

**Механика.  
Динамика.  
6. Силы.**

**СИЛА ВСЕМИРНОГО  
ТЯГОТЕНИЯ.**

# Закон Всемирного Тяготения

Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

$m$  и  $M$  ( $m_1$   $m_2$ ) – массы тел, кг

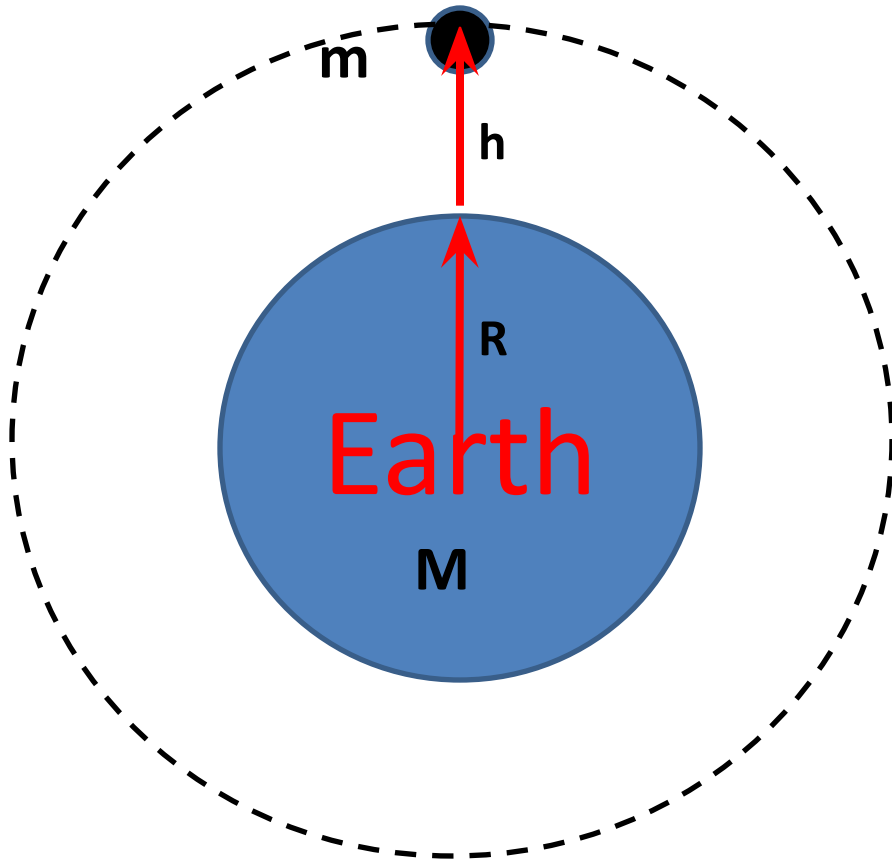
$R$  ( $r$ )- расстояние между телами, м.

# Первая космическая скорость

Минимальная скорость, которую надо сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно стало спутником Земли, движущимся по круговой орбите называется первой космической скоростью.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{(R + h)}}$$

# Первая космическая скорость



$$F_{\text{ц.с.}} = m \cdot a_{\text{ц.с.}}$$

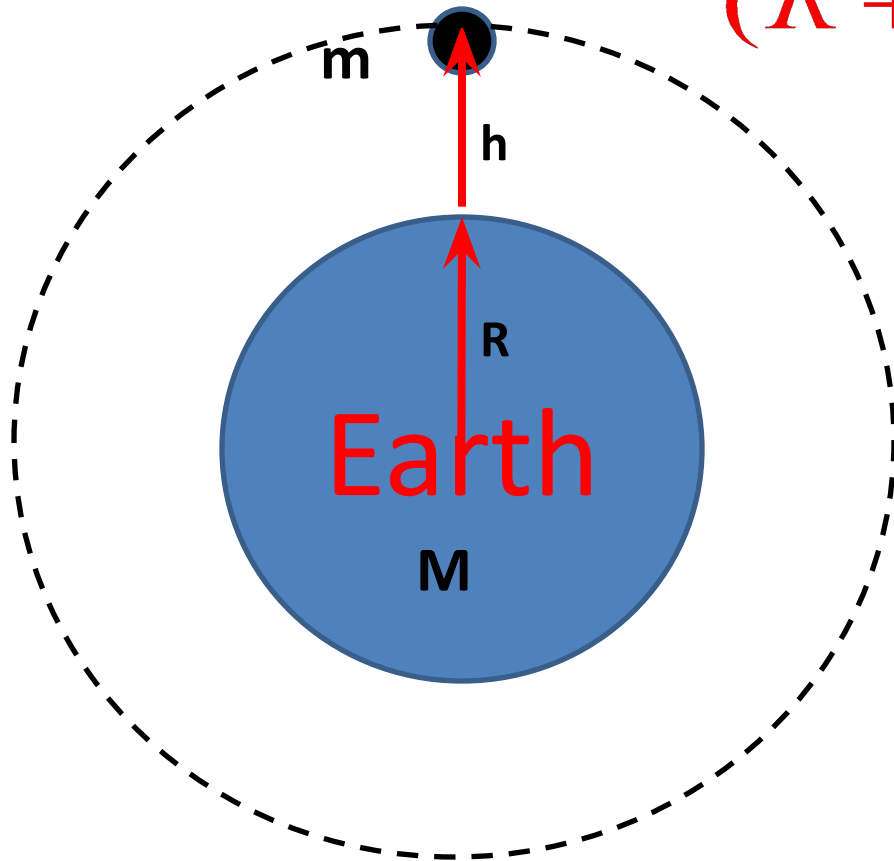
$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{g^2}{(R + h)}$$

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$

$$m \frac{g^2}{(R + h)} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(R + h)^2}$$

