

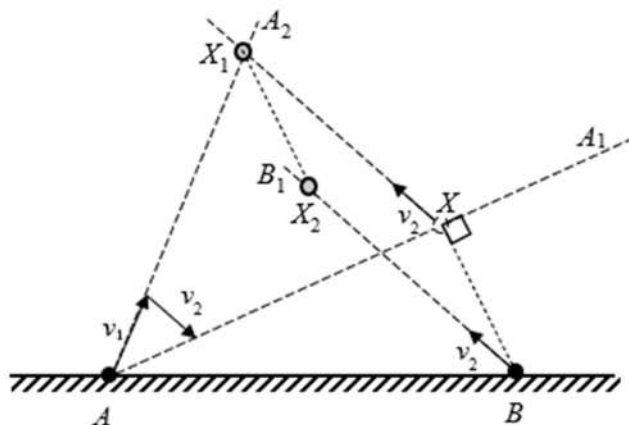
**Первый этап Всесибирской Открытой Олимпиады
Школьников по физике
10 ноября 2024 г.
9 класс**

1. Два катера вышли из пунктов А и В на берегу моря. Пункты отправления катеров и скорости их движения обозначены на карте. Определите графическими построениями положения катеров на этой карте в момент их наибольшего сближения. Предполагается возможность построения параллельных, перпендикулярных прямых и откладывания равных отрезков. Построения должны быть обоснованы.

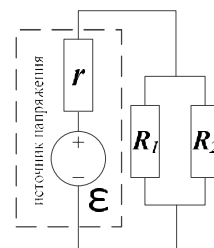


Возможное решение

Первый катер движется вдоль прямой AA_2 (1б), второй – по прямой BB_1 (1б). В системе отсчета второго катера первый движется по линии AA_1 (1б), а второй покоится. Точка X наибольшего сближения первого катера такова, что $BX \perp AA_1$ (2б). Положение этого катера относительно берега будет отличаться от точки X на величину перемещения второго катера (1б) и будет находиться в точке X_1 пересечения AA_2 и линии XX_1 , параллельной BB_1 (2б). Для нахождения точки X_2 положения второго катера откладываем на прямой BB_1 отрезок $BX_2 = XA_2$ (2б).



2. В электрическую цепь включены источник с ЭДС $\varepsilon = 12\text{В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2\Omega$, а также два резистора R_1 неизвестного номинала и $R_2 = 4\Omega$, соединённые параллельно. Определите сопротивление R_1 , при котором суммарная мощность, выделяющаяся во внешней цепи, будет максимальной.



Возможное решение

Максимальная мощность на нагрузке будет выделяться тогда, когда сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника. Докажем этот факт.

Построим зависимость мощности на нагрузке от общего тока в цепи

$$P = UI \quad (1б)$$

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1б)$$

$$U = \varepsilon - Ir \quad (1б)$$

$$P = (\varepsilon - Ir)I = \varepsilon I - I^2 r \quad (1б)$$

Зависимость мощности в цепи имеет параболический характер с явным максимумом (2б). Тогда можем найти ее вершину:

$$I_{\text{вершина}} = \frac{\varepsilon}{2r} \quad (2б)$$

Тогда, становится очевидным, что сопротивление нагрузки должно быть равно внутреннему сопротивлению источника. А значит $R_{\text{экв}} = r$ (1б). Отсюда по вышеуказанной формуле, можно рассчитать, что $R_1 = 4\Omega$ (1б).

3. В резервуаре находится 5 литров воды при начальной температуре 20 °С. На дне резервуара расположены три нагревательных элемента, подключенных параллельно. Параметры нагревательных элементов:

Элемент 1: площадь поперечного сечения 1 см², длина 0,5 м, удельное сопротивление 1,5 Ом·мм²/м.

Элемент 2: площадь поперечного сечения 2 см², длина 0,4 м, удельное сопротивление 1,5 Ом·мм²/м.

Элемент 3: площадь поперечного сечения 1,5 см², длина 0,6 м, удельное сопротивление 1,5 Ом·мм²/м.

С каким напряжением необходимо подключить нагревательные элементы, чтобы вся вода испарилась за 30 минут?

Удельная теплоемкость воды – 4,18 кДж/(кг·°С). Удельная теплота парообразования – 2260 кДж/кг. Плотность воды – 1000 кг/м³.

