Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» по естественным наукам

11 класс **Заключительный этап** **2018–2019**

Вариант 1

Задания, ответы и критерии оценивания

1. Колонна пехоты растянулась на 1 км. Старшина Ким, выехав на гироскутере из конца колонны, достиг её начала и вернулся к концу. Пехотинцы прошли за это время 4/3 км. А какое расстояние за это время проехал старшина?

Ответ: 8/3 км

Решение. Пусть скорость колонны x км/ч, а старшина ехал в k раз быстрее, т. е. со скоростью kx км/ч. До конца колонны Ким ехал $t_1 = \frac{1}{kx-x}$ ч (движение вдогонку), а в обратном направлении $t_2 = \frac{1}{kx+x}$ ч (движение навстречу). За это время колонна преодолела 4/3 км, т. е. $x(t_1+t_2) = 4/3$. Подставив выражения для t_1 и t_2, получим

$$\frac{x}{kx-x} + \frac{x}{kx+x} = 4/3; \quad \frac{1}{k-1} + \frac{1}{k+1} = 4/3; \quad 2k = \frac{4}{3}(k^2-1).$$

У полученного квадратного уравнения единственный положительный корень $k = 2$. Старшина едет в 2 раза быстрее, чем колонна. Поэтому и расстояние, которое он преодолеет, будет в 2 раза больше.

Оценивание. За полное решение 12 баллов.

2. Решите неравенство $\sqrt{9-x} - 3 \geqslant x|x-3| + \ln(1+x)$.

Ответ: $(-1; 0]$.

Решение. ОДЗ: $(-1; 9]$. Обозначим

$$f(x) = \sqrt{9-x} - 3, \quad g(x) = x|x-3| + \ln(1+x).$$

При $x = 0$ обе функции обращаются в нуль.

Пусть $-1 < x < 0$. Тогда $f(x) > 0$, а $g(x) < 0$ (оба слагаемых отрицательны). Поэтому $f(x) > g(x)$.

Если же $0 < x \leqslant 9$, то, наоборот, $f(x) < 0$, а $g(x) > 0$ (первое слагаемое неотрицательно, а второе положительно). В этом случае $f(x) < g(x)$.

Таким образом, неравенство $f(x) \geqslant g(x)$ выполняется только при $x \in (-1; 0]$.

Оценивание. За полное решение 12 баллов. Если указано, что части неравенства знакопостоянны на полуосях, но неверный ответ из-за (возможно, частичного) игнорирования ОДЗ, 4 балла.

3. Дана правильная четырёхугольная пирамида. Сторона основания равна 6, длина бокового ребра 5. Сфера Q_1 вписана в пирамиду. Сфера Q_2 касается Q_1 и всех боковых граней пирамиды. Найдите радиус сферы Q_2.

Ответ: $\dfrac{3\sqrt{7}}{49}$.

Решение. Обозначим через r_1 и r_2 соответственно радиусы сфер Q_1 и Q_2. Пусть $ABCD$ — основание пирамиды, M — вершина пирамиды, E — центр основания, F — середина CD. С помощью теоремы Пифагора найдём апофему боковой грани MF и высоту пирамиды $h_1 = ME$:

$$MF = \sqrt{MC^2 - FC^2} = 4; \quad h = \sqrt{MF^2 - EF^2} = \sqrt{7}.$$

Теперь вычислим объём пирамиды V и её полную поверхность S:

$$V = \frac{1}{3}S_{ABCD} \cdot h_1 = 12\sqrt{7}; \quad S = S_{ABCD} + 4S_{MCD} = 36 + 4 \cdot 12 = 84.$$

По известной формуле определим радиус вписанной сферы:

$$r_1 = \frac{3V}{S} = \frac{36\sqrt{7}}{84} = \frac{3\sqrt{7}}{7}.$$

Проведём касательную плоскость к сфере Q_1, параллельную основанию пирамиды. Она отсечёт от неё пирамиду $T = A_1B_1C_1D_1M$. Очевидно, сфера Q_2 вписана в эту пирамиду. Легко найти высоту отсечённой пирамиды: $h_2 = h_1 - 2r_1 = \frac{\sqrt{7}}{7}$. Пирамида T подобна исходной с коэффициентом $k = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{7}$. В таком же отношении находятся и радиусы их вписанных сфер. Поэтому $r_2 = kr_1 = \frac{3\sqrt{7}}{49}$.

