

Сила упругости

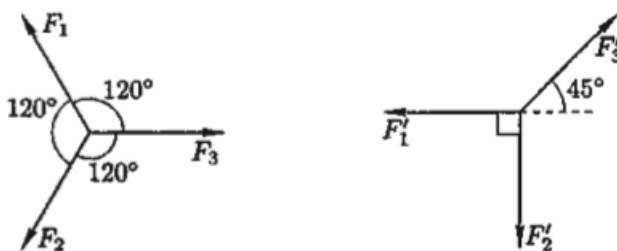
ЗАДАЧА 1. («Покори Воробьёвы горы!», 2017, 10–11) Два отрезка лески изготовлены из одинакового материала. При этом диаметр первой лески в два раза меньше, чем у второй, а длина — в два раза больше. Под весом прикреплённого к концу лески груза первая леска растянулась на 4 мм (что значительно меньше её длины). Какой будет величина деформации второй лески, если на ней подвесить тот же груз?

$$\Delta l = 8 \text{ мм}$$

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2017, ШЭ, 10) Лёгкая пружина жёсткостью $k = 40 \text{ Н/м}$ состоит из $N = 40$ витков. Определите, на сколько сантиметров увеличится расстояние между двенадцатым и двадцать пятым витками вертикально расположенной пружины, если к ней подвесить груз массой $m = 600 \text{ г}$. Модуль ускорения свободного падения считайте равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$\Delta l = \frac{(1-N)mg}{k} = 0,5 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 2005, финал, 9) Три резиновых шнура связывают вместе и медленно растягивают в разные стороны (рис. слева). В некоторый момент длины всех трёх шнуров оказываются равны $L_1 = 20 \text{ см}$. Затем шнуры растягивают под другими углами (рис. справа). В этом случае равенство длин шнуров наступает при длине $L_2 = 30 \text{ см}$ каждого из них.

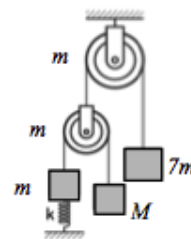


Известна начальная длина самого длинного шнура в недеформированном состоянии: $l = 15 \text{ см}$. Найдите длины двух других шнуров и отношение жёсткостей шнуров. Считайте, что резиновые шнуры подчиняются закону Гука.

$$L_1 : L_2 : L_3 = 3 : 2 : 1, k_1 : k_2 : k_3 \approx 1 : 1,5 : 3$$

ЗАДАЧА 4. (МОШ, 2017, 9) Система, состоящая из закреплённого и подвижного блоков массой $m = 1,0 \text{ кг}$, пружины и нескольких грузов, находится в равновесии. $g = 10 \text{ м/с}^2$. Определите:

- 1) чему равна масса груза M ;
- 2) сжата или растянута пружина;
- 3) чему равна сила упругости пружины.



$$1) M = 3m = 3,0 \text{ кг}; 2) \text{ растянута}; 3) F = 2mg = 20 \text{ Н}$$

ЗАДАЧА 11. («Курчатов», 2016, 9) Пружина расположена вдоль оси X . Один из концов пружины закреплён. Для перемещения второго конца пружины из положения с координатой a в положение с координатой b потребовалось совершить работу A . Для перемещения этого же конца пружины из положения с координатой $2a$ в положение с координатой $2b$ потребовалось совершить работу $1,5A$. Какая работа потребуется для перемещения этого же конца пружины из положения $3a$ в положение $3b$?

V9'I

ЗАДАЧА 12. («Курчатов», 2014, 11) В невесомости грузик массой m подвесили на резинку жёсткостью k и раскрутили с угловой скоростью ω . Найдите относительное удлинение резинки, а также отношение энергии упругой деформации к кинетической энергии груза.

$\frac{m}{k} \omega^2 > 1 \text{ и } \frac{m}{k} \omega^2 < 1 \text{ и } \frac{m}{k} \omega^2 = 1$
--

ЗАДАЧА 13. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Тонкое кольцо радиусом R сделано из материала плотностью ρ и модулем Юнга E . На сколько изменится длина окружности кольца, если его закрутить вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно плоскости кольца с угловой скоростью ω ? Изменения длины считать малыми.

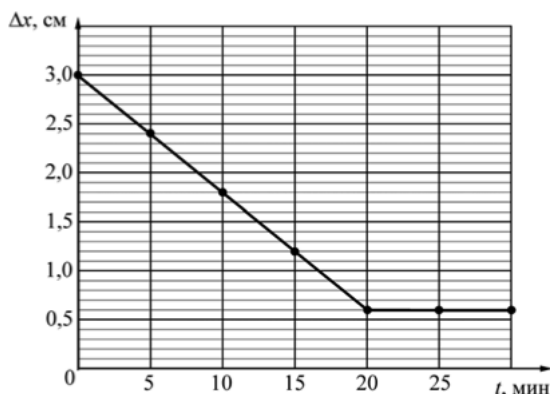
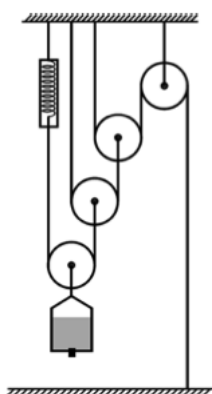
$\Delta l = \frac{E}{\rho} \omega^2 R^3$
--

