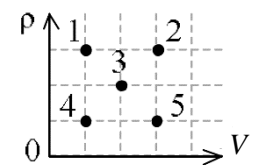




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

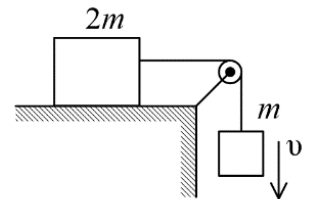
Блок 1. Простые тестовые задания

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? (1 балл)



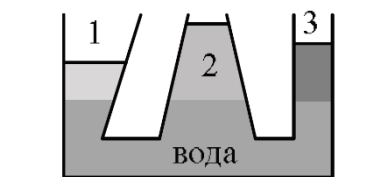
- А) 1 и 2
- Б) 4 и 5
- В) 1, 3 и 5
- Г) 2 и 4
- Д) 1 и 5

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. (1 балл)

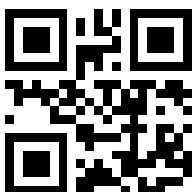


- А) $g/2$
- Б) $mg/2$
- В) m
- Г) mg
- Д) $2mg$

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? (1 балл)



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



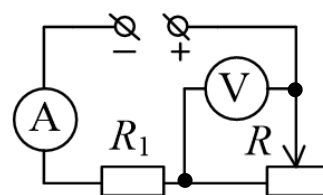
4. Закрытую пластиковую бутылку с водой погружают:

- 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? (1 балл)

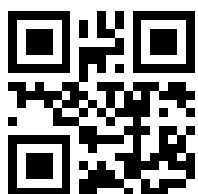
- А) только в случае 1
- Б) только в случае 2
- В) только в случае 3
- Г) во всех случаях 1, 2 и 3
- Д) не кристаллизуется ни в одном из случаев

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. (1 балл)



- 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

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. (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. (2 балла)

Задача 3

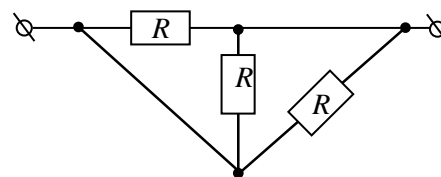
Пробка плавает сначала в воде, а потом в масле. Найдите отношение V_B / V_M , где V_B – объём погружённой части пробки при плавании в воде, а V_M – при плавании в масле. Плотность воды $\rho_B = 1,0 \text{ г/см}^3$, плотность масла $\rho_M = 0,9 \text{ г/см}^3$. Ответ дайте в виде десятичного числа, округлив его до десятых долей. (2 балла)

Задача 4

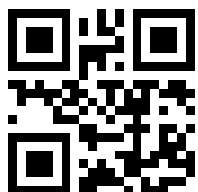
В калориметре смешали пять порций воды. Первая порция имела массу $m = 10 \text{ г}$ и температуру $t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, вторая – массу $2m$ и температуру $2t$, и так далее, а пятая – массу $5m$ и температуру $5t$. Определите установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь. Ответ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

Задача 5

Найдите общее сопротивление участка цепи, если $R = 9 \text{ Ом}$. Ответ выразите в Ом, округлив до целого числа. (2 балла)



Максимум за задания 2 Блока - 10 баллов.



Блок 3. Задачи повышенного уровня сложности

Задача 1

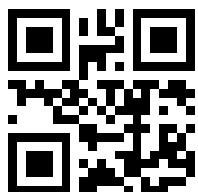
Однажды Карлсон, будучи в гостях у Малыша, нашёл на кухне доверху заполненную вишнёвым вареньем банку вместимостью $V_0 = 500$ мл. Пока Малыша не было на кухне, Карлсон съел половину объёма варенья и, чтобы замести следы, налил в банку доверху вишнёвый кисель плотностью $\rho_1 = 1200$ кг/м³ и тщательно 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 вишнёвого варенья? Ответ выразите в кг/м³ и округлите до целого числа. **(4 балла)**
- 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 балла)**
- 3) Какую массу киселя выпил Карлсон за эти дни? Ответ выразите в граммах, округлив его до целого числа. **(3 балла)**

Задача 2

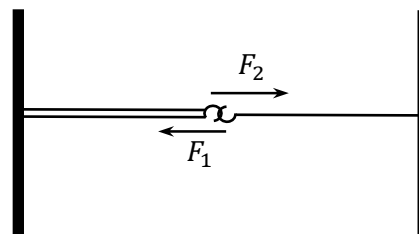
С края плоской крыши дома без начальной скорости падает сосулька. На высоте $h = 15$ м над землёй мгновенная скорость сосульки была равна её средней скорости за всё время падения. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

- 1) Определите высоту дома. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа. **(7 баллов)**
- 2) Найдите всё время движения сосульки от крыши до земли. Ответ выразите в секундах и округлите до целого числа. **(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