Оценивание. За полное решение 12 баллов. Если найден только радиус 1-й сферы, 4 балла.

4. По кругу записаны 2019 чисел. Для любых двух соседних чисел x и y выполняются неравенства $|x-y| \geqslant 2$, $x + y \geqslant 6$. Найдите наименьшую возможную сумму записанных чисел.

Ответ: 6060.

Решение. Из-за нечётности общего количества чисел найдутся три подряд стоящих числа x, y и z таких, что $x > y > z$. Сложив неравенства $y - z \geqslant 2$ и $y + z \geqslant 6$, получим $y \geqslant 4$. Тогда $x \geqslant y + 2 \geqslant 6$. Нашлось число, не меньшее 6. Остальные числа разбиваются на 1009 пар соседних чисел. Поэтому сумма всех чисел $S \geqslant 6 + 1009 \cdot 6 = 6060$.

Полученная оценка снизу для S достигается, если одно из чисел равно 6, а далее, по кругу, чередуясь, стоят числа 4 и 2.

Оценивание. За полное решение 14 баллов. За пример без оценки 5 баллов, за оценку без примера 7 баллов.

5. (*10 баллов*) Небольшая вагонетка с реактивным двигателем стоит на рельсах. Рельсы уложены в форме окружности радиусом R. Вагонетка стартует с места, при этом реактивная сила имеет постоянное значение. До какой максимальной скорости вагонетка разгонится за один полный круг, если её ускорение за этот промежуток времени не должно превысить значение a?

Ответ: $v_{\max} = \sqrt[4]{\frac{16a^2R^2\pi^2}{(1+16\pi^2)}}$

Решение. Ускорение разгона вагонетки: $a_1 = \frac{v^2}{2s} = \frac{v^2}{4\pi R}$. **(3 балла)**

Кроме того, у вагонетки присутствует центростремительное ускорение:

$a_2 = \frac{v^2}{R}$. **(1 балл)**

Полное ускорение вагонетки: $a^2 = a_1^2 + a_2^2 = \left(\frac{v^2}{4\pi R}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2$. **(3 балла)**

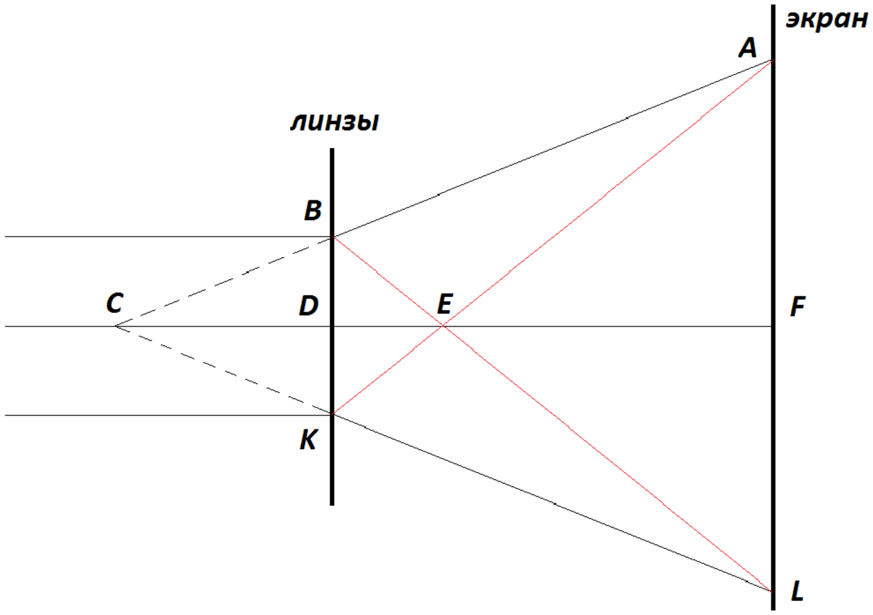
Получаем, что конечная скорость вагонетки не может быть больше чем:

$v_{\max} = \sqrt[4]{\frac{16a^2R^2\pi^2}{(1+16\pi^2)}}$. **(3 балла)**

6. (*10 баллов*) На тонкую рассеивающую линзу, оптическая сила которой $D_p = -6$ *Дптр*, падает пучок света диаметром $d_1 = 10$ *см*. На экране расположенном параллельно линзе наблюдается светлое пятно диаметром $d_2 = 20$ *см*. После замены тонкой рассеивающей линзы на тонкую собирающую линзу размер пятна на экране не изменился. Определите оптическую силу D_c собирающей линзы.

