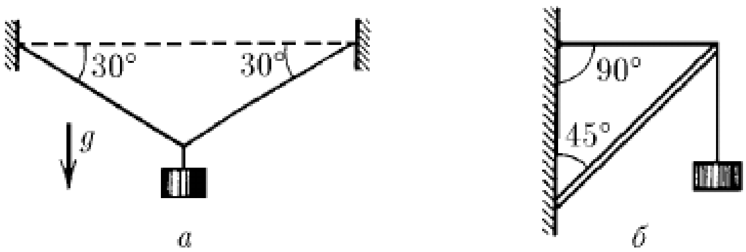
1. Изучить стр. 135-144
http://rl.odessa.ua/media/_For_Liceistu/Physics/Myakishev_Phys-10.pdf

разобраться с условиями равновесия твердого тела !!!!!!

2. Пиьменно решить

◇ **2.8.1.** На рисунке изображены конструкции, которые удерживают груз массы 10 кг. Тросы изображены тонкими линиями, стержень — двойной линией. Определите силу натяжения тросов для случая *а* и силу, действующую на стержень со стороны переброшенного через него троса, для случая *б*.



К задаче 2.8.1

3. Изучить след. примеры

Задача 8

На конце стержня длиной $l = 30$ см прикреплен шар радиусом $R = 6$ см (рис. 17-15). На каком расстоянии x от центра шара находится центр тяжести этой системы, если массы стержня и шара одинаковы?

Дано:
$l = 30$ см
$R = 6$ см

x — ?

Решение. В этом случае плечи C_1C и CC_2 одинаковых сил тяжести тоже будут одинаковы, а значит, одинаковы будут и моменты этих сил, поэтому наступит равновесие.

Расстояние x от центра тяжести C до центра шара C_2 можно определить как половину отрезка C_1C_2. В свою очередь отрезок C_1C_2 равен сумме половины длины стержня $0,5\ l$ и радиуса шара R. Поэтому

$$\boxed{x = \frac{0,5l + R}{2}}$$

Произведем вычисления:

$$x = \frac{0,5 \cdot 30 + 6}{2}\text{ см} = 10,5\text{ см}.$$

Ответ: $x = 10,5$ см.

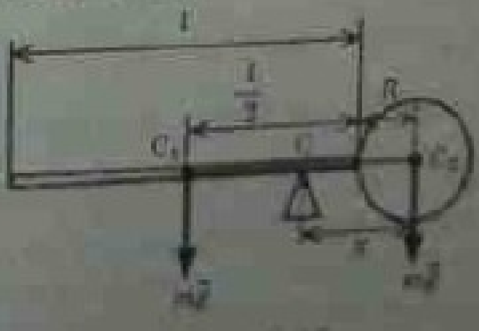


Рис. 17-15

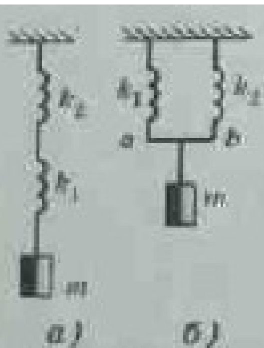


Рис. 17-18

Задача 11

К двум пружинам одинаковой длины с жесткостью k_1 и k_2 каждая, соединенным один раз последовательно (рис. 17-18, *а*), а другой раз – параллельно (рис. 17-18, *б*), подвешивают груз массой m. Найти общее удлинение пружин x и их общую жесткость k в каждом случае. На какое расстояние S опустится груз в каждом случае?

Дано:
k_1
k_2
m
g
x – ?
k – ?
S – ?

Решение. 1) Обратимся к рис. 17-18, *а*). Когда мы растягиваем последовательно соединенные пружины, сила, приложенная к грузу, в случае его равномерного движения по модулю равна силе реакции пружины, т. е. силе упругости $F_{упр}$, приложенной к нижней пружине, которая с такой же по модулю силой упругости действует на верхнюю пружину.

А вот удлинение каждой пружины под действием одинаковой силы упругости будет разным, потому что у них разные жесткости. Общее же удлинение x пружин будет равно сумме удлинений x_1 и x_2 каждой пружины в отдельности: $x = x_1 + x_2$.

По первому закону Ньютона, записанному применительно к грузу в векторной форме, $m\vec{g} + \vec{F}_{упр} = 0$, а в скалярной: $mg = F_{упр}$, где по закону Гука модуль силы упругости $F_{упр} = kx_1$.