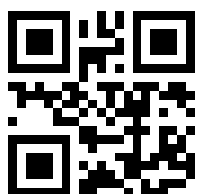
конец оставшегося шнура он прикрепил к противоположной стене лаборатории, а к оставшемуся свободным концом также привязал небольшой крючок. При этом все шнуры были ненапрянутыми, а точки их крепления к стенам находились на одной горизонтальной прямой. Для того чтобы сцепить крючки, одинарный шнур пришлось 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. (4 балла)
- 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. (6 баллов)

Задача 4

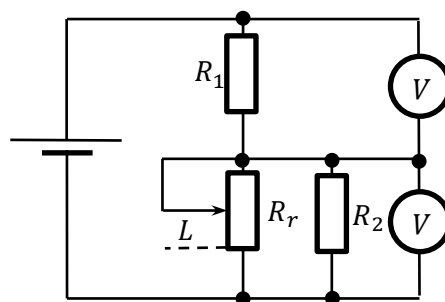
Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. Общая масса воды и бака равна 30 кг. При включении на время $\tau_1 = 30$ минут нагревателя мощностью 1 кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от 17°C до 37°C . Тепловую изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до 0,9 кВт, из-за чего температура воды в баке за время $\tau_2 = 20$ минут выросла от 37°C до 47°C .

- 1) Найдите удельную теплоёмкость системы (теплоизолированного бака с водой). Ответ выразите в Дж/(кг·°C) и округлите до целого числа. (4 балла)
- 2) Какое количество теплоты было потеряно через стенки бака за время τ_2 ? Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа. (3 балла)
- 3) Чему равен КПД устройства после снятия тепловой изоляции? Ответ выразите в процентах и округлите до целого числа. (3 балла)



Задача 5

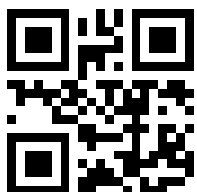
В цепи, схема которой показана на рисунке, соединены идеальная батарея, два резистора с сопротивлениями $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и реостат. Длина реостата $L_0 = 10 \text{ см}$, а его максимальное сопротивление $R_r = 80 \text{ Ом}$. Сопротивление любого участка реостата прямо пропорционально 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. **(4 балла)**
- 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. **(6 баллов)**

Максимум за задания 3 Блока - 50 баллов.

Всего за работу 65 баллов.

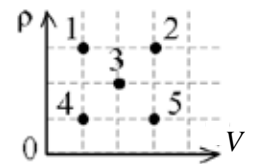




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

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?

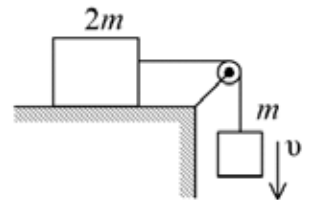


- А) 1 и 2
Б) 4 и 5
В) 1, 3 и 5
Г) 2 и 4
Д) 1 и 5

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.

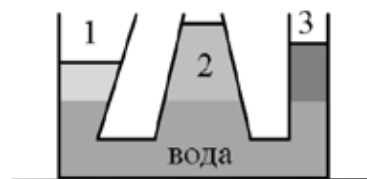


- А) $g/2$
Б) $mg/2$
В) m
Г) mg
Д) $2mg$

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?

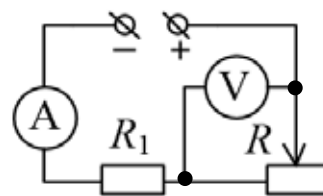
- А) только в случае 1
Б) только в случае 2
В) только в случае 3
Г) во всех случаях 1, 2 и 3

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 :

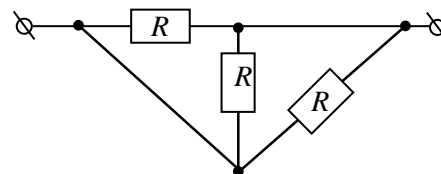
$$Q = 15cmt_x = 55cmt \Rightarrow t_x = \frac{55}{15}t = \frac{11}{3}t = \frac{11}{3} \text{ }^\circ\text{C} \approx 3,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ответ: $3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (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 ($s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$).

