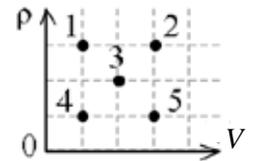




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Блок 1. Простые тестовые задания

1. На диаграмме зависимости средней плотности ρ тела от его объёма V изображены точки, которые соответствуют пяти разным телам (с номерами от 1 до 5). Какие из этих тел имеют одинаковую массу?

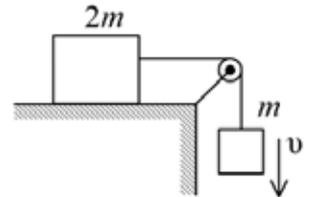


- А) 1 и 2
Б) 4 и 5
В) 1, 3 и 5
Г) 2 и 4
Д) 1 и 5

Возможное решение

Масса тела m ищется по формуле $m = \rho V$. Для тел с номерами 1 – 5 это произведение равно, соответственно, 3 ед., 9 ед., 4 ед., 1 ед. и 3 ед. Значит, одинаковую массу имеют тела 1 и 5.

2. Два тела, соединённые легкой нерастяжимой верёвкой, перекинутой через блок, движутся равномерно (см. рисунок). Какая сила трения действует на тело массой $2m$? Трения в оси блока нет.

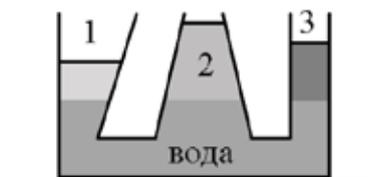


- А) $g/2$
Б) $mg/2$
В) m
Г) mg
Д) $2mg$

Возможное решение

Так как тело массой m движется равномерно, то модуль силы натяжения верёвки равен $T = mg$. Для тела массой $2m$ эта сила натяжения уравновешивается силой трения $F_{\text{тр}}$. Поэтому $F_{\text{тр}} = mg$.

3. В пронумерованные сообщающиеся сосуды налита вода, а поверх неё – три жидкости: бензин плотностью $0,7 \text{ г/см}^3$, керосин плотностью $0,8 \text{ г/см}^3$ и масло плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ (см. рисунок). При этом уровни воды во всех трёх сосудах одинаковы. В каком сосуде содержится бензин?



- А) 1
Б) 2
В) 3
Г) 1 или 3
Д) недостаточно данных

Возможное решение

Для того чтобы уровень воды во всех трёх сосудах был одинаковым, столбы бензина, керосина и масла должны создавать одинаковое гидростатическое давление. Это давление равно $p = \rho gh$, где ρ – плотность жидкости, h – высота её столба. Так как бензин имеет наименьшую плотность из трёх налитых жидкостей, то высота его столба должна быть наибольшей, т.е. бензин налит в сосуд номер 2.

4. Закрытую пластиковую бутылку с водой погружают:

- 1) в лёд при температуре $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;
2) в воду при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;
3) в смесь льда и воды при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.
В каком случае вода в бутылке кристаллизуется?

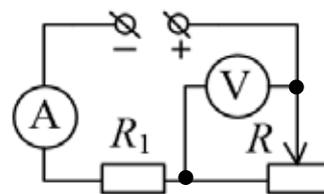
- А) только в случае 1
Б) только в случае 2
В) только в случае 3
Г) во всех случаях 1, 2 и 3

Д) не кристаллизуется ни в одном из случаев

Возможное решение

Для того чтобы вода в бутылке кристаллизовалась, необходимо, чтобы она сначала отдала теплоту при охлаждении до температуры t , а потом дополнительно отдала теплоту кристаллизации при температуре t . В случаях 1 и 3 охлаждение содержимого бутылки до температуры t будет сопровождаться таянием льда (и, если он весь растает, то дальнейшим нагреванием воды), а в случае 2 – нагреванием воды. Но во всех трёх случаях в итоге установится нулевая или положительная температура, после чего теплообмен между содержимым бутылки и водой со льдом (или уже без льда) прекратится. Следовательно, вода в бутылке не замёрзнет ни в одном из указанных случаев.

5. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, ползунок реостата R перемещают вправо. Как при этом изменяются показания идеальных амперметра и вольтметра? Напряжение источника $U = \text{const}$. Стрелкой \uparrow обозначается увеличение показаний прибора, а стрелкой \downarrow – уменьшение показаний.



- А) $A - \uparrow, V - \uparrow$
- Б) $A - \downarrow, V - \downarrow$
- В) $A - \uparrow, V - \downarrow$
- Г) $A - \downarrow, V - \uparrow$
- Д) показания приборов не изменяются

Возможное решение

При перемещении ползунка реостата вправо сопротивление цепи увеличивается, и поэтому показания амперметра уменьшаются. Напряжение, которое показывает вольтметр, равно $V = \frac{U}{1 + R_1 / R}$, где R – текущее сопротивление между включёнными в цепь контактами реостата. Следовательно, при увеличении R показания вольтметра увеличиваются.

Таблица ответов к Блоку 1

№ задания	1	2	3	4	5
Правильный ответ	Д	Г	Б	Д	Г

По 1 баллу за каждый правильный ответ.
Максимум за задания 1 Блока - 5 баллов.

Блок 2. Задачи стандартного уровня сложности

Задача 1

Два пловца одновременно прыгают с узкого моста в речку и 1 минуту плывут в противоположные стороны с одинаковой по модулю скоростью относительно воды. Затем пловцы разворачиваются и плывут навстречу друг другу с той же по модулю скоростью относительно воды. Скорость течения реки 1 м/с. Найдите, на каком расстоянии от моста пловцы встретятся. Ответ выразите в метрах, округлив до целого числа.

Возможное решение

Рассмотрим движение пловцов в системе отсчёта, связанной с водой. В этой системе отсчёта скорости у них одинаковы по модулю и противоположны по направлению. Так как пловцы удаляются друг от друга в течение 1 минуты, значит, и навстречу друг другу они плывут такое же время. Следовательно, всё время движения равно двум минутам, а место старта и место встречи в системе отсчёта воды совпадают. Мост в рассматриваемой системе отсчёта движется со скоростью 1 м/с, удаляясь от места старта (и последующей встречи). Поэтому расстояние от моста до места встречи пловцов равно $120 \text{ с} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 120 \text{ м}$.

Ответ: 120 м (2 балла).

Задача 2

Если некоторую пружину растягивать силой 30 Н, то её длина будет равна 28 см, а если сжимать силой 20 Н, то её длина будет равна 23 см. Найдите длину пружины в недеформированном состоянии (ответ выразите в см) и коэффициент жёсткости пружины (ответ выразите в Н/м). Оба ответа округлите до целого числа.

Возможное решение

Пусть L – длина пружины в недеформированном состоянии, Δx_1 – деформация пружины в первом случае, Δx_2 – деформация пружины во втором случае, $L_1 = 28 \text{ см}$, $L_2 = 23 \text{ см}$, $F_1 = 30 \text{ Н}$, $F_2 = 20 \text{ Н}$. Тогда:

$$F_1 = (L_1 - L)k,$$

$$F_2 = (L - L_2)k,$$

где k – коэффициент жёсткости пружины.

Отсюда находим:

$$L = \frac{F_1 L_2 + F_2 L_1}{F_1 + F_2} = 25 \text{ см},$$

$$k = \frac{F_1 + F_2}{L_1 - L_2} = 1000 \text{ Н/м}.$$

Ответ: длина пружины 25 см (1 балл); жёсткость пружины 1000 Н/м (1 балл).

Задача 3

Пробка плавает сначала в воде, а потом в масле. Найдите отношение V_B / V_M , где V_B – объём погружённой части пробки при плавании в воде, а V_M – при плавании в масле. Плотность воды $\rho_B = 1,0 \text{ г/см}^3$, плотность масла $\rho_M = 0,9 \text{ г/см}^3$. Ответ дайте в виде десятичного числа, округлив его до десятых долей.

Возможное решение

Действующая на плавающую пробку сила Архимеда равна по модулю силе тяжести, действующей на пробку, а потому в обоих случаях одинакова. Значит,

$$\frac{F_{\text{Арх в}}}{F_{\text{Арх м}}} = \frac{\rho_B g V_B}{\rho_M g V_M} = 1 \Rightarrow \frac{V_B}{V_M} = \frac{\rho_M}{\rho_B} = 0,9.$$

Ответ: 0,9 (2 балла).

