

Задача 1

По поверхности стоящего неподвижно небольшого школьного глобуса радиусом $R = 9$ см бежит маленький таракан с постоянной по модулю скоростью $V = 3$ см/с. По отношению к разметке глобуса его скорость все время направлена на северо-восток. Каково по модулю ускорение таракана в тот момент, когда он наступает на кружочек, соответствующий положению Санкт-Петербурга ($\varphi = 60^\circ$ северной широты)? Глобус не вращается.

Ответ: модуль ускорения таракана в указанный момент равен $a = \frac{V^2}{R} \sqrt{\frac{5}{2}} = \sqrt{\frac{5}{2}} \approx 1,58$ см/с².

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

1. Проекция ускорения на направление к центру глобуса равна $a_1 = V^2/R$ 1,5 балла.
2. От кружочка до места пересечения касательной линии с осью глобуса расстояние $\frac{R}{\sqrt{3}}$ 1,5 балла.
3. Через время τ таракан сместится в направлении «на восток» на расстояние $\frac{V\tau}{\sqrt{2}}$ 1 балл.
4. И на такое же расстояние сместится в направлении «на север» 1 балл.
5. Угол между касательными линиями равен $\sqrt{\frac{3}{2}} \frac{V\tau}{R}$ 2,5 балла.
6. Вторая составляющая ускорения $a_2 = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{V^2}{R}$ 2,5 балла.
7. $a = \frac{V^2}{R} \sqrt{\frac{5}{2}} \approx 1,6$ см/с² 1 балл.

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 2

Через шершавый цилиндрический шкив радиусом R с горизонтальной осью вращения была перекинута длинная невесомая и нерастяжимая верёвка, к концам которой прикреплены грузы массами m и $5m$. Шкив, приводимый в движение электромотором, равномерно вращался с угловой скоростью ω , и грузы висели на одном уровне, не смещаясь по вертикали. В момент времени $t = 0$ направление вращения шкива быстро изменилось на противоположное.

- 1) Какую мощность развивал электромотор до смены направления вращения шкива?
- 2) С какими по модулю ускорениями сразу после смены направления вращения двигались грузы?
- 3) Как модули ускорений грузов зависели от времени после смены направления вращения шкива?

Примечание: отношение модулей сил натяжения легкой веревки по разные стороны от шкива зависит только от коэффициента трения между шкивом и веревкой.

Ответ: 1) до смены направления вращения шкива электромотор развивал мощность $N = 4MgR\omega$; 2) сразу после смены направления вращения модули ускорений грузов были равны $a = 12g/13$; 3) после смены направления вращения шкива модули ускорений грузов изменялись по закону: $a = 12g/13$ при $0 < t < 13\omega R/(12g)$ и $a = 0$ при $t \geq 13\omega R/(12g)$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

1. Отношение модулей сил натяжения веревки по одну и по другую сторону от него равно отношению масс грузов 1,5 балла.

- | | |
|--|-------------|
| 2. $N = 4MgR\omega$ | 1,5 балла. |
| 3. $5ma = 5mg - T$ | 1,5 балла. |
| 4. $ma = 5T - mg$ | 1,5 балла. |
| 5. $a = 12g/13$ | 0,75 балла. |
| 6. $t = \omega R/a = 13\omega R/(12g)$ | 0,75 балла. |
| 7. $a = 12g/13$ при $0 < t < 13\omega R/(12g)$ и $a = 0$ при $t \geq 13\omega R/(12g)$ | 2,5 балла. |
- ВСЕГО: 10 баллов.**

Задача 3

В цилиндрическом сосуде с площадью основания S находится ν молей идеального одноатомного газа, отделенного от окружающей среды невесомым поршнем. Коэффициент трения между поршнем и стенками сосуда равен μ . В начальном состоянии газ имеет объем V_0 , температуру T_0 и давление, равное давлению окружающей среды. При медленном нагревании газа поршень начинает смещаться, когда температура газа возрастает до значения $1,2T_0$. После достижения температуры $2T_0$ нагрев прекращают, и газ остывает до исходной температуры T_0 . Найдите

- 1) конечный объем газа;
- 2) количество теплоты, которое было подведено к газу в процессе его нагревания;
- 3) модуль силы реакции, действующей со стороны стенок сосуда на поршень.

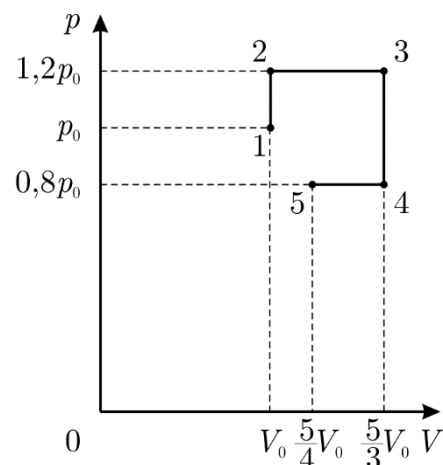
Ответ: 1) конечный объем газа равен $V_5 = \frac{5}{4}V_0$; 2) в процессе нагревания к газу было подведено количество теплоты $\Delta Q = 2,3\nu RT_0$; 3) модуль силы реакции, действующей со стороны стенок сосуда на поршень, равен $N = \frac{0,2p_0S}{\mu} = \frac{0,2\nu RT_0S}{V_0\mu}$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

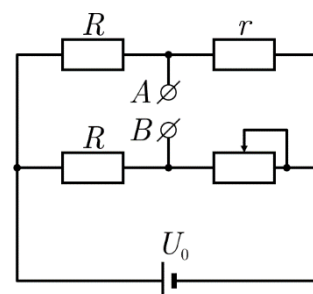
- | | |
|--|------------|
| 1. $\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_2V_0}{T_0} = \frac{p_2V_3}{2T_0}$ | 1,5 балла. |
| 2. $p_4 = p_5 = 0,8p_0$ | 2 балла. |
| 3. $V_5 = \frac{5}{4}V_0$ | 1,5 балла. |
| 4. Правильный график | 1 балла. |
| 5. $Q = \Delta U_{13} + A$ | 0,5 балла. |
| 6. $Q = 2,3\nu RT_0$ | 1,5 балл. |
| 7. $1,2p_0S = p_0S + \mu N$ | 1,5 балл. |
| 8. $N = \frac{0,2\nu RT_0S}{V_0\mu}$ | 0,5 балла. |

ВСЕГО: 10 баллов.