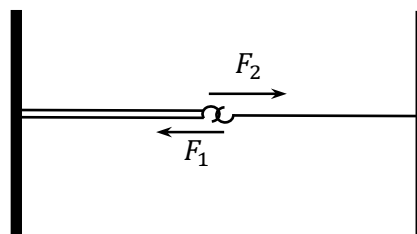
Тогда расстояние, которое пролетела сосулька с крыши до высоты h , равно $h/3 = 5$ м. Высота дома равна $H = (4/3)h = 20$ метров. Время падения сосульки от края крыши до земли равно:

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

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:

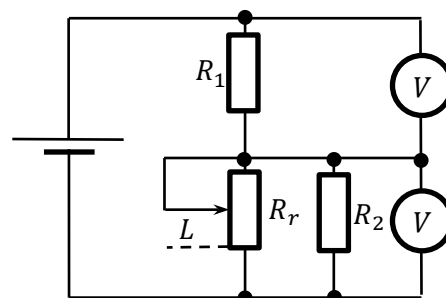
$$N_2 \tau_2 = Cm(t_2 - t_1) + Q \Rightarrow Q = 180 \text{ кДж.}$$

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.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

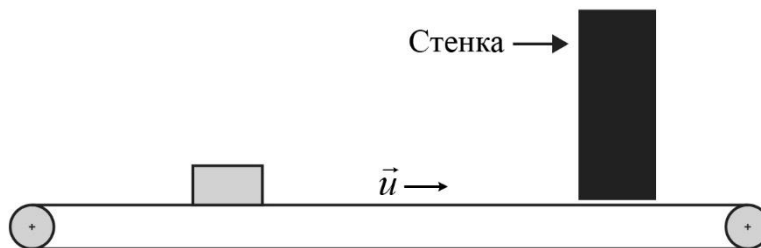
Задача 1

Под каким углом α к горизонтали брошен камень, если в верхней точке траектории он был виден с места броска под углом β к горизонтали? Влиянием воздуха на движение камня пренебречь.

Максимум за задачу 10 баллов.

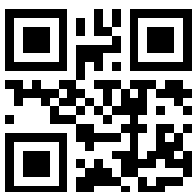
Задача 2

Горизонтальная лента конвейера движется относительно земли с постоянной скоростью u . На ленте лежит брусок, который вначале неподвижен относительно этой ленты. Коэффициент трения между бруском и лентой равен μ . На пути бруска находится неподвижная относительно земли вертикальная стенка (см. рисунок). Достигнув стенки, брусок соударяется с ней абсолютно упруго. После первого удара брусок отскакивает назад, но через некоторое время вновь достигает стенки. Далее удары о стенку повторяются с некоторым интервалом времени T . Найдите этот интервал. Ускорение свободного падения g известно.



Максимум за задачу 10 баллов.

Не забудьте перенести Ваши ответы в бланк работы!



Задача 3

Пустая пластиковая бутылка от газировки с пробкой имеет массу 30 г и внешний объём 1,5 литра. Пустой кислородный баллон с толстыми стальными стенками имеет массу 57 кг и внешний объём 47 литров. Какое минимальное количество таких закрытых пустых бутылок следует привязать к этому баллону для того, чтобы собранную конструкцию можно было без труда переправить вплавь с одного берега озера на другой? Плотность воды 1 г/см^3 . Массой воздуха в бутылках и в баллоне можно пренебречь.

Максимум за задачу 10 баллов.

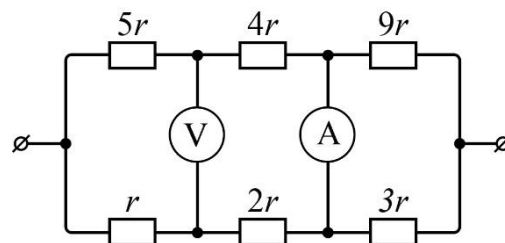
Задача 4

В феврале 2018 года в Москве наблюдалось резкое похолодание: днём на улице была температура -7°C , а ночью она понизилась до -20°C . В частном доме комнатная температура днём была равна $+20^\circ\text{C}$. На сколько процентов нужно увеличить массовый расход топлива в газовом котле отопления дома для того, чтобы комнатная температура ночью оказалась не ниже $+23^\circ\text{C}$? Мощность тепловых потерь можно считать пропорциональной разности температур в комнате и на улице, коэффициент пропорциональности от температуры не зависит.

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5

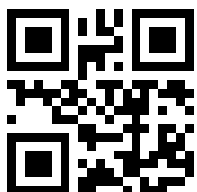
Определите показания идеальных приборов в цепи, схема которой изображена на рисунке, если на выводы цепи подано напряжение $U = 9 \text{ В}$, а $r = 90 \text{ Ом}$.



Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.

Не забудьте перенести Ваши ответы в бланк работы!





ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задача 1

Под каким углом α к горизонтали брошен камень, если в верхней точке траектории он был виден с места броска под углом β к горизонтали? Влиянием воздуха на движение камня пренебречь.

Возможное решение

Пусть высота камня в верхней точке траектории равна H , а расстояние до него по горизонтали в этот момент L . Тогда $H = Ltg\beta$.

При начальной скорости v_0 горизонтальная скорость камня $v_x = v_0 \cos \alpha$, и она не меняется. Начальная вертикальная скорость камня $v_y = v_0 \sin \alpha$, и движение по вертикали – равноускоренное с ускорением g , направленным вниз.

