



Межшкольный факультатив по физике.

Подготовка к ЕГЭ
2022-2023 год.

**Динамика материальной точки.
Виды силы трения.**

Учитель МАОУСОШ № 1: Киквадзе М.Р.

Динамика материальной точки.

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Виды движения твёрдого тела

Поступательное

Вращательное

При поступательном движении все точки тела
двигаются одинаково.

Тело можно рассматривать как материальную точку.

Для описания его движения применяем второй закон
Ньютона для центра масс (С) тела:

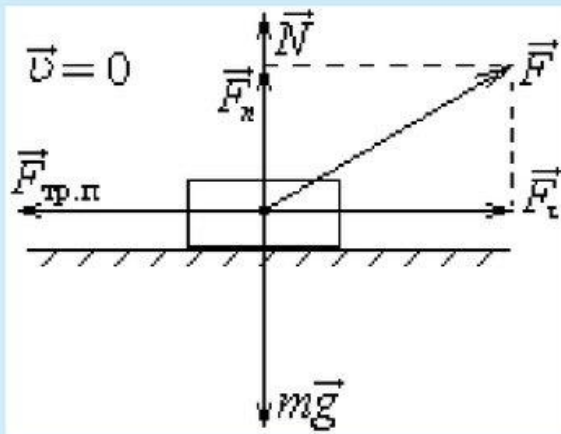
$$\frac{d\vec{p}_C}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$m\vec{a}_C = \sum_i \vec{F}_i$$

- **Трение** возникающее при относительном перемещении двух соприкасающихся тел, называют *внешним трением*, а трение между частями одного и того же сплошного тела (например жидкости или газа) называют *внутренним трением*.
- **Внешнее** (сухое) трение – трение между поверхностями твердых тел.
- **Внутреннее** (вязкое) трение – трение между движущимися слоями жидкости или газа.

Внешнее трение:

1. *Трение покоя;*
2. *Трение скольжения;*
3. *Трение качения.*



$$\vec{F}_{\text{тр.п}} = -\vec{F}_{\tau}$$

$\vec{F}_{\text{тр.п}}$ - сила трения покоя.

$$[\mu_{\text{п}}] = 1$$

$$F_{\text{тр.п.макс}} = \mu_{\text{п}} N$$

$\mu_{\text{п}}$ - коэффициент трения покоя

Сила трения покоя

Всегда равна по модулю
и направлена противоположно силе,
параллельной поверхности соприкосновения
и стремящейся привести это тело в движение

$$\vec{F}_{mp} = -\vec{F}$$

Сила трения покоя
НЕ может превышать
некоторого **max** значения

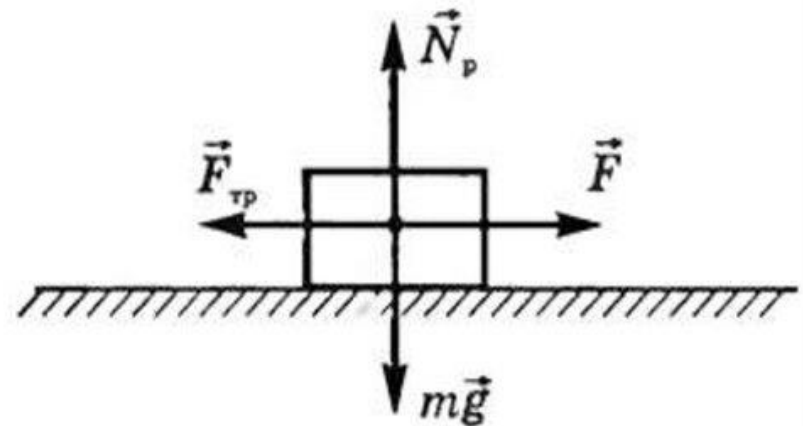
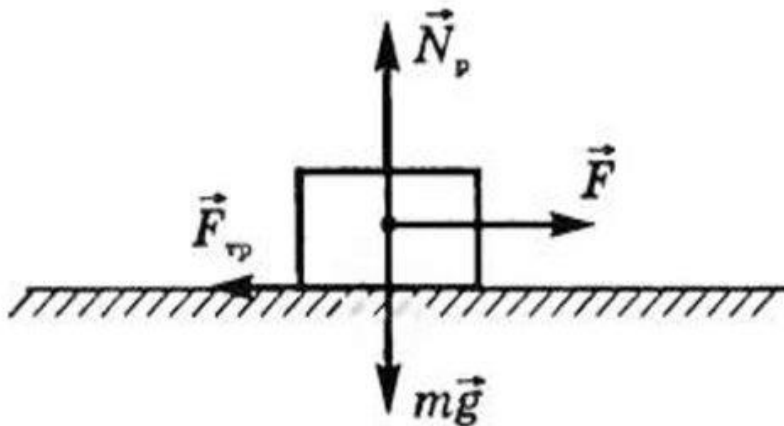
При $F > (F_{тр})_{max} = F_0$

при $F < F_0$ тело покоится

при $F \geq F_0$ тело движется

F_0 – максимальная сила
трения покоя

Сила трения покоя $\longrightarrow$ Сила трения скольжения





