$  равен  $\varphi_1 = 300$  В. Каким станет потенциал  $\varphi_2$  в точке А, если заряд  $Q$  окажется в центре полого проводящего шара с радиусами сферических поверхностей  $3R$  и  $4R$  и зарядом  $3Q$ ?

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС больше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{18}C\mathcal{E}^2$ .



1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $4R$  после размыкания ключа?

2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

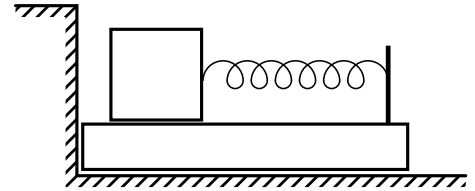
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 12$  см. Расстояние от линзы до действительного изображения втрое меньше расстояния от линзы до источника. На каком расстоянии  $d$  от линзы находится источник? За линзой перпендикулярно её главной оптической оси на расстоянии  $l = 12$  см от линзы помещают плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной  $h = 6,4$  см. Найдите показатель преломления  $n$  стекла, если изображение точечного источника наблюдается на задней поверхности пластины.

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2013»

Билет 7

2013 г.

1. Доска находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. На гладкой верхней горизонтальной поверхности доски находится брусок, прикрепленный к доске лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Брусок отклоняют влево так, что пружина растянута на величину  $x$ , а доска прижата к упору. Затем брусок отпускают.



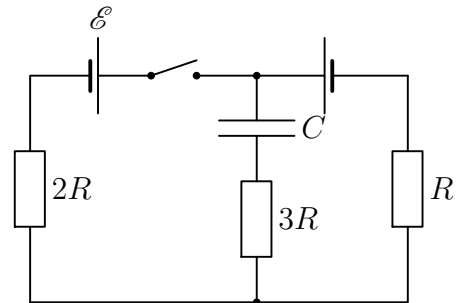
- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $x/5$ . Если брусок с доской двигать по столу с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к бруску, то деформация сжатой пружины равна  $2x/3$ . Все деформации пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

2. В цилиндре под поршнем находится водяной пар при температуре  $T$ . При изобарическом охлаждении цилиндра объём уменьшается в 3 раза, а температура — на 20%. Найдите работу, совершённую над содержимым цилиндра в этом процессе, если к концу охлаждения в цилиндре образовалось  $\nu$  молей жидкости. Объём жидкости намного меньше объёма пара. Пар считать идеальным газом.

3. Проводящий шарик радиусом  $R$  с зарядом  $Q$  имеет потенциал  $\varphi_1 = 400$  В. Каким станет потенциал  $\varphi_2$  шарика, если он окажется внутри полого проводящего шара с радиусами сферических поверхностей  $4R$  и  $5R$  и зарядом  $4Q$ ? Центры заряженного шарика и полого шара совпадают.

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС меньше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и ждут установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{18}C\mathcal{E}^2$ .



- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $3R$  после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

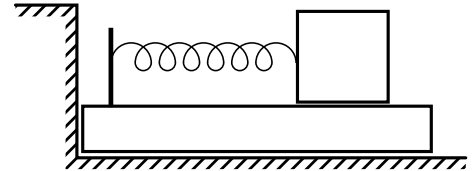
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой  $D = 5$  дптр. Расстояние от источника до линзы вдвое больше расстояния  $f$  от линзы до действительного изображения источника. Найдите  $f$ . За линзой перпендикулярно её главной оптической оси на расстоянии  $l = 26$  см от линзы помещают плоскопараллельную стеклянную пластину. Найдите толщину  $h$  пластины, если изображение точечного источника наблюдается на задней поверхности пластины. Показатель преломления стекла  $n = 1,5$ .

# Олимпиада «ФИЗТЕХ-2013»

Билет 8

2013 г.

1. На шероховатой горизонтальной поверхности стола находится доска. На гладкой верхней горизонтальной поверхности доски находится брусок, прикрепленный к доске лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Брусок отклоняют влево так, что пружина сжата на величину  $x$ , а доска прижата к упору. Затем брусок отпускают.



1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.