В верхней точке траектории вертикальная скорость обращается в ноль, поэтому время полёта до этой точки равно $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$.

Отсюда найдём высоту полета $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ и расстояние $L = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$.

Поэтому $H/L = \operatorname{tg} \alpha / 2$, а тогда $\operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{tg} \beta$ и $\alpha = \operatorname{arctg}(2 \operatorname{tg} \beta)$.

Критерии оценивания

1. $H = Ltg\beta$ 1 балл
2. $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$ 1 балл
3. Описано движение по вертикали 1 балл
4. $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ 2 балла
5. $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ 2 балла
6. $L = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$ 1 балл
7. $\alpha = \operatorname{arctg}(2 \operatorname{tg} \beta)$ 2 балла

Максимум за задачу 10 баллов.

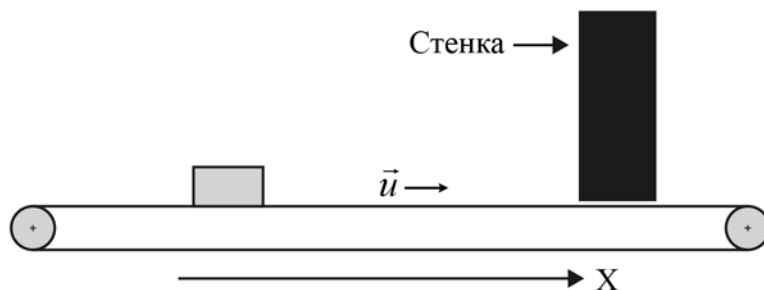
Задача 2

Горизонтальная лента конвейера движется относительно земли с постоянной скоростью u . На ленте лежит брусок, который вначале неподвижен относительно этой ленты. Коэффициент трения между бруском и лентой равен μ . На пути бруска находится неподвижная относительно земли вертикальная стенка (см. рисунок). Достигнув стенки, брусок соударяется с ней абсолютно упруго. После первого удара брусок отскакивает назад, но через некоторое время вновь достигает стенки. Далее удары о стенку повторяются с некоторым интервалом времени T . Найдите этот интервал. Ускорение свободного падения g известно.



Возможное решение

Рассмотрим движение бруска относительно земли. Из второго закона Ньютона находим, что ускорение бруска в те моменты, когда он проскальзывает относительно ленты, равно $a = \mu g$ и направлено вправо, вдоль оси X .



После каждого удара о стенку существует интервал времени, в течение которого брусок движется равноускоренно. Зависимость проекции скорости бруска на ось X от времени t при этом имеет вид:

$$V_x = -u + \mu g t.$$

Брусок перестаёт проскальзывать относительно ленты в тот момент, когда его скорость относительно земли сравнивается со скоростью ленты:

$$u = -u + \mu g t_1.$$

Отсюда время равноускоренного движения равно:

$$t_1 = \frac{2u}{\mu g}.$$

Найдём изменение координаты x бруска за время t_1 :

$$\Delta x = -ut_1 + \frac{mgt_1^2}{2} = 0.$$

Изменение координаты равно нулю. Это означает, что скорость бруска сравнивается со скоростью ленты ровно в тот момент, когда брусок вновь подъедет к стенке. В тот же момент произойдёт следующий удар, поэтому время t_1 и есть искомый интервал T между ударами.

Критерии оценивания

1. $a = mg$ 1 балл
2. $V_x = -u + mgt$ 2 балла
3. $u = -u + mgt_1$ 2 балла
4. $t_1 = \frac{2u}{mg}$ 1 балл
5. Доказано, что $T = t_1 = \frac{2u}{mg}$ – искомый интервал времени 4 балла

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

Пустая пластиковая бутылка от газировки с пробкой имеет массу 30 г и внешний объём 1,5 литра. Пустой кислородный баллон с толстыми стальными стенками имеет массу 57 кг и внешний объём 47 литров. Какое минимальное количество таких закрытых пустых бутылок следует привязать к этому баллону для того, чтобы собранную конструкцию можно было без труда переправить вплавь с одного берега озера на другой? Плотность воды 1 г/см^3 . Массой воздуха в бутылках и в баллоне можно пренебречь.

Возможное решение

Пусть N – необходимое минимальное количество бутылок, $m = 30 \text{ г}$, $v = 1,5 \text{ л}$, $M = 57 \cdot 10^3 \text{ г}$, $V = 47 \text{ л}$, плотность воды $\rho = 1000 \text{ г/л}$. Чтобы собранную конструкцию можно было без труда переправить вплавь с одного берега озера на другой, должно быть выполнено условие: $\rho_k < \rho$, где ρ_k – средняя плотность конструкции. Следовательно,

$$\rho > \frac{Nm + M}{Nv + V} \Rightarrow N > \frac{M - \rho V}{\rho v - m} = \frac{57000 - 1000 \cdot 47}{1000 \cdot 1,5 - 30} \approx 6,8.$$

Следовательно, нужно взять не менее 7 бутылок.