Ответ: 18 *Дптр*

Решение. Оптическая схема, соответствующая условию: **(3 балла)**



Чёрным цветом изображается ход лучей после рассеивающей линзы, красным – после собирающей. Имеем $CD = \left|\frac{1}{D_p}\right| = \frac{1}{6}$. **(1 балл)**

Из подобия треугольников следует, что: $\frac{CD}{CF} = \frac{BK}{AL} = \frac{1}{2}$, **(1 балл)**

тогда получаем $DF = CF - CD = 2CD - CD = CD = \frac{1}{6}$. **(1 балл)**

Из подобия треугольников следует, что: $\frac{DE}{FE} = \frac{BK}{AL}$. **(1 балл)**

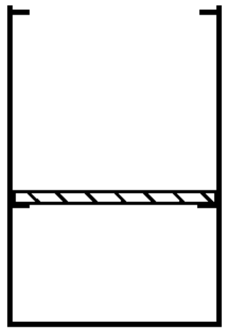
Получаем, что: $DE = \frac{1}{3}DF = \frac{1}{18}$. **(1 балл)**

В результате оптическая сила собирающей линзы:

$D_c = \frac{1}{DE} = 18\ \text{Дптр}$. **(2 балла)**

7. (*15 баллов*) Внутри цилиндра располагаются две пары одинаковых упоров. Расстояние между нижними упорами и дном $l_1 = 10\ см$, между нижними и верхними упорами $l_2 = 15\ см$. На нижних упорах лежит поршень с максимально возможной массой $M = 10\ кг$, которую они способны выдержать. Площадь основания цилиндра $S = 10\ см^2$. Какое минимальное количество теплоты Q следует передать одноатомному идеальному газу под поршнем, для того чтобы поршень мог выскочить из цилиндра? Количество газа под поршнем $\nu = 1\ моль$, его начальное давление равно атмосферному

$p_0 = 10^5$ *Па*. Толщиной поршня пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ *м/с*^{2}.



Ответ: 127,5 *Дж*

Решение. В ходе передачи газу теплоты можно выделить три этапа.

Во-первых, изохорное повышение давления до значения, позволяющего сдвинуть поршень с места: $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$. **(2 балла)**

Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}V\Delta p = \frac{3}{2}l_1 S\frac{Mg}{S} = \frac{3}{2}Mgl_1 = 15 \text{ Дж}.$$ **(3 балла)**

Второй этап – это изобарное увеличение объёма газа, в ходе которого поршень перемещается к верхним упорам.

Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \frac{5}{2}p_1\Delta V = \frac{5}{2}\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)Sl_2 = 75 \text{ Дж}.$$ **(3 балла)**

Третий этап – это изохорное увеличение давления до значения, которое позволит выломать верхний упор: $p_2 = p_0 + \frac{Mg}{S} + \frac{Mg}{S}$. **(2 балла)**

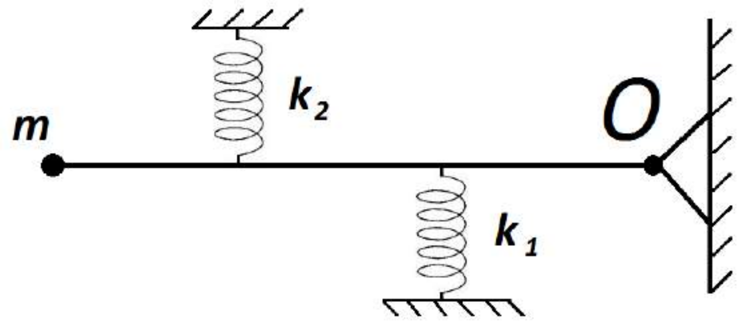
Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_3 = \Delta U_3 = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}V\Delta p = \frac{3}{2}(l_1 + l_2)S\frac{Mg}{S} = \frac{3}{2}Mg(l_1 + l_2) = 37{,}5 \text{ Дж}.$$

