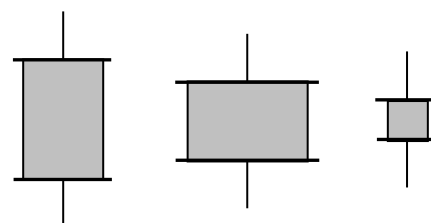


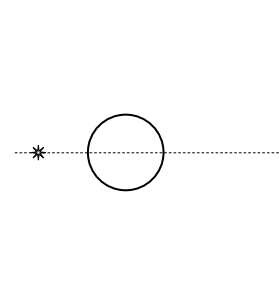
**Задания, решения и критерии оценки работ очного отборочного тура
Инженерной олимпиады школьников
9 класс, 2023-2024 учебный год**

1. Рыбак массой $m = 75$ кг выходит на весенний лед толщиной $h = 40$ см, расположенный на границе льда и открытой воды. Внезапно под тяжестью рыбака от льда откалывается льдина. При какой минимальной площади льдина удержит рыбака над водой? Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, плотность льда - $\rho_0 = 900$ кг/м³.

2. Если тонкую металлическую фольгу в форме прямоугольника включить между двумя длинными электродами короткой стороной к электродам (левый рисунок), ее сопротивление будет равно r_1 . Если ту же фольгу включить между электродами длинной стороной к электродам (средний рисунок), ее сопротивление будет равно r_2 . Каким будет сопротивление такой же фольги в форме квадрата со стороной, вдвое меньшей короткой стороны прямоугольника, включенной в цепь так, как это показано на правом рисунке?

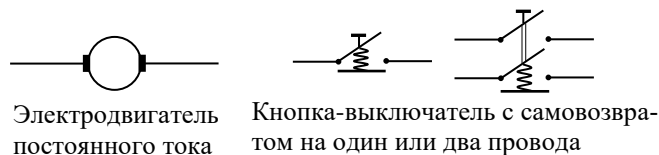


3. Центр непрозрачного шара радиуса r расположен на расстоянии $3r$ от экрана. На расстоянии $5r$ от экрана на перпендикуляре, проходящем через центр шара, расположен точечный источник света (см. рисунок). Найти размер геометрической тени предмета на экране.



4. Для отопления дачного домика используется электрический нагреватель, работающий от бытовой электрической сети с напряжением $U = 220$ В. При работе на стандартном режиме нагреватель потребляет ток $I = 10$ А. Какова месячная цена эксплуатации нагревателя, если он работает в течение времени $t = 12$ часов каждые сутки, а тариф на электроэнергию составляет $\eta = 4,71$ руб/(кВт·ч)? Считать, что в месяце $N = 30$ дней.

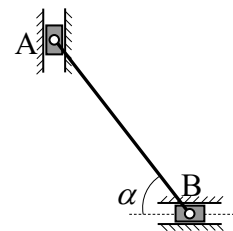
5. Необходимо обеспечить такое подключение электродвигателя постоянного тока к источнику, которое может обеспечить вращение двигателя в двух направлениях (реверсное подключение).



Предложите простейшую цепь подключения, в состав которой входят: источник постоянного напряжения, электродвигатель постоянного тока, провода и две кнопки-выключателя с самовозвратом на один или два провода (при нажатии на кнопку-выключатель с самовозвратом на один или два провода замыкается один или два провода, при отпускании – размыкаются; см. рисунок). Цепь должна работать так. При не нажатых кнопках двигатель не вращается. При нажатой одной кнопке и не нажатой второй двигатель вращается в одном направлении. При нажатой второй кнопке и не нажатой первой двигатель вращается в противоположном направлении, при нажатых обеих кнопках – не вращается. Нарисуйте схему такой цепи, используя данные выше

обозначения. **Указание.** При смене полярности подключения электродвигателя постоянного тока меняется направление его вращения.

6. Два ползуна А и В массой m и $2m$ соответственно (см. рисунок), связанные шарнирно прикрепленным к ним невесомым стержнем, могут двигаться без трения по вертикальным и горизонтальным направляющим. Ползуны удерживают так, что угол между стержнем и горизонтом равен α , а потом отпускают. Найти их ускорения в момент начала движения. Ползуном называется точечное массивное тело, которое может двигаться по некоторой поверхности или в некоторых направляющих.