Критерии оценивания

1. $\rho_k < \rho$ 3 балла
2. $\rho_k = \frac{Nm+M}{Nv+V}$ 3 балла
3. $N > 6,8$ 3 балла
4. Нужно взять не менее 7 бутылок 1 балл

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4

В феврале 2018 года в Москве наблюдалось резкое похолодание: днём на улице была температура -7°C , а ночью она понизилась до -20°C . В частном доме комнатная температура днём была равна $+20^\circ\text{C}$. На сколько процентов нужно увеличить массовый расход топлива в газовом котле отопления дома для того, чтобы комнатная температура ночью оказалась не ниже $+23^\circ\text{C}$? Мощность тепловых потерь можно считать пропорциональной разности температур в комнате и на улице, коэффициент пропорциональности от температуры не зависит.

Возможное решение

Из закона сохранения энергии следует:

$$q\mu_1 = \alpha(t_{д1} - t_1),$$

$$q\mu_2 = \alpha(t_{д2} - t_2),$$

где $\mu = m/\tau$ – массовый расход топлива, q – удельная теплота сгорания топлива, $t_{д1}$ и $t_{д2}$ – температуры в доме днём и ночью, а t_1 и t_2 – температуры на улице до и после похолодания.

Разделив первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{27}{43},$$

и искомая величина $\frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1} = \frac{16}{27} \approx 0,59$, то есть массовый расход топлива нужно увеличить примерно на 59%.

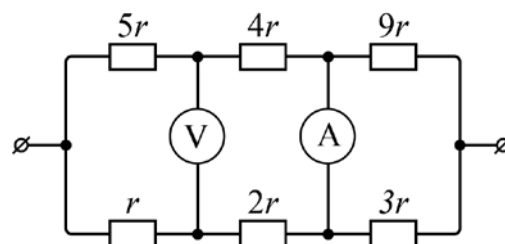
Критерии оценивания

1. $\mu = m/\tau$ 2 балла
2. $q\mu_1 = \alpha(t_{д1} - t_1)$ 3 балла
3. $q\mu_2 = \alpha(t_{д2} - t_2)$ 3 балла
4. $\frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1} \approx 0,59 = 59\%$ 2 балла

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5

Определите показания идеальных приборов в цепи, схема которой изображена на рисунке, если на выводы цепи подано напряжение $U = 9$ В, а $r = 90$ Ом.



Возможное решение

Через вольтметр ток не течёт, так как по условию задачи он идеальный. Амперметр представляет собой перемычку в сбалансированном мосте, значит, и через него ток не течёт. Таким образом, показание амперметра $I_A = 0$.

Сопротивление верхней ветви цепи в три раза больше ($18r$), чем нижней ветви ($6r$). Следовательно, сила тока, текущего в нижней ветви, в три раза больше, чем сила тока, текущего в верхней ветви.

Общее сопротивление цепи равно:

$$R = \frac{18r \cdot 6r}{24r} = \frac{9}{2}r.$$

Полный ток равен:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2U}{9r}.$$

Напряжение на резисторе $5r$ равно:

$$U_5 = \frac{1}{4}I \cdot 5r = \frac{5U}{18} = 2,5 \text{ В.}$$

Напряжение на резисторе r равно:

$$U_1 = \frac{3}{4}I \cdot r = \frac{3U}{18} = 1,5 \text{ В.}$$

Значит, показание вольтметра:

$$U_V = U_5 - U_1 = 1 \text{ В.}$$

Критерии оценивания

1. Через вольтметр ток не течёт **1 балл**
2. Амперметр представляет собой переключку
в сбалансированном мосте **1 балл**
3. $I_A = 0$ **1 балл**
4. Ток, текущий по нижней ветви, в три раза больше,
чем ток в верхней ветви..... **1 балл**
5. $U_5 = 2,5 \text{ В}$ **2 балла**
6. $U_1 = 1,5 \text{ В}$ **2 балла**
7. $U_V = 1 \text{ В}$ **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Задача 1

Стержень длиной L касается своими концами вертикальной стенки и горизонтального пола. Он движется, оставаясь всё время в одной и той же вертикальной плоскости, без отрыва от стенки и пола. В некоторый момент времени модуль скорости верхнего конца стержня равен V , а нижнего конца – $2V$. Найдите модуль скорости середины стержня в этот момент, а также направление этой скорости относительно горизонтали. На какой высоте от пола находится в этот момент верхний конец стержня?