# Первая космическая скорость

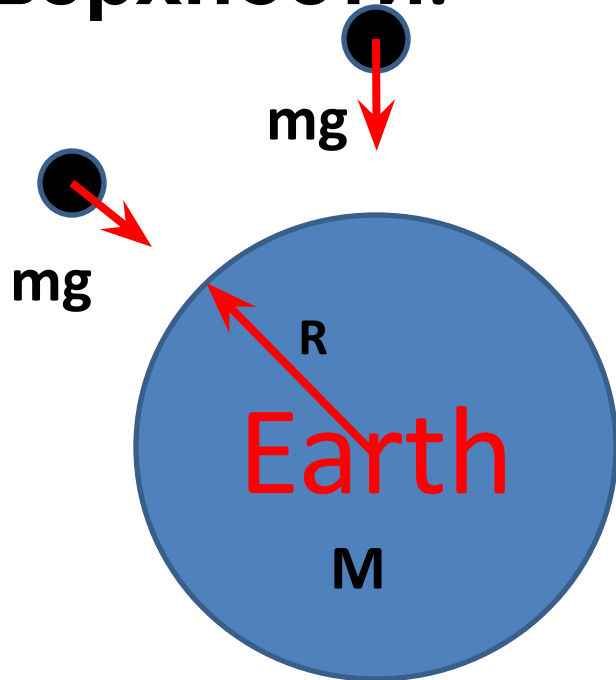
$$m \frac{g^2}{(R + h)} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(R + h)^2}$$



$$g = \sqrt{\frac{GM}{(R + h)}}$$

# Сила Тяжести

Силой тяжести называют силу, с которой Земля притягивает тело, находящееся на ее поверхности или близи этой поверхности.



$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$$

$$F_T = mg$$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

# Вес

Весом тела называют силу, с которой это тело действует на горизонтальную опору или растягивает подвес.

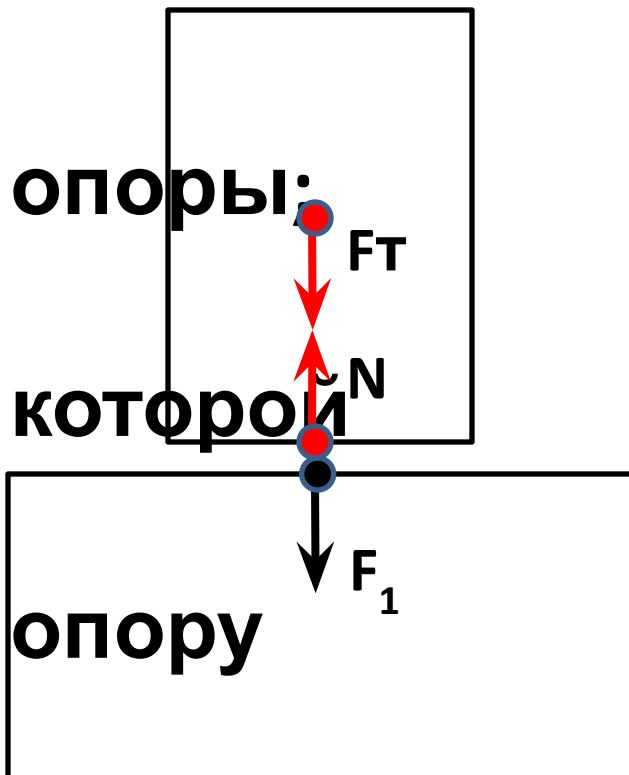
$F_T$  – сила тяжести;

$N$  – сила реакции

$F_1$  – вес тела, с

$\vec{N} = -\vec{F}_1$   
оно действует на

$$N = F_1$$





# Вес

Вес тела равен по модулю силе с которой подвес или опора противодействуют весу тела (3ий Закон Ньютона).

$$\vec{N} = -\vec{F}_1$$

$$N = F_1$$

**СИЛА УПРУГОСТИ.**

# Деформация

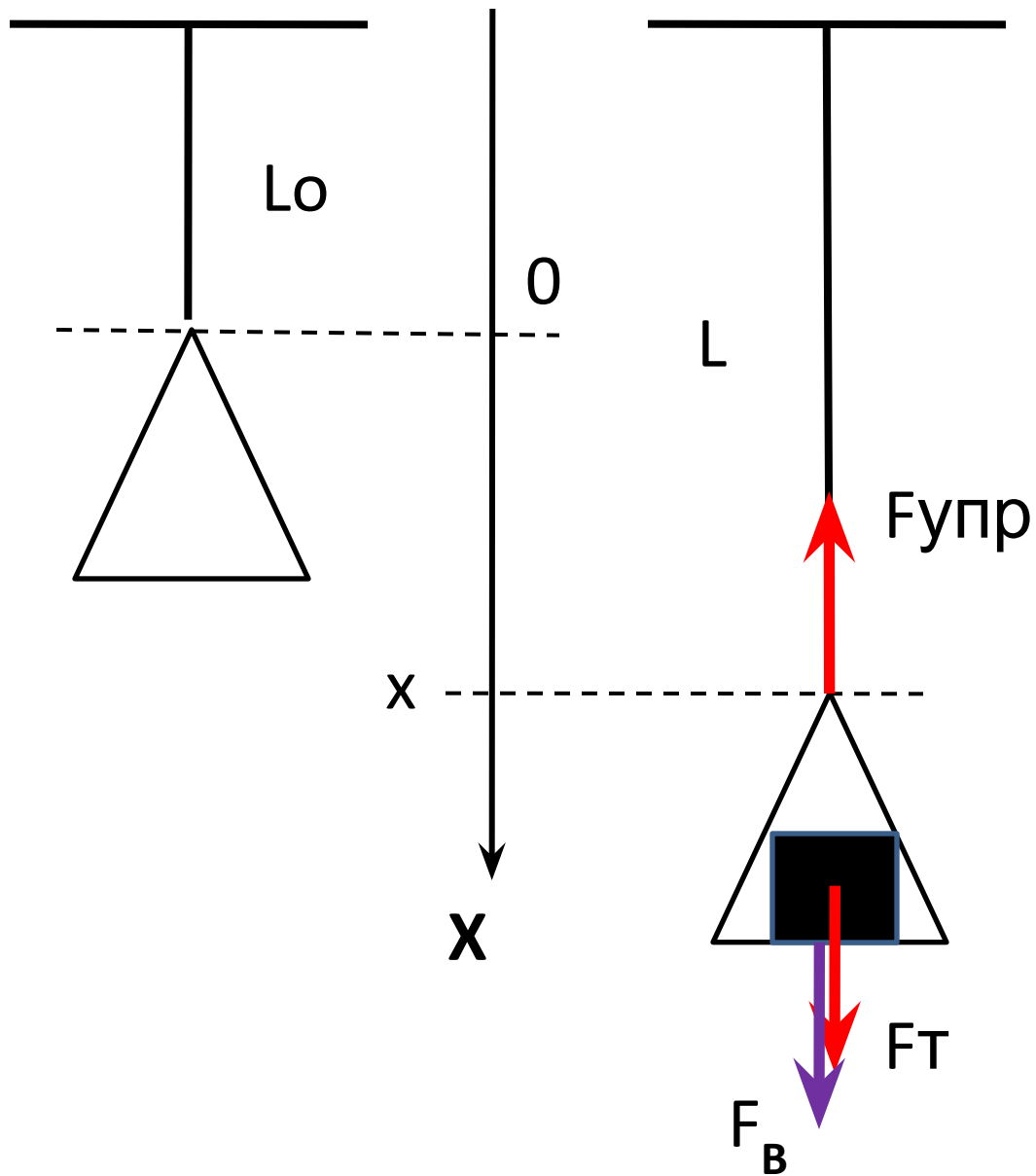
**Деформация - это изменение размера (объема) или формы тела.**