Возможное решение:

Расчет массы воды:

$$m = 5 \text{ кг}$$

Расчет энергии для нагрева до 100 °С:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T = 5 \text{ кг} \cdot 4,18 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°С)} \cdot (100 - 20) \text{ °С} = 1672 \text{ кДж (16)}$$

3. Расчет энергии для испарения:

$$Q_2 = mL = 5 \text{ кг} \cdot 2260 \text{ кДж/кг} = 11300 \text{ кДж} = 11300000 \text{ Дж (16)}$$

4. Общая энергия:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 = 1672 \text{ Дж} + 11300000 \text{ Дж} = 129720009 \text{ Дж (16)}$$

5. Время нагрева:

$$t = 1800 \text{ с}$$

6. Найдем требуемую мощность:

$$P = Q_{\text{total}}/t = 11301672 \text{ Дж} / 1800 \text{ с} \approx 7206 \text{ Вт (16)}$$

7. Расчет сопротивления каждого элемента:

Для каждого нагревательного элемента используем формулу сопротивления:

$$R = \rho L / S$$

$$R_1 = 0,0075 \text{ Ом (16)}$$

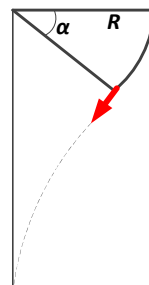
$$R_2 = 0,003 \text{ Ом (16)}$$

$$R_3 = 0,006 \text{ Ом (16)}$$

$R_{\text{total}} \approx 0,0016 \text{ Ом (26)}$. Вычисляем по правилам параллельного соединения.

$$U = \sqrt{P \cdot R_{\text{total}}} \approx 3,37 \text{ В (16)}$$

4. Тарзанка длиной R закреплена над водоемом. В момент прыжка веревка тарзанки была вытянута параллельно горизонту. Турист массы m , проигнорировав технику безопасности, прыгнул вниз, и, оттолкнувшись, сообщил себе дополнительную скорость. В момент, когда тарзанка образовывала угол α относительно начального положения, веревка оборвалась, и, через время t , турист плюхнулся в воду ровно под точкой подвеса. Определите максимальное натяжение веревки тарзанки.

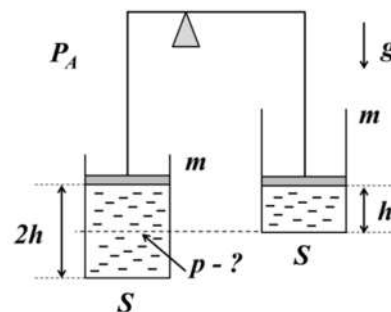


$$v \sin(\alpha) t = R \cos(\alpha) \quad (26) \rightarrow v = \frac{R}{t} \operatorname{ctg}(\alpha) \quad (26)$$

$$\frac{mv^2}{R} = T - mg \sin(\alpha) \quad (36)$$

$$T = \frac{mR(\operatorname{ctg}(\alpha))^2}{t^2} + mg \sin(\alpha) \quad (36)$$

5. Имеется два одинаковых цилиндрических стакана. В левый стакан налито в два раза больше воды, чем в правый. Высота столба воды в правом стакане равна h . Стаканы накрыты одинаковыми поршнями, касающимися поверхности воды на одном горизонтальном уровне. Поршни прикреплены к горизонтальному рычагу, как показано на рисунке. Система покоится. Трение между поршнями и поверхностью стаканов отсутствует. Масса одного стакана m . Площадь дна одного стакана S . Плотность воды ρ . Атмосферное давление P_A . Ускорение свободного падения g . Найдите давление воды в левом стакане на уровне дна правого стакана.



Возможное решение

Левый стакан покоится, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю (2 балла). Обозначим давление воды на дно левого стакана буквой P_1 . Запишем второй закон Ньютона для левого стакана (2 балла):

$$mg + P_1 \cdot S = P_A \cdot S$$

Тогда давление воды на дно левого стакана равно:

$$P_1 = P_A - mg/S$$

Правый стакан такой же, как и левый, поэтому из последнего равенства следует, что давление воды на дно правого стакана будет таким же, как и на дно левого стакана (2 балла).

Искомое давление воды в левом стакане на уровне дна правого стакана обозначим буквой p . Гидростатическое давление возрастает с глубиной, поэтому давление на дно левого стакана запишем следующим образом (2 балла):

$$P_1 = p + \rho gh$$

Тогда давление воды в левом стакане на уровне дна правого стакана равно:

$$p = P_1 - \rho gh$$

Применяя найденное ранее выражение для P_1 , запишем ответ (2 балла):

$$p = P_A - mg/S - \rho gh$$

Ответ

$$p = P_A - mg/S - \rho gh$$

Возможные критерии оценивания

Критерий	Балл
Описано условие равновесия одного из стаканов: сумма сил равна нулю	2
Записан второй закон Ньютона для одного из стаканов	2
Сделан вывод: давление на дно левого и правого стакана одинаково	2
Давление на дно левого стакана выражено через искомое давление	2
Получен ответ	2