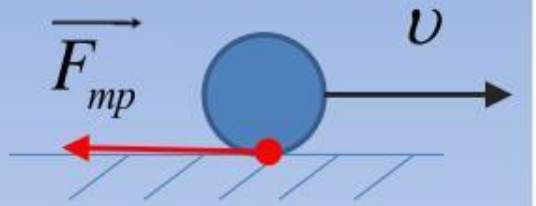
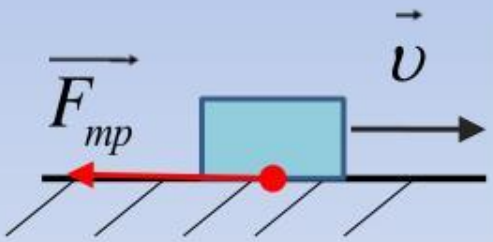
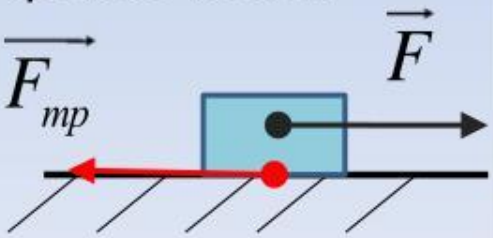
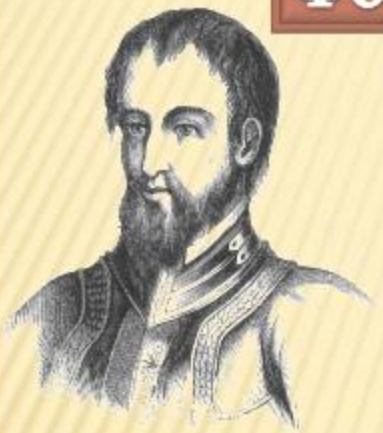
Лабораторный практикум №2 «Измерение коэффициента трения скольжения»

Сила трения.

Сила	Схема действия	Направление и точка приложения	Формула или зависимость
СИЛА ТРЕНИЯ **Fтр** - сила, возни-кающая при движении одного тела по поверхности другого.	*Трение качения*  *Трение скольжения*  *Трение покоя* 	Направлена в сторону, противополож-ную движению. Точка приложе-ния – между телом и поверх-ностью. Направлена противополож-но действую-щей силе.	$F_{тр.покоя} > F_{тр.скольж} > F_{тр.качения}$ Зависит от материала поверхностей и веса тела *Пример:* • подшипники • смазка • протекторы

Формула силы трения. Коэффициент трения.



Гийом Амонтон

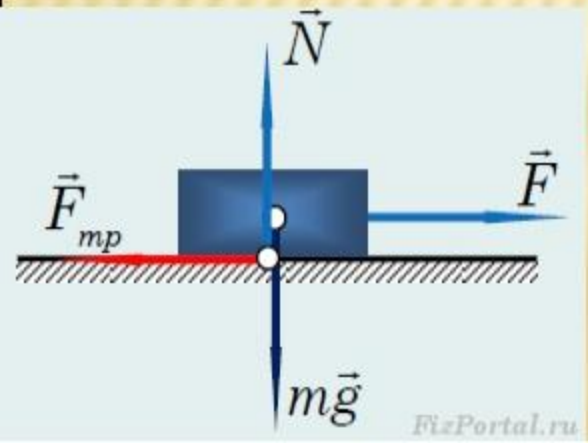
Первая формулировка законов трения принадлежит великому Леонардо (1519 г.), который утверждал, что ***сила трения, возникающая при контакте тела с поверхностью другого тела, пропорциональна силе прижатия, направлена против направления движения и не зависит от площади контакта.*** Этот закон был заново открыт через 180 лет Г.Амонтоном, а затем уточнён в работах Ш.Кулона (1781 г.). Амонтон и Кулон ввели понятие коэффициента трения

Шарль Кулон

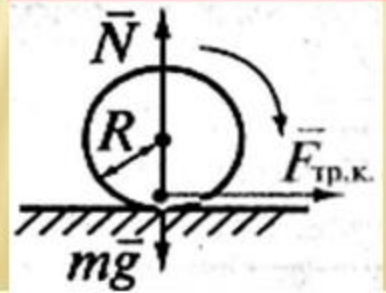
Коэффициент трения *– это безразмерная физическая величина, определяющая отношение величины силы трения к силе нормального давления, прижимающей тело к опоре.*