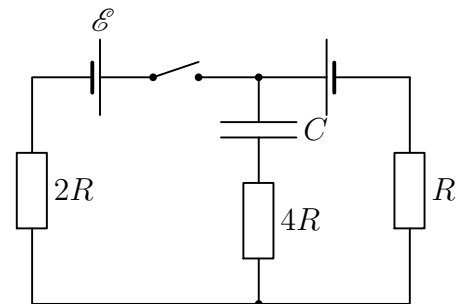
2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна  $4x/11$ . Если брусок с доской двигать по столу с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к бруску, то деформация растянутой пружины равна  $5x/6$ .

2. В цилиндре под поршнем находятся в равновесии  $\nu$  молей воды (жидкость) и водяной пар при температуре  $T$ . При изобарическом нагревании цилиндра объём увеличивается в 4 раза, а температура — на 25%. Найдите работу, совершённую содержимым цилиндра в этом процессе. Объём жидкости намного меньше объёма пара. Пар считать идеальным газом.

3. Потенциал электростатического поля в точке А на расстоянии  $R$  от точечного заряда  $Q$  равен  $\varphi_1 = 500$  В. Каким станет потенциал  $\varphi_2$  в точке А, если заряд  $Q$  окажется в центре полого проводящего шара с радиусами сферических поверхностей  $5R$  и  $7R$  и зарядом  $6Q$ ?

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС больше  $\mathcal{E}$ . Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное  $\frac{1}{72}C\mathcal{E}^2$ .



1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе  $R$  после размыкания ключа?

2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы. Расстояние  $f = 64$  см от линзы до действительного изображения источника в три раза больше расстояния от источника до линзы. Найдите фокусное расстояние  $F$  линзы. Если за линзой перпендикулярно её главной оптической оси на расстоянии  $l = 59$  см от линзы поместить плоскопараллельную прозрачную пластину, то изображение точечного источника наблюдается на задней поверхности пластины. Найдите расстояние от этого изображения до линзы. Показатель преломления стекла  $n = 1,8$ .



Олимпиада Физтех-2013. Физика. Решения. (17 марта, местные)

Билет 1

1. Пусть жёсткость пружины  $k$ , масса бруска  $m$ . По условию сила трения  $F_{TP} = k \frac{2}{3}x$ ,  $mg = k2x$ .

1) Отрыв наступит, когда уменьшающаяся сила упругости пружины сравняется с силой трения:  $kx_{отр} = k \frac{2}{3}x$ . Отсюда деформация пружины при отрыве  $x_{отр} = \frac{2}{3}x$ .

2) По ЗСЭ  $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_{отр}^2 + \frac{1}{2}mV^2 + F_{TP}(x - x_{отр})$ . С учётом выражений для  $F_{TP}$ ,  $mg$  и  $x_{отр}$  получаем скорость бруска при отрыве тележки  $V = \frac{\sqrt{2}}{6}\sqrt{gx}$ .

3) По ЗСИ  $mV = (3m + m)u$ . Скорость тележки  $u = \frac{1}{4}V = \frac{\sqrt{2}}{24}\sqrt{gx}$ .

2. 1) Уравнение состояния для азота  $\left(P + \frac{Mg}{S}\right)V_0 = \frac{m_1}{\mu_a}RT$ . Здесь  $P \approx 10^5$  Па.  $M = \frac{S}{g}\left(\frac{m_1RT}{\mu_a V_0} - P\right) \approx 12$  кг.

2) Для пара  $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B}RT$ . Доля объёма  $V_0$ , занимаемая водой  $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho}\left(m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT}\right) \approx 1,4 \cdot 10^{-3}$ .

3. 1) Скорость ручки  $V = 2\pi n \rho$ . Мощность человека  $P = FV = 2\pi n \rho F \approx 10$  Вт.

2) По ЗСЭ  $P = 0,2P + I^2R + UI$ . Отсюда напряжение на зажимах динамомашин  $U = \frac{0,8P - I^2R}{I} \approx 7$  В.

4. 1)  $Q_{3R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{3R}{3R + R} = \frac{1}{24}C\varepsilon^2$ .

