

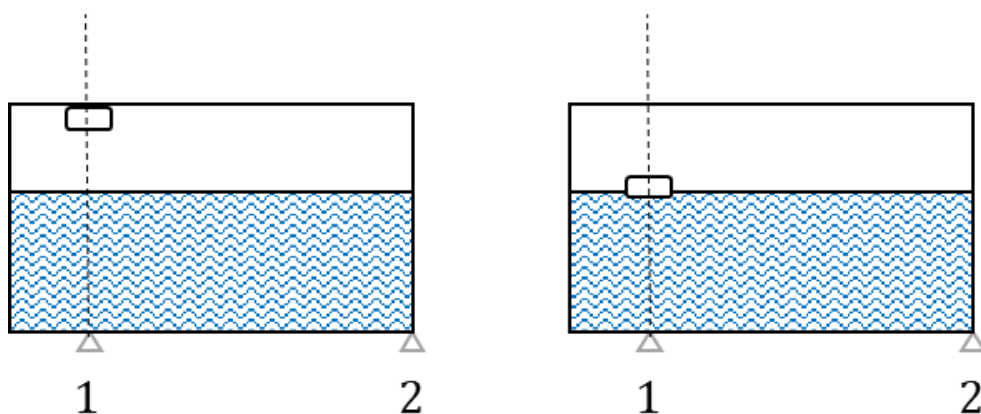
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2024–2025 УЧ. Г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 40.

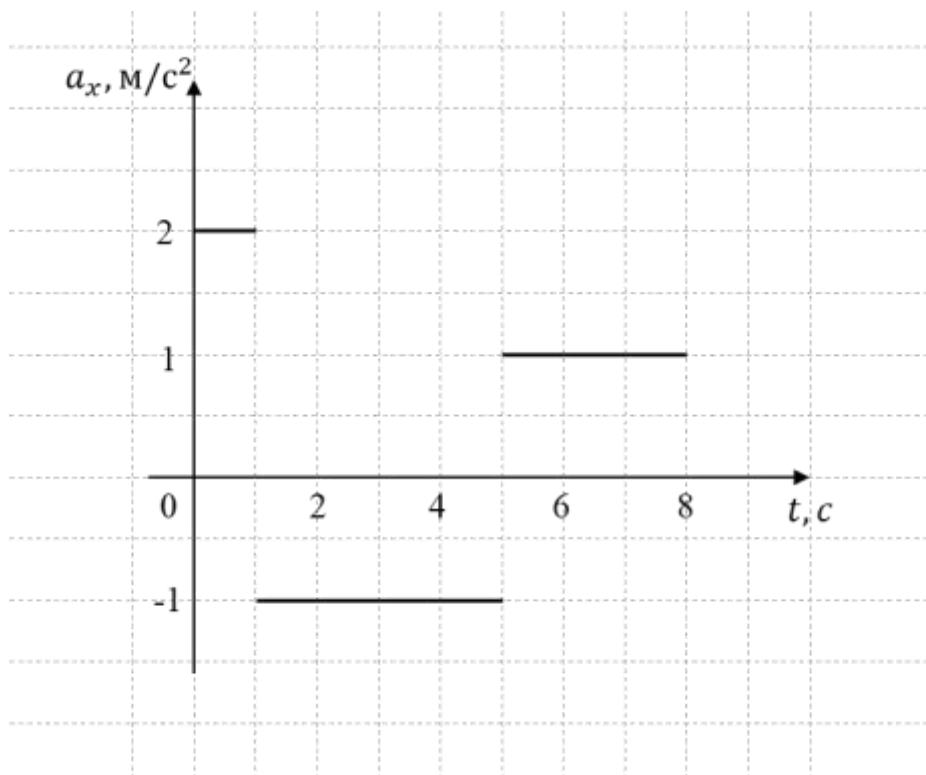
Тестовые задания

1. Сосуд с водой стоит на двух несимметрично расположенных опорах. К крышке сосуда над первой опорой приклеен груз (см. рис), плотность которого меньше плотности воды. Груз отрывается от крышки и в дальнейшем плавает над первой опорой. Выберите верные утверждения об изменениях сил реакции опор, действующих на сосуд.



- 1) Сила реакции первой опоры увеличивается, сила реакции второй опоры уменьшается.
- 2) Сила реакции первой опоры уменьшается, сила реакции второй опоры увеличивается.
- 3) Сила реакции первой опоры увеличивается, сила реакции второй опоры остаётся неизменной.
- 4) Сила реакции первой опоры уменьшается, сила реакции второй опоры остаётся неизменной.
- 5) Силы реакции опор остаются неизменными.