Коэффициент трения *характеризует интенсивность взаимодействия поверхностей соприкасающихся тел, которая зависит от материалов соприкасающихся тел и от качества обработки их поверхностного слоя.*

$$F_{тр} = \mu N \rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg \rightarrow \mu = \frac{F_{тр}}{N}$$



$$F_{тр.кач} = \mu_{кач} \cdot \frac{N}{R}$$



Трущиеся поверхности	Коэффициент трения скольжения
Сталь по льду	0,014
Сталь по стали	0,15-0,18
Дерево по чугуну	0,25-0,5
Дерево по дереву:	
поперек волокон	0,34
вдоль волокон	0,48
Резина по чугуну	0,5-0,8
Целлофан по резине	0,95

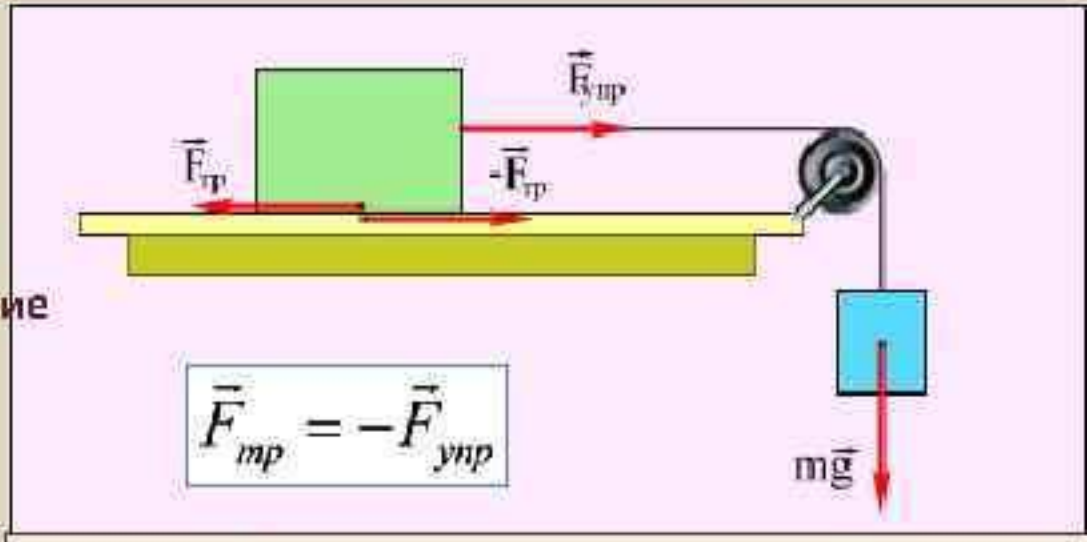
Сила трения

Сила трения покоя НЕ может превышать некоторого max значения $(F_{тр})_{max}$

При $F > (F_{mp})_{max}$ возникает относительное проскальзывание

Сила трения покоя → **Сила трения скольжения**

$$\vec{F}_{mp} = (F_{mp})_{max} = \mu N$$



Сила трения покоя (υ = 0)