Решения и критерии оценивания

1. На льдину действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила со стороны рыбака, равная его силе тяжести. Поэтому условие плавания льдины при ее полном погружении в воду дает

$$mg + Mg = \rho gV$$

где M - масса льдины, V - ее объем. Поскольку $M = \rho_0 V$, получаем

$$m = (\rho - \rho_0)V = (\rho - \rho_0)Sh$$

где S - площадь льдины, h - ее толщина. Отсюда находим площадь льдины, которая может удерживать рыбака над водой

$$S = \frac{m}{(\rho - \rho_0)h} = 1,88 \text{ м}^2.$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Знание формулы, связывающей массу, плотность и объем - 1 балл
2. Правильное использование формулы для силы Архимеда – 1 балл
3. Использование условия плавания льдины с рыбаком – 1 балл
4. Правильный объем погруженной части льдины, равный ее объему – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

2. Пусть удельное сопротивление материала фольги равно ρ , толщина d , длина короткой стороны прямоугольника из фольги - a , длиной - b . Тогда сопротивление фольги, подключенной к электродам короткой стороной, равно

$$r_1 = \frac{\rho b}{ad}$$

длинной –

$$r_2 = \frac{\rho a}{bd}$$

Умножая эти формулы друг на друга, найдем

$$\rho = d\sqrt{r_1 r_2},$$

Когда из той же фольги вырезается квадрат со стороной x и подключается своими сторонами к электродам, его сопротивление будет равно

$$r = \frac{\rho x}{xd} = \frac{\rho}{d} = \sqrt{r_1 r_2}$$

От размера квадрата это сопротивление не зависит.

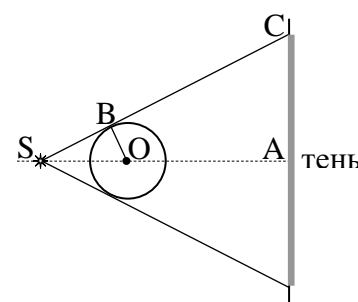
Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Использование правильной формулы, связывающей сопротивление проводника с его длиной и площадью поперечного сечения - 1 балл
2. Правильное соотношение для сопротивления фольги при первом включении – 1 балл
3. Правильное соотношение для сопротивления фольги при втором включении – 1 балл
4. Правильно найдено удельное сопротивление фольги – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

3. Ясно, что тень от предмета на экране будет иметь форму круга, причем крайние лучи, образующие границу тени, являются касательными к шару (см. рисунок). Найдем его радиус. Из подобия треугольников SOB и SAC (см. рисунок) имеем

$$\frac{OB}{OS} = \frac{AC}{SC}$$



Или

$$\frac{r}{2r} = \frac{x}{\sqrt{25r^2 + x^2}}$$

где x - радиус тени на экране. Решая это уравнение относительно x , получим

$$x = \sqrt{\frac{25}{3}}r = 2,9r$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильный чертеж для геометрии тени - 1 балл
2. Правильное соотношение подобия треугольников, определяющих границу тени – 1 балл
3. Правильные размеры сторон подобных треугольников – 1 балл
5. Правильный ответ – 2 балла

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

4. Нагреватель потребляет от сети мощность

$$P = UI$$

Поэтому расход электроэнергии за сутки составляет

$$Q = Pt = UI t$$

где $t = 12$ часов – время работы нагревателя в течение суток. Согласно существующему тарифу эта электроэнергия стоит

$$A = \eta Q = \eta UI t N = 4,71 \left(\frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} \right) \cdot \frac{220 \cdot 10}{10^3} (\text{кВт}) \cdot 12 (\text{ч}) \cdot 30 = 3730 \text{ рублей}$$

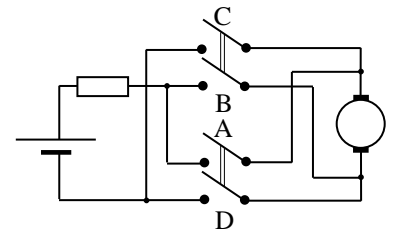
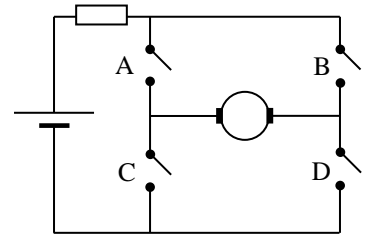
где $N = 30$ дней.

