

71-я олимпиада по физике школьников Эстонии

6 апреля 2024 года. Заключительный тур
Задачи основной школы (8-9 классы)

Просим решение каждой задачи писать на отдельном листе.

Время решения 5 часов. Каждый участник может решать все предложенные задачи.

В зачёт идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов.

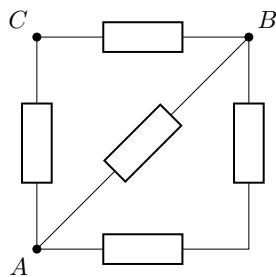
Можно использовать принадлежности для письма и черчения, а также калькулятор.

Прочие вспомогательные средства запрещены.

При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Оценка погрешности измерения не требуется.

1. (СХЕМА) Схема состоит из пяти резисторов, каждый сопротивлением R . Сопротивление между точками A и B равно $R_{AB} = 12$ Ом. Чему равно сопротивление R_{AC} между точками A и C ? (6 б.)



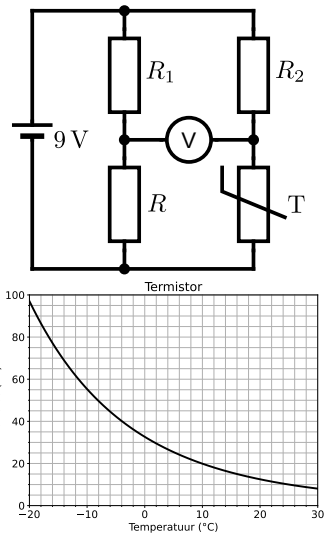
2. (ЗЕРКАЛЬНАЯ СФЕРА) Стенки полый сферы очень тонкие, а внутренние поверхности отражающие. В сфере имеется небольшое отверстие, через которое проходит тонкий лазерный луч. После отражений внутри сферы луч выходит из того же отверстия. При выходе из сферы луч повернулся на угол $\alpha = 144^\circ$ по сравнению с первоначальным направлением. Сколько отражений произошло внутри сферы? (6 б.)

3. (ЖИДКОСТЬ ДЛЯ МЫТЬЯ ОКОН) На многоквартирном стеклянном доме есть два мотора, которые поднимают люльку шириной $l = 2$ м для мытья окон, каждый мотор подключён к одной стороне люльки. Старый Аристарх использует люльку, чтобы поднять наполненную до краёв бочку с жидкостью для мытья окон на пятый этаж, не проливая драгоценную жидкость через край. К сожалению, его помощник Никита установил бочку на люльке так, что она оказалась на $d = 0,5$ м ближе к левому подъёмному тросу, чем к правому. Если левый мотор совершает в общей сложности A работы по подъёму люльки, какую работу совершает правый мотор?

Люлька изготовлена мастеровитым сварщиком Михаилом, и её масса ничтожно мала по сравнению с массой груза. (6 б.)

4. (ЭЛЕКТРОСАМОКАТ) Электросамокат может проехать расстояние $s = 40$ км со скоростью $v = 25$ км/ч по ровной поверхности до того, как разрядится аккумулятор. Какое расстояние может проехать этот электросамокат с той же скоростью в гору с подъёмом $k = 0,01$ (1 см на каждый пройденный 1 м), если масса электросамоката и водителя равны $m = 100$ кг, ёмкость аккумулятора $E = 583,2$ Вт · ч, и коэффициент полезного действия мотора $\eta = 90\%$? Предполагайте, что двигатель электросамоката достаточно мощный, чтобы иметь возможность ехать в гору с той же скоростью, и КПД двигателя не зависит от его мощности. Ускорение свободного падения равно $g = 9,8$ м/с². (8 б.)