(3 балла)

Окончательный ответ: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 15 + 75 + 37{,}5 = 127{,}5$ *Дж*. **(2 балла)**

8. (*15 баллов*) Конструкция из жёстко соединенных лёгкого стержня и небольшого груза массой $m = 1\,кг$ может совершать колебания под действием двух пружин с жёсткостями $k_1 = 60\,\frac{Н}{м}$ и $k_2 = 10\,\frac{Н}{м}$, двигаясь при вращении без трения вокруг вертикальной оси O по гладкой горизонтальной поверхности стола. Пружины лёгкие, их оси горизонтальны, а точки прикрепления к стержню делят его на три равные части. В положении равновесия пружины не деформированы. Найдите период малых колебаний конструкции.



Ответ: $\approx 1{,}9\,с$

Решение. Отклоним стержень из положения равновесия на малый угол α. В этом положении полная механическая энергия системы:

$$\frac{k_1 x_1^2}{2} + \frac{k_2 x_2^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = const,$$ **(3 балла)**

где $x_1 = \alpha\frac{l}{3}$, $x_2 = \alpha\frac{2l}{3}$, $v = \omega l$. **(2 балла)**

Продифференцируем по времени закон сохранения полной механической энергии: $\frac{k_1}{2}\cdot\frac{l^2}{9}\cdot 2\alpha\cdot\omega + \frac{k_2}{2}\cdot\frac{4l^2}{9}\cdot 2\alpha\cdot\omega + \frac{m}{2}\cdot l^2\cdot 2\omega\cdot\varepsilon = 0,$ **(4 балла)**

$$\frac{k_1 + 4k_2}{9m}\cdot\alpha + \varepsilon = 0.$$ **(1 балл)**

В результате, получаем, что циклическая частота колебаний:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_1 + 4k_2}{9m}}.$$ **(3 балла)**

Период колебаний конструкции: $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 6\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + 4k_2}} = 0{,}6\pi \approx 1{,}9\,с$. **(2 балла)**

Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
по естественным наукам

11 класс **Заключительный этап** **2018–2019**

Вариант 2

Задания, ответы и критерии оценивания

1. Колонна пехоты растянулась на 1 км. Старшина Ким, выехав на гироскутере из конца колонны, достиг её начала и вернулся к концу. Пехотинцы прошли за это время 2 км 400 м. А какое расстояние за это время проехал старшина?

Ответ: 3 км 600 м

Решение. Пусть скорость колонны x км/ч, а старшина ехал в k раз быстрее, т. е. со скоростью kx км/ч. До конца колонны Ким ехал $t_1 = \frac{1}{kx-x}$ ч (движение вдогонку), а в обратном направлении $t_2 = \frac{1}{kx+x}$ ч (движение навстречу). За это время колонна преодолела 2,4 км, т. е. $x(t_1+t_2) = 2{,}4$. Подставив выражения для t_1 и t_2, получим

$$\frac{x}{kx-x} + \frac{x}{kx+x} = 2{,}4; \quad \frac{1}{k-1} + \frac{1}{k+1} = 2{,}4; \quad 2k = 2{,}4(k^2-1).$$

У полученного квадратного уравнения единственный положительный корень $k = \frac{3}{2}$. Старшина едет в 1,5 раза быстрее, чем колонна. Поэтому и расстояние, которое он преодолеет, будет в 1,5 раза больше.

Оценивание. За полное решение 12 баллов.

2. Решите неравенство

$$\sqrt{4-x} - 2 \leqslant x|x-3| + \operatorname{arctg} x.$$

Ответ: $[0;4]$.

Решение. ОДЗ: $(-\infty;4]$. Обозначим

$$f(x) = \sqrt{4-x} - 2, \quad g(x) = x|x-3| + \operatorname{arctg} x.$$

При $x = 0$ обе функции обращаются в нуль.

Пусть $x < 0$. Тогда $f(x) > 0$, а $g(x) < 0$ (оба слагаемых отрицательны). Поэтому $f(x) > g(x)$.

Если же $0 < x \leqslant 4$, то, наоборот, $f(x) < 0$, а $g(x) > 0$ (первое слагаемое неотрицательно, а второе положительно). В этом случае $f(x) < g(x)$.

