

06 октября 2024 года. Отборочный этап 2024/25

Задачи олимпиады: Физика 10 класс

Решение задачи 1.

$$V_{x,y,z} = v_{x,y,z}(b - ct); s_{x,y,z} = v_{x,y,z} \left( b(t_2 - t_1) - \frac{c}{2}(t_2^2 - t_1^2) \right); |\vec{s}| = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$$

Решение задачи 2.

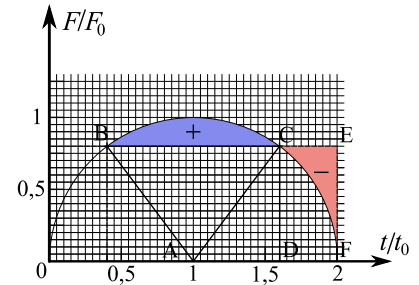
$$\varepsilon = k\omega; \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = k \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}; \omega = \omega_0 + 2\pi kn; a_n = \omega^2 R; a_\tau = \varepsilon R; a_\tau = k\omega R$$

Для случая  $\varepsilon > 0$ :  $\alpha = \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{a_n}{a_\tau} \right); \alpha = \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{\omega_0}{k} + 2\pi n \right);$

для случая  $\varepsilon < 0$ :  $\alpha = 180^\circ - \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \left| \frac{a_n}{a_\tau} \right| \right); \alpha = 180^\circ - \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \left| \frac{\omega_0}{k} + 2\pi n \right| \right)$

Решение задачи 3.

Брусок начнёт двигаться при  $F > F_{\text{тр}}$ . Его конечный импульс можно рассчитать при  $p = (S_+ - S_-)F_0 t_0$ , где  $S_+$  — площадь на рисунке (см. рис.), закрашенная синим цветом со знаком «+»,  $S_-$  — площадь на рисунке, закрашенная красным цветом со знаком «-». (Площадь  $S_+$  можно найти, вычитая из площади соответствующего сектора окружности площадь треугольника ABC. Площадь  $S_-$  можно найти следующим образом: сначала найти площадь части окружности, отсечённую отрезком CD аналогично тому, как была найдена площадь  $S_+$ , а затем вычесть найденную площадь из площади прямоугольника DCEF). Скорость бруска после прекращения действия силы



$$V = p/m$$

Решение задачи 4.

Шайбы разлетаются после столкновения под прямым углом. Из ЗСЭ и ЗСИ относительная убыль кинетической энергии шайбы при одном столкновении  $\frac{\Delta E}{E} = 1 - \cos^2 \alpha$ . После двух последовательных столкновений относительная убыль кинетической энергии шайбы:

$$\frac{\Delta E_1 + \Delta E_2}{E_0} = (1 - \cos^2 \alpha_1 \cdot \cos^2 \alpha_2) \times 100\%$$

Решение задачи 5.

$V_1 = \sqrt{5gl}$  ;  $V_2 = \alpha \cdot V_1$ ;  $T = \beta \cdot mg$ ; Из ЗСЭ, II закона Ньютона и выражения для центростремительного ускорения:

$$h = l \frac{5\alpha^2 - \beta + 1}{3}$$

### Решение задачи 6.

Среднее число соударений молекул в расчёте на единицу площади в единицу времени:

$$z \sim n\bar{v}; \bar{v} \sim \sqrt{T};$$

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

### Решение задачи 7

Относительное движение досок начнётся тогда, когда сила трения, действующая на верхнюю доску со стороны нижней, станет равной  $\mu_2 mg$ . Ускорение досок в этот момент  $a = \mu_1 \frac{x}{L} g = \mu_2 g$ , где  $\mu_1$  — коэффициент трения скольжения нижней доски по горизонтальной плоскости,  $\mu_2$  — коэффициент трения скольжения верхней доски по нижней,  $x = \frac{\mu_2}{\mu_1} L$  — длина части досок на шероховатой плоскости,  $L$  — длина досок,  $g$  — ускорение свободного падения. Из теоремы об изменении кинетической энергии:

$$V = \sqrt{V_0^2 - \frac{\mu_2^2 g L}{\mu_1}}$$

### Решение задачи 8

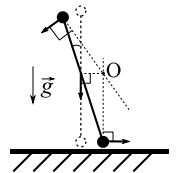
Из II закона Ньютона:

$$T = \frac{l_0}{L} \frac{l}{L} (1 + \mu) \cdot mg$$

где  $l$  — длина вертикальной части шнура,  $L$  — длина шнура,  $m$  — масса шнура,  $\mu$  — коэффициент трения скольжения шнура по столу,  $g$  — ускорение свободного падения.

### Решение задачи 9

При движении стержня, который отклонился от вертикали на заданный угол, скорость центра масс направлена вертикально вниз (см. рис.), а нижнего шарика горизонтально вправо (стрелками на рисунке показаны направления скоростей шариков и центра масс). Мгновенная ось вращения проходит через точку пересечения перпендикуляров к скоростям центра масс и нижнего шарика, при этом перпендикуляры проходят через центр масс и нижний шарик.



Тогда  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{3 \sin^2 \varphi + 1}}{\cos \varphi}$ . Далее, по ЗСЭ находим скорость верхнего шарика:

$$V_1 = \sqrt{\frac{gl(1 - \cos \varphi)(3 \sin^2 \varphi + 1)}{\sin^2 \varphi + 1}}$$

где  $l$  — длина стержня,  $g$  — ускорение свободного падения,  $\varphi$  — угол, который стержень в рассматриваемый момент составляет с вертикалью.

### Решение задачи 10

Из II закона Ньютона для доски и груза и закона сложения ускорений, ускорение груза относительно вертикальной части нити:

$$a_{\text{отн}} = g \left( 1 - \alpha \left( 1 + \left( \frac{M}{m} \right)^{-1} \right) \right); L = V_{0 \text{ отн}} \tau + \frac{a_{\text{отн}} \tau^2}{2}, \text{ где } V_{0 \text{ отн}} \text{ — заданная скорость груза}$$

относительно нити в начальный момент времени. Из данного квадратного уравнения находим время  $\tau$  движения груза до нижнего конца нити (положительный корень квадратного уравнения).

Скорость груза относительно вертикальной части нити в тот момент, когда он соскользнёт с нити:

$$V_{\text{отн}} = V_{0 \text{ отн}} + a_{\text{отн}} \cdot \tau$$