**Когда в телах возникают деформации в них также возникают силы упругости, которые стремятся вернуть тело в исходное недеформированное состояние.**

# Упругая деформация

**Упругой называется деформация, при которой тело восстанавливает свои первоначальные размеры и форму, как только прекращается действие силы, вызвавшей эту деформацию!**

# Закон Гука



# Закон Гука

При упругой деформации растяжения (или сжатия) удлинение тела прямо пропорционально приложенной силе.

Модуль силы:  $|F| = k \cdot |\Delta L| = k \cdot |x|$

Проекция силы на ось OX:  $F_x = -k \cdot x$

$$\Delta L = L - L_0$$

**СИЛА ТРЕНИЯ.**

# Сила трения

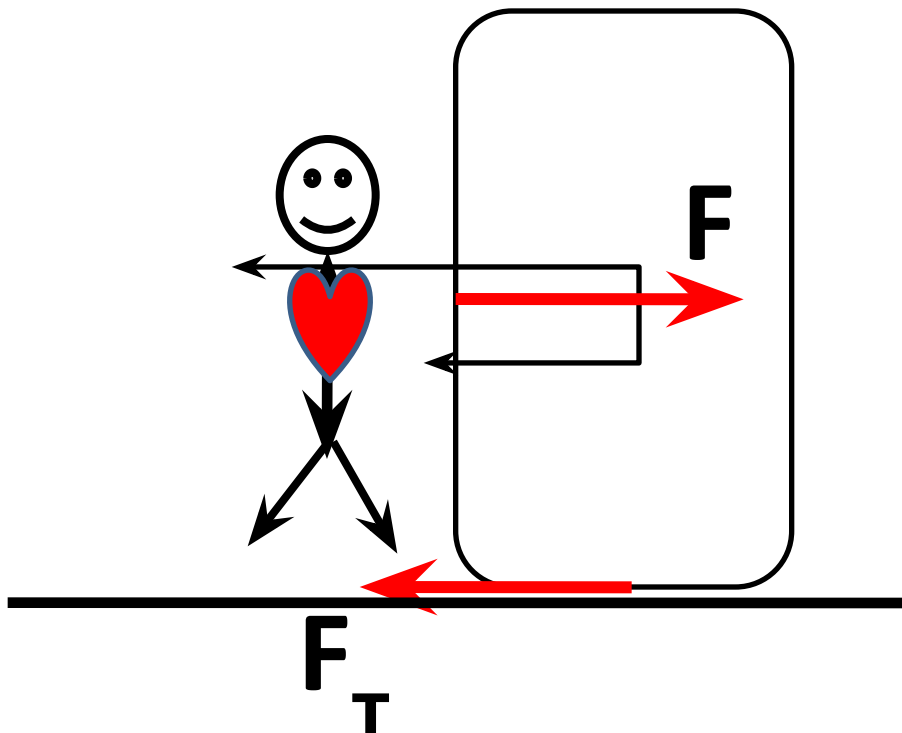
**Сухое трение – трение, возникающее при относительном перемещении поверхности твердых тел.**

**Сухое трение бывает трех видов: трение покоя, скольжения, качения.**



# Сила трения покоя

Силу трения, действующую между двумя телами, неподвижными относительно друг друга, называют силой трения покоя.

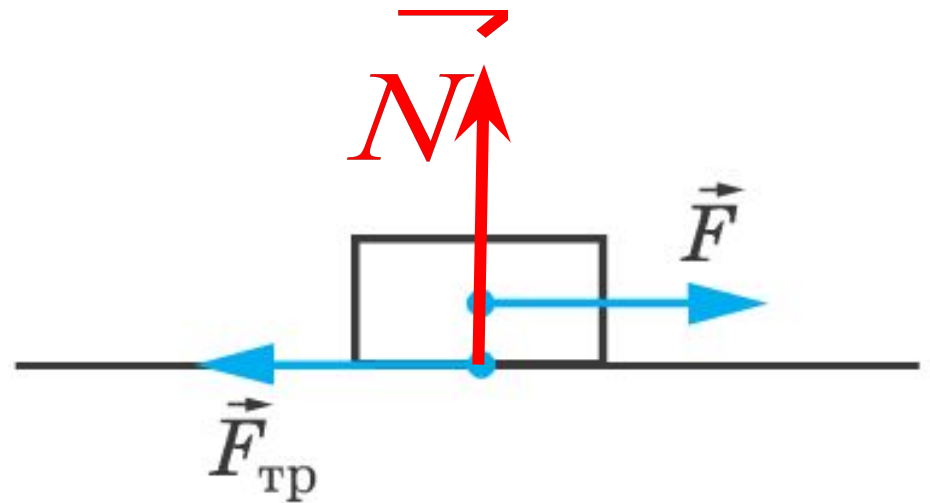


$$\vec{F}_{\text{ТР}} = \vec{F}$$

# Сила трения покоя

Максимальное значение модуля силы трения покоя пропорционально модулю силы нормальной реакции опоры.