Таким образом, неравенство $f(x) \leqslant g(x)$ выполняется только при $x \in [0;4]$.

Оценивание. За полное решение 12 баллов. Если указано, что части неравенства знакопостоянны на полуосях, но неверный ответ из-за (возможно, частичного) игнорирования ОДЗ, 4 балла.

3. Дана правильная четырёхугольная пирамида. Сторона основания равна 12, длина бокового ребра 10. Сфера Q_1 вписана в пирамиду. Сфера Q_2 касается Q_1 и всех боковых граней пирамиды. Найдите радиус сферы Q_2.

Ответ: $\dfrac{6\sqrt{7}}{49}$.

Решение. Обозначим через r_1 и r_2 соответственно радиусы сфер Q_1 и Q_2. Пусть $ABCD$ — основание пирамиды, M — вершина пирамиды, E — центр основания, F — середина CD. С помощью теоремы Пифагора найдём апофему боковой грани MF и высоту пирамиды $h_1 = ME$:

$$MF = \sqrt{MC^2 - FC^2} = 8; \quad h = \sqrt{MF^2 - EF^2} = 2\sqrt{7}.$$

Теперь вычислим объём пирамиды V и её полную поверхность S:

$$V = \frac{1}{3} S_{ABCD} \cdot h_1 = 96\sqrt{7}; \quad S = S_{ABCD} + 4S_{MCD} = 144 + 4 \cdot 48 = 336.$$

По известной формуле определим радиус вписанной сферы:

$$r_1 = \frac{3V}{S} = \frac{288\sqrt{7}}{336} = \frac{6\sqrt{7}}{7}.$$

Проведём касательную плоскость к сфере Q_1, параллельную основанию пирамиды. Она отсечёт от неё пирамиду $T = A_1B_1C_1D_1M$. Очевидно, сфера Q_2 вписана в эту пирамиду. Легко найти высоту отсечённой пирамиды: $h_2 = h_1 - 2r_1 = \frac{2\sqrt{7}}{7}$. Пирамида T подобна исходной с коэффициентом $k = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{7}$. В таком же отношении находятся и радиусы их вписанных сфер. Поэтому $r_2 = kr_1 = \frac{6\sqrt{7}}{49}$.

Оценивание. За полное решение 12 баллов. Если найден только радиус 1-й сферы, 4 балла.

4. По кругу записаны 1001 чисел. Для любых двух соседних чисел x и y выполняются неравенства $|x - y| \geqslant 4$, $x + y \geqslant 6$. Найдите наименьшую возможную сумму записанных чисел.

Ответ: 3009.

Решение. Из-за нечётности общего количества чисел найдутся три подряд стоящих числа x, y и z таких, что $x > y > z$. Сложив неравенства $y - z \geqslant 4$ и $y + z \geqslant 6$, получим $y \geqslant 5$. Тогда $x \geqslant y + 4 \geqslant 9$. Нашлось число, не меньшее 9. Остальные числа разбиваются на 500 пар соседних чисел. Поэтому сумма всех чисел $S \geqslant 9 + 500 \cdot 6 = 3009$.

Полученная оценка снизу для S достигается, если одно из чисел равно 9, а далее, по кругу, чередуясь, стоят числа 5 и 1.

Оценивание. За полное решение 14 баллов. За пример без оценки 5 баллов, за оценку без примера 7 баллов.

5. (*10 баллов*) Небольшая вагонетка с реактивным двигателем стоит на рельсах. Рельсы уложены в форме окружности радиусом R. Вагонетка стартует с места, при этом реактивная сила имеет постоянное значение. До какой максимальной скорости вагонетка разгонится за один полный круг, если её ускорение за этот промежуток времени не должно превысить значение a?