5. (ТЕРМИСТОР) Антон изготовил самодельный термометр, схема которого показана на рисунке. Он соединил батарейку напряжением $U = 9\text{ В}$, два резистора сопротивлением $R_1 = R_2 = 5\text{ кОм}$, резистор с неизвестным сопротивлением R и термистор (обозначается буквой T). Термистор – это резистор, сопротивление которого существенно зависит от температуры (см. увеличенный график на дополнительном листе). Для измерения температуры Антон использовал вольтметр. Он знал, что температура в его комнате $T_1 = 25^\circ\text{C}$, а показания вольтметра $U_1 = 0\text{ В}$. Затем Антон вышел на улицу, и показания вольтметра стало $U_2 = 1,64\text{ В}$. Найдите сопротивление неизвестного резистора R и температуру на улице T_2 . Можно предполагать, что батарейка и вольтметр идеальны, и что на улице было холоднее, чем внутри. (8 б.)



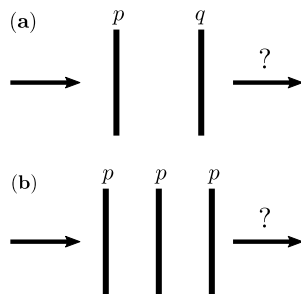
6. (КОКТЕЙЛЬ) В жаркий летний день студент Алексей решил приготовить в своей лаборатории охлаждающий коктейль. Для этого он смешал в открытом стеклянном сосуде $V_1 = 150\text{ мл}$ яблочного сока температуры, равной комнатной температуре $T_1 = 30^\circ\text{C}$, с $V_2 = 45\text{ мл}$ клюквенного сока, взятого из холодильника при температуре $T_2 = 5,0^\circ\text{C}$. Для вкуса он добавил $V_3 = 5,0\text{ мл}$ лимонного сока, который тоже был температуры T_2 . Наконец, чтобы охладить напиток, он добавил кусок сухого льда (твёрдого углекислого газа) массой $m = 31\text{ г}$, который хранил в специальном холодильнике при температуре $T_3 = -90^\circ\text{C}$. Найдите температуру коктейля, которым сможет насладиться Алексей, когда весь сухой лёд сублимируется.

Плотность воды $\rho_v = 1000\text{ кг/м}^3$, удельная теплоёмкость $c_v = 4200\text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$, температура плавления $T_v = 0^\circ\text{C}$ и теплота плавления $\lambda = 334\text{ кДж/кг}$. Удельная теплоёмкость сухого льда $c_k = 1240\text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$, температура сублимации при атмосферном давлении $T_s = -78,5^\circ\text{C}$, и теплота сублимации равна $h_k = 571\text{ кДж/кг}$.

Считайте, что соки по физическим свойствам идентичны воде, количество растворяющегося углекислого газа в коктейле незначительно, жидкие компоненты коктейля мгновенно достигают теплового равновесия, и теплообмен коктейля с газообразным углекислым газом и внешней средой незначителен.

Примечание: Сублимация — это переход вещества из твёрдого состояния в газообразное без жидкой промежуточной стадии. (8 б.)

7. (СТЕКЛЯННЫЕ ПЛАСТИНЫ) Луч белого света направлен на параллельные полупрозрачные стеклянные пластины. Предположим, что потерь нет, и коэффициент отражения одинаков на обеих поверхностях каждой пластины. Найти, какая общая часть света проходит через стеклянные пластинки, если



а) луч света проходит через две стеклянные пластинки, первая пластинка пропускает p часть света и отражает $1 - p$ часть света, а вторая пластинка пропускает q часть света и отражает $1 - q$ часть света;

б) луч света проходит через три стеклянные пластины, все пластины пропускают p часть света и отражают $1 - p$ часть света. (10 б.)

