



80-я Московская олимпиада школьников по физике
2019 год
9 класс, второй тур



Условия задач, ответы, критерии оценивания

1. Вычисление скорости света (8 баллов), Рёмер О. К.

Первая оценка скорости света была дана Рёмером в 1675 году. Изучая движение Ио (спутника Юпитера), он получил значение близкое к 220000 км/с. Орбита Ио расположена в плоскости орбиты Земли, поэтому спутник периодически исчезает в тени Юпитера. Интервал между двумя последовательными появлениями Ио из тени Юпитера в среднем равен 42,5 ч. Однако, согласно современным исследованиям при различных положениях Солнца, Земли и Юпитера этот интервал может отклоняться от среднего значения не более, чем на 16 с в большую или меньшую сторону. По представленным данным определите скорость света, если расстояние от Земли до Солнца составляет $1,5 \cdot 10^8$ км. Можно считать, что орбитальная скорость Юпитера вокруг Солнца намного меньше, чем у Земли.

2. Делитель Кельвина-Варлея (10 баллов), Варлей К. Ф., Томсон У.

На рис. 1 изображена схема делителя напряжения Кельвина-Варлея. Сопротивления резисторов одного столбца (столбцы показаны пунктиром) — одинаковые, в разных столбцах — разные сопротивления. Если на выводы A и B подать постоянное напряжение U_0 , то на выводах C и D напряжение будет равно $U_1 = \alpha U_0$, где значение коэффициента α ($0 < \alpha < 1$) зависит от положения контактов, обозначенных чёрными стрелками. Изменяя положение контактов, значение коэффициента α можно подобрать с точностью до одной десятитысячной. Между соседними контактами (во всех столбцах кроме последнего) всегда должна быть одна свободная клемма. Для положения контактов, показанного на рисунке чёрными стрелками, $\alpha = 0,2073$. Если изменить положение контактов во втором столбце так, как показано светло-серыми стрелками, коэффициент умножения станет равен $\alpha = 0,2573$. Положение контактов в первом столбце определяет цифру в разряде десятых в значении коэффициента α , во втором — цифру в разряде сотых и так далее. Считая известным сопротивление R резисторов в последнем столбце, определите сопротивления резисторов в остальных столбцах. При каком положении контактов коэффициент α будет равен $\alpha_0 = 0,2019$?

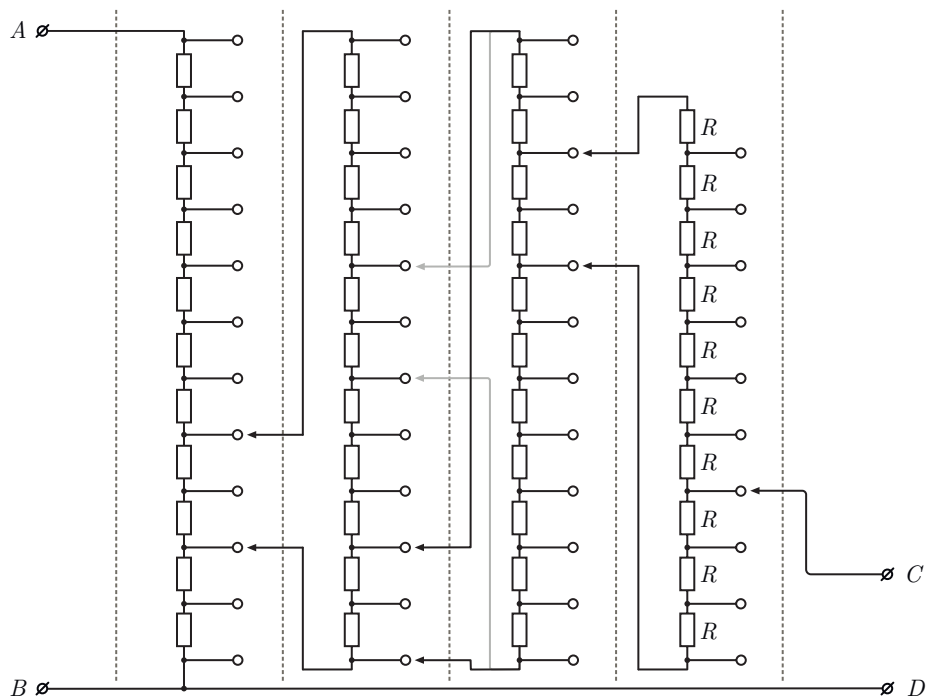


Рис. 1

3. Паровая плёнка и пузырьковое кипение (10 баллов), Крюков П. А.