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильное соотношение для мощности, потребляемой нагревателем от сети - 1 балл
2. Правильно определен суточный расход электроэнергии – 1 балл
3. Правильная формула для стоимости суточного расхода электроэнергии – 1 балл
4. Правильная формула – 1 балл
5. Правильный числовой ответ – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

5. Основная идея реверсного подключения двигателя постоянного тока заключается в использовании мостовой цепи (см. схему цепи на рисунке 1), причем двигатель нужно включить в «мост» цепи. Тогда при замыкании выключателей А и D и размыкании выключателей В и С ток через двигатель течет слева направо, а при замыкании выключателей В и С и размыкании выключателей А и D ток через двигатель течет справа налево (т.е. в этих случаях двигатель вращается в разные стороны). При замыкании или размыкании всех выключателей ток через двигатель не течет, двигатель не вращается. Таким образом, с помощью двух кнопок выключателей с самовозвратом нужно осуществить показанное подключение.



Одновременно разрывать два провода можно, например, с помощью соединения, схема которого показана на рисунке 2.

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильная основная идея составления нужной цепи – смена направления тока через двигатель - 1 балл
 2. Правильная принципиальная идея цепи – включение двигателя в мостовую цепь с четырьмя выключателями, попарно замыкающими подводящие к мосту провода – 1 балл
 3. Правильное использование выключателя с самовозвратом на 2 провода – 1 балл
 4. Правильная итоговая цепь – 1 балл
 5. Обоснование заданной работы реверсного подключения – 1 балл
- Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

6. Силы, действующие на ползуны, показаны на рисунке. Это силы тяжести $m\vec{g}$ и $2m\vec{g}$, силы реакции направляющих \vec{N}_A и \vec{N}_B , направленные перпендикулярно направляющим, поскольку они гладкие, и силы \vec{T}_A и \vec{T}_B со стороны стержня, которые могут быть направлены только вдоль стержня (так как стержень не имеет массы). Поэтому второй закон Ньютона для ползунов дает

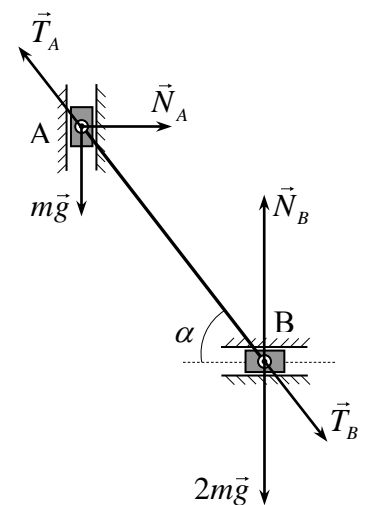
$$m\vec{a}_A = m\vec{g} + \vec{N}_A + \vec{T}_A$$

$$2m\vec{a}_B = 2m\vec{g} + \vec{N}_B + \vec{T}_B$$

или в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси

$$ma_A = mg - T \sin \alpha$$

$$2ma_B = T \cos \alpha \tag{1}$$



Здесь учтено, что модули сил натяжения стержня, действующих на ползуны одинаковы. Найдем связь ускорений ползунов. Поскольку стержень нерастяжим, проекции скоростей концов на стержень равны друг другу. Поэтому

$$v_A \sin \alpha = v_B \cos \alpha$$

Таким образом, в любой момент времени скорости концов связаны соотношением

$$v_B = v_A \operatorname{tg} \alpha$$

А, значит, такой же является и связь ускорений в самый первый момент времени после отпущения ползунов

$$a_B = a_A \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)-(2), получим

$$a_A = \frac{g \cos^2 \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}, \quad a_B = \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

- 1. Правильная расстановка сил, действующих на ползуны - 1 балл**
- 2. Правильный 2 закон Ньютона для ползунов – 1 балл**
- 3. Правильные условия связи сил натяжения и ускорений – 1 балл**
- 4. Правильный ответ для ускорения ползуна А – 1 балл**
- 5. Правильный ответ для ускорения ползуна В – 1 балл**

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценок задач. Максимальная оценка работы – 30 баллов.

Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 30.