ЗАДАЧА 14. (МОШ, 2013, 10) Проводя опыты с верёвкой, школьник Вася обнаружил, что её удлинение пропорционально растягивающей силе, причём при силе натяжения $F_0 = 4$ кН удлинение составляет 20% от начальной длины. Вася закрепил концы верёвки на стволах двух деревьев, расположенных на расстоянии $L = 20$ м друг от друга на разных берегах реки. Верёвка оказалась на высоте $0,1L = 2$ м над водой. Груз какой максимальной массы можно прикрепить к середине верёвки, чтобы он в положении равновесия не оказался в воде? Решите задачу в двух случаях:

- (а) длина ненатянутой верёвки равна L ;
 - (б) верёвка вначале натянута с силой $F_0/3$, то есть длина ненатянутой верёвки меньше L .
- Размерами груза можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

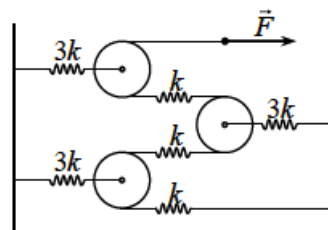
$m \approx 16 \text{ кг} \text{ (а)} \quad m \approx 17,6 \text{ кг} \text{ (б)}$

Задача 15. (МОШ, 2013, 10) На лабораторной работе по физике отличнику Грише и красавице Арише с помощью системы блоков, изображённой на рисунке, требовалось измерить массу воды, налитой в сосуд, который сам был нелёгким. К одной из нитей Гриша прикрепил динамометр, жёсткость пружины которого была известна и равна 1000 Н/м . Гриша налил воды в сосуд и аккуратно измерил удлинение пружины. В этот момент Ариша случайно задела небольшую пробку в дне сосуда и, вооружившись тряпкой, стала ликвидировать растекающуюся по столу воду. Гришу же заинтересовало совсем другое явление — он стал записывать значения удлинения пружины, поглядывая на часы. Используя график, получившийся у ребят, определите, сколько граммов воды в секунду вытекало из сосуда.



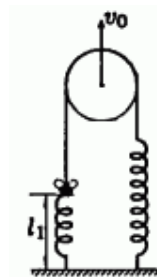
4 г/с

Задача 16. («Росатом», 2017, 8–9) Три одинаковые пружины с коэффициентами жёсткости k связаны кусками невесомой нерастяжимой нити. Полученная нить переброшена через три невесомых блока, привязанных к вертикальным стенам с помощью одинаковых пружин с коэффициентами жёсткости $3k$ (см. рисунок). На конец нити действуют силой F . Насколько переместится при этом конец нити?



$$\frac{y}{xL} = x$$

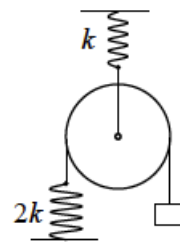
Задача 17. (Всеросс., 2002, ОЭ, 9) Однородную пружину длины L разрезали на две части, одна из которых имеет длину l_1 . Из получившихся кусков пружины, нерастяжимой нити и подвижного блока собрали систему (рис.). На верхний конец пружины длиной l_1 села муха Цокотуха. В некоторый момент времени блок начали поднимать вертикально вверх со скоростью v_0 . С какой скоростью стала подниматься сидящая на конце пружины муха Цокотуха? Трения в блоке нет. Вес мухи Цокотухи, нити, пружины и блока можно не учитывать.



$$\frac{7}{l_1} 0a\zeta = \iota a$$

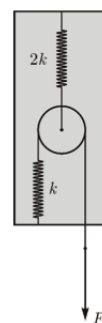
ЗАДАЧА 18. («Росатом», 2016, 9–10) Через блок, прикреплённый к потолку с помощью пружины, перебросили верёвку. К одному концу верёвки прикрепили тело массой m , к другому пружину, второй конец которой закреплён на полу (см. рисунок). Коэффициенты жёсткости пружин равны k и $2k$. На сколько переместится тело по сравнению с положением, когда пружины недеформированы? Массой блока пренебречь.

$$\frac{\Delta z}{\text{выб}} = x$$



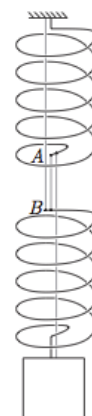
ЗАДАЧА 19. (Всеросс., 2015, РЭ, 10) Внутри чёрного ящика находятся две лёгкие пружины с жесткостями k и $2k$, связанные лёгкой нерастяжимой нитью, и лёгкий подвижный блок (см. рисунок). В начальном состоянии внешняя сила $F = 6$ Н, приложенная к свободному концу нити, обеспечивает деформацию нижней пружины $x = 1$ см. Какую минимальную работу должна совершить внешняя сила, чтобы сместить вниз свободный конец нити ещё на x ?

