

МОШ, 2018/19, заключительный этап, 9 класс

Условия и ответы

1 Из истории линий электропередач

В 1882 году на электротехнической выставке в Мюнхене была продемонстрирована работа первой в мире длинной (несколько десятков километров) линии электропередач. Линия соединяла город Мисбах, где находился приводимый в движение паровой машиной генератор постоянного тока, и город Мюнхен, где такой же генератор работал в качестве электродвигателя и был потребителем тока. Линия состояла из двух стальных телеграфных проводов диаметром $d = 4,5$ мм (удельное сопротивление стали $\rho = 1,3 \cdot 10^{-7}$ Ом·м), длина каждого провода L была приблизительно равна расстоянию 57 км между Мисбахом и выставкой в Мюнхене. Когда генератор в Мисбахе выдавал напряжение $U = 2$ кВ, КПД линии составлял примерно $\eta \approx 25\%$. Несмотря на небольшой КПД, проведённый эксперимент продемонстрировал принципиальную возможность передачи электроэнергии на большие расстояния. Определите, какова была сила тока в этой линии при указанных параметрах.

Ответ

$I \approx 1,6$ А.

2 Balance board

Балансборд — тренажёр для тренировки чувства равновесия (рис. 1), представляет собой жёсткую доску, лежащую на цилиндрическом ролике. Базовое упражнение заключается в том, чтобы сохранять равновесие, перекачиваясь на ролике, при этом желательно, чтобы доска располагалась практически горизонтально. Пусть взаимодействие ступней ног с доской происходит в т. A и B (см. рис. 2), и положение т. A и B относительно доски не меняется при выполнении упражнения. Ролик по полу и по доске не проскальзывает. В крайнем правом положении расстояния по горизонтали между точками A и B и вертикальной прямой, на которой лежит ось ролика C , равны L_1 и L_2 соответственно. Человек перекачивается в крайнее левое положение, в котором расстояние между точкой A и C по горизонтали становится равным L_2 .



Рис. 1

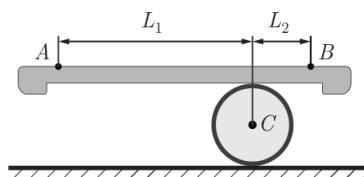


Рис. 2

1. На какое расстояние по горизонтали смещается центр масс человека: относительно доски; относительно земли?

2. На какое расстояние по горизонтали смещается т. А?

Ответ

1) Центр масс человека смещается относительно доски на расстояние $a = L_1 - L_2$ и на такое же расстояние смещается относительно земли. 2) Точка А смещается на расстояние $2(L_1 - L_2)$.

3 Улетающий шар

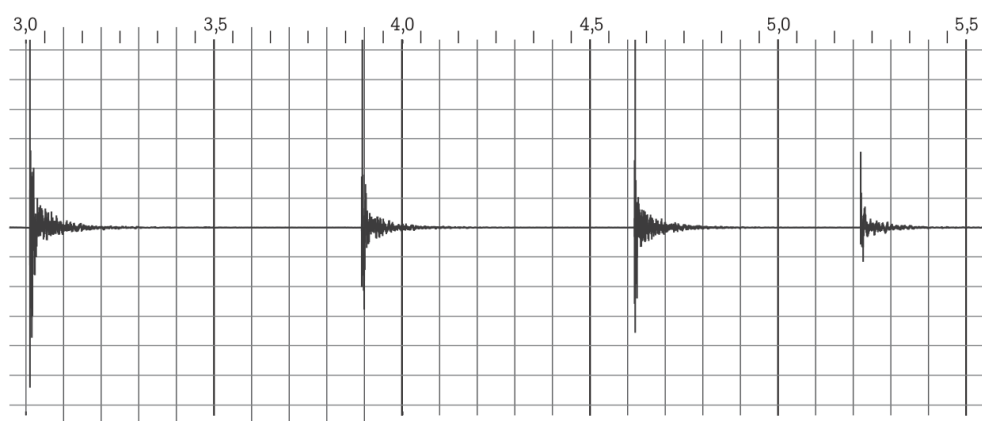
В цилиндрическую кастрюлю, радиус основания которой равен $R = 10$ см, налита вода и опущен кусок льда массой $m = 400$ г. В этот кусок заморожена нитка, привязанная к воздушному шарик объёмом $V = 8$ л, заполненному гелием. При этом уровень воды в кастрюле равен $h = 30$ см. Кусок льда постепенно тает. В некоторый момент кусок льда уменьшается настолько, что воздушный шарик поднимает его над поверхностью воды. После этого шарик и лёд улетают. Чему в результате станет равен уровень воды в кастрюле? Плотность воды равна $\rho_1 = 1000$ кг/м³, льда — $\rho_2 = 900$ кг/м³, воздуха — $\rho_3 = 1,25$ кг/м³, гелия — $\rho_4 = 0,18$ кг/м³, массой оболочки шарика можно пренебречь. Считайте, что масса капель воды, образовавшихся при таянии льда и упавших в кастрюлю после отрыва льда от поверхности воды, пренебрежимо мала. Некоторые числовые данные не являются необходимыми для решения, но их можно использовать, если так вам будет проще.

Ответ

Уровень воды в сосуде будет таким же, как в начальный момент времени, то есть 30 см.

