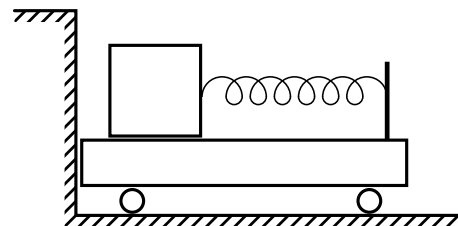


1. На горизонтальной поверхности стола находится тележка. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рис.). Масса тележки в 3 раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что удлинение пружины равно x , а тележка прижата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

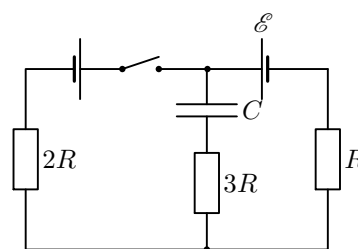
2. Тяжёлый подвижный поршень площадью $S = 10 \text{ см}^2$ делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом $V_0 = 1 \text{ л}$ каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 2 \text{ г}$, под поршнем — $m_1 = 2 \text{ г}$ азота. Температура в цилиндре $100 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное $\frac{1}{18}C\mathcal{E}^2$.

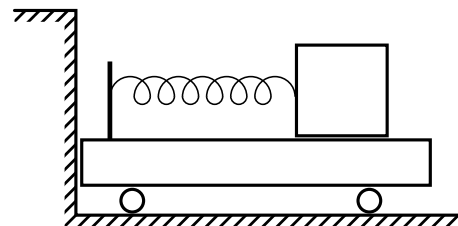


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе $3R$ после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

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.

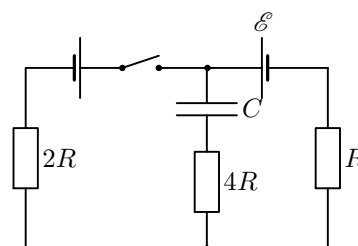
2. Тяжёлый подвижный поршень массой $m_0 = 10$ кг делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом $V_0 = 1$ л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 2,5$ г, под поршнем — $m_1 = 2,5$ г азота. Температура в цилиндре 100 °С. Принять $g = 10$ м/с², молярные массы азота и воды $\mu_a = 28$ г/моль, $\mu_b = 18$ г/моль, плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

- 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 α ($\sin \alpha = \frac{3}{5}$) 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 $\mu = 0,2$. Прикрепленный к ящику лёгкий трос лебёдки направлен вдоль наклонной плоскости. Принять $g = 10$ м/с².

- 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 ждут установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное $\frac{1}{72} C \mathcal{E}^2$.

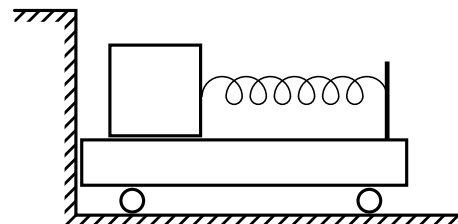


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе $4R$ после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

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.

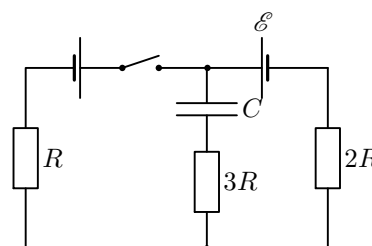
2. Тяжёлый подвижный поршень массой $M = 12$ кг и площадью $S = 10$ см² делит объём вертикально расположенного цилиндра на две равные части объёмом $V_0 = 1$ л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 3$ г, под поршнем — азот. Температура в цилиндре 100 °С. Принять $g = 10$ м/с², молярные массы азота и воды $\mu_a = 28$ г/моль, $\mu_b = 18$ г/моль, плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

- 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/с².

- 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 $\frac{2}{9}C\mathcal{E}^2$.