Ответ: $v_{\max} = \sqrt[4]{\frac{16a^2R^2\pi^2}{(1+16\pi^2)}}$

Решение. Ускорение разгона вагонетки: $a_1 = \frac{v^2}{2s} = \frac{v^2}{4\pi R}$. **(3 балла)**

Кроме того, у вагонетки присутствует центростремительное ускорение:

$a_2 = \frac{v^2}{R}$. **(1 балл)**

Полное ускорение вагонетки: $a^2 = a_1^2 + a_2^2 = \left(\frac{v^2}{4\pi R}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2$. **(3 балла)**

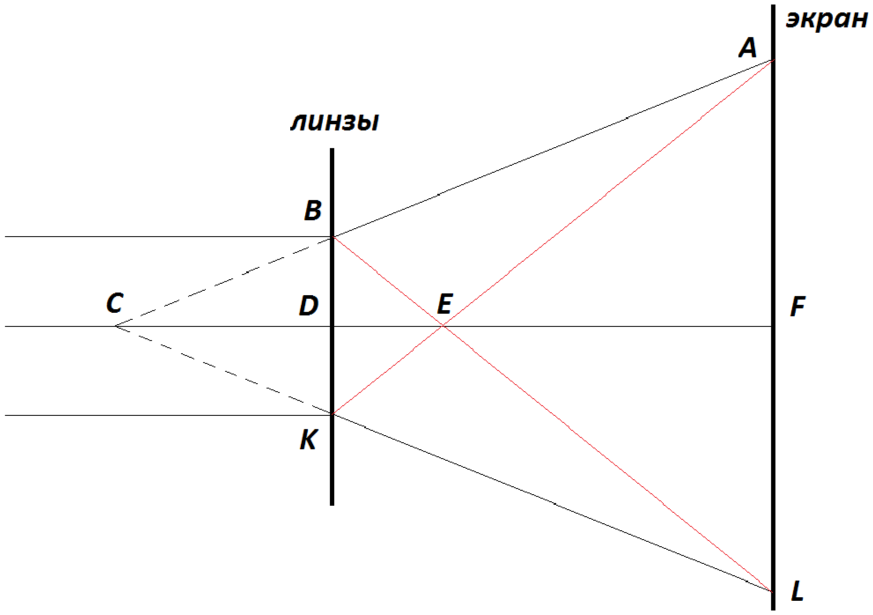
Получаем, что конечная скорость вагонетки не может быть больше чем:

$v_{\max} = \sqrt[4]{\frac{16a^2R^2\pi^2}{(1+16\pi^2)}}$. **(3 балла)**

6. (*10 баллов*) На тонкую рассеивающую линзу, оптическая сила которой $D_p = -6$ *Дптр*, падает пучок света диаметром $d_1 = 5$ *см*. На экране расположенном параллельно линзе наблюдается светлое пятно диаметром $d_2 = 20$ *см*. После замены тонкой рассеивающей линзы на тонкую собирающую линзу размер пятна на экране не изменился. Определите оптическую силу D_c собирающей линзы.

Ответ: 10 *Дптр*

Решение. Оптическая схема, соответствующая условию: **(3 балла)**



Чёрным цветом изображается ход лучей после рассеивающей линзы, красным – после собирающей. Имеем $CD=\left|\dfrac{1}{D_p}\right|=\dfrac{1}{6}$. **(1 балл)**

Из подобия треугольников следует, что: $\dfrac{CD}{CF}=\dfrac{BK}{AL}=\dfrac{1}{4}$, **(1 балл)**

тогда $DF=CF-CD=4CD-CD=3CD=\dfrac{1}{2}$. **(1 балл)**

Из подобия треугольников следует, что: $\dfrac{DE}{FE}=\dfrac{BK}{AL}$. **(1 балл)**

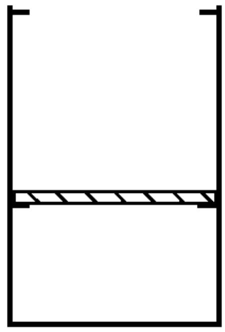
Получаем, что: $DE=\dfrac{1}{5}DF=\dfrac{1}{10}$. **(1 балл)**

В результате оптическая сила собирающей линзы: $D_c=\dfrac{1}{DE}=10\ Дптр$.

(2 балла)

7. (*15 баллов*) Внутри цилиндра располагаются две пары одинаковых упоров. Расстояние между нижними упорами и дном $l_1=20\,см$, между нижними и верхними упорами $l_2=25\,см$. На нижних упорах лежит поршень с максимально возможной массой $M=10\,кг$, которую они способны выдержать. Площадь основания цилиндра $S=10\,см^2$. Какое минимальное количество теплоты Q следует передать двухатомному идеальному газу под поршнем, для того чтобы поршень мог выскочить из цилиндра? Количество газа под поршнем $\nu=1\,моль$, его начальное давление равно атмосферному

$p_0 = 10^5$ *Па*. Толщиной поршня пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ *м/с*^{2}.