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи  $I$ , а заряд верхней обкладки конденсатора  $q_1$ . Тогда  $\varepsilon - \frac{q_1}{C} = IR$ . Отсюда  $q_1 = C(\varepsilon - IR)$ . После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе  $\varepsilon$ , заряд верхней обкладки конденсатора  $C\varepsilon$ . Работа источника  $A = (C\varepsilon - q_1)\varepsilon = CIR\varepsilon$ .

Изменение энергии конденсатора  $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = CIR\varepsilon - \frac{CI^2R^2}{2}$ . По ЗСЭ  $A = \Delta W_C + Q$ , где

$Q = \frac{1}{18}C\varepsilon^2$ . С учётом выражений для  $A$  и  $\Delta W_C$  получаем  $\frac{C(IR)^2}{2} = Q$ . Отсюда  $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$ .

5. Для фотоаппарата предметом будет изображение монеты после выхода лучей из жидкости. Это изображение будет на расстоянии  $\frac{H}{n}$  от поверхности жидкости. Его размер равен размеру монеты.

1) Пусть  $\Gamma$  - поперечное увеличение в объективе,  $f$  - расстояние от объектива до изображения в фотоаппарате. Имеем  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ,  $\frac{f}{d} = \Gamma = \frac{1}{k}$ . Отсюда  $d = F(k + 1) = 11F = 55$  см.

2)  $h + \frac{H}{n} = d$ . Тогда  $n = \frac{H}{d - h} = \frac{H}{F(k + 1) - h} = 1,5$ .

Билет 2

1. По условию сила трения  $F_{TP} = k \frac{3}{4}x$ ,  $mg = k3x$ . 1)  $x_{отр} = \frac{3}{4}x$ . 2)  $V = \frac{\sqrt{3}}{12}\sqrt{gx}$ . 3)  $u = \frac{1}{3}V = \frac{\sqrt{3}}{36}\sqrt{gx}$ .

2. 1) Для азота  $\left(P + \frac{m_0 g}{S}\right) V_0 = \frac{m_1}{\mu_a} RT$ . Здесь  $P \approx 10^5$  Па. Отсюда  $S = \frac{m_0 g}{\frac{m_1 RT}{\mu_a V_0} - P} \approx 5,7 \text{ см}^2$ .

2) Уравнение состояния для пара  $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B} RT$ . Отсюда  $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho} \left( m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT} \right) \approx 1,9 \cdot 10^{-3}$ .

3. 1) Сила  $F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 380 \text{ Н}$ .

2) По 3СЭ  $UI = 0,16UI + I^2 R + FV$ . Отсюда напряжение  $U = \frac{FV + I^2 R}{0,84I} \approx 24 \text{ В}$ .

4. 1)  $Q_{4R} = \frac{1}{72} C \varepsilon^2 \frac{4R}{4R + R} = \frac{1}{90} C \varepsilon^2$ .

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи  $I$ , а заряд верхней обкладки конденсатора  $q_1$ . Тогда  $\varepsilon - \frac{q_1}{C} = -IR$ . Отсюда  $q_1 = C(\varepsilon + IR)$ . После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе  $\varepsilon$ , заряд верхней обкладки  $C\varepsilon$ . Работа источника  $A = (C\varepsilon - q_1)\varepsilon = -CIR\varepsilon$ . Изменение энергии конденсатора  $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = -CIR\varepsilon - \frac{CI^2 R^2}{2}$ . По 3СЭ  $A = \Delta W_C + Q$ , где  $Q = \frac{1}{72} C \varepsilon^2$ .

С учётом выражений для  $A$  и  $\Delta W_C$  получаем  $\frac{C(IR)^2}{2} = Q$ . Отсюда  $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$ .

5. 1)  $k = \frac{d - F}{F} = 40$ . 2)  $d - h = \frac{H}{n}$ . Тогда  $H = n(d - h) = 140 \text{ см}$ .

### Билет 3

1. По условию сила трения  $F_{тр} = k \frac{1}{3} x$ ,  $mg = k \frac{4}{3} x$ . 1)  $x_{отр} = \frac{x}{3}$ . 2)  $V = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{gx}$ . 3)  $u = \frac{1}{5} V = \frac{\sqrt{3}}{15} \sqrt{gx}$ .