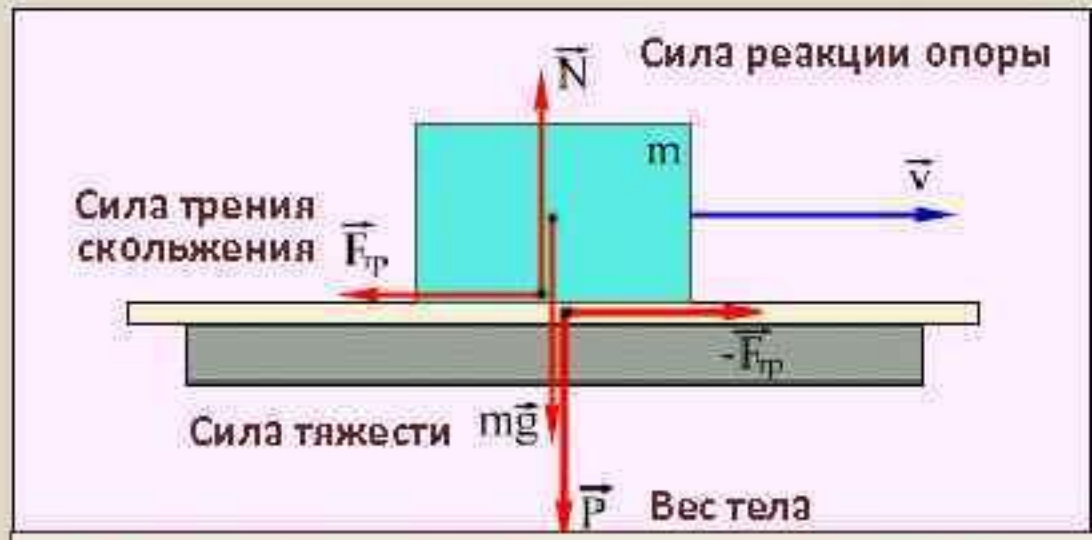
Движение в жидкости или газе

Сила сухого трения >> **Сила вязкого трения**

$\vec{F}_c = f(\upsilon)$ $F \sim \upsilon$ малые υ

$F \sim \upsilon^2$ большие υ

Сил трения качения



Силы трения при скольжении (υ ≠ 0)

Причины возникновения силы трения

Движение под действием силы трения

Шероховатость поверхностей

Межмолекулярное притяжение

Сила трения

покоя

скольжения

качения

Способы изменения силы трения

Увеличение силы трения
(песок в гололедицу, напильник)

Уменьшение силы трения
(смазка, подшипники)

Силы трения

– *возникают между соприкасающимися телами* (***когда?***)
– *направлены вдоль поверхности против движения* (***куда?***)
– *вызваны притяжением молекул (электромагнитные)* (***почему?***)
– *зависят от веса и рода соприкасающихся тел* (***от чего?***)
– *не зависят от площади тел*

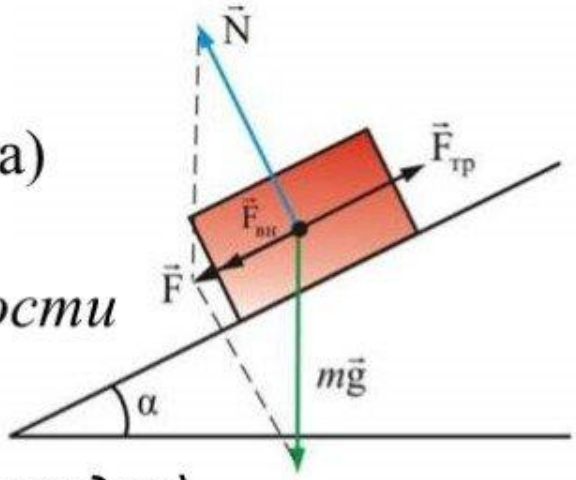
Виды силы трения:

Трение покоя (v=0) $F_{тр} = F$ (I з. Ньютона)

Трение скольжения

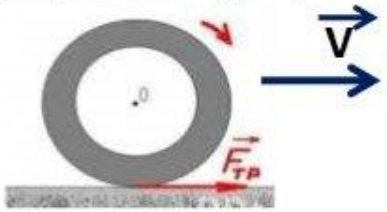
$F_{тр} = \mu mg$ – *на горизонтальной поверхности*

$F_{тр} = \mu N$ – *на наклонной плоскости*



Трение качения (*движение шара, колеса , цилиндра*)