2. Тело начинает двигаться вдоль оси x с нулевой начальной скоростью. График зависимости проекции ускорения тела a_x от времени t приведён на рисунке ниже. Укажите момент времени, когда тело находилось на максимальном расстоянии от точки старта.



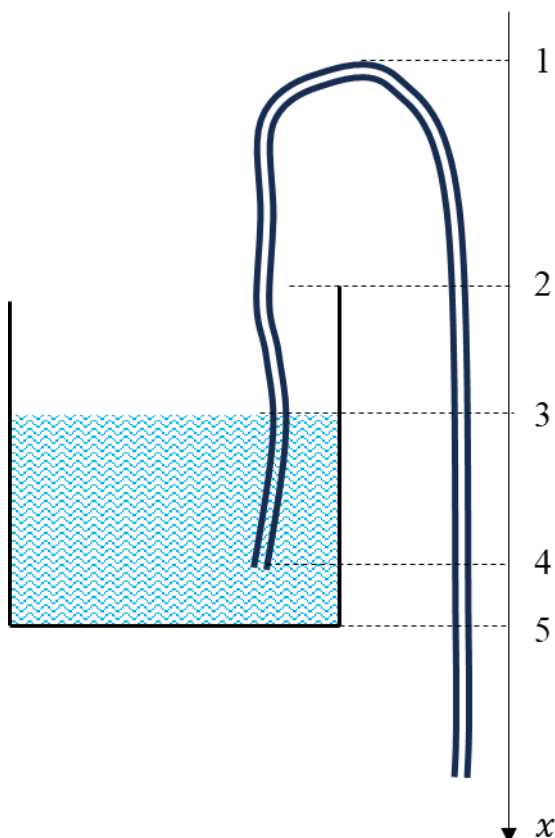
- 1) 1 с
- 2) 3 с
- 3) 5 с
- 4) 7 с
- 5) 8 с

3. В две одинаковые стеклянные банки налито по 2 литра горячей воды в каждую. Вода в банках имеет одинаковую температуру. В первую банку помещают нагреватель мощностью 200 Вт, а во вторую – мощностью 400 Вт. Нагреватели включают одновременно. Через одну минуту после включения нагревателей температура воды в первой банке возрастает на 1 °С. На сколько градусов Цельсия за это время нагревается вода во второй банке? Теплоёмкость банки существенно меньше* теплоёмкости налитой в неё воды. Плотность воды 1 кг/л. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°С).

- 1) 1 °С
- 2) 2 °С
- 3) 4,2 °С
- 4) 2,4 °С
- 5) 1,4 °С

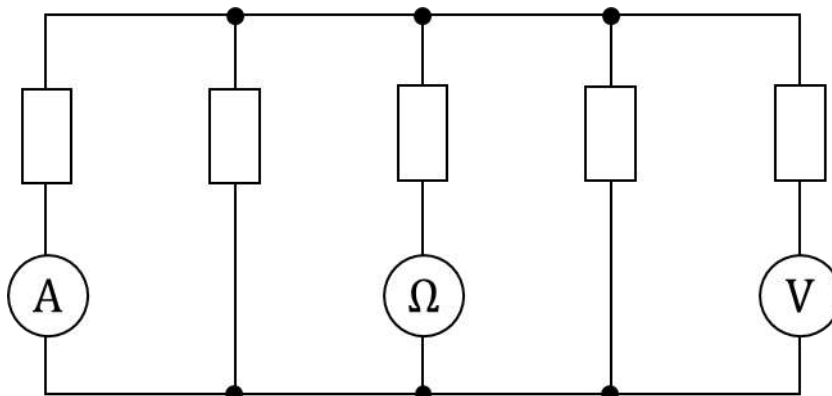
**Примечание: в условии задачи была допущена описка. Поэтому ответ №2 также принимается как верный.*

4. В открытый широкий сосуд с водой поместили один конец тонкой гибкой трубки. Второй конец трубки перекинули через стенку сосуда. Ко второму концу трубки подсоединили шприц и с помощью него затащили воду в трубку до некоторого уровня. После этого шприц отсоединили. Ниже какого уровня достаточно затянуть воду в правую часть трубки, чтобы после отсоединения шприца вода в дальнейшем выливалась из бака по трубке? Считайте, что столб воды в трубке всегда непрерывен (воздух не пробулькивает).



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

5. В электрической цепи, собранной из пяти одинаковых резисторов и идеальных измерительных приборов, показания амперметра составляют **1 мА**, показания вольтметра **1 В**. Определите показания омметра.