Задача 4

В калориметре смешали пять порций воды. Первая порция имела массу $m = 10 \text{ г}$ и температуру $t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, вторая – массу $2m$ и температуру $2t$, и так далее, а пятая – массу $5m$ и температуру $5t$. Определите установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь. Ответ дайте в градусах Цельсия, округлив его до десятых долей.

Возможное решение

Так как по условию система теплоизолирована, воспользуемся законом сохранения энергии. Пусть удельная теплоёмкость воды равна c . Определим количество теплоты, которое выделится при остывании всех порций воды до $0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q = cmt(1 + 4 + 9 + 16 + 25) = 55cmt.$$

Это количество теплоты «истратим» на нагревание всей воды, имеющей массу $15m$, от $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до искомой температуры t_x :

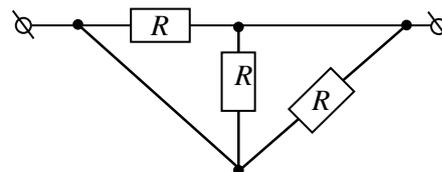
$$Q = 15cmt_x = 55cmt \Rightarrow t_x = \frac{55}{15}t = \frac{11}{3} \text{ }^\circ\text{C} \approx 3,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ответ: 3,7 $^\circ\text{C}$ (2 балла).

Всероссийская олимпиада школьников по физике. 2018–2019 уч. г.
Муниципальный этап. 9 класс

Задача 5

Найдите общее сопротивление участка цепи, если $R = 9$ Ом. Ответ выразите в Ом, округлив до целого числа.



Возможное решение

Если «избавиться» от проводящих перемычек, построив эквивалентную схему, то получится параллельное соединение трёх резисторов.

Поэтому $R_{\text{общ}} = \frac{R}{3} = 3$ Ом.

Ответ: 3 Ом (2 балла).

Максимум за задания 2 Блока - 10 баллов.

Блок 3. Задачи повышенного уровня сложности

Задача 1

Однажды Карлсон, будучи в гостях у Малыша, нашёл на кухне доверху заполненную вишнёвым вареньем банку вместимостью $V_0 = 500$ мл. Пока Малыша не было на кухне, Карлсон съел половину объёма варенья и, чтобы замести следы, налил в банку доверху вишнёвый кисель плотностью $\rho_1 = 1200$ кг/м³ и тщательно перемешал содержимое. На следующий день Карлсон снова оказался на кухне у Малыша, съел $2/3$ содержимого банки, опять налил доверху кисель и тщательно перемешал содержимое. На третий день Карлсон съел $3/4$ содержимого банки и вновь налил доверху кисель. Вечером четвёртого дня, когда мама Малыша открыла банку, оказалось, что средняя плотность содержимого была равна $\rho_{\text{сред}} = 1225$ кг/м³.

- 1) Чему равна плотность ρ_0 вишневого варенья? Ответ выразите в кг/м³ и округлите до целого числа.
- 2) Какую массу варенья (суммарно в чистом виде и в составе смеси) съел Карлсон за три дня? Ответ выразите в граммах, округлив его до десятых долей.
- 3) Какую массу киселя выпил Карлсон за эти дни? Ответ выразите в граммах, округлив его до целого числа.

Возможное решение

Запишем выражение для конечной средней плотности:

$$\rho_{\text{сред}} = \frac{\frac{1}{4} \left(\frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} \rho_0 V_0 + \frac{1}{2} \rho_1 V_0 \right) + \frac{2}{3} \rho_1 V_0 \right) + \frac{3}{4} \rho_1 V_0}{V_0} = \frac{1}{24} \rho_0 + \frac{23}{24} \rho_1,$$

откуда $\rho_0 = 24\rho_{\text{сред}} - 23\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$.

Из предыдущего уравнения заметим, что в банке осталось $\frac{1}{24}$ начальной массы варенья, значит $\frac{23}{24}$ массы было съедено. Итого $m_{\text{вар}} = \frac{23}{24} \rho_0 V_0 = 862,5 \text{ г}$.