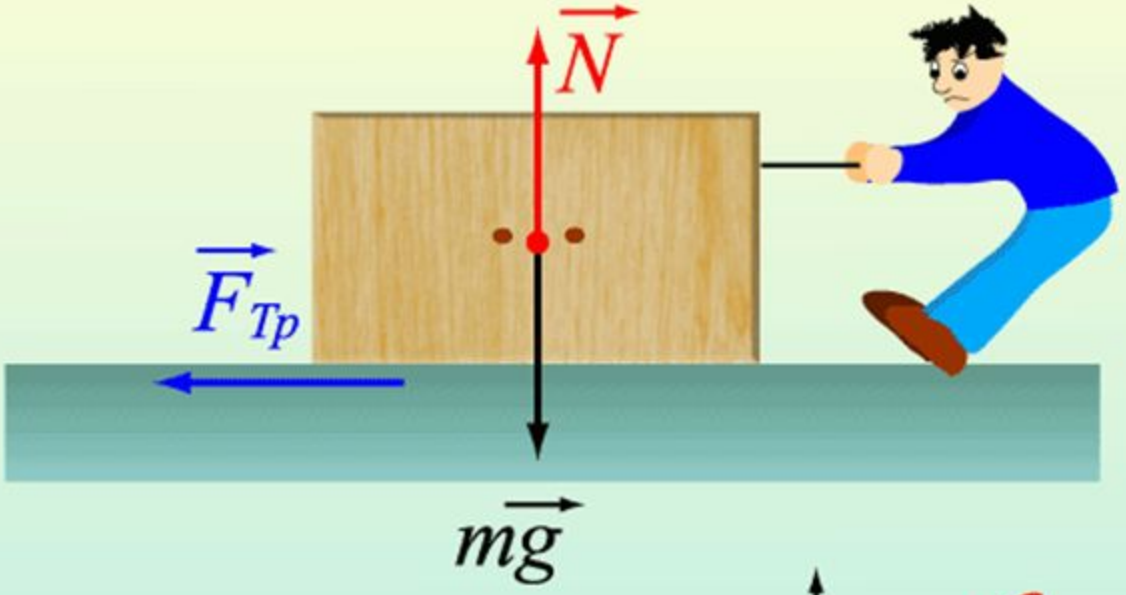
$F_{тр.кач} << F_{тр.ск}$



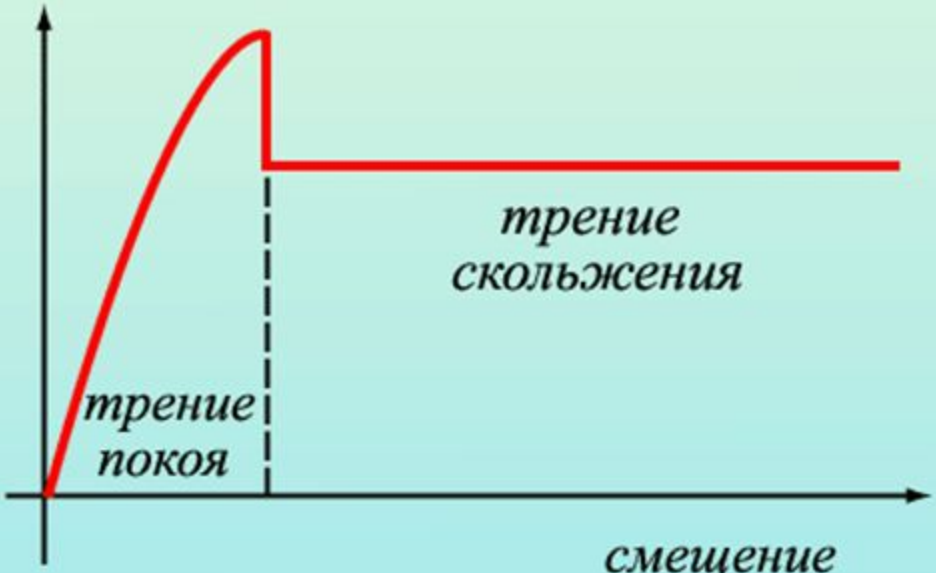
μ – коэффициент трения скольжения,
зависит от рода и качества поверхностей, $0 < \mu < 1$

Сила трения

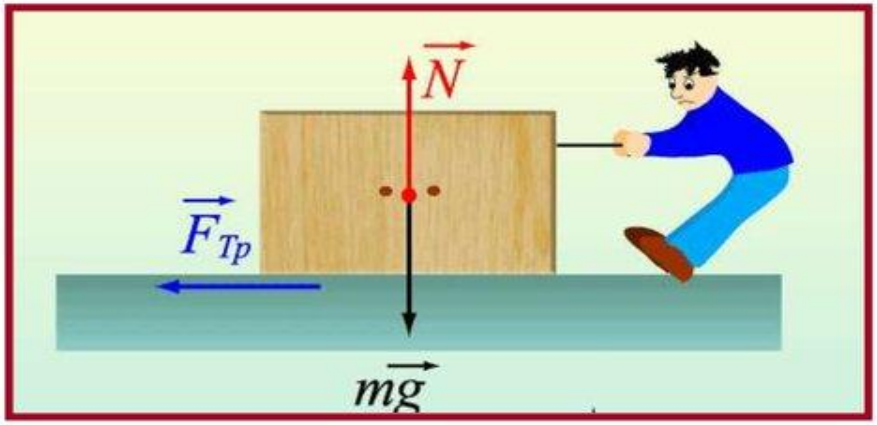
Сила, возникающая в плоскости касания тел при их относительном перемещении



$$F_{Тр} = \mu N$$



Сила трения покоя



Сила трения покоя существует между любыми покоящимися телами.