- 1) 0
- 2) 0,25 кОм
- 3) 0,2 кОм
- 4) 1 кОм
- 5) 1,33 кОм

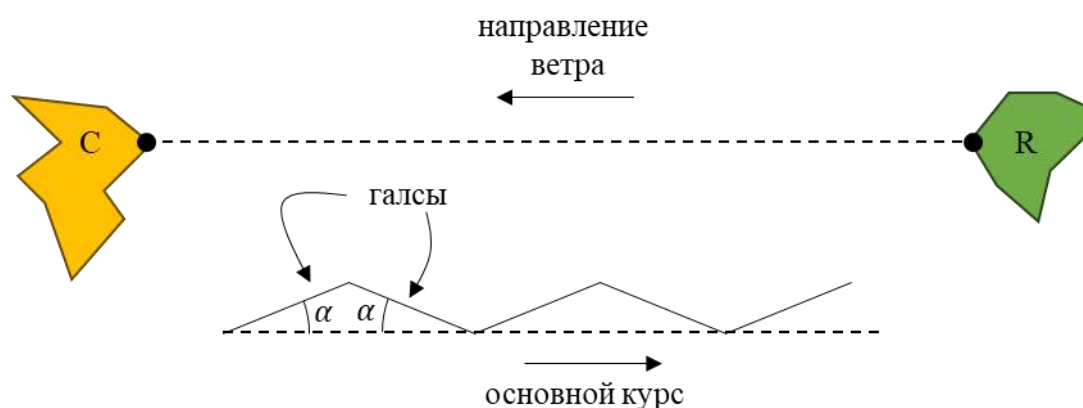
Ответы:

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	2	2	4	3	5
Балл	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла

Задания с кратким ответом

Задачи 6-8

Яхте необходимо перейти из порта острова Кастеллоризо в порт острова Родос при встречном ветре. Для перемещения при встречном ветре под парусами яхте необходимо идти галсами, то есть двигаться не по прямой траектории, а ломаной линией, состоящей из отрезков, повернутых к основному курсу под некоторым углом α . В задаче считайте, что длина галсов намного меньше расстояния между островами.



Капитан знает, что если угол отклонения от основного курса составляет $\alpha_1 = 30^\circ$, то яхта набирает скорость $v_1 = 4$ узла (вариант 1). Если же выбрать угол отклонения $\alpha_2 = 45^\circ$, то яхта будет двигаться со скоростью $v_2 = 5,5$ узлов (вариант 2).

6. Какой из вариантов движения необходимо выбрать, чтобы затратить на путешествие меньшее время? (1 балл)

- вариант 1
- вариант 2

7. За какое время яхта доберётся до Родоса, если капитан выберет верный вариант движения? Расстояние между островами равно $s = 126$ км. 1 узел равен одной морской миле в час, а одна морская миля равна 1852 м. Дайте ответ в часах с округлением до десятых долей. (1 балл)

8. Какой путь пройдёт яхта за время путешествия? Дайте ответ в км с округлением до целого числа. (1 балл)

Решение:

6. Для выбора варианта движения необходимо сравнить проекции скорости движения на направление основного курса: $v_1 \cos \alpha_1$ и $v_2 \cos \alpha_2$. Поскольку $4 \frac{\sqrt{3}}{2} < 5,5 \frac{\sqrt{2}}{2}$, при втором варианте движения яхта затратит на путешествие меньшее время.

7. Для нахождения времени движения необходимо разделить расстояние между островами на выбранную проекцию скорости:

$$t = \frac{s}{v_2 \cos \alpha_2} = \frac{126}{1,852 \cdot 5,5 \cdot \cos 45^\circ} \approx 17,5 \text{ ч.}$$

8. Для расчёта длины траектории движения необходимо время движения умножить на величину скорости яхты:

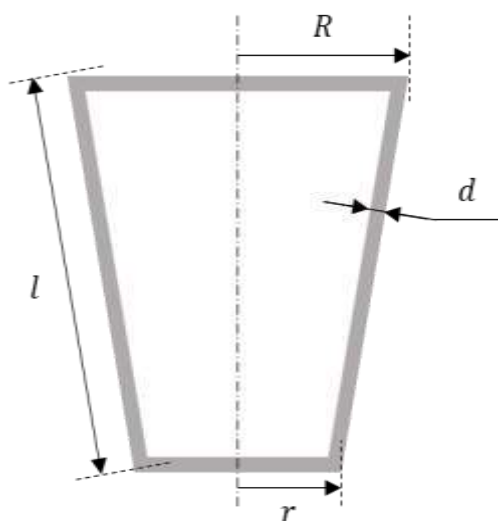
$$l = v_2 t = \frac{s}{\cos \alpha_2} \approx 178 \text{ км.}$$

Ответы:	6	7	8
	вариант 2	17,5	178

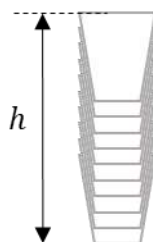
Максимум за задачу 3 балла.

