

Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

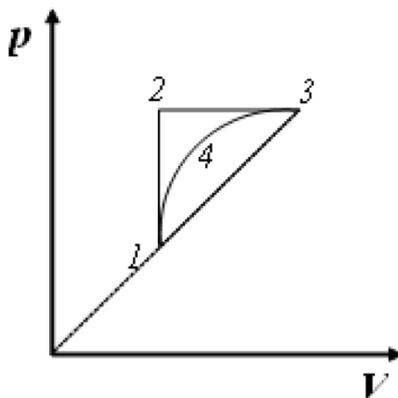
11 класс, 2023 год

1. «Горе-экспериментаторы» решили изготовить линзу из подручных материалов для получения огня. Нашли два сферических тонких стекла разных радиусов, соединили их, как показано на рисунке, и залили пространство между ними водой. Проверили систему, она сработала. Воду из линзы вылили и опустили линзу в большую емкость с керосином, так, что внутрь линзы керосин не попал. Как и во сколько раз изменилась оптическая сила системы? Показатель преломления воды принять равным 1,33, воздуха — 1, керосина — 1,39.



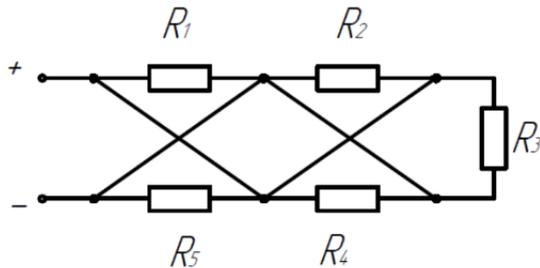
$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\left(\frac{n_{\text{керосин}}}{1 - \frac{r_1}{n_{\text{стекло}}}} \right)}{\left(\frac{n_{\text{вода}}}{1 - \frac{r_2}{n_{\text{стекло}}}} \right)}$$

2. Двухатомный идеальный газ участвует в процессах 1-2-3-1 и 1-4-3-1, графики, которых изображены на $p(V)$ диаграмме. Кривая процесса 1-4-3 представляет из себя дугу окружности. Известно, что термодинамические КПД циклов: η_1 и η_2 , соответственно. Найдите отношение работ, совершаемых в циклах 1-2-3-1 и 1-4-3-1.



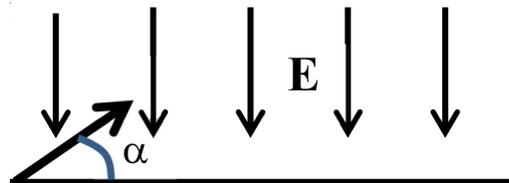
$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\epsilon_V}{\epsilon_V}$$

3. Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи постоянного тока, представленной на рисунке, если сопротивления при нормальных условиях ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) равны $R_1 = 1\text{ Ом}$, $R_2 = 2\text{ Ом}$, $R_3 = 3\text{ Ом}$, $R_4 = 4\text{ Ом}$, $R_5 = 5\text{ Ом}$. Во сколько раз изменится сопротивление схемы с повышением температуры до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, если резисторы выполнены из меди, а температурный коэффициент меди равен $0,043\text{ К}^{-1}$? Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь. Ответ округлить до сотых.



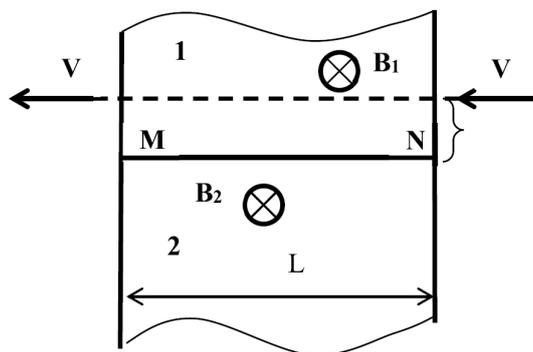
$$R_{\text{экв}} = 0,44\text{ Ом}; \text{ в } 3,16\text{ раз}$$