2. 1) Для азота  $\left(P + \frac{Mg}{S}\right) V_0 = \frac{m_a}{\mu_a} RT$ . Здесь  $P \approx 10^5$  Па. Отсюда  $m_a = \left(P + \frac{Mg}{S}\right) \frac{V_0 \mu_a}{RT} \approx 2 \text{ г}$ .

2) Уравнение состояния для пара  $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B} RT$ . Отсюда  $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho} \left( m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT} \right) \approx 2,4 \cdot 10^{-3}$ .

3. 1) Сила тяги  $F = mg \sin \alpha + kmg \approx mg(\alpha + k) \approx 3,1 \text{ кН}$ .

2) По 3СЭ  $UI = 0,15UI + I^2 R + FV$ . Отсюда напряжение  $U = \frac{FV + I^2 R}{0,85I} \approx 550 \text{ В}$ .

4. 1)  $Q_{2R} = \frac{2}{9} C \varepsilon^2 \frac{2}{5} = \frac{4}{45} C \varepsilon^2$ . 2)  $I = \sqrt{\frac{2Q}{C(2R)^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$ .

5. 1)  $f = (\Gamma + 1)F = \left(\frac{1}{k} + 1\right)F = 9,3 \text{ см}$ . 2)  $h + \frac{H}{n} = d$ ,  $d = \left(\frac{1}{\Gamma} + 1\right)F = (k + 1)F$ .  $h = (k + 1)F - \frac{H}{n} = 180 \text{ см}$ .

### Билет 4

1. По условию сила трения  $F_{тр} = k \frac{1}{2} x$ ,  $mg = k \frac{5}{2} x$ . 1)  $x_{отр} = \frac{x}{2}$ . 2)  $V = \frac{\sqrt{10}}{10} \sqrt{gx}$ . 3)  $u = \frac{1}{6} V = \frac{\sqrt{10}}{60} \sqrt{gx}$ .

2. 1) Для азота  $\left(P + \frac{m_0 g}{S}\right) V_0 = \frac{m_1}{\mu_a} RT$ . Отсюда  $P = \frac{m_1}{\mu_a} \frac{RT}{V_0} - \frac{m_0 g}{S} \approx 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

2) Уравнение состояния для пара  $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B} RT$ . Отсюда  $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho} \left( m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT} \right) \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$ .

3. 1) Мощность тепловых потерь  $P = I^2 R = 0,09$  Вт.

2) По ЗСЭ  $mgV = UI + 0,2UI + I^2 R$ . Напряжение на зажимах генератора  $U = \frac{mgV - I^2 R}{1,2I} \approx 2,5$  В.

4. 1)  $Q_{5R} = \frac{1}{18} C \varepsilon^2 \frac{5}{7} = \frac{5}{126} C \varepsilon^2$ . 2)  $I = \sqrt{\frac{2Q}{C(2R)^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$ .

5. 1)  $k = \frac{F}{f - F} = 20$ . 2)  $h = d + \left( H - \frac{H}{n} \right) = \frac{Ff}{f - F} + H \frac{n-1}{n} = 156$  см.

Олимпиада Физтех-2013. Физика. Решения. (17 марта, выезд)

Билет 5

1. Пусть жёсткость пружины  $k$ , масса бруска  $m$ . Максимальная сила трения  $F_{TP} = k \frac{3}{4} x$ ,  $mg = k \frac{x}{7}$ .

1) Отрыв наступит, когда увеличивающаяся сила упругости сжатой пружины сравняется с максимальной силой трения:  $kx_{отр} = k \frac{3}{4} x$ . Отсюда деформация пружины при отрыве  $x_{отр} = \frac{3}{4} x$ .

2) По ЗСЭ  $\frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kx_{отр}^2 + \frac{1}{2} mV^2$ . С учётом выражений для  $F_{TP}$ ,  $mg$  и  $x_{отр}$  получаем скорость бруска при отрыве доски  $V = \frac{7}{4} \sqrt{gx}$ .