Задачи 9-11

Пенопластовый стаканчик массой 2 г имеет форму усечённого конуса (см. рис.). Длина образующей усечённого конуса $l = 10$ см, радиус верхнего основания $R = 4$ см, радиус нижнего основания $r = 2,5$ см, толщина стенки стаканчика $d = 2,5$ мм.

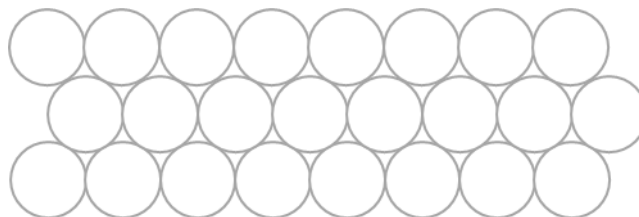


9. Десять стаканов вставляют друг в друга (см. рис.), плотно прижимая внешнюю стенку внутреннего стакана к внутренней стенке внешнего. Какой получится высота стопки h ? Дайте ответ в см с округлением до целого числа. (2 балла)



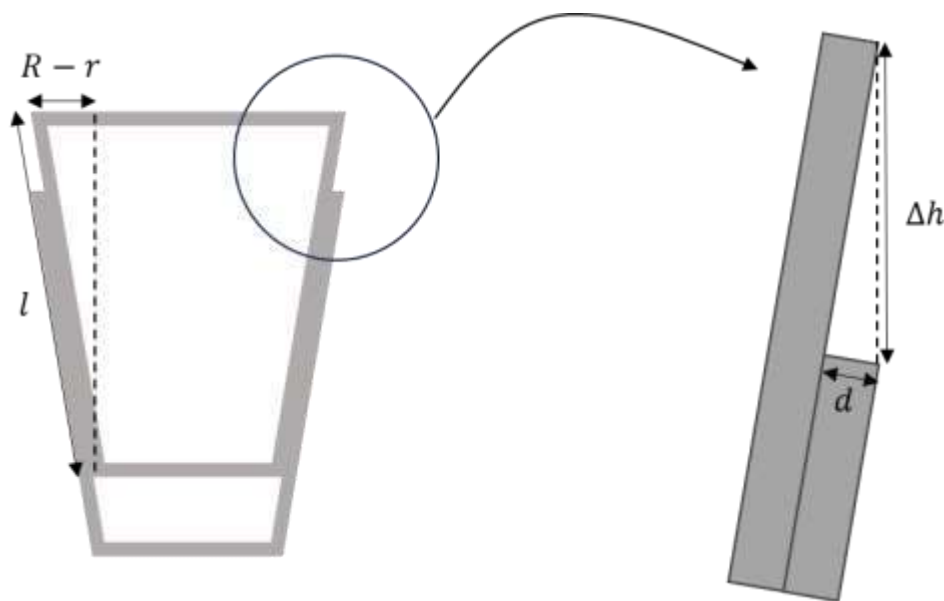
10. Какой получится линейная плотность (то есть отношение массы к высоте) стопки из очень большого количества стаканов? Дайте ответ в г/см с округлением до десятых долей. *(1 балл)*

11. Найдите массу стаканов, которые можно перевезти в корабельном контейнере. Считайте внутреннее пространство контейнера параллелепипедом с размерами $12 \times 2,3 \times 2,4$ м³. Дайте ответ в тоннах с округлением до десятых долей. Считайте, что контейнер заполняется стопками из стаканов так, как показано на рисунке. В расчётах пренебрегайте краевыми эффектами. *(3 балла)*



Решение:

9. Изобразим два вложенных в друг друга стакана.



Из подобия треугольников видно, что высота, на которую смещён верхний стакан относительно нижнего, может быть рассчитана, как

$$\Delta h = d \frac{l}{R - r}.$$

Стопка из десяти стаканов имеет высоту, складывающуюся из высоты одного стакана, которую можно рассчитать по теореме Пифагора, и девяти высот смещения:

$$h_{10} = \sqrt{l^2 - (R - r)^2} + 9 \frac{ld}{R - r} \approx 25 \text{ см.}$$

10. При большом числе N стаканов в цепочке краевыми эффектами можно пренебречь и считать длину цепочки равной