Отсюда $x_1 = \frac{F_{упр}}{k_1} = \frac{mg}{k_1}$. Аналогично применительно ко второй пружине: $x_2 = \frac{mg}{k_2}$. Тогда $x = \frac{mg}{k_1} + \frac{mg}{k_2}$ или

$$\boxed{x = mg\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)}$$

Пройденный грузом путь S равен удвоенной деформации пружины: $\boxed{S = 2x}$

Теперь найдем жесткость k. По закону Гука $mg = kx$, поэтому $x = kx\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)$, $1 = k\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)$ или $1 = k\frac{k_2 + k_1}{k_1 k_2}$, откуда $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$.

2) При параллельном соединении пружинок в случае горизонтального положения стержня ab (рис. 17-18, *б*), они растягиваются одинаково. Но, поскольку жесткости пружин разные, то при одинаковом удлинении x силы упругости $F_{упр1}$ и $F_{упр2}$, возникающие в них, будут разными. По первому закону Ньютона, записанному в векторной форме, сумма силы тяжести $m\vec{g}$ и сил упругости $\vec{F}_{упр1}$ и $\vec{F}_{упр2}$, приложенных к грузу, равна нулю: $m\vec{g} + \vec{F}_{упр1} + \vec{F}_{упр2} = 0$, а модуль силы тяжести mg равен сумме модулей сил упругости $F_{упр1}$ и $F_{упр2}$: $mg = F_{упр1} + F_{упр2}$, где по закону Гука $F_{упр1} = k_1 x$ и $F_{упр2} = k_2 x$, поэтому $mg = k_1 x + k_2 x$, откуда $x = \frac{mg}{k_1 + k_2}$. В этом случае путь S равен деформации x: $\boxed{S = x}$

Так как $mg = kx$, то $x = \frac{kx}{k_1 + k_2}$, $1 = \frac{k}{k_1 + k_2}$ и

$$\boxed{k = k_1 + k_2}$$

Задача 9

На наклонной плоскости стоит кубик. Каким должен быть угол α в основании наклонной плоскости, чтобы кубик не опрокинулся?

Решение. Кубик не опрокидывается, если линия действия силы тяжести ab, приложенной к этому телу со стороны Земли, не выходит за пределы контура, ограничивающего площадку, на которую опирается это тело. В предельном случае линия действия силы тяжести $m\vec{g}$ будет пересекать этот контур. Если линия действия силы тяжести выйдет за пределы этого периметра, то тело опрокинется под действием вращающего момента силы тяжести.

Рис. 17-16

В нашем случае максимальным углом α, при котором кубик еще не опрокинется, будет такой угол, при котором линия ab действия силы тяжести $m\vec{g}$ будет пересекать ребро кубика, лежащего на наклонной плоскости. Поскольку искомый угол α равен углу , образованному ребром кубика и его диагональю, как углы со взаимно перпендикулярными сторонами, а угол $\beta = 45°$, то и угол α тоже равен $45°$. Значит, при углах в основании наклонной плоскости, равных $45°$ или меньших $45°$, кубик не опрокинется.

Задача решена.

Ответ: $\alpha \leq 45°$.

Задача 14

Лестница массой m_1 и длиной l приставлена к гладкой вертикальной стене под углом α. На какую высоту h может подняться по лестнице человек массой m_2, если коэффициент трения покоя между лестницей и полом равен k?

Дано:
m_1
l
α
m_2
k
h – ?

Решение. Рассмотрим силы, приложенные к лестнице (рис. 17-21). На нее действуют следующие силы: сила тяжести лестницы $m_1\vec{g}$, вес человека $\vec{P}_2 = m_2\vec{g}$, сила реакции вертикальной стенки $\vec{F}_{N1}$, сила реакции пола $\vec{F}_{N2}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$.

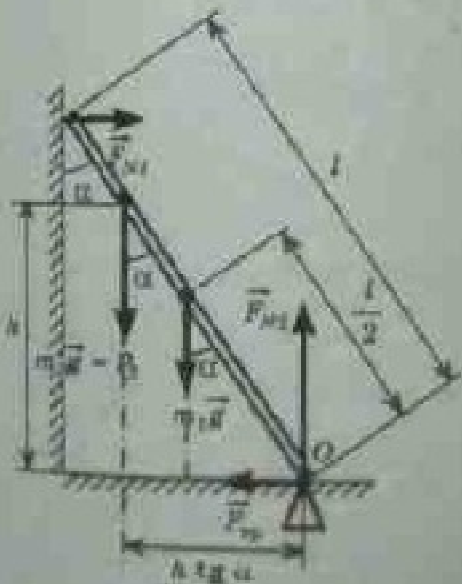


Рис. 17-21

Лестница будет в равновесии, если равнодействующая всех этих сил будет равна нулю и будет равен нулю суммарный момент сил, вращающих лестницу по и против часовой стрелки вокруг точки O, через которую проходит возможная ось вращения лестницы.