4. В области полупространства с плоской границей создано электрическое поле, векторы напряжённости которого направлены перпендикулярно к границе (см. рис.), а их величина прямо пропорциональна расстоянию до границы. В эту область под некоторым углом α к границе влетает положительно заряженная микрочастица. Определите тангенс величины этого угла, если известно, что частица вылетела из области на расстоянии (от точки входа вдоль плоскости границы) в 2 раза большем, чем максимальное расстояние, на которое частица углубилась в область поля. Излучением и влиянием силы тяжести пренебречь.



$$\frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{z}{\sqrt{1-z^2}}$$

5. Положительно заряженная микрочастица, при движении справа налево по прямой траектории (см. рис.), влетает в область, где создано магнитное поле. Эта область имеет форму длинной полосы ширины L , перпендикулярной к траектории частицы. Она состоит из двух частей 1 и 2, в каждой из которых создано однородное магнитное поле, а векторы полей \vec{B}_1 и \vec{B}_2 направлены от наблюдателя и перпендикулярно к вектору скорости частицы. Граница частей MN параллельна траектории частицы. Частица влетает в область 1 на расстоянии S от границы MN и вылетает из магнитного поля, двигаясь по той же траектории. Известно, что при движении в магнитном поле частица один раз побывала в области 2. Определите отношение ширины полосы магнитного поля L к расстоянию S при условии, что время движения частицы в области 1 в 6 раз больше времени её движения в области 2, а отношение величин индукций полей равно $B_2/B_1 = 3$. Считать, что области полей имеют четкие границы, излучением и влиянием силы тяжести пренебречь.



$$62300869L'0 = \frac{(v \cos \alpha - 1)}{\sin \alpha} \left(\frac{v_H}{c} - 1 \right) z = \frac{S}{7}$$

6. Атмосфера некоторой планеты состоит из плотного облака неподвижной, относительно планеты, звездной пыли. Для исследования данной планеты был отправлен надежный космический аппарат «шарик», массой M , и имеющий форму сферы, радиусом R . Опускаясь на поверхность планеты «шарик» двигался равномерно со скоростью v с выключенными двигателями. Забирая небольшие порции «звездной пыли» из атмосферы планеты, «шарик» установил, что плотность пыли зависит от расстояния до центра планеты r по закону $\rho = \frac{\alpha}{r^2}$, α — известная константа. Найдите по данным собранным «шариком» массу планеты. Считать удары пылинок о космический аппарат абсолютно упругими.

$$\frac{Mv}{c^2} = w$$

7. Ситуационная задача. В медицине часто используются суспензии — вещества, представляющие собой взвесь твердых частиц в жидкости. В лаборатории проводится исследование суспензии, полученной на основе воды. Для опыта взяли суспензию, высота столба которой равна 0,2 м. В начальный момент времени частицы сферической формы распределены в жидкости равномерно. Плотность материала частиц 2800 кг/м^3 . В таблице приведены диаметральный размеры частиц и массовые доли фракций, полученные в начальный момент времени.

| $d, \text{ мм}$ | $q, \%$ |
|-----------------|---------|
| 0,1 | 25 |
| 0,01 | 35 |
| 0,001 | 40 |

В течение какого времени после встряхивания можно набрать суспензию шприцом, не касаясь дна сосуда, чтобы в шприце оказались частицы всех имеющихся размеров? Каким должен стать дисперсный состав (массовые доли частиц каждого размера) осадка через 5 секунд после начала сепарации суспензии методом отстаивания, если принять, что в данном опыте все частицы находятся в равновесном состоянии?

Дополнительные сведения: коэффициент гидродинамического сопротивления движущейся в жидкости сферической частицы C_y равен 0,4. Сила сопротивления $Y = SC_y\rho\frac{v^2}{2}$, где S — площадь поперечного сечения частицы, C_y — коэффициент лобового сопротивления, ρ — плотность жидкости, v — скорость оседания частицы.

2,6 z