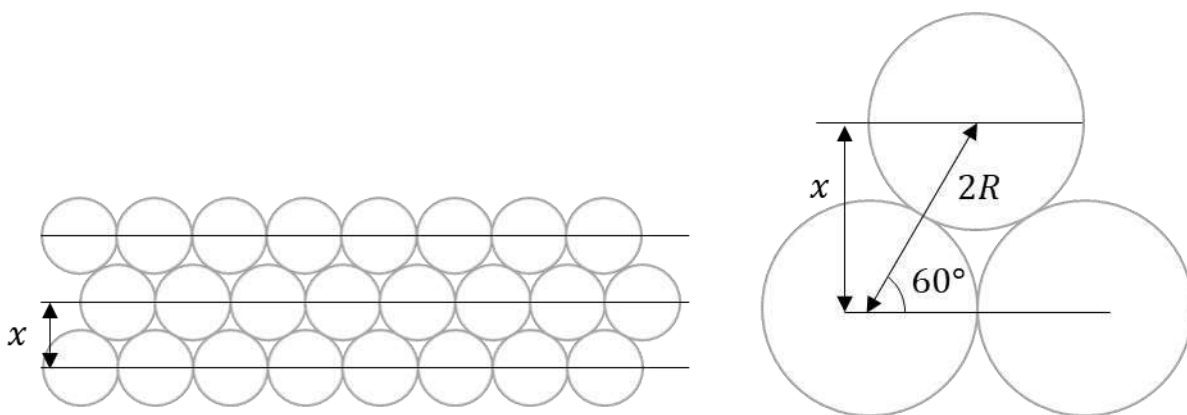
$$h_N = N\Delta h.$$

Масса такой цепочки складывается из масс всех стаканов в цепочке. Тогда линейная плотность такой цепочки может быть рассчитана, как

$$\lambda = \frac{Nm}{N\Delta h} = \frac{m}{\Delta h} = \frac{m(R-r)}{ld} = 1,2 \frac{\text{г}}{\text{см}}.$$

11. При упаковке стаканов в контейнер расстояние между стопками можно вычислить, как

$$x = 2R \sin 60^\circ = R\sqrt{3}.$$



Тогда на один стакан в такой упаковке приходится объём размерами $R\sqrt{3} \times 2R \times \Delta h$. Тогда масса всех стаканчиков в контейнере может быть вычислена, как

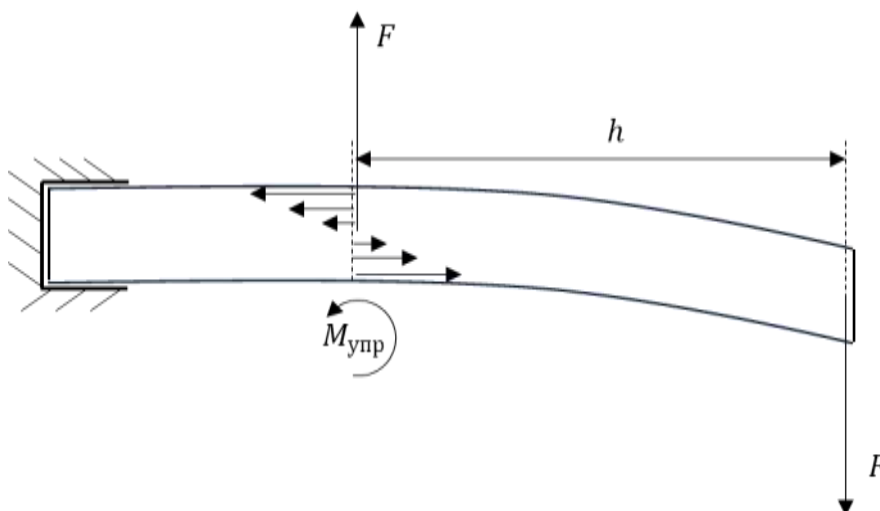
$$M = \frac{mV(R-r)}{2\sqrt{3}ldR^2} = 1,4 \text{ т, где } V = 12 \times 2,3 \times 2,4 \text{ м}^3.$$

Ответы:	9	10	11
	25	1,2	1,4

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 12-16

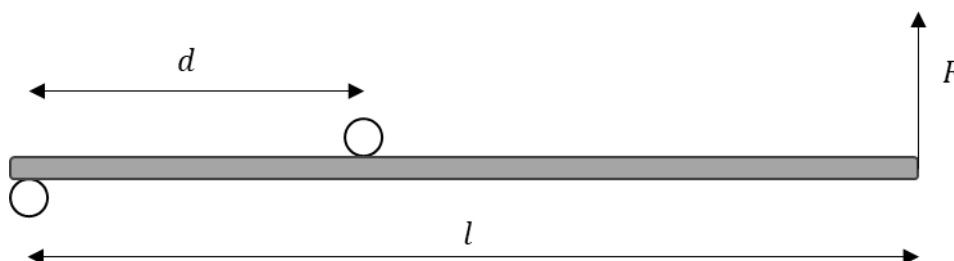
Пусть лёгкая горизонтальная однородная балка жёстко закреплена с одного конца, а к её свободному концу приложена вертикальная сила F (см. рис.). Рассмотрим равновесие балки под действием такой силы. Балка будет испытывать малую деформацию изгиба, при этом верхние горизонтальные слои балки будут слегка растянуты, а нижние – слегка сжаты.