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$



$N$  – нормальная (перпендикулярная поверхности) сила реакции опоры.

$\mu$  – коэффициент трения покоя

# Сила трения покоя

**Максимальная сила трения покоя не зависит от площади соприкосновения тел.**

$$F_{\text{ТР}} = \mu \cdot N$$

# Сила трения скольжения

Силу трения, действующую между двумя телами, скользящими относительно друг друга, называют силой трения скольжения.

Сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя!

$$F_{\text{ТР}} = \mu \cdot N$$

# **Сила трения качения!**

**Сила трения качения – это сила трения, которая возникает между телами, когда одно из тел катиться по второму!**

# **Сила сопротивления среды.**

**При движение твердого тела в жидкости или газе на него действует сила сопротивления среды. Эта сила направлена против скорости тела относительно среды и тормозит движение.**

# Архимедова Сила (выталкивающая сила)

На тело, погруженное в жидкость или газ, действует сила, равная весу жидкости или газа в объеме погруженной части тела.

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V$$

# Сила сопротивления среды.

При малых скоростях движения силу сопротивления можно считать прямо пропорциональной скорости тела относительно среды:

$$F_C = K_1 \cdot v$$

При больших скоростях относительного движения сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости:

$$F_C = K_2 \cdot v^2$$



На платформе лежит ящик. При ускорении платформы ящик начинает сдвигаться относительно платформы. Определите направление силы трения, действующей на ящик.

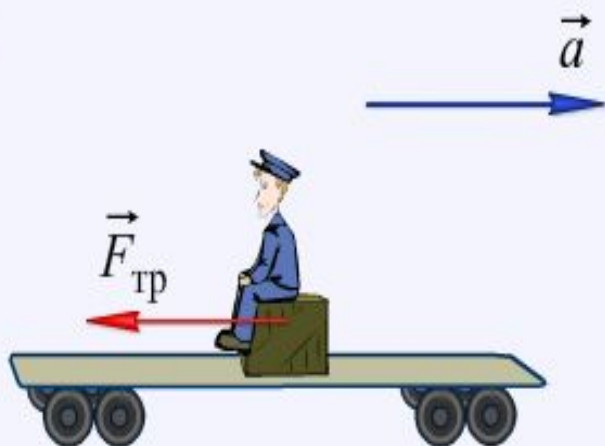
2-я попытка

$\vec{v}_{\text{ящика}} = \text{const}$   
 $\vec{F}_{\text{тр}} = 0$

$\vec{a}$

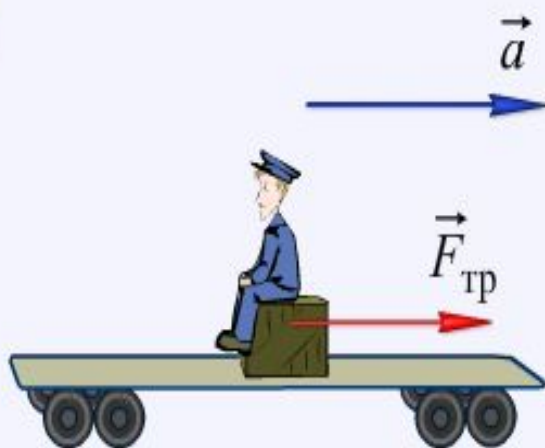
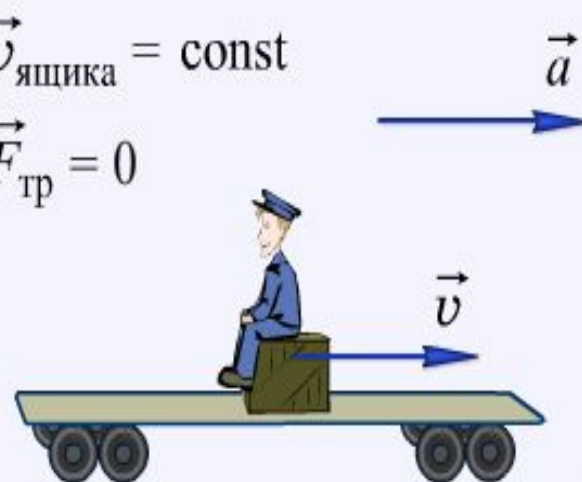
$\vec{a}$

Ответить



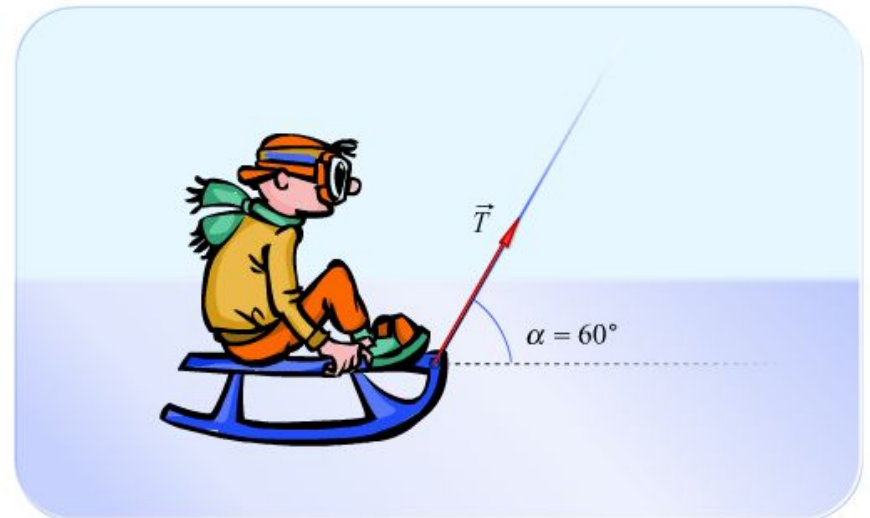
$$\vec{v}_{\text{ящика}} = \text{const}$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} = 0$$