Для нахождения массы выпитого киселя найдём массы залитого и оставшегося в банке киселя:

$$m_{\text{зал}} = \rho_1 \left(\frac{1}{2} V_0 + \frac{2}{3} V_0 + \frac{3}{4} V_0 \right) = \frac{23}{12} \rho_1 V_0.$$

$$m_{\text{ост}} = \frac{23}{24} \rho_1 V_0.$$

$$m_{\text{съед}} = m_{\text{зал}} - m_{\text{ост}} = \frac{23}{24} \rho_1 V_0 = 575 \text{ г}.$$

Ответ: 1) 1800 кг/м^3 (4 балла); 2) $862,5 \text{ г}$ (3 балла); 3) 575 г (3 балла).

Задача 2

С края плоской крыши дома без начальной скорости падает сосулька. На высоте $h = 15 \text{ м}$ над землёй мгновенная скорость сосульки была равна её средней скорости за всё время падения. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) Определите высоту дома. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.

2) Найдите всё время движения сосульки от крыши до земли. Ответ выразите в секундах и округлите до целого числа.

Возможное решение

При равноускоренном движении средняя скорость за всё время движения равна мгновенной скорости на «середине» временного интервала движения. Значит, от края крыши до высоты h и с высоты h до земли сосулька движется одинаковое время. Так как это равноускоренное движение без начальной скорости, следовательно, за равные промежутки времени сосулька проходит расстояния, кратные нечётным числам ($s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$).

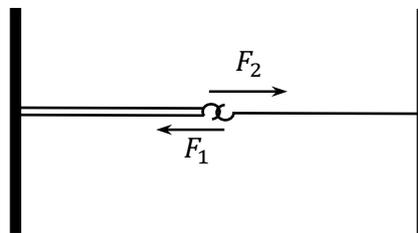
Тогда расстояние, которое пролетела сосулька с крыши до высоты h , равно $h/3 = 5$ м. Высота дома равна $H = (4/3)h = 20$ метров. Время падения сосульки от края крыши до земли равно:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \text{ с.}$$

Ответ: 1) 20 м (7 баллов); 2) 2 с (3 балла).

Задача 3

У физика в лаборатории были три одинаковых лёгких упругих шнура, для сил растяжения которых был справедлив закон Гука. Физик прикрепил левые концы двух шнуров к одной точке на стене лаборатории (см. рисунок), а свободные концы этих шнуров привязал к небольшому крючку. Правый конец оставшегося шнура он прикрепил к противоположной стене лаборатории, а к оставшемуся свободным концу также привязал небольшой крючок. При этом все шнуры были ненапрянутыми, а точки их крепления к стенам находились на одной горизонтальной прямой. Для того чтобы сцепить крючки, одинарный шнур пришлось растянуть за крючок с силой $F_1 = 100$ Н, а двойной шнур – с силой $F_2 = 70$ Н. В результате этого крючки коснулись друг друга. Сцепив крючки, их отпустили, предоставив шнуры самим себе.



- 1) Чему равно отношение деформаций одинарного и двойного шнуров в конечном равновесном состоянии? Ответ округлите до целого числа.
- 2) Найдите модуль силы натяжения одинарного шнура после того, как система придёт в конечное равновесное состояние. Ответ выразите в Н и округлите до целого числа.

Возможное решение

Из закона Гука и условия равновесия одинарного и двойного шнуров имеем в начальной ситуации:

$$F_1 = kx_1, \quad F_2 = 2kx_2,$$

где k – жёсткость одного шнура, x_1 и x_2 – растяжения одинарного и двойного шнура.

Условие равновесия шнуров в конечном состоянии: $2T_2 = T_1$, где T_2 – сила натяжения одного шнура в двойном шнуре, а T_1 – искомая сила натяжения одинарного шнура.

Отсюда, с учётом закона Гука,

$$2kx'_2 = kx'_1,$$

и для конечных растяжений: $2x'_2 = x'_1$. Поэтому отношение деформаций одинарного и двойного шнуров в конечном равновесном состоянии равно:

$$\frac{x'_1}{x'_2} = 2.$$

Так как расстояние между стенами неизменно, то сумма растяжений шнуров в момент сцепления крючков и в конечном состоянии одинакова:

$$x'_2 + x'_1 = x_1 + x_2.$$

Поскольку $T_1 = kx'_1$, $x'_2 = x'_1/2$, $x_1 = F_1/k$ и $x_2 = F_2/(2k)$, то $T_1 = (2F_1 + F_2)/3 = 90$ Н.