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2

Двое физиков сидят в круглых санках-ледянках, которые покоятся на гладкой горизонтальной поверхности замёрзшего озера, и держат в руках концы длинной невесомой нерастяжимой верёвки. Они начинают «выбирать» верёвку руками и таким образом едут навстречу друг другу. В некоторый момент сила натяжения выпрямленной (то есть не провисающей) между физиками верёвки становится равной нулю. После этого они продолжают «выбирать» верёвку так, что она движется относительно первого физика со скоростью $u_1 = 1$ м/с, а относительно второго – со скоростью $u_2 = 0,6$ м/с. Масса первого физика $m_1 = 60$ кг, а масса второго физика $m_2 = 78$ кг. Найдите модуль скорости каждого физика и горизонтального участка верёвки относительно озера.

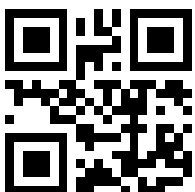
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

При нагревании трёх молей гелия давление p газа изменялось прямо пропорционально его объёму V ($p = \alpha V$, где α – некоторая неизвестная константа). На сколько градусов поднялась температура гелия, если газу передали количество теплоты $Q = 300$ Дж?

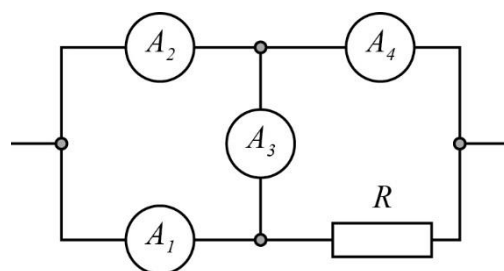
Максимум за задачу 10 баллов.

Не забудьте перенести Ваши ответы в бланк работы!



Задача 4

Электрическая цепь состоит из резистора с сопротивлением R и четырёх одинаковых амперметров с внутренними сопротивлениями r . Показания амперметров A_1 и A_2 равны $I_1 = 3$ А и $I_2 = 5$ А. Найдите отношение сопротивлений R/r .



Максимум за задачу 10 баллов.

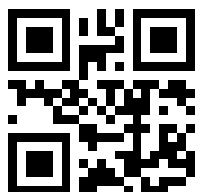
Задача 5

По закреплённому в вакууме тонкому проволочному кольцу радиусом R равномерно распределён отрицательный заряд Q . Электрон с массой m и зарядом e приближается к кольцу по прямой, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Какому условию должна удовлетворять скорость электрона в точке, находящейся на расстоянии $d = \sqrt{3}R$ от центра кольца, чтобы электрон смог пролететь сквозь него? Силой тяжести можно пренебречь.

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.

Не забудьте перенести Ваши ответы в бланк работы!





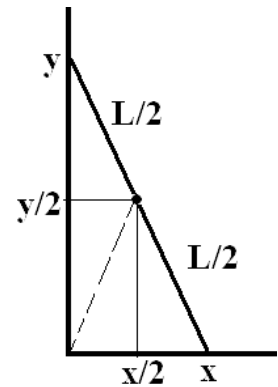
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Задача 1

Стержень длиной L касается своими концами вертикальной стенки и горизонтального пола. Он движется, оставаясь всё время в одной и той же вертикальной плоскости, без отрыва от стенки и пола. В некоторый момент времени модуль скорости верхнего конца стержня равен V , а нижнего конца – $2V$. Найдите модуль скорости середины стержня в этот момент, а также направление этой скорости относительно горизонтали. На какой высоте от пола находится в этот момент верхний конец стержня?

Возможное решение

Пусть x и y – расстояния от нижнего и верхнего концов стержня до вершины прямого угла, образуемого стенкой и полом. Тогда координаты середины стержня $x/2$ и $y/2$, а горизонтальная и вертикальная составляющая скорости середины стержня равны по модулю половинам модулей скоростей нижнего и верхнего концов стержня: $u_x = V$; $u_y = V/2$.



Модуль скорости середины стержня $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} V$ находится при помощи теоремы Пифагора.

Вектор скорости середины стержня расположен в плоскости движения стержня и направлен от стены и к полу. Для угла α , который этот вектор составляет с горизонталью, находим: $\operatorname{tg} \alpha = u_y / u_x = 1/2$, то есть $\alpha = \operatorname{arctg}(0,5)$.

Найдём угол между стержнем и стенкой в рассматриваемый момент времени. Легко доказать, что середина стержня движется по окружности радиусом $L/2$. Этот радиус изображён на рисунке штриховой линией. Вектор скорости середины стержня перпендикулярен радиусу, и поэтому угол между стержнем и стенкой равен определённому выше углу α (тангенс этого угла можно найти из условия неизменности длины стержня – это альтернативный способ получения ответа для угла α).

Так как $H = L \cos \alpha$, то искомая высота $H = \frac{2L}{\sqrt{5}}$.