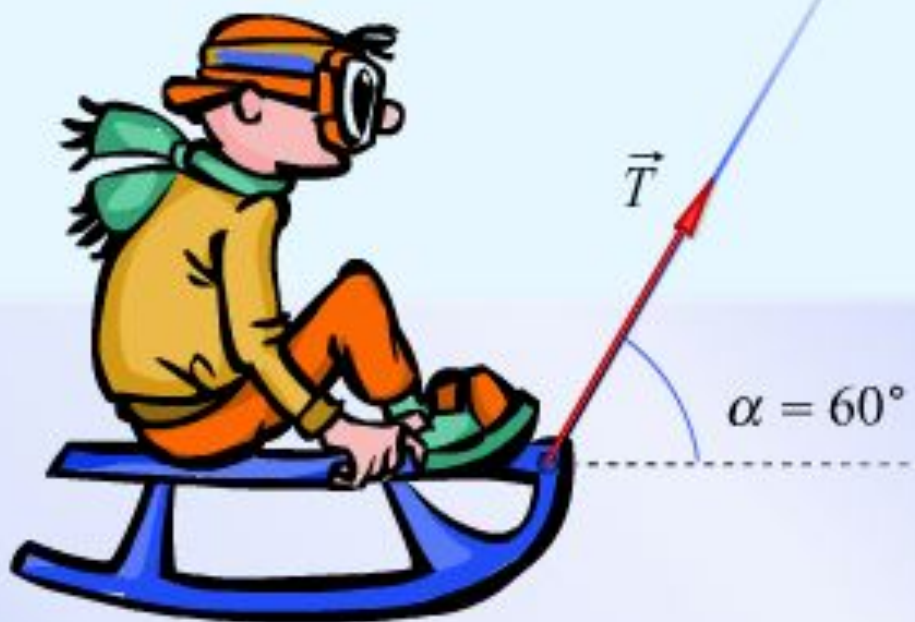
[Ответить](#)

# Задача 1

- Масса санок с сидящим на них ребенком – 40 кг. Определите максимальную силу трения покоя, если движение санок начинается, когда сила натяжения веревки, к которой они привязаны, равна 350 Н!
- Определите с какой силой санки давят на дорожку.
- Определите коэффициент трения



# Задача 1



## Задача 2

К пружине жесткостью  $1000 \text{ Н/м}$  прицепили некоторый груз, после чего пружина растянулась на  $2 \text{ см}$ . Определите массу груза, подвешенного к пружине?