Ответ: 1) $\frac{x'_1}{x'_2} = 2$ (4 балла); 2) $T_1 = 90$ Н (6 баллов).

Задача 4

Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. Общая масса воды и бака равна 30 кг. При включении на время $t_1 = 30$ минут нагревателя мощностью 1 кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от 17°C до 37°C . Тепловую изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до 0,9 кВт, из-за чего температура воды в баке за время $t_2 = 20$ минут выросла от 37°C до 47°C .

- 1) Найдите удельную теплоёмкость системы (теплоизолированного бака с водой). Ответ выразите в Дж/(кг \times С) и округлите до целого числа.
- 2) Какое количество теплоты было потеряно через стенки бака за время t_2 ? Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.
- 3) Чему равен КПД устройства после снятия тепловой изоляции? Ответ выразите в процентах и округлите до целого числа.

Возможное решение

Поступившее от нагревателя количество теплоты при идеальной теплоизоляции идёт на повышение температуры бака и воды. Связь повышения температуры и полученного количества теплоты можно установить через теплоёмкость системы.

При удельной теплоёмкости C бака с водой (общей массой m) уравнение теплового баланса в первом случае даёт:

$$N_1\tau_1 = Cm(t_1 - t_0) \Rightarrow C = \frac{N_1\tau_1}{m(t_1 - t_0)} = 3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Во втором случае часть количества теплоты, выделенной нагревателем, идёт на повышение температуры системы, а часть теряется через стенки бака:

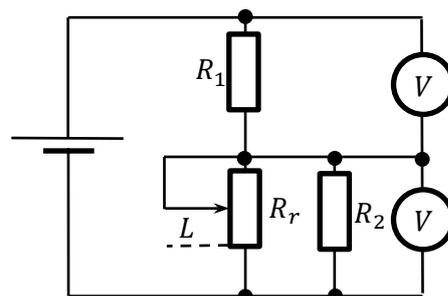
$$N_2 \tau_2 = Cm(t_2 - t_1) + Q \Rightarrow Q = 180 \text{ кДж.}$$

КПД устройства равен $\eta = Cm(t_2 - t_1)/(N_2 \tau_2) \approx 0,83$, то есть 83%.

Ответ: 1) $3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ (4 балла); 2) 180 кДж (3 балла); 3) 83% (3 балла).

Задача 5

В цепи, схема которой показана на рисунке, соединены идеальная батарея, два резистора с сопротивлениями $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и реостат. Длина реостата $L_0 = 10 \text{ см}$, а его максимальное сопротивление $R_r = 80 \text{ Ом}$. Сопротивление любого участка реостата прямо пропорционально его длине.



1) Чему равно общее сопротивление цепи, если ползунок реостата находится в нижнем положении, показанном пунктирной линией (см. рисунок)? Ответ выразите в Ом и округлите до целого числа.

2) На какое расстояние L нужно сместить ползунок реостата из нижнего положения для того, чтобы показания идеальных вольтметров были одинаковыми? Ответ выразите в мм и округлите до целого числа.

Возможное решение

Если ползунок реостата находится в нижнем положении, то через реостат и через резистор сопротивлением R_2 ток не течёт, и поэтому общее сопротивление цепи равно $R_1 = 10 \text{ Ом}$.

Показания вольтметров будут одинаковыми при условии равенства сопротивлений участков цепи, к которым подключены клеммы приборов:

$$R_1 = \frac{R_2 R_r \cdot \frac{L}{L_0}}{R_2 + R_r \cdot \frac{L}{L_0}} \Rightarrow L = \frac{R_1 R_2}{R_r (R_2 - R_1)} L_0 = 2,5 \text{ см} = 25 \text{ мм.}$$

Ответ: 1) 10 Ом (4 балла); 2) 25 мм (6 баллов).

Максимум за задания 3 Блока - 50 баллов.

Всего за работу 65 баллов.