4 Запись ударов

На рис. 3 вы видите фрагмент амплитудно-временной характеристики звука ударов футбольного мяча о пол, записанного с помощью микрофона и программы Audacity при достаточно большой частоте дискретизации. Цифры над делениями горизонтальной шкалы — время в секундах. Мяч был отпущен без начальной скорости с некоторой высоты. Первый пик соответствует первому столкновению мяча с полом. Определите приблизительно:



1. с какой высоты был отпущен мяч;
2. сколько времени мяч находится в воздухе между пятым и шестым ударами;
3. сколько всего времени прыгал мяч.

Ответ

$$1) H_0 = 1,4 \pm 0,2 \text{ м}; \quad 2) t_5 = 0,41 \pm 0,06 \text{ с}; \quad 3) t_S = 5,6 \pm 0,8 \text{ с}.$$

5 Вычисление скорости света

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.

Ответ

$$c = (2,86 \pm 0,1) \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

6 Делитель Кельвина-Варлея

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 десятичной. 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 $\alpha_0 = 0,2019$?

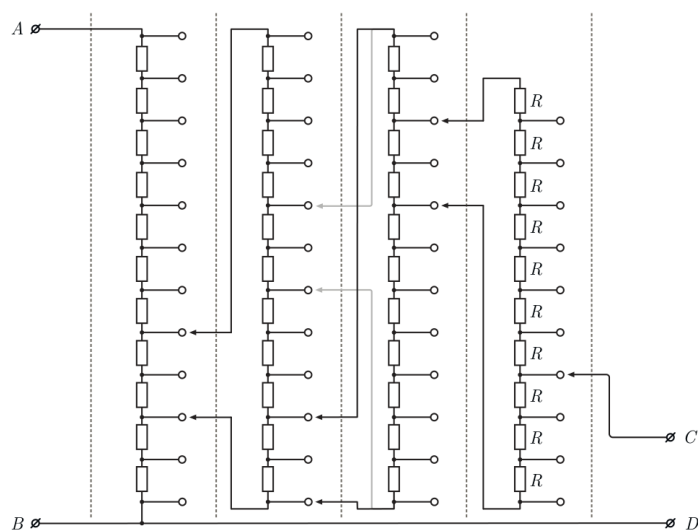


Рис. 1

Ответ

Сопротивление резисторов предпоследнего столбца равно $R_1 = 5R$, сопротивление резисторов во втором столбце равно $R_2 = 25R$, сопротивление резисторов в первом столбце равно $R_3 = 125R$. Чтобы получить $\alpha_0 = 0,2019$ следует контакты в предпоследнем столбце сместить вниз на 6 клемм, а контакт в последнем столбце сместить вверх на 5 клемм относительно положения, обозначенного на рисунке чёрными стрелками. Контакты в первом и втором столбце остаются на своих местах.

7 Паровая плёнка и пузырьковое кипение

Стальной шарик ($m = 110$ г, $R = 1,5$ см, $c = 500$ Дж/кг·°С), нагретый до температуры $T_1 = 500$ °С, лежит на теплоизолирующей подставке в прозрачном сосуде, который заполняют дистиллированной водой ($m_0 = 0,4$ кг, $T_0 = 20$ °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 $T_2 = 250$ °С, плёнка «срывается» — и в жидкости вблизи шарика начинается бурное кипение, которое продолжается до тех пор, пока температура шарика не уменьшится до $T_k = 100$ °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·°С и $L = 2,2 \cdot 10^6$ Дж/кг. Средняя плотность пара равна $\rho \approx 0,6$ кг/м³. Объём шара радиусом R определяется по формуле $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Ответ

32,1 °С.

8 Калейдоскоп

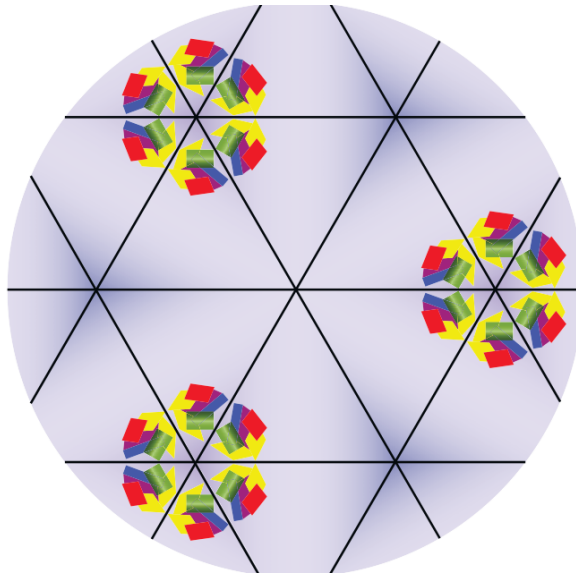
Три плоских зеркала внутри трубки калейдоскопа образуют призму с равносторонним треугольником в сечении, перпендикулярном оси трубки. Через маленькое отверстие в заглушке, закрывающей торец трубки, можно наблюдать цветные стёклышки, находящиеся на другом торце, а также множественные отражения этих стёклышек 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.





Ответ

5 отражений; 7 отражений.

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2018/19, заключительный этап, 9 класс — условия (1), условия (2), решения (1), решения (2). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.