2. Пусть  $\nu_1$  - количество пара в конце,  $P$ ,  $V$ ,  $T$  - начальные давление, объём и температура пара.

Работа  $A = P \left( V - \frac{V}{2} \right) = \frac{PV}{2}$ . Уравнение состояния для пара в начале и в конце:  $PV = (\nu_1 + \nu) RT$ ,

$P \frac{V}{2} = \nu_1 R \frac{9}{10} T$ . Из записанных уравнений  $A = \frac{9}{8} \nu RT$ .

3. На внутренней поверхности полого шара будет заряд  $-Q$ , на внешней - заряд  $3Q$ .  $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$ ,

$\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{2R} + k \frac{3Q}{3R} = \frac{3}{2} k \frac{Q}{R}$ . Отсюда  $\varphi_2 = \frac{3}{2} \varphi_1 = 300$  В.

4. 1)  $Q_{2R} = \frac{2}{9} C \varepsilon^2 \frac{2R}{2R+3R} = \frac{4}{45} C \varepsilon^2$ .

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи  $I$ , а заряд верхней обкладки конденсатора  $q_1$ . Пусть  $\varepsilon_1$  - неизвестная ЭДС. Тогда  $\varepsilon_1 - \frac{q_1}{C} = -I2R$ . Отсюда  $q_1 = C(\varepsilon_1 + 2IR)$ . После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе  $\varepsilon_1$ , заряд верхней обкладки  $C\varepsilon_1$ . Работа источника  $A = (C\varepsilon_1 - q_1)\varepsilon_1 = -2CIR\varepsilon_1$ . Изменение энергии конденсатора

$\Delta W_C = \frac{C\varepsilon_1^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = -2CIR\varepsilon_1 - 2CI^2R^2$ . По ЗСЭ  $A = \Delta W_C + Q$ , где  $Q = \frac{2}{9} C \varepsilon^2$ .

С учётом выражений для  $A$  и  $\Delta W_C$  получаем  $2CI^2R^2 = Q$ . Отсюда  $I = \sqrt{\frac{Q}{2CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$ .

5. 1)  $\frac{1}{d} + \frac{1}{2d} = \frac{1}{F}$ .  $F = \frac{2}{3} d = 10$  см.

2) Изображение в линзе располагается внутри пластины на расстоянии  $\frac{h}{n}$  от ближайшей к линзе поверхности пластины.  $l + \frac{h}{n} = 2d$ . Отсюда  $l = 2d - \frac{h}{n} = 24$  см.

Билет 6

1. Пусть жёсткость пружины  $k$ , масса бруска  $m$ . Максимальная сила трения  $F_{TP} = k \frac{4}{5} x$ ,  $mg = k \frac{x}{9}$ .

1) Отрыв наступит, когда увеличивающаяся сила упругости растянутой пружины сравняется с максимальной силой трения:  $kx_{отр} = k \frac{4}{5} x$ . Отсюда деформация пружины при отрыве  $x_{отр} = \frac{4}{5} x$ .

2) По ЗСЭ  $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_{отр}^2 + \frac{1}{2}mV^2$ . С учётом выражений для  $F_{тр}$ ,  $mg$  и  $x_{отр}$  получаем скорость бруска при отрыве доски  $V = \frac{9}{5}\sqrt{gx}$ .

2. Пусть  $\nu_1$  - начальное количество пара. Работа  $A = P(2,5V - V) = 1,5PV$ . Уравнение состояния для пара в начале и в конце:  $PV = \nu_1RT$ ,  $P \cdot 2,5V = (\nu_1 + \nu)R \cdot 1,5T$ . Из записанных уравнений  $A = \frac{9}{4}\nu RT$ .

3.  $\varphi_1 = k\frac{Q}{R}$ ,  $\varphi_2 = k\frac{Q}{R} + k\frac{-Q}{3R} + k\frac{4Q}{4R} = \frac{5}{3}k\frac{Q}{R}$ . Отсюда  $\varphi_2 = \frac{5}{3}\varphi_1 = 500$  В.

4. 1)  $Q_{4R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{4R}{4R+2R} = \frac{1}{27}C\varepsilon^2$ .