Она удерживает тела на наклонной плоскости. При попытке сдвинуть тело сила трения покоя

Сила трения скольжения

Сила трения скольжения возникает при скольжении одного тела по поверхности другого.

<u>Зависит</u> от величины прижимающей силы и материала соприкасающихся поверхностей.

Сила трения скольжения <u>меньше</u> силы трения покоя.

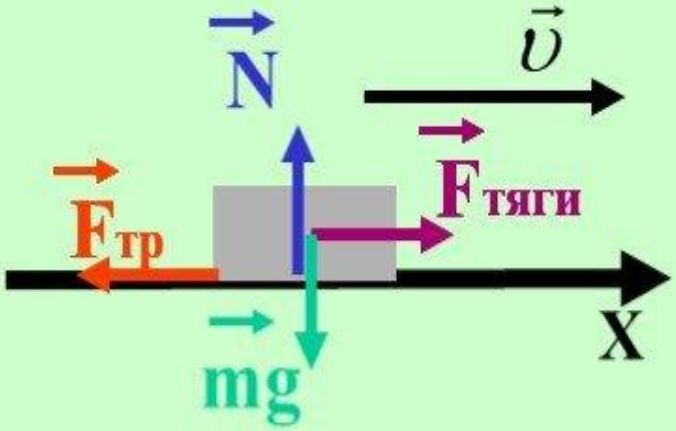
Сила трения скольжения

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 скольжения всегда направлена противоположно направлению относительной скорости соприкасающихся тел.



$$F_{тр} \approx F_{тр.\max} = \mu N$$

Сила трения не зависит от площади соприкосновения тел.

При равномерном движении:

$$\upsilon = conct$$

$$a_X = 0$$

$$F_{ТЯГИ} = F_{ТР}$$

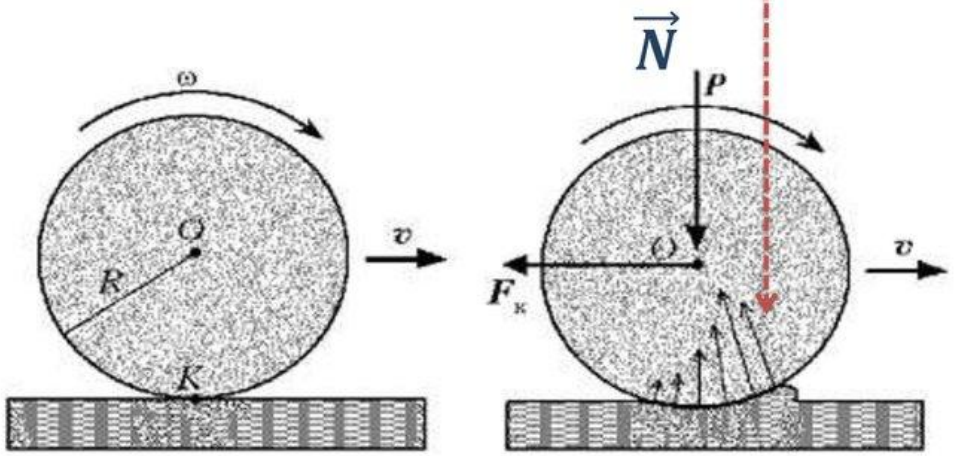
Сила трения качения

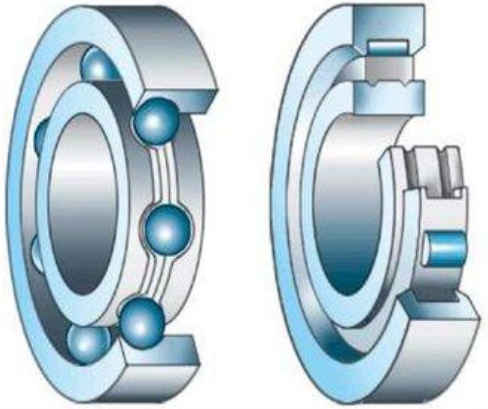
- Силы, действующие **на тело вращения со стороны поверхности качения**
- **Не симметричны относительно вертикальной плоскости**:

  сила, возникающая **в передней части тела вращения со стороны поверхности качения, будет больше**
- **Результирующая сила *N*** имеет **горизонтальную составляющую, направленную назад –** ее называют **силой трения качения** $F_к$

$$F_{\text{тр. кач}} = \mu_{\text{кач}} N$$

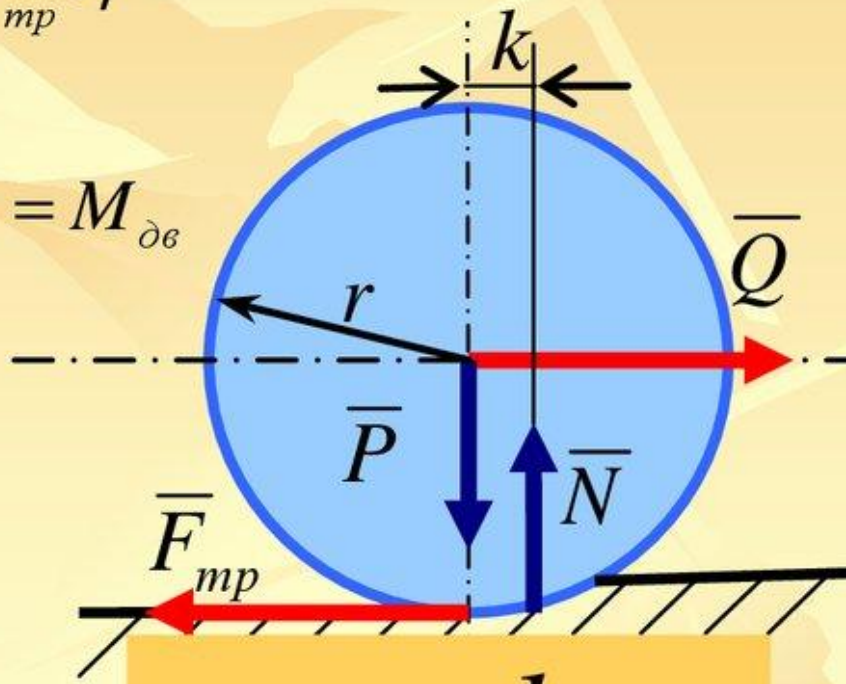
$$\mu_{\text{кач}} \ll \mu$$





Ведомое колесо

Движущая сила $\overline{Q}$ и сила трения $\overline{F}_{тр}$ образуют движущую пару с моментом $M_{дв} = Q \cdot r = F_{тр} \cdot r$, а сила тяжести $\overline{P}$ и нормальная реакция $\overline{N}$ пару сопротивления с моментом $M_C = M_{дв}$. Так как $M_C = N \cdot k$, то величина смещения *k* называется ***коэффициентом трения качения, причем k/r«f,*** поэтому в технике стремятся заменить трение скольжения трением качения. Сила трения качения определяется выражением

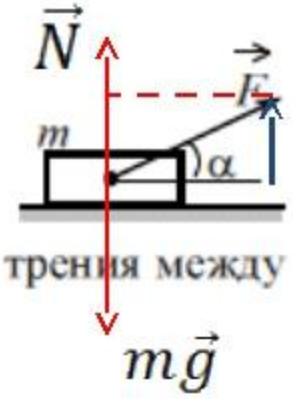


$$F_{тр} = \frac{k}{r} N.$$

Задача часть 2

25

Брусок массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 12$ Н. Модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{тр} = 2{,}8$ Н. Чему равен коэффициент трения между бруском и плоскостью?



Ответ: 0,2

Так как брусок движется поступательно, сила трения уже достигла своего максимального значения и равна

$$F_{тр} = \mu N$$

Спроектируем все действующие силы только на ось OY

$$0 = N + Fsin\alpha - mg \rightarrow N = mg - Fsin\alpha$$

$$F_{тр} = \mu(mg - Fsin\alpha) \rightarrow \mu = \frac{F_{тр}}{(mg - Fsin\alpha)} = \frac{2{,}8}{14} = 0{,}2$$