Равнодействующая сил, действующих на лестницу, будет равна нулю, если сумма сил тяжести лестницы $m_1\vec{g}$ и веса человека $\vec{P}_2 = m_2\vec{g}$ будет уравновешена силой реакции опоры $\vec{F}_{N2}$, $m_1g + m_2g = F_{N2}$, а также сила трения $\vec{F}_{тр}$ будет уравновешена силой реакции вертикальной стенки $\vec{F}_{N1}$, $F_{тр} = F_{N1}$.

Отсюда следует, что

$$F_{тр} = kF_{N2} = k(m_1g + m_2g) = kg(m_1 + m_2).$$

Суммарный момент сил, вращающих лестницу, будет равен нулю, если сумма моментов сил M_1 и M_2, вращающих лестницу против часовой стрелки вокруг точки O, будет равна моменту M_3 силы F_{N1}, вращающей лестницу по часовой стрелке: $M_1 + M_2 = M_3$.

Здесь M_1 – момент силы тяжести m_1g. По определению момента силы он равен произведению силы тяжести m_1g на ее плечо, которое, как следует из рис. 17-21, равно $\frac{l}{2}\sin\alpha$. Тогда $M_1 = m_1 g \frac{l}{2}\sin\alpha$.

M_2 – момент веса человека P_2. Он равен произведению веса $P_2 = m_2g$ на его плечо, которое, как следует из того же рисунка, равно $h\ \mathrm{tg}\,\alpha$. Тогда $M_2 = m_2gh\ \mathrm{tg}\,\alpha$.

M_3 – момент силы $F_{N1} = F_{тр}$. Он равен произведению силы F_{N1} на ее плечо, которое, как следует из рис. 17-21, равно $l\cos\alpha$. Кроме того, $F_{тр} = kg(m_1 + m_2)$.

С учетом этого

$M_3 = F_{N1}l\cos\alpha$ или $M_3 = kgl(m_1 + m_2)\cos\alpha$.

По правилу моментов сил $M_1 + M_2 = M_3$ запишем:

$$m_1 g\frac{l}{2}\sin\alpha + m_2gh\ \mathrm{tg}\,\alpha = kgl(m_1 + m_2)\cos\alpha.$$

Отсюда, выполнив необходимые преобразования, найдем искомую высоту h:

$m_2h\ \mathrm{tg}\,\alpha = kl(m_1 + m_2)\cos\alpha - 0{,}5m_1l\sin\alpha$,

$$\boxed{h = l\frac{k(m_1 + m_2)\cos\alpha - 0{,}5m_1\sin\alpha}{m_2\mathrm{tg}\,\alpha}}$$

Задача в общем виде решена.

Ответ: $h = l\dfrac{k(m_1 + m_2)\cos\alpha - 0{,}5m_1\sin\alpha}{m_2\mathrm{tg}\,\alpha}$.

Задача 16

Какую минимальную силу F, направленную горизонтально, нужно приложить к катку цилиндрической формы массой m и радиусом R, чтобы перекатить его через ступеньку высотой h?

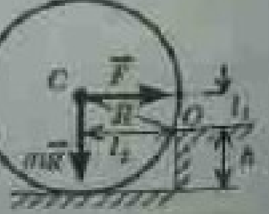


Рис. 17-23

Дано:
m
R
g
h
F – ?

Решение. Чтобы перекатить каток через ступеньку, т. е. чтобы его повернуть вокруг точки опоры O, необходимо выполнение следующего условия: момент силы $\vec{F}$, вращающей каток по часовой стрелке вокруг точки O, должен быть не менее момента силы тяжести $m\vec{g}$, вращающей каток вокруг этой точки против часовой стрелки (рис. 17-23), или хотя бы равен ему. При этом отметим, что момент силы реакции опоры равен нулю, поскольку равно нулю плечо этой силы, проходящей через точку опоры O.

Таким образом, $M_1 = M_2$.

Здесь M_1 – момент силы $\vec{F}$, равный произведению этой силы на ее плечо l_1. Как следует из рис. 17-23, плечо силы $\vec{F}$ равно:

$$l_1 = R - h.$$

M_2 – момент силы тяжести $m\vec{g}$, равный произведению этой силы на ее плечо l_2. Из рис. следует, что плечо силы тяжести

$$l_2 = \sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rh - h^2} = \sqrt{h(2R-h)}.$$

Тогда по правилу моментов сил

$$F(R-h) = mg\sqrt{h(2R-h)}.$$

Отсюда найдем искомую силу F: $\boxed{F = \dfrac{mg\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}}$

Задача в общем виде решена.

Ответ: $F = \dfrac{mg\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}$.