Задача 4

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивления постоянных резисторов не известны, а сопротивление переменного резистора может изменяться в широком диапазоне – от нуля до значений, значительно превосходящих сопротивления других резисторов. Батарейка идеальная. Между контактами A и B сначала подключают идеальный вольтметр, который не только измеряет напряжение (напряжение холостого хода), но и показывает его полярность. Затем вольтметр отключают и подключают вместо него идеальный амперметр, измеряющий силу тока (ток короткого замыкания) и показывающий его направление. Такие же измерения проводят при разных значениях сопротивления переменного резистора – от очень маленьких до очень больших. В результате



измерений обнаружилось, что значения напряжений холостого хода лежат в интервале от -2 В до $+4$ В, а значения тока короткого замыкания от -30 мА до $+15$ мА. При этом отрицательным токам соответствуют отрицательные напряжения, а положительным – положительные. Определите по этим данным сопротивления r и R резисторов и напряжение U_0 батарейки.

Ответ: сопротивления резисторов равны $R = 200$ Ом и $r = 100$ Ом; напряжение батарейки $U_0 = 6$ В.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

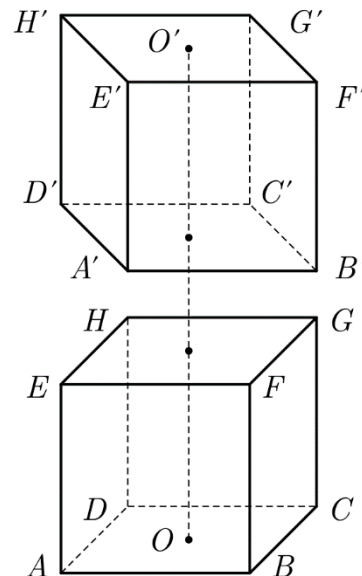
- Показания приборов при очень большом сопротивлении переменного резистора
 - $U_V = \frac{U_0 R}{R + r}$ 1 балл.
 - $I_A = \frac{U_0}{R + 2r}$ 1 балл.
- Показания приборов при очень маленьком сопротивлении переменного резистора
 - $U_V = \frac{U_0 r}{R + r}$ 1 балл.
 - $I_A = \frac{U_0}{R}$ 1 балл.
- $2 \text{ В} = \frac{U_0 r}{R + r}$ (если выбор значения «2 В» для подстановки
в данную формулу обоснован) 1,25 балла.
- $4 \text{ В} = \frac{U_0 R}{R + r}$ (если выбор значения «4 В» для подстановки
в данную формулу обоснован) 1,25 балла.
- $30 \text{ мА} = \frac{U_0}{R}$ (если выбор значения «30 мА» для подстановки
в данную формулу обоснован) 1,25 балла.
- $15 \text{ мА} = \frac{U_0}{R + 2r}$ (если выбор значения «15 мА» для подстановки
в данную формулу обоснован) 1,25 балла.
- $R = 200$ Ом 0,4 балла.
- $r = 100$ Ом 0,4 балла.
- $U_0 = 6$ В 0,2 балла.

В случае, если выбор значений токов (напряжений) в пунктах 3–6 не обоснован (сделан случайно), и при этом получено правильное решение, то за задачу ставится не более 8 баллов.

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 5

Два одинаковых проводящих кубика с общей осью OO' расположены таким образом, что ребра AD и $A'D'$ составляют угол $\pi/4$ друг с другом (см. рисунок). Нижнему и верхнему кубикам сообщены заряды $+3q$ и $-q$ соответственно, при этом разность потенциалов кубиков равна $\Delta\varphi$. Кубики соединяют тонким проводником.



1) Какой заряд и в каком направлении протечет по этому проводнику?

2) Какое количество теплоты при этом выделится?

3) Чему будет равна разность потенциалов кубиков, если их зарядить, сообщив им заряды $+q$ и $-q$?

Ответ: 1) по проводнику протечет заряд $+2q$ с нижнего кубика на верхний; 2) при этом выделится количество теплоты $Q = q\Delta\varphi$; 3) разность потенциалов между кубиками, заряженными

зарядами $+q$ и $-q$, будет равна $\Delta\varphi_1 = \frac{\Delta\varphi}{2}$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

- | | |
|---|----------|
| 1. По проводнику протечет заряд $+2q$ с нижнего кубика на верхний | 2 балла. |
| 2. Полная работа, совершаемая электрическими силами пропорциональна площади под графиком $\Delta\varphi'(q')$ | 2 балла. |
| 3. $Q = \frac{1}{2} \Delta\varphi \cdot 2q = q\Delta\varphi$ | 1 балла. |
| 4. $Q = \frac{1}{2} C \Delta\varphi^2$ | 2 балла. |
| 5. $C = \frac{2Q}{\Delta\varphi^2} = \frac{2q}{\Delta\varphi}$ | 1 балл. |
| 6. $\Delta\varphi_1 = \frac{q}{C} = \frac{\Delta\varphi}{2}$ | 2 балла. |

ВСЕГО: 10 баллов.