

Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

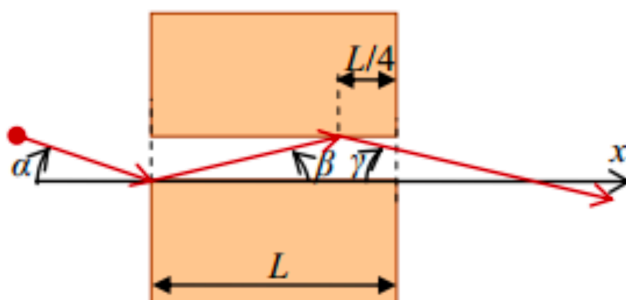
11 класс, 2023 год

Билет 7

Задание 1

ВОПРОС. Цилиндрическая однородная шайба, скользящая без вращения по гладкому горизонтальному льду, сталкивается с покоящимся гладким бруском. Будут ли вращаться шайба и брусок после удара? Ответ объяснить.

ЗАДАЧА. Два одинаковых гладких однородных бруска, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда, лежат на гладкой горизонтальной поверхности строго «напротив» друг друга так, что их боковые грани параллельны. Масса каждого из брусков $M = 280$ г, их толщина (размер по вертикали) мала по сравнению с горизонтальными размерами.



Маленькая однородная цилиндрическая шайба такой же высоты попадает в зазор между брусками (см. рис.), скользя без вращения по поверхности в направлении под углом $\alpha = 2,6^\circ$ к соседним граням брусков (к оси x). Шайба ударяется о край одного бруска, отскакивает под углом $\beta = 2,2^\circ$ к его поверхности, ударяется о второй брусок в точке, расположенной на расстоянии четверти длины брусков от другого края и успевает, не коснувшись более ни одного из брусков, вылететь из зазора под углом $\gamma = 2,0^\circ$ к оси x . Найдите массу шайбы. Все соударения можно считать практически мгновенными и упругими.

$$m = \left(\frac{g+v}{g-v} - \frac{\kappa+g}{\kappa-g} \nu \right) \frac{g}{N} \approx \left(\frac{(g+v)_{\text{u18}}}{(g-v)_{\text{u18}}} - \frac{(\kappa+g)_{\text{u18}}}{(\kappa-g)_{\text{u18}}} \nu \right) \frac{g}{N} = m$$

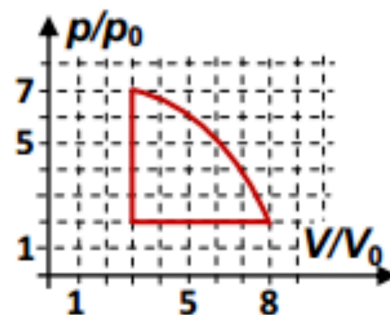
Задание 2

ВОПРОС. Диаграмма процесса над постоянным количеством идеального газа в координатах давление-объём имеет вид параболы. При каких условиях теплоёмкость газа в этом процессе постоянна? Чему может равняться постоянная молярная теплоёмкость, если газ — двухатомный?

ЗАДАЧА. Рабочее тело тепловой машины — постоянное количество двухатомного идеального газа, а его цикл в координатах давление-объём состоит из двух отрезков прямых и участка параболы

$$p = \frac{p_0}{6} \left(36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \right).$$

На каких участках цикла газ получает и отдаёт тепло? Найдите КПД цикла.

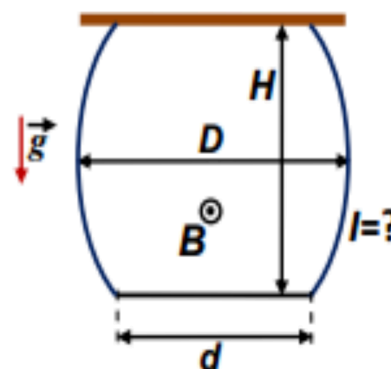


$$\eta \approx \frac{29}{115} = 25\%$$

Задание 3

ВОПРОС. Лёгкий гибкий провод находится на гладкой горизонтальной поверхности и закреплён своими концами в фиксированных точках. Закрепление шарнирное — оно позволяет проводу уходить в любом горизонтальном направлении. В пространстве создано однородное постоянное вертикальное магнитное поле, а по проводу течёт ток. Внешнее поле намного больше, чем поле, создаваемое этим током. Какую форму примет провод? Ответ обосновать.

ЗАДАЧА. Два одинаковых отрезка тонкого лёгкого гибкого провода прикрепили концами к потолку. На других концах подвесили (за края) тонкий металлический стержень длины $d = 0,8$ м с массой $m = 800$ г. Расстояние между точками подвеса проводов к потолку точно равно длине стержня. Когда в пространстве, в котором находилась система, создали однородное постоянное горизонтальное магнитное поле с индукцией $B = 3,5$ Тл, и на верхние концы проводов подали постоянное напряжение, провода приняли вид, показанный на рисунке. При этом расстояние между потолком и стержнем стало равно $H = 1$ м, а наибольшее расстояние между проводами (см. рис.) $D = 1$ м. Найдите величину силы тока, текущего по проводам. Магнитное поле, созданное токами в проводах, намного слабее внешнего. Ускорение свободного падения $g \approx 9,8$ м/с².



$$I = \frac{(2d - 2p + 2H)g}{(p - d)2\mu_0 B} = I$$

Задание 4

ВОПРОС. Тонкая нить лампы длиной 4 мм расположена на расстоянии 90 см от экрана, параллельного нити. Найдите оптическую силу тонкой линзы, с помощью которой на этом экране можно получить четкое изображение нити длиной 8 мм. Ответ запишите с учетом знака.

$$D = 1,5 \text{ дптр}$$

ЗАДАЧА. Небольшой источник света находится на главной оси системы из двух одинаковых тонких линз, расположенных на расстоянии $L_1 = 20$ см друг от друга. Система создаёт изображение предмета с поперечным увеличением $\Gamma_1 = -0,4$ (знак «-» указывает на то, что изображение перевёрнутое, увеличение прямых изображений будем считать положительным). Когда, не трогая источник и ближайшую к нему линзу, другую отодвинули так, что расстояние между линзами увеличилось до $L_2 = 40$ см, поперечное увеличение изображения стало равным $\Gamma_2 = -0,5$. Каким станет поперечное увеличение, если ещё сдвинуть дальнюю линзу, чтобы расстояние между линзами стало равным $L_3 = 80$ см? Какова оптическая сила каждой линзы?

$$\text{длина } \varepsilon_1 z_+ = \frac{(1 - \varepsilon_1 \varepsilon_2) \varepsilon_1 \varepsilon_2 L_1 - \varepsilon_1 \varepsilon_2 L_2 - \varepsilon_1 L_3}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \varepsilon_1} = D; \quad \varepsilon_1 - = \frac{\varepsilon_1 L_1 - \varepsilon_1 \varepsilon_2 L_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (L_3 - L_1)}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \varepsilon_1 L_1} = \varepsilon_1$$