8. (ЗАТМЕНИЯ) Частота солнечных и лунных затмений зависит от максимального значения угла между лучами от центра Солнца до центра Земли и центра Луны, при котором затмения ещё видны: частота затмений с очень хорошим приближением пропорциональна величине этого угла. Во время полного солнечного затмения полная тень Луны будет попадать куда-то на поверхность Земли. Поскольку видимые угловые размеры Луны и Солнца почти равны и изменяются в небольших пределах (из-за того, что их траектории немного отличаются от круговой линии), иногда полная тень исчезает и наблюдается "кольцеобразное" затмение. Как при полном, так и при кольцеобразном солнечном затмении воображаемая линия, соединяющая центры Солнца и Луны, пересекает поверхность Земли в каком-то месте. Во время полного лунного затмения Луна полностью остаётся в тени, создаваемой Землёй. Что можно наблюдать чаще (и во сколько раз): полное лунное затмение, или полное либо кольцевое солнечное затмение (в любой точке Земли)? Радиус Земли $R_M = 6400$ км, радиус Луны $R_K = 1700$ км.

Подсказка: если один из углов α прямоугольного треугольника очень мал, то $\alpha \approx \frac{180^\circ}{\pi} \frac{a}{b}$, где a — длина противолежащего катета и b — длина прилежащего катета. (10 б.)

9. (ОХЛАЖДЕНИЕ) У Насти есть два одинаковых конических термоса без крышки, частично заполненных равным объёмом жидкости при температуре $T = 40^\circ\text{C}$. Конические термосы ставят так, чтобы поверхность жидкости была параллельна основанию конуса, а вершина конуса находилась внизу. Настя добавляет такое же количество более тёплой жидкости в один из термосов при $T_{\text{add}} = 88^\circ\text{C}$. Жидкости мгновенно достигают теплового равновесия, и Настя сразу измеряет скорость охлаждения жидкостей и обнаруживает, что скорость охлаждения более тёплой жидкости в $k = 1,62$ раза превышает скорость охлаждения более холодной жидкости. Мощность теплопотерь пропорциональна площади охлаждаемой поверхности и разнице температур. Найдите температуру воздуха T_{air} .

Предполагайте, что теплообмен между жидкостью и термосом отсутствует и плотность жидкости не зависит от температуры.

Подсказка: объём конуса $V = \frac{1}{3}S_p H$, где S_p — площадь дна конуса, а H — его высота. (12 б.)

10. (ТУМАН) При температуре $T_1 = 25^\circ\text{C}$ плотность сухого воздуха (т.е. без водяного пара) равна $\rho_k = 1182,8\text{ г/м}^3$, а при температуре $T_2 = 10^\circ\text{C}$ — $\rho'_k = 1245,5\text{ г/м}^3$. При температуре T_2 плотность водяного пара в максимально влажном воздухе (т.е. масса водяного пара, содержащегося в кубическом метре воздуха) равна $\rho_m = 9,4\text{ г/м}^3$: если в воздухе окажется больше водяного пара, то при данной температуре “избыток” пара выделится в виде капелек тумана. Без учёта молекул в каплях тумана, влажный и сухой воздух при одинаковой температуре имеют совершенно одинаковое количество молекул в единице объёма. В определенной порции воздуха $r = 2.5\%$ молекул составляют молекулы воды, и при температуре T_1 плотность такого воздуха равна $\rho = 1171,6\text{ кг/м}^3$, и в воздухе ещё нет капель тумана. Какова плотность этого воздуха, возможно теперь содержащего капли тумана, при температуре T_2 ? Плотность воды значительно выше плотности воздуха. (14 б.)

Е1. (ШАРИК ПОДШИПНИКА) Измерьте максимально точно диаметр шарика подшипника.

Оборудование: маленький шарик подшипника, две линейки. (10 б.)

Е2. (ПЛОТНОСТЬ ЖИДКОСТИ) Определите плотность жёлтой жидкости в жидкости, разделенной на два слоя. Плотность более тяжелой жидкости $\rho = 1,0\text{ г/см}^3$.

Инструменты: питьевая соломинка, линейка, пробирка с разделенной на два слоя жидкостью.

Примечание: Жидкость, использованная в эксперименте, может испачкать одежду и бумагу. (12 б.)

Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу:
<https://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>
<https://efo.fyysika.ee>

Присоединяйтесь к нашей страничке в Facebook::
<https://www.facebook.com/fyysikaolumpiaad>

5. (ТЕРМИСТОР — ГРАФИК)