Стальной шарик ($m = 110$ г, $R = 1,5$ см, $c = 500$ Дж/кг $^{\circ}$ С), нагретый до температуры $T_1 = 500^{\circ}$ С, лежит на теплоизолирующей подставке в прозрачном сосуде, который заполняют дистиллированной водой ($m_0 = 0,4$ кг, $T_0 = 20^{\circ}$ С), так что шарик оказывается примерно в середине столба воды. Наблюдается интересное явление. Вокруг шарика очень быстро образуется тонкая паровая плёнка, после этого некоторое время толщина плёнки остаётся постоянной, равной $d = 0,5$ мм, образование пузырьков пара (как при кипении) не наблюдается, теплообмен между водой и шариком происходит через плёнку. В момент, когда температура шарика уменьшается до $T_2 = 250^{\circ}$ С, плёнка «срывается» — и в жидкости вблизи шарика начинается бурное кипение, которое продолжается до тех пор, пока температура шарика не уменьшится до $T_k = 100^{\circ}$ С. Можно считать, что в процессах образования плёнки и пузырькового кипения всё количество теплоты, отданное шариком, идёт на испарение воды, но треть пара во всплывающих пузырьках (образовавшихся при кипении) конденсируется. Теплообменом с окружающей средой и теплоизолирующей подставкой, а также нагревом пара можно пренебречь. Определите температуру воды к моменту окончания теплообмена между шариком и водой. Удельная теплоёмкость и теплота испарения воды равны $c_0 = 4200$ Дж/кг $^{\circ}$ С и $L = 2,2 \cdot 10^6$ Дж/кг. Средняя плотность пара равна $\rho \approx 0,6$ кг/м 3 . Объём шара радиусом R определяется по формуле $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

4. Калейдоскоп (12 баллов), Бычков А. И., Крюков П. А.

Три плоских зеркала внутри трубки калейдоскопа образуют призму с равносторонним треугольником в сечении, перпендикулярном оси трубки. Через маленькое отверстие в заглушке, закрывающей торец трубки, можно наблюдать цветные стёклышки, находящиеся на другом торце, а также множественные отражения этих стёклышек в зеркалах (рис. 2). На рис. 3 вы видите фрагмент фотографии картины, наблюдаемой в калейдоскопе. При фотографировании объектив фронтальной камеры смартфона был прижат к глазку калейдоскопа. Белые линии, совпадающие с плоскостями зеркал или параллельные им, проведены позднее в графическом редакторе. Известно, что внутри чёрного треугольника видны непосредственно цветные стёклышки, которые можно назвать предметом. Внутри остальных треугольников — их изображения в зеркалах (изображения предмета).



Рис. 2

Какое максимальное количество отражений от зеркал калейдоскопа испытывают лучи, формирующие изображения на рис. 3? Рис. 4 имитирует картину, наблюдаемую в калейдоскопе. Чему равно максимальное количество отражений в этом случае? Обратите внимание, что положение предмета на рис. 4 неизвестно.



Рис. 3

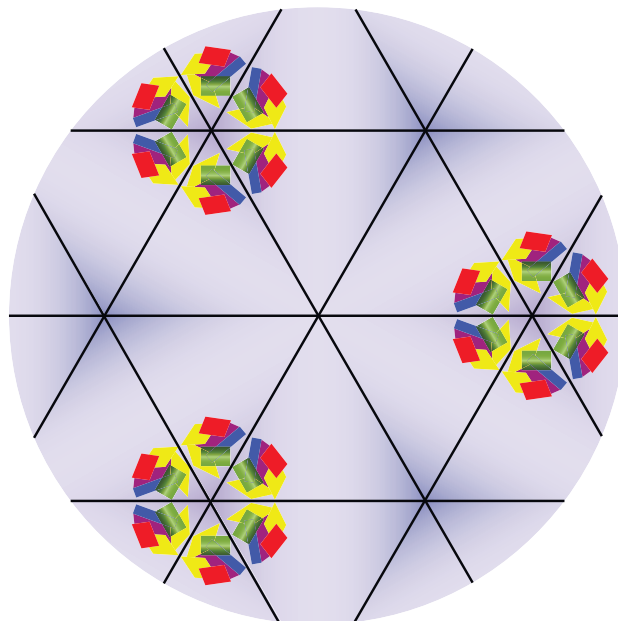


Рис. 4