Аналогичные задачи А23 2012 – 2014 г, Рымкевич

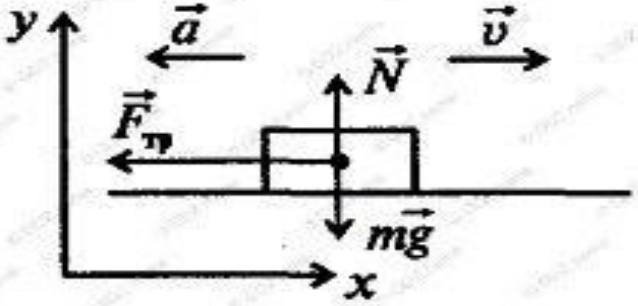
ЗАДАЧА: БРУСОК ИЗ СОСТОЯНИЯ ПОКОЯ ДВИЖЕТСЯ ВПРАВО И ЗА 25С ПРОХОДИТ РАССТОЯНИЕ 60М. ЧЕМУ РАВЕН КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ МЕЖДУ БРУСКОМ И ПОВЕРХНОСТЬЮ.

№432.

Дано:
$s = 60$ м
$t = 25$ с
$v = 0$
μ —?

Решение:

На тело действуют силы: тяжести, трения и реакции опоры. По II закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}_{тр} + m\vec{g} + \vec{N}$ в проекциях на оси координат



$$\left.\begin{array}{l} Ox: -ma = -F_{тр} \\ Oy: +N - mg = 0 \\ F_{тр} = \mu \cdot N \end{array}\right\} ma = \mu \cdot mg$$

Сокращаем на $m \Rightarrow a = \mu \cdot g$. $\mu = \dfrac{a}{g}$ (I). Ускорение можно найти по формуле

$$\left.\begin{array}{l} s = v_0 t - \dfrac{at^2}{2} \\ v_0 = at \end{array}\right\} \Rightarrow s = at^2 - \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2}$$

(так как движение равнозамедленное). Подставим значение a в (I):

$$\mu = \frac{2s}{gt^2};\ \mu = \frac{2 \cdot 60\ м}{10\ м/с^2 \cdot 25^2 с^2} = \frac{120\ м}{10 \cdot 625\ м} = 0{,}0192 \approx 0{,}02.$$

7 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m. Длина наклонной плоскости равна S, а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) скорость бруска в конце наклонной плоскости

Б) равнодействующая сил, действующих на брусок

ФОРМУЛЫ

1) $\sqrt{2g\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)}$

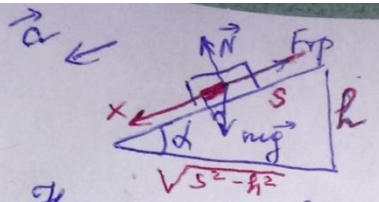
2) $\frac{mg}{S}\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)$

3) $\sqrt{\frac{2S^2}{g\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)}}$

4) $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2-h^2}$

Ответ:

А	Б



$a = \frac{v^2}{2S}$ $v_0 = 0$

На ох: $mg\sin\alpha - F_{тр} = ma$ (1)

На наклонной плоскости движется:

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

$\sin\alpha = \frac{h}{S}$ $\cos\alpha = \frac{\sqrt{S^2-h^2}}{S}$

в (1) $mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = m\frac{v^2}{2S}$

$g\frac{h}{S} - \mu g\frac{\sqrt{S^2-h^2}}{S} = \frac{v^2}{2S}$

$v = \sqrt{2g\left(h - \mu\sqrt{S^2-h^2}\right)}$

Ответ: А 1)

Равнодействующая сила?

$R = ma$

$R = m\frac{v^2}{2S}$

$R = \frac{m}{2S}\left(2g\left(h - \mu\sqrt{S^2-h^2}\right)\right)$

$R = \frac{mg}{S}\left(h - \mu\sqrt{S^2-h^2}\right)$

Ответ: Б 2)

1 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m. Длина наклонной плоскости равна S, а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила трения, действующая на брусок
Б) время движения бруска

ФОРМУЛЫ

1) $\sqrt{2g\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)}$

2) $\frac{mg}{S}\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)$

3) $\sqrt{\frac{2S^2}{g\left(h-\mu\sqrt{S^2-h^2}\right)}}$

4) $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2-h^2}$

Ответ:

А	Б

43

Ссылка на видеоролик

Лаб практикум №2 «Измерение коэффициента трения скольжения»

https://www.youtube.com/watch?v=sWSroTNE8yQ