Критерии оценивания

1. Координаты середины стержня связаны с координатами его концов 1 балл
2. $u_x = V; u_y = V/2$ 2 балла
3. $u = \frac{\sqrt{5}}{2}V$ 2 балла
4. Вектор \vec{u} направлен от стены и к полу под углом $\alpha = \arctg(0,5)$ к горизонтали 1 балл
5. Найден угол между стержнем и стенкой 2 балла
6. $H = \frac{2L}{\sqrt{5}}$ 2 балла

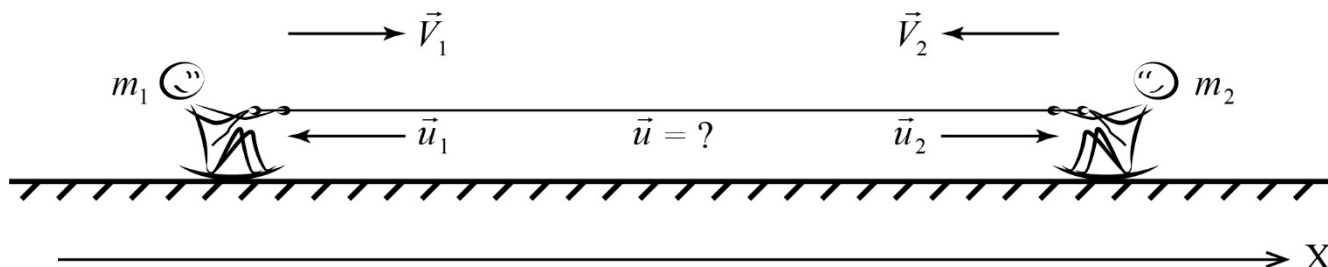
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2

Двое физиков сидят в круглых санках-ледянках, которые покоятся на гладкой горизонтальной поверхности замёрзшего озера, и держат в руках концы длинной невесомой нерастяжимой верёвки. Они начинают «выбирать» верёвку руками и таким образом едут навстречу друг другу. В некоторый момент сила натяжения выпрямленной (то есть не провисающей) между физиками верёвки становится равной нулю. После этого они продолжают «выбирать» верёвку так, что она движется относительно первого физика со скоростью $u_1 = 1$ м/с, а относительно второго – со скоростью $u_2 = 0,6$ м/с. Масса первого физика $m_1 = 60$ кг, а масса второго физика $m_2 = 78$ кг. Найдите модуль скорости каждого физика и горизонтального участка верёвки относительно озера.

Возможное решение

Пусть \vec{V}_1 и \vec{V}_2 – скорости первого и второго физиков относительно озера, \vec{u}_1 и \vec{u}_2 – скорости верёвки относительно физиков, \vec{u} – скорость верёвки относительно озера.



Запишем закон сохранения импульса системы в векторном виде:

$$0 = m_1 \dot{V}_1 + m_2 \dot{V}_2. \quad (1)$$

Запишем для верёвки закон сложения скоростей:

$$\dot{u} = \dot{u}_1 + \dot{V}_1, \quad (2)$$

$$\dot{u} = \dot{u}_2 + \dot{V}_2 \quad (3)$$

Запишем теперь закон сложения скоростей (2) и (3) в проекции на ось X (учтём, что направление \dot{u} заранее не известно):

$$u_x = -u_1 + V_1, \quad (4)$$

$$u_x = u_2 - V_2. \quad (5)$$

Из (1) следует, что $0 = m_1 V_1 - m_2 V_2$. Тогда с учётом (4) и (5) получаем:

$$V_1 = \frac{m_2(u_1 + u_2)}{m_1 + m_2} \gg 0,9 \text{ м/с}; \quad V_2 = \frac{m_1(u_1 + u_2)}{m_1 + m_2} \gg 0,7 \text{ м/с}; \quad u = |V_1 - u_1| \gg 0,1 \text{ м/с}.$$

Критерии оценивания

1. $0 = m_1 V_1 - m_2 V_2$ 2 балла
2. $u_x = -u_1 + V_1$ 2 балла
3. $u_x = u_2 - V_2$ 2 балла
4. $V_1 = \frac{m_2(u_1 + u_2)}{m_1 + m_2} \gg 0,9 \text{ м/с}$ 1,5 балла
5. $V_2 = \frac{m_1(u_1 + u_2)}{m_1 + m_2} \gg 0,7 \text{ м/с}$ 1,5 балла
6. $u = |V_1 - u_1| \gg 0,1 \text{ м/с}$ 1 балл

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

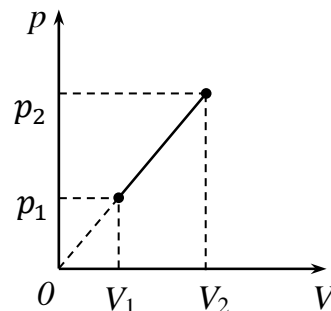
При нагревании трёх молей гелия давление p газа изменялось прямо пропорционально его объёму V ($p = aV$, где a – некоторая неизвестная константа). На сколько градусов поднялась температура гелия, если газу передали количество теплоты $Q = 300$ Дж?