Рассмотрим вертикальное сечение балки, расположенное на расстоянии h от её свободного конца, и часть балки, находящуюся справа от этого сечения. Со стороны левой части балки на правую часть действует вертикальная сила и момент сил упругости, которые совместно обеспечивают состояние покоя правой части. В примере, изображённом на рисунке, эта вертикальная сила равна внешней силе F и направлена вверх, а момент $M_{\text{упр}}$ равен Fh и действует против часовой стрелки.

Если в некотором сечении момент упругих сил $M_{\text{упр}}$ превзойдёт предел прочности, то балка сломается в этом сечении.

В лесу в походных условиях часто бывает необходимо сломать длинную жердь (тонкий ствол сухого дерева). Для этого жердь можно зажать между стволами двух деревьев и прикладывать к её концу силу, пока она не сломается (см. рис.).



Пусть расстояние между деревьями $d = 50$ см, длина жерди $l = 3$ м, и жердь можно считать однородной. Тогда, чтобы её сломать, необходимо приложить к её концу силу $F = 300$ Н (см. рис.).

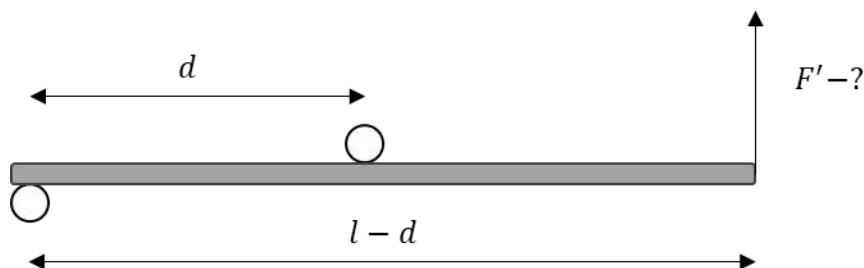
12. С какой силой при этом жердь давит на правое дерево? Дайте ответ в ньютонах с округлением до целого числа. (1 балл)

13. Чему равна сила упругого взаимодействия правой и левой частей жерди в сечении на расстоянии $d/2$ от её левого конца? Дайте ответ в ньютонах с округлением до целого числа. Если сила, действующая на правую часть, направлена в ту же сторону, что и сила $\vec{F}$, то укажите положительное число, а если в противоположную сторону, то отрицательное число. (2 балла)

14. Чему равен при этом модуль момента упругих сил в том же сечении? Дайте ответ в Н·м с округлением до целого числа. (2 балла)

15. На каком расстоянии от левого конца жерди находится сечение, в котором модуль момента упругих сил максимален? Дайте ответ в сантиметрах с округлением до целого числа. (1 балл)

16. Какую силу необходимо приложить к жерди длиной $l' = l - d$ и той же прочности для того, чтобы её сломать, действуя аналогичным образом? Дайте ответ в ньютонах с округлением до целого числа. (2 балла)



Решение:

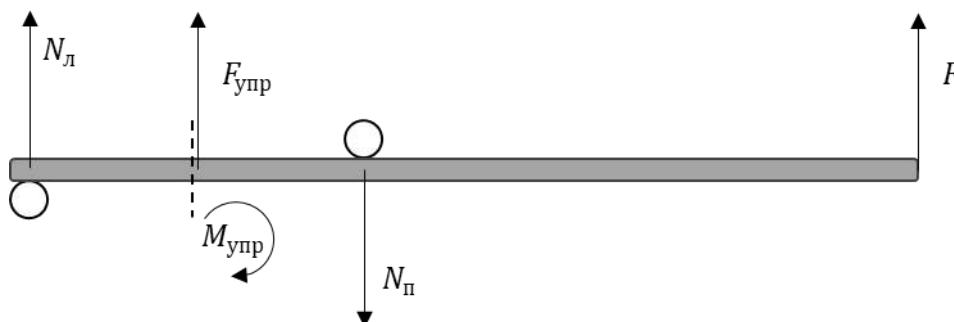
12. Запишем уравнение моментов относительно точки касания жерди с левым деревом:

$$N_{\Pi} d = Fl.$$

Отсюда сила реакции правого дерева:

$$N_{\Pi} = \frac{Fl}{d} = 1800 \text{ Н.}$$

13. Правая часть жерди находится в равновесии.