Ответ: 337,5 *Дж*

Решение. В ходе передачи газу теплоты можно выделить три этапа.

Во-первых, изохорное повышение давления до значения, позволяющего сдвинуть поршень с места: $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$. **(2 балла)**

Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}V\Delta p = \frac{5}{2}l_1 S\frac{Mg}{S} = \frac{5}{2}Mgl_1 = 50\ Дж.$$ **(3 балла)**

Второй этап – это изобарное увеличение объёма газа, в ходе которого поршень перемещается к верхним упорам.

Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \frac{7}{2}p_1\Delta V = \frac{7}{2}\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)Sl_2 = 175\ Дж.$$ **(3 балла)**

Третий этап – это изохорное увеличение давления до значения, которое позволит выломать верхний упор: $p_2 = p_0 + \frac{Mg}{S} + \frac{Mg}{S}$. **(2 балла)**

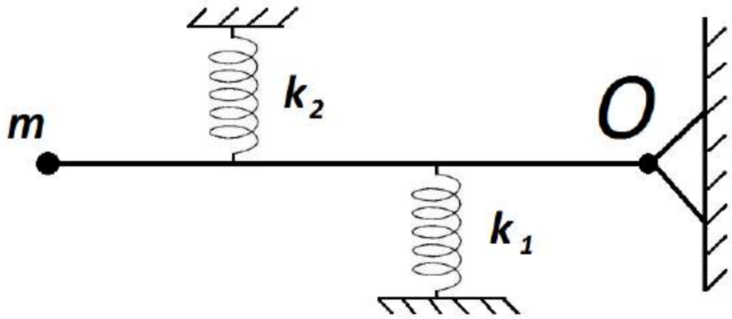
Количество теплоты, полученное газом в ходе этого этапа:

$$Q_3 = \Delta U_3 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}V\Delta p = \frac{5}{2}(l_1 + l_2)S\frac{Mg}{S} = \frac{5}{2}Mg(l_1 + l_2) = 112{,}5\ Дж.$$

(3 балла)

Окончательный ответ: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 50 + 175 + 112{,}5 = 337{,}5$ *Дж*. **(2 балла)**

8. (*15 баллов*) Конструкция из жёстко соединенных лёгкого стержня и небольшого груза массой $m = 1{,}6\,кг$ может совершать колебания под действием двух пружин с жёсткостями $k_1 = 10\,\frac{Н}{м}$ и $k_2 = 7{,}5\,\frac{Н}{м}$, двигаясь при вращении без трения вокруг вертикальной оси O по гладкой горизонтальной поверхности стола. Пружины лёгкие, их оси горизонтальны, а точки прикрепления к стержню делят его на три равные части. В положении равновесия пружины не деформированы. Найдите период малых колебаний конструкции.



Ответ: $\approx 3{,}8\,c$

Решение. Отклоним стержень из положения равновесия на малый угол α. В этом положении полная механическая энергия системы:

$$\frac{k_1x_1^2}{2} + \frac{k_2x_2^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = const,$$ **(3 балла)**

где $x_1 = \alpha\frac{l}{3}$, $x_2 = \alpha\frac{2l}{3}$, $v = \omega l$. **(2 балл)**

Продифференцируем по времени закон сохранения полной механической энергии: $\frac{k_1}{2}\cdot\frac{l^2}{9}\cdot 2\alpha\cdot\omega + \frac{k_2}{2}\cdot\frac{4l^2}{9}\cdot 2\alpha\cdot\omega + \frac{m}{2}\cdot l^2\cdot 2\omega\cdot\varepsilon = 0,$ **(4 балла)**

$$\frac{k_1 + 4k_2}{9m}\cdot\alpha + \varepsilon = 0.$$ **(1 балл)**

В результате, получаем, что циклическая частота колебаний:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_1 + 4k_2}{9m}}.$$ **(3 балла)**

Период колебаний конструкции: $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 6\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + 4k_2}} = 1{,}2\pi \approx 3{,}8\,c$. **(2 балла)**