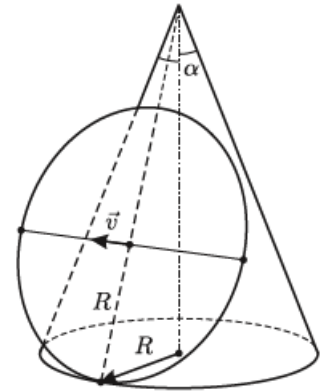


Московская олимпиада школьников по физике

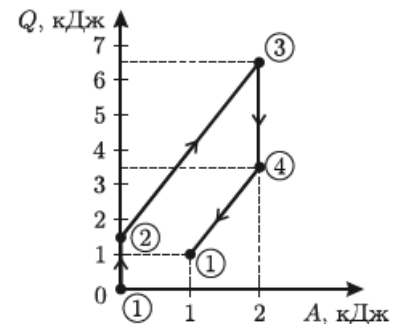
11 класс, второй тур, 2009 год

ЗАДАЧА 1. Тонкий диск катится по горизонтальной плоскости без скольжения, опираясь в каждый момент времени по диаметру своего основания на гладкую боковую поверхность прямого кругового конуса, стоящего на этой плоскости. Угол при вершине конуса равен 2α , радиус основания конуса равен радиусу диска (см. рисунок). Определить скорости крайних точек горизонтального диаметра диска, если его центр движется со скоростью v . Есть ли на диске точки, движущиеся с большей скоростью, чем крайние точки горизонтального диаметра?



См. конец листка

ЗАДАЧА 2. На рисунке изображён график циклического равновесного процесса 1–2–3–4–1, проводимого над идеальным одноатомным газом в количестве $\nu = 0,5$ моль. По горизонтальной оси отложена работа A , совершённая газом с момента начала процесса, по вертикальной оси — полученное газом количество теплоты Q . Перерисуйте график в координатах «давление p — объём V » и определите КПД, а также максимальную и минимальную температуры газа в данном цикле.

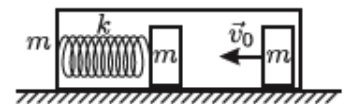


$$n \approx 1,4 \approx \frac{5}{2} \Rightarrow T_{\text{max}} = 960 \text{ K}, T_{\text{min}} = 240 \text{ K}$$

ЗАДАЧА 3. Из тонкой жёсткой проволоки изготовили кольцо радиусом R , которое закрепили так, чтобы его плоскость была горизонтальна. На кольцо нанесли заряд Q . На оси кольца на высоте h над ним удерживают маленький шарик массой m , имеющий одноимённый с кольцом заряд q . Какую по модулю скорость надо сообщить шарика, толкнув его вверх, чтобы он, двигаясь по вертикали, пролетел в дальнейшем сквозь кольцо?

См. конец листка

ЗАДАЧА 4. На гладком столе стоит коробка массой m (см. рисунок). В коробке находятся два бруска, масса каждого из которых также равна m . Трения в системе нет. Левый брусок соединён с коробкой лёгкой горизонтальной пружиной жёсткостью k . Правому бруску сообщили скорость v_0 в направлении левого бруска. При столкновении бруски слипаются и движутся дальше как одно целое. Найдите максимальную скорость коробки и максимальное сжатие пружины при дальнейшем движении.



$$v_{\text{max}} = \frac{v_0}{2}, \Delta l_{\text{max}} = \frac{m v_0^2}{2k}$$

ЗАДАЧА 5. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием F и зеркального шарика радиусом R , центр которого находится на главной оптической оси линзы на расстоянии d от неё. Определить расстояние a от линзы до точечного источника света S , расположенного на оптической оси системы, если изображение источника в данной системе совпадает с самим источником.

$$a \geq R \text{ или } \text{иначе лэн}; F + R \geq p > F \text{ или } \frac{a-p}{p \cdot a} = v; F + R < p \text{ или } \frac{a-p}{(R-p) \cdot a} = v \text{ и } \frac{a-p}{p \cdot a} = v$$

Ответ к задаче 1

Мгновенная ось ℓ вращения диска проходит через точку касания диска с горизонтальной плоскостью и точку пересечения вертикальной оси конуса с главной осью симметрии диска.

Скорости крайних точек горизонтального диаметра диска:

$$u = v \sqrt{\frac{3 - \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}};$$

вектор \vec{u} составляет с диаметром диска угол

$$\beta = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{2}{1 - \sin \alpha}}$$

в плоскости, проходящей через данный диаметр перпендикулярно оси ℓ .

На краю диска есть точки, движущиеся с большей скоростью; они расположены на концах горизонтальных хорд, проходящих выше центра диска.

Ответ к задаче 3

Используются обозначения:

x_1 — наименьший корень уравнения

$$\frac{(R^2 + x^2)^{3/2}}{x} = \frac{kQq}{mg};$$

x_2 — наибольший корень уравнения

$$x + \frac{kQq}{mg\sqrt{R^2 + x^2}} = \frac{R^2 + 2x_1^2}{x_1}.$$

Если $\frac{kQq}{mgR^2} \leq \frac{3\sqrt{3}}{2}$ или $h \notin [x_1; x_2]$, то $v_{\min} = 0$. Если же $\frac{kQq}{mgR^2} > \frac{3\sqrt{3}}{2}$ и $h \in [x_1; x_2]$, то

$$v_{\min} = \sqrt{2g(x_1 - h) + \frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + x_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right)}.$$