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи  $I$ , а заряд верхней обкладки конденсатора  $q_1$ . Пусть  $\varepsilon_1$  - неизвестная ЭДС. Тогда  $\varepsilon_1 - \frac{q_1}{C} = I2R$ . Отсюда  $q_1 = C(\varepsilon_1 - 2IR)$ . После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе  $\varepsilon_1$ , заряд верхней обкладки конденсатора  $C\varepsilon_1$ .

Изменение энергии конденсатора  $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon_1^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = 2CIR\varepsilon_1 - 2CI^2R^2$ . Работа источника

$A = (C\varepsilon_1 - q_1)\varepsilon_1 = 2CIR\varepsilon_1$ . По ЗСЭ  $A = \Delta W_C + Q$ , где  $Q = \frac{1}{18}C\varepsilon^2$ . С учётом выражений для  $A$  и  $\Delta W_C$

получаем  $2CI^2R^2 = Q$ . Отсюда  $I = \sqrt{\frac{Q}{2CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$ .

5. 1)  $\frac{1}{d} + \frac{1}{d/3} = \frac{1}{F}$ .  $d = 4F = 48$  см. 2)  $l + \frac{h}{n} = \frac{d}{3}$ . Тогда  $n = \frac{h}{d/3 - l} = \frac{h}{4F/3 - l} = 1,6$ .

### Билет 7

1. По условию максимальная сила трения  $F_{тр} = k\frac{2}{3}x$ ,  $mg = k\frac{x}{5}$ . 1)  $x_{отр} = \frac{2}{3}x$ . 2)  $V = \frac{5}{3}\sqrt{gx}$ .

2. Работа  $A = P\left(V - \frac{V}{3}\right) = \frac{2PV}{3}$ . Уравнение состояния для пара в начале и в конце:  $PV = (\nu_1 + \nu)RT$ ,

$P\frac{V}{3} = \nu_1R \cdot 0,8T$ . Из записанных уравнений  $A = \frac{8}{7}\nu RT$ .

3.  $\varphi_1 = k\frac{Q}{R}$ ,  $\varphi_2 = k\frac{Q}{R} + k\frac{-Q}{4R} + k\frac{5Q}{5R} = \frac{7}{4}k\frac{Q}{R}$ . Отсюда  $\varphi_2 = \frac{7}{4}\varphi_1 = 700$  В.

4. 1)  $Q_{3R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{3}{4} = \frac{1}{24}C\varepsilon^2$ . 2)  $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$ .

5. 1)  $\frac{1}{2f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ .  $F = 20$  см.  $f = \frac{3}{2}F = 30$  см. 2)  $l + \frac{h}{n} = f$ . Тогда  $h = n(f - l) = n\left(\frac{3}{2}F - l\right) = 6$  см.

### Билет 8

1. По условию максимальная сила трения  $F_{тр} = k\frac{5}{6}x$ ,  $mg = k\frac{4}{11}x$ . 1)  $x_{отр} = \frac{5}{6}x$ . 2)  $V = \frac{11}{12}\sqrt{gx}$ .

2. Пусть  $\nu_1$  - начальное количество пара. Работа  $A = P(4V - V) = 3PV$ . Уравнение состояния для пара в начале и в конце:  $PV = \nu_1RT$ ,  $P \cdot 4V = (\nu_1 + \nu)R\frac{5}{4}T$ . Из записанных уравнений  $A = \frac{15}{11}\nu RT$ .

3.  $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$ ,  $\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{5R} + k \frac{7Q}{7R} = \frac{9}{5} k \frac{Q}{R}$ . Отсюда  $\varphi_2 = \frac{9}{5} \varphi_1 = 900$  В.

4. 1)  $Q_R = \frac{1}{72} C \varepsilon^2 \frac{1}{5} = \frac{1}{360} C \varepsilon^2$ . 2)  $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$ .

5. 1)  $\frac{1}{f/3} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ .  $F = \frac{f}{4} = 16$  см. 2)  $l + \frac{h}{n} = f$ .  $h = n(f - l)$ .  $x = l + h = l + n(f - l) = 68$  см.