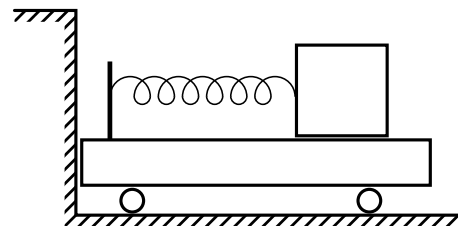


- 1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе $2R$ после размыкания ключа?
- 2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

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.

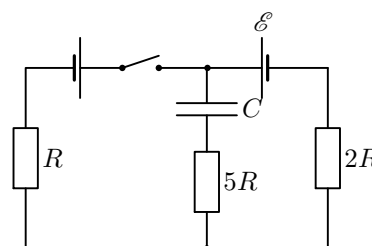
2. Тяжёлый подвижный поршень массой $m_0 = 9$ кг и площадью $S = 10$ см² делит объём вертикально расположенного цилиндра на 2 равные части объёмом $V_0 = 1$ л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 1,5$ г, под поршнем — $m_1 = 1,5$ г азота. Температура в цилиндре 90 °С. Принять $g = 10$ м/с², молярные массы азота и воды $\mu_a = 28$ г/моль, $\mu_b = 18$ г/моль, плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

- 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/с².

- 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

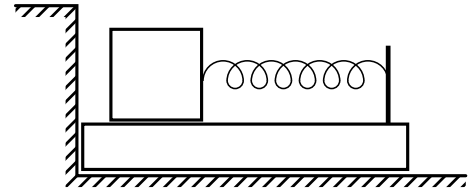
- 1) Во сколько раз длина изображения меньше длины рыбки?
- 2) На каком расстоянии h от объектива находится рыбка?

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.



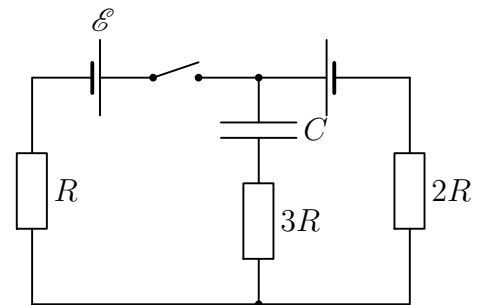
- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

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 ν 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 φ_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 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.

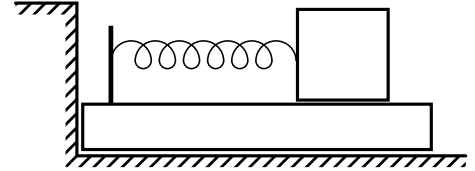
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии $d = 15$ см от линзы, его действительное изображение наблюдается на вдвое большем расстоянии. Найдите фокусное расстояние F линзы. Если за линзой перпендикулярно её главной оптической оси поместить плоскопараллельную 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.

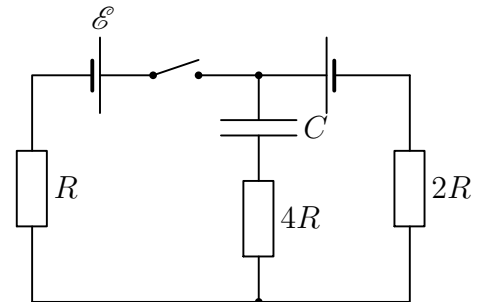
2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

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 ν 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 φ_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 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 $4R$ после размыкания ключа?

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

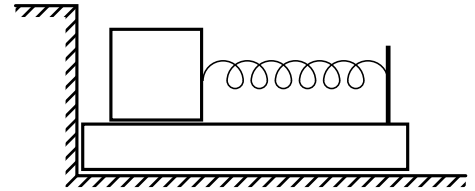
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см. Расстояние от линзы до действительного изображения втрое меньше расстояния от линзы до источника. На каком расстоянии d от линзы находится источник? За линзой перпендикулярно её главной оптической 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.