$$\text{ж} \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta = x \Delta \frac{\Delta}{\Delta} = \Delta$$



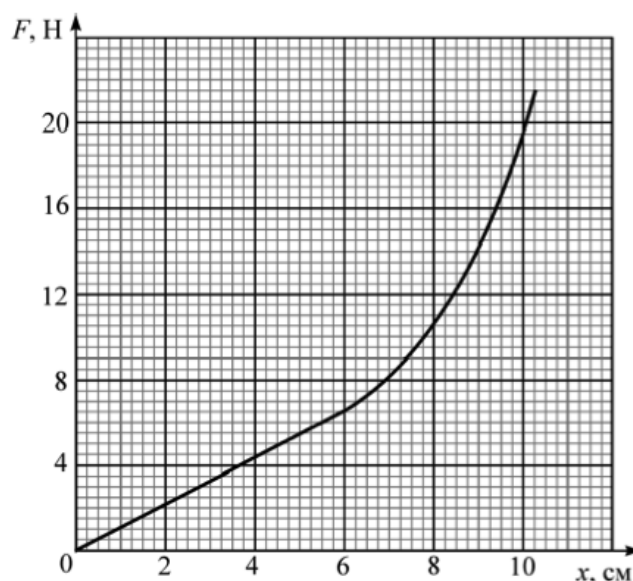
ЗАДАЧА 20. (Всеросс., 2014, РЭ, 10) На двух лёгких одинаковых пружинах, соединённых нитью AB , висит груз массы m . Жёсткость каждой пружины равна k . Между витками пружины протянули ещё две нити: одну прикрепили к потолку и к верхнему концу B нижней пружины, а вторую — к грузу и нижнему концу A верхней пружины (см. рисунок). Эти две нити не провисают, но и не натянуты. Нить AB перерезали. Через некоторое время система пришла к новому положению равновесия. Найдите изменение потенциальной энергии системы.

$$\frac{\Delta \Delta}{\Delta (\Delta \Delta)} = \Delta \Delta$$

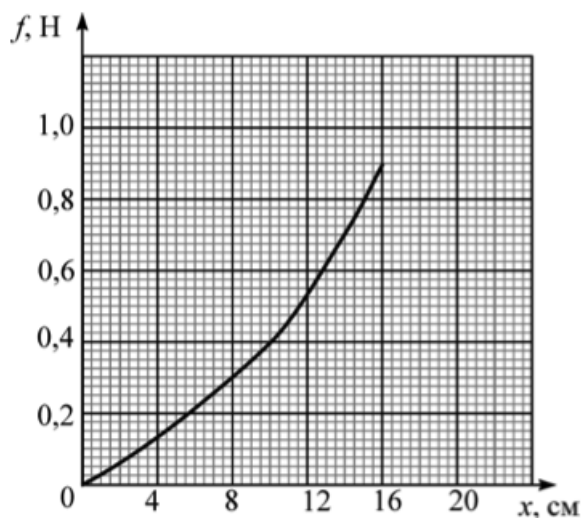


ЗАДАЧА 21. (МОШ, 2012, 2014, 10) На рисунке показан график зависимости модуля силы F растяжения пружины от её удлинения x (при больших деформациях пружина не подчиняется закону Гука). Пружину прикрепляют одним концом к потолку. К другому концу пружины, не деформируя её, аккуратно подвешивают груз массой $m = 650$ г, после чего отпускают груз без начальной скорости. Оцените, на какую максимальную длину растянется пружина. Трением и массой пружины пренебречь, ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

$$\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \approx \Delta x$$



Задача 22. (МОШ, 2012, 11) Резиновый жгут и пружина в нерастянутом состоянии имеют одинаковые длины. Коэффициент жёсткости пружины равен $k = 4$ Н/м. График зависимости модуля f силы растяжения жгута от его удлинения x приведён на рисунке. Пружина и жгут очень лёгкие. Пружину подвешивают за один из концов к потолку, а к её второму концу прикрепляют конец жгута (при этом пружина и жгут оказываются соединёнными последовательно).



1) К свободному нижнему концу жгута прикладывают направленную вниз силу с модулем $F = 0,7$ Н. На какую суммарную величину X растянутся пружина и жгут?

2) Найдите массу m груза, который нужно подвесить к свободному нижнему концу жгута, чтобы суммарное удлинение системы в положении равновесия было равно $L = 20$ см.

3) Оцените энергию E , которая будет запасена в жгуте при подвешивании к его свободному нижнему концу покоящегося груза найденной выше массой m .

4) Груз этой массой m , подвешенный к свободному нижнему концу жгута, заставили свободно колебаться с амплитудой $A = 2$ мм вокруг положения равновесия. Пренебрегая трением, оцените, чему будет равен период таких колебаний груза.

При решении задачи считайте, что ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с².

1) $X = 31,5$ см; 2) $m = 40$ г; 3) $E = 18 \pm 2$ мДж; 4) $T = 0,84 \pm 0,05$ с