Возможное решение

Запишем уравнения Клапейрона-Менделеева для начального и конечного состояний газа:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1, p_2 V_2 = \nu R T_2.$$

Совершённая газом работа численно равна площади под графиком (см. рис.):



$$A = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T.$$

Из первого начала термодинамики следует:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{2 \nu R} \approx 6 \text{ К.}$$

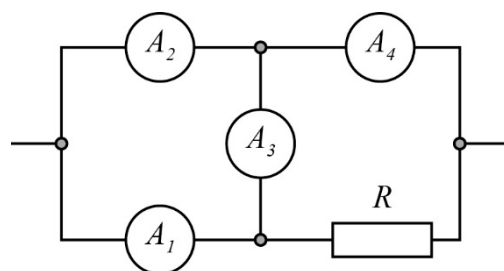
Критерии оценивания

1. $p_1 V_1 = \nu R T_1$ и $p_2 V_2 = \nu R T_2$ 1 балл
2. $A = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$ 4 балла
3. $Q = \Delta U + A$ 2 балла
4. $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ 2 балла
5. $\Delta T = \frac{Q}{2 \nu R} = 6 \text{ К}$ 1 балл

Максимум за задачу 10 баллов.

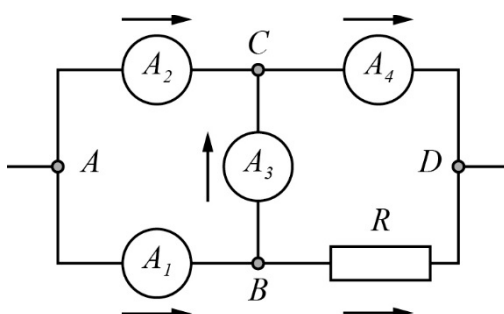
Задача 4

Электрическая цепь состоит из резистора с сопротивлением R и четырёх одинаковых амперметров с внутренними сопротивлениями r . Показания амперметров A_1 и A_2 равны $I_1 = 3$ А и $I_2 = 5$ А. Найдите отношение сопротивлений R/r .



Возможное решение

На рисунке стрелками указаны выбранные нами положительные направления токов в ветвях цепи.



Поскольку в контуре ACB отсутствуют источники ЭДС, то

$$I_2 r = I_3 r + I_1 r \Rightarrow I_3 = I_2 - I_1 = 2 \text{ А.}$$

Запишем закон сохранения электрического заряда для узла B :

$$I_1 = I_3 + I_R \Rightarrow I_R = I_1 - I_3 = 1 \text{ А.}$$

Аналогично находим ток $I_4 = I_2 + I_3 = 7$ А.

Для контура CDB , в котором также отсутствуют источники ЭДС:

$$I_3 r + I_4 r = I_R R \Rightarrow \frac{R}{r} = \frac{I_3 + I_4}{I_R} = 9.$$

Критерии оценивания

- | | |
|----------------------------------|---------|
| 1. $I_2 r = I_3 r + I_1 r$ | 2 балла |
| 2. $I_1 = I_3 + I_R$ | 2 балла |
| 3. $I_4 = I_2 + I_3$ | 2 балла |
| 4. $I_3 r + I_4 r = I_R R$ | 2 балла |
| 5. $\frac{R}{r} = 9$ | 2 балла |

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5

По закреплённому в вакууме тонкому проволочному кольцу радиусом R равномерно распределён отрицательный заряд Q . Электрон с массой m и зарядом e приближается к кольцу по прямой, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Какому условию должна удовлетворять скорость электрона в точке, находящейся на расстоянии $d = \sqrt{3}R$ от центра кольца, чтобы электрон смог пролететь сквозь него? Силой тяжести можно пренебречь.

Возможное решение

Потенциал на оси равномерно заряженного кольца на расстоянии d от центра равен:

$$\varphi_1 = k \frac{Q}{\sqrt{R^2 + d^2}} = k \frac{Q}{2R}.$$

Потенциал в центре равномерно заряженного кольца:

$$\varphi_2 = k \frac{Q}{R}.$$

Из закона сохранения энергии следует:

$$\frac{mV_{\min}^2}{2} + e\varphi_1 = e\varphi_2 \Rightarrow V_{\min} = \sqrt{\frac{2e(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}} = \sqrt{\frac{keQ}{mR}} = \sqrt{\frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 mR}}.$$

Значит, $V \geq \sqrt{\frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 mR}}$.

Критерии оценивания

1. $\varphi_1 = k \frac{Q}{2R}$ 3 балла
2. $\varphi_2 = k \frac{Q}{R}$ 2 балла
3. $\frac{mV_{\min}^2}{2} + e\varphi_1 = e\varphi_2$ 3 балла
4. $V \geq \sqrt{\frac{keQ}{mR}}$ 2 балла

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.