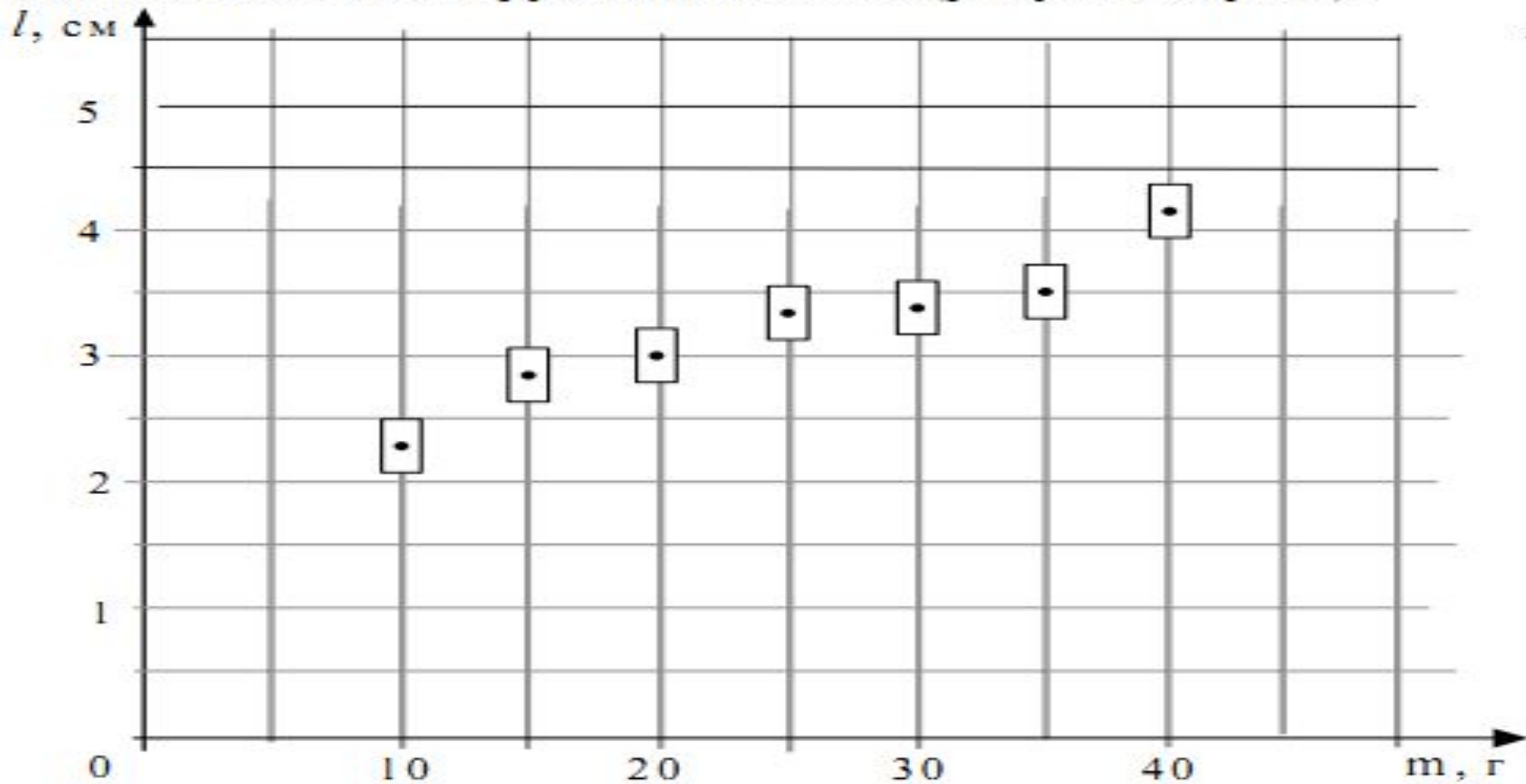
## Задача 3

При помощи пружинного динамометра поднимают с ускорением  $a=2,5 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх, груз массой  $m=2 \text{ кг}$ . Определите модуль удлинения пружины динамометра, если ее жесткость  $k=1000 \text{ Н/м}$ .

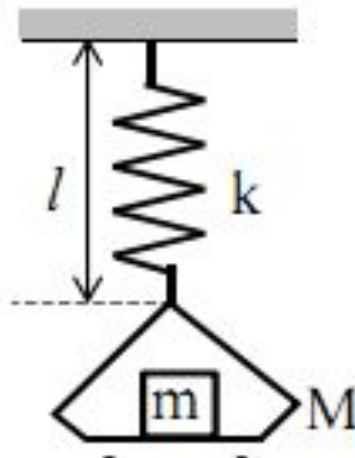
Динамометр – прибор измеряющий силу.

# Задача 4

На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (рисунок справа).



## Задача 5



С учетом погрешностей измерений ( $\Delta m = \pm 1$  г,  $\Delta l = \pm 0,2$  см) жесткость пружины  $k$  приблизительно равна

1) 7 Н/м

2) 10 Н/м

3) 20 Н/м

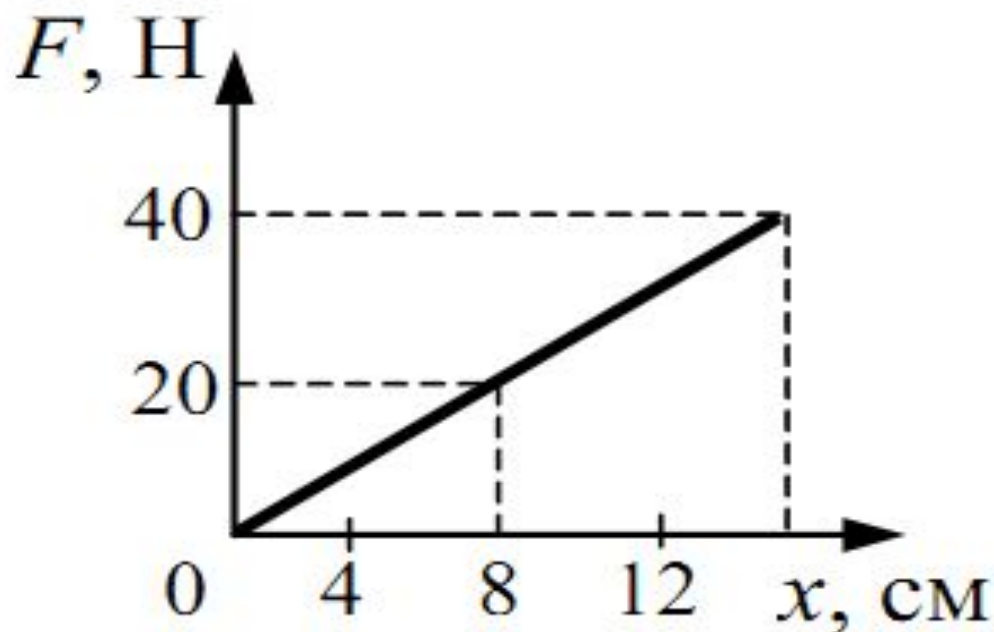
4) 30 Н/м



## Задача 6

На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жесткость пружины?

- 1) 250 Н/м
- 2) 160 Н/м
- 3) 2,5 Н/м
- 4) 1,6 Н/м



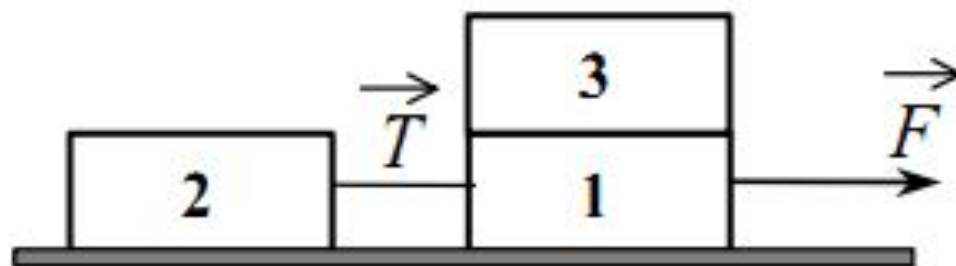
## Задача 7

На полу лифта находится тело массой 65 кг. Лифт, начинает опускаться так, что за 5 с его скорость изменяется до 10 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.

## Задача 8

Одинаковые бруски, связанные нитью, движутся под действием внешней силы  $F$  по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). Как изменится сила натяжения нити  $T$ , если третий брусок переложить с первого на второй?