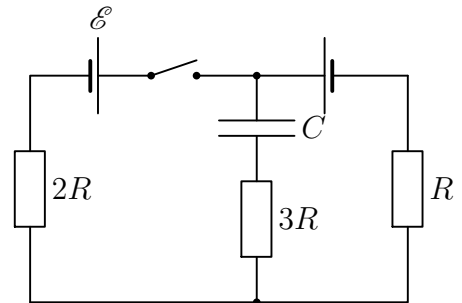
- 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва доски от упора.
- 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

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 ν 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 φ_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.

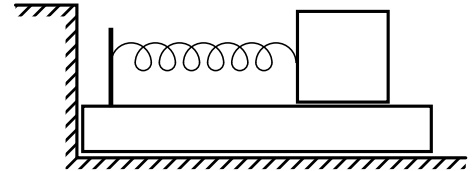
5. Точечный источник находится на главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой $D = 5$ дптр. Расстояние от источника до линзы вдвое больше расстояния f от линзы до действительного изображения источника. Найдите f . За линзой перпендикулярно её главной оптической оси на расстоянии $l = 26$ 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.

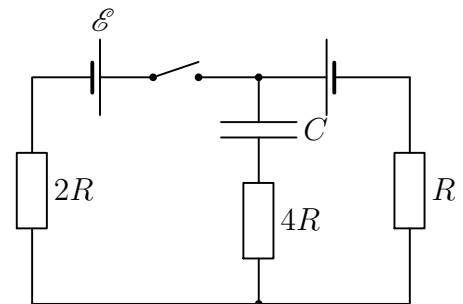
2) Найдите скорость бруска в момент отрыва доски от упора.

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 ν 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 φ_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 ε , 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 ΔW_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 Γ - 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 ε , 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 ΔW_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 3СЭ $mgV = UI + 0,2UI + I^2 R$. 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 ν_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 ε_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 ε_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 ΔW_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 ν_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 ε_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 ε_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 ΔW_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 ν_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.

Олимпиада «Физтех-2013». МФТИ. 17.03.2013

Критерии оценивания. Билеты 1-4

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записан ЗСЭ 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка
- 3) Правильно записан ЗСИ даже при не найденной скорости бруска при отрыве тележки 1 очко
- Ответ на третий вопрос 1 очко

Задача 2. (10 очков)

- 1) Правильное уравнение состояния для азота 3 очка
- Аналитический ответ на первый вопрос 1 очко
- Численный ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
- Аналитический ответ на второй вопрос 1 очко
- Численный ответ на второй вопрос 1 очко

Задача 3. (10 очков)

- 1) Аналитический ответ на первый вопрос 2 очка
- Численный ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 5 очков
- Аналитический ответ на второй вопрос 1 очко
- Численный ответ на второй вопрос 1 очко

Задача 4. (10 очков)

- 1) Есть попытки обосновать раздел теплоты между рез-ми 1 очко
- Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 4 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание (рис., слова), что промежуточное изображение на расстоянии H/n . Доказательство не требовать 2 очка
- Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка

Олимпиада «Физтех-2013». МФТИ. 17.03.2013

Критерии оценивания. Билеты 5 - 8

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос с попытками объяснения 4 очка
- 2) Правильно записан ЗСЭ 2 очка
 - Правильная связь между массой бруска и жёсткостью 1 очко
 - Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 2. (10 очков)

- Правильное выражение для работы через P и V 2 очка
- Оба уравнения состояния правильные 5 очков
- Ответ 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- Есть понимание, как распределены заряды 2 очка
- Правильное выражение для φ_1 1 очко
- Правильное выражение для φ_2 4 очка
- Ответ 3 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Есть попытки обосновать раздел теплоты между рез-ми 1 очко
 - Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 4 очка
 - Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание (рис., слова), что промежуточное изображение на расстоянии h/n . Доказательство не требуется 2 очка
 - Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
 - Ответ на второй вопрос 3 очка