Первое условие равновесия говорит о том, что сумма действующих сил равна нулю.

$$F_{\text{упр}} + F = N_{\text{п}}.$$

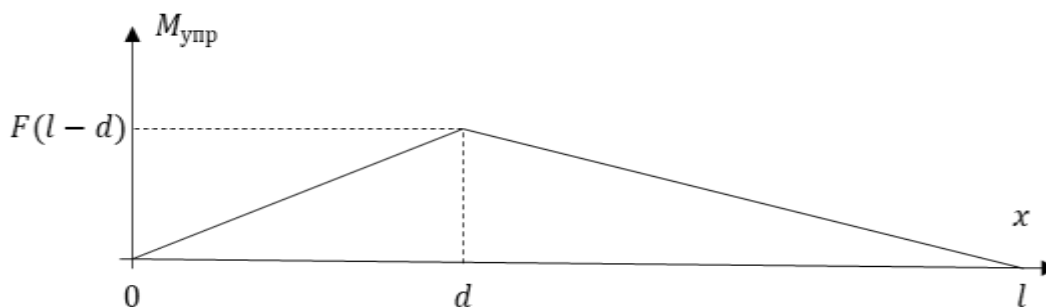
Тогда сила упругого взаимодействия равна

$$F_{\text{упр}} = N_{\text{п}} - F = 1500 \text{ Н}.$$

14. Второе условие говорит о равенстве нулю моментов сил, действующих на часть жерди правее рассматриваемого сечения. Это условие относительно выбранного сечения может быть записано, как

$$M_{\text{упр}} = F \left(l - \frac{d}{2} \right) - N_{\text{п}} \frac{d}{2} = 375 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

15. Максимальный момент упругих сил действует в сечении у правого дерева. Именно в этом месте сломается жердь.



16. Из первого эксперимента можно сделать вывод, что максимальный момент сил, который может выдержать жердь:

$$M_{\text{макс}} = F(l-d).$$

Тогда во втором случае силу можно рассчитать, как

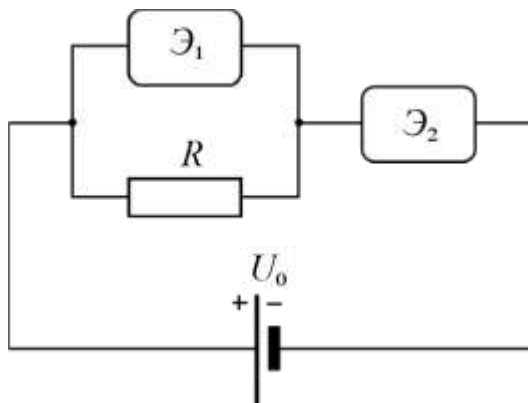
$$F' = \frac{M_{\text{макс}}}{l-2d} = 375 \text{ Н}.$$

Ответы:	12	13	14	15	16
	1800	1500	375	50	375

Максимум за задачу 8 баллов.

Задачи 17-21

Два одинаковых нелинейных элемента $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$, вольт-амперная характеристика каждого из которых описывается формулой $U = \beta I^3$, где $\beta = 4 \text{ В/А}^3$, соединены последовательно и подключены к идеальной батарее с напряжением $U_0 = 36 \text{ В}$. Параллельно элементу $\mathcal{E}_1$ подключили резистор (см. рис.). Оказалось, что через резистор и элемент $\mathcal{E}_1$ текут одинаковые токи.



17. Чему равна сила тока I_0 , протекающего через батарейку? Дайте ответ в амперах с округлением до десятых долей. (2 балла)

18. Чему равно сопротивление R резистора? Дайте ответ в омах с округлением до десятых долей. (1 балл)

19. Какая тепловая мощность P_1 выделяется в элементе $\mathcal{E}_1$? Дайте ответ в ваттах с округлением до целого числа. (1 балл)

20. Какая тепловая мощность P_2 выделяется в элементе $\mathcal{E}_2$? Дайте ответ в ваттах с округлением до целого числа. (1 балл)

21. Какую мощность P_0 развивает батарейка в данной цепи? Дайте ответ в ваттах с округлением до целого числа. (2 балла)

Решение:

17. Пусть через резистор течёт ток I_1 , равный току через элемент $\mathcal{E}_1$. Тогда через батарейку течёт ток, равный сумме токов через резистор и элемент $\mathcal{E}_1$: $I_0 = 2I_1$. Запишем равенство напряжений на батарейке и последовательно соединённых нелинейных элементах: $U_0 = \beta I_1^3 + \beta (2I_1)^3 = 9\beta I_1^3$. Откуда:

$$I_0 = 2I_1 = \sqrt[3]{\frac{8U_0}{9\beta}} = 2 \text{ А.}$$

18. Приравняем напряжение на резисторе и элементе $\mathcal{E}_1$: $I_1 R = \beta I_1^3$. Откуда:

$$R = \beta I_1^2 = \sqrt[3]{\frac{\beta U_0^2}{81}} = 4 \text{ Ом.}$$

19. Найдём выделяющуюся мощность:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = \beta I_1^3 \cdot I_1 = \beta \left(\frac{I_0}{2}\right)^4 = 4 \text{ Вт.}$$

20. Найдём выделяющуюся мощность:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = \beta I_0^3 \cdot I_0 = \beta (I_0)^4 = 16P_1 = 64 \text{ Вт.}$$

21. Аналогично найдём мощность: $P_0 = U_0 I_0 = 72 \text{ Вт.}$

Ответы:	17	18	19	20	21
	2,0	4,0	4	64	72

Максимум за задачу 7 баллов.

Задачи 22-25

В распоряжении экспериментатора есть калориметр, одинаковые кубики льда и одинаковые порции воды. Масса одного кубика льда равна массе одной порции воды. Все кубики льда имеют одинаковую начальную температуру, температура каждой порции воды $t = 80^\circ\text{C}$. При смешивании в калориметре одного кубика льда с двумя порциями воды в нём устанавливается температура $t_1 = 17^\circ\text{C}$. Теплоёмкостью калориметра, испарением воды и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

22. Какая температура t_2 установится в калориметре, если в нём смешать два кубика льда с четырьмя порциями воды? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до целого числа. *(1 балл)*

23. Какая температура t_3 установится в калориметре, если в нём смешать один кубик льда с тремя порциями воды? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до целого числа. *(2 балла)*

24. Растают ли полностью три кубика льда, если их смешать в калориметре с четырьмя порциями воды? *(1 балл)*

- да
- нет

25. Какое минимальное количество теплоты q необходимо подвести к кубику льда, чтобы его расплавить, если его масса $m = 25 \text{ г}$? Удельная теплоёмкость воды $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Дайте ответ в килоджоулях с округлением до десятых долей. *(2 балла)*

Решение:

22. Запишем уравнение теплового баланса для одного кубика льда и двух порций воды:

$$c_{\text{в}} 2m(t - t_1) = c_{\text{л}} m(0 - t_{\text{ольда}}) + \lambda m + c_{\text{в}} m(t_1 - 0).$$

Уравнение теплового баланса для двух кубиков льда и четырёх порций воды:

$$c_{\text{в}} 4m(t - t_2) = c_{\text{л}} 2m(0 - t_{\text{ольда}}) + \lambda 2m + c_{\text{в}} 2m(t_2 - 0).$$

Отсюда: $t_2 = t_1 = 17^\circ\text{C}$.

23. Уравнение теплового баланса для одного кубика льда и трёх порций воды:

$$c_{\text{в}} 3m(t - t_3) = c_{\text{л}} m(0 - t_{\text{ольда}}) + \lambda m + c_{\text{в}} m(t_3 - 0).$$

Вычитая из этого уравнения первое, получим:

$$3(t - t_3) - t_3 - 2(t - t_1) + t_1 = 0.$$

Отсюда

$$t_3 = \frac{t + 3t_1}{4} = 32,75^\circ\text{C} \approx 33^\circ\text{C}.$$

24. Предположим, что лёд расплавится и нагреется до температуры $t_4 \geq 0$.
Уравнение теплового баланса для трёх кубиков льда и четырёх порций воды:

$$c_{\text{в}} 4m(t - t_4) = c_{\text{л}} 3m(0 - t_{\text{ольда}}) + \lambda 3m + c_{\text{в}} 3m(t_4 - 0).$$

Вычитая из этого уравнения первое, умноженное на 3, получим:

$$4(t - t_4) - 3t_4 - 6(t - t_1) + 3t_1 = 0.$$

Отсюда:

$$7t_4 = 9t_1 - 2t = -7^\circ\text{C} \leq 0.$$

Полученная температура отрицательна, следовательно, лёд *не* расплавится.

25. Найдём q :

$$q = c_{\text{л}} m(0 - t_{\text{ольда}}) + \lambda m = c_{\text{в}} 2m(t - t_1) - c_{\text{в}} m(t_1 - 0) = cm(2t - 3t_1) \approx 11,4 \text{ кДж}.$$

Ответы:

22	23	24	25
17	33	нет	11,4

Максимум за задачу 6 баллов.

Максимальный балл за работу – 40.