- 1) уменьшится в 1,5 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 3 раза



## Задача 9

**В3** Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

**Скорость лыжника в начале горизонтального участка равна 20 м/с.**

# Задача 10

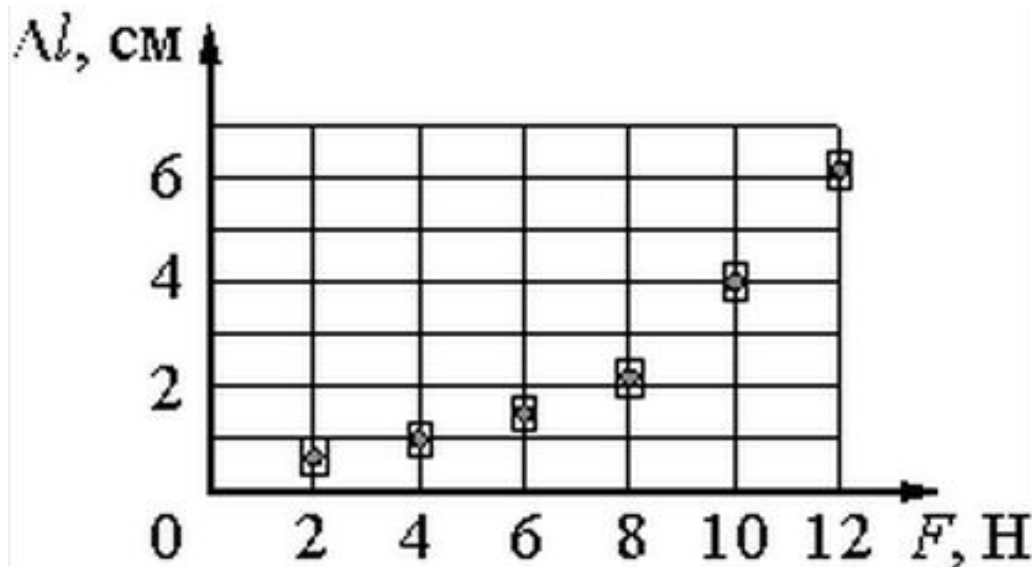
После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением  $v = 20 - 3t$ .  
Определите Коэффициент трения шайбы о лед?

# Задача 11

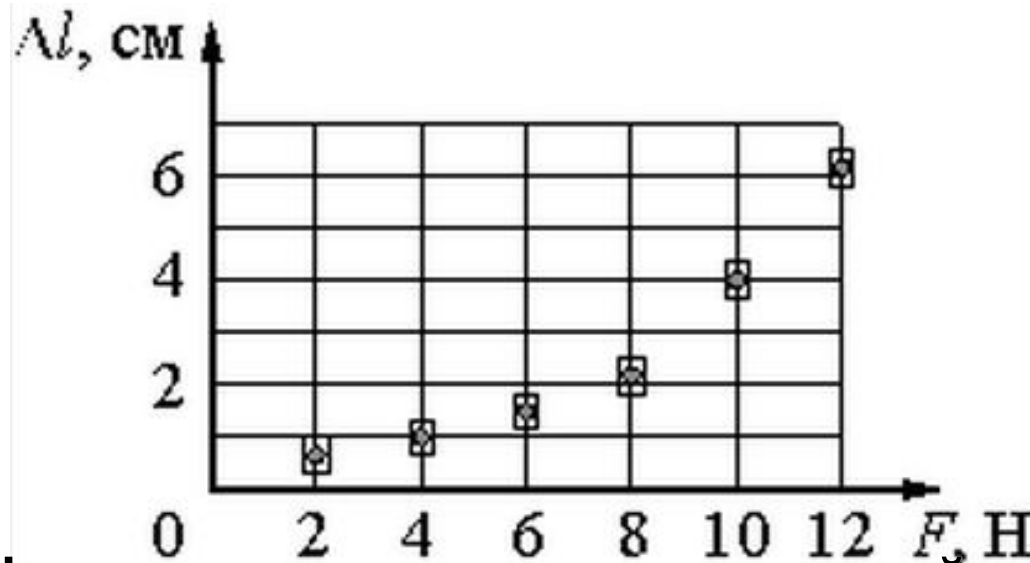
**Пружина жёсткостью  $200 \text{ Н/м}$  растянута приложенной силой на  $3 \text{ см}$ . Чему равно удлинение пружины жёсткостью  $300 \text{ Н/м}$  под действием той же силы?**

# Задача 12

Приступив к изучению механики, ученик решил проверить закон Гука на имевшейся у него дома резиновой ленте. Подвесив ленту одним концом, он стал тянуть свободный её конец вниз с разной силой  $F$ , каждый раз измеряя растяжение ленты. Результаты измерений он отметил на координатной плоскости  $\{F\}$  с учётом погрешности измерений (см. рисунок). Какой вывод следует из результатов эксперимента:



# Задача 12



А) С учётом погрешности измерений эксперимент подтвердил закон Гука для всех исследуемых значений удлинения ленты.

В) Закон Гука выполняется при растяжении данной ленты  $\Delta l > 2$  см.

С) Погрешности измерений настолько велики, что не позволили проверить закон

Д) При растяжении данной ленты закон Гука выполняется при силе  $F < 8$  Н.



# Задача 13

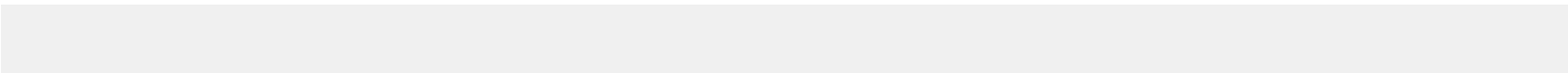
Сосновый брус объёмом  $0,06 \text{ м}^3$  плавает в воде, погружившись на  $0,4$  своего объёма. Определите выталкивающую (архимедову) силу, которая действует на брус.

# Задача 14

Сосновый брус объёмом  $0,06 \text{ м}^3$  плавает в воде, погружившись на  $0,4$  своего объёма. Определите выталкивающую (архимедову) силу, которая действует на брус.

## Задача 15

Однородный еловый брус длиной 6 м и сечением  $10 \times 10 \text{ см}^2$  плавает в воде. Определите выталкивающую силу, действующую на брус.



## Задача 16

Под действием силы  $4\text{ Н}$ , приложенной к свободному концу упругой пружины, она удлинилась на  $5\text{ см}$ . Какую силу необходимо приложить к этой пружине, чтобы растянуть её на  $6\text{ см}$ ?

## Задача 17

Под действием силы  $4\text{ Н}$ , приложенной к свободному концу упругой пружины, она удлинилась на  $5\text{ см}$ . Какую силу необходимо приложить к этой пружине, чтобы растянуть её на  $6\text{ см}$ ?

## **Задача 18**

**Расстояние от спутника до центра Земли равно шести радиусам Земли. Во сколько раз изменится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным трём радиусам Земли?**

## **Задача 19**

**Расстояние от спутника до центра Земли равно шести радиусам Земли. Во сколько раз изменится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным трём радиусам Земли?**

## Задача 20

Стальной кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на верхнюю грань кубика, а также модули силы Архимеда, действующей на кубик, и силы натяжения нити, если опустить кубик глубже, но так, чтобы он не касался дна сосуда?

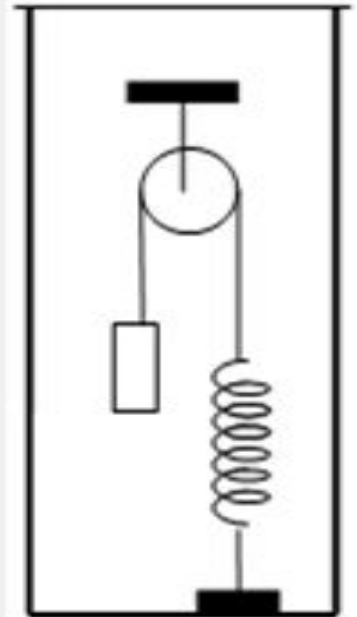
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



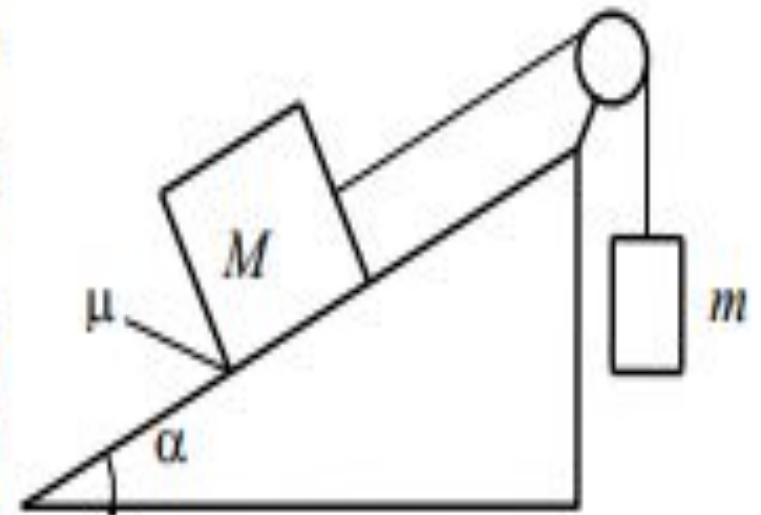
## Задача 21

В сосуде находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объемом  $V$  и пружина жесткостью  $K$ . Нижний конец пружины прикреплен ко дну сосуда. Как изменится натяжения нити, действующая на пружину, если систему целиком погрузить в жидкость плотностью  $\rho$ ?



# Задача 22

Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту



$\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно максимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя? Решение поясните схематичным рисунком с указанием используемых сил.

## Задача 23

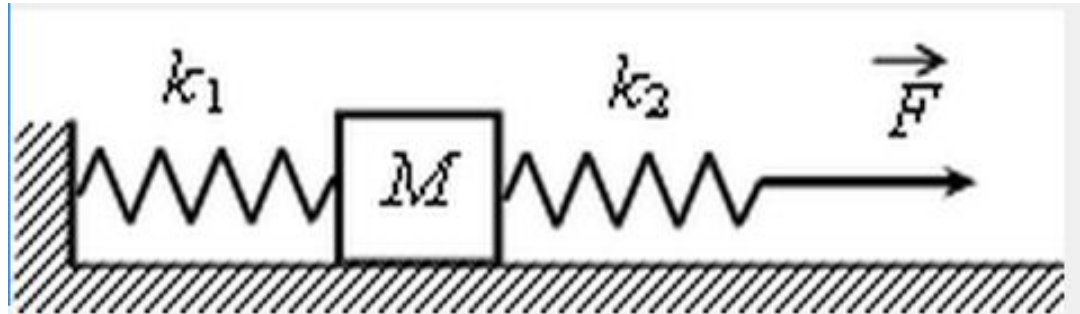
Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется кинетическая энергия груза маятника, модуль скорости груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

## Задача 24

К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $F$  (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 300$  Н/м. Жёсткость второй пружины  $k_2 = 600$  Н/м. Удлинение второй пружины равно 2 см. Определите Модуль силы  $F$ ?



## Задача 25

На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот радиусом 9 м. Коэффициент трения шин об асфальт 0,4. Чтобы автомобиль не занесло, его скорость при развороте не должна превышать: .....

## Задача 26

- Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом  $2 \cdot 10^7$  м. Его скорость равна
- **1) 4,5 км/с**
- **2) 6,3 км/с**
- **3) 8 км/с**
- **4) 11 км/с**

## Задача 27

- Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса  $R$ . С какой силой давит шарик на желоб в верхней точке петли, если масса шарика  $100$  г, а высота, с которой его отпускают, равна  $4R$  считая от нижней точки петли?

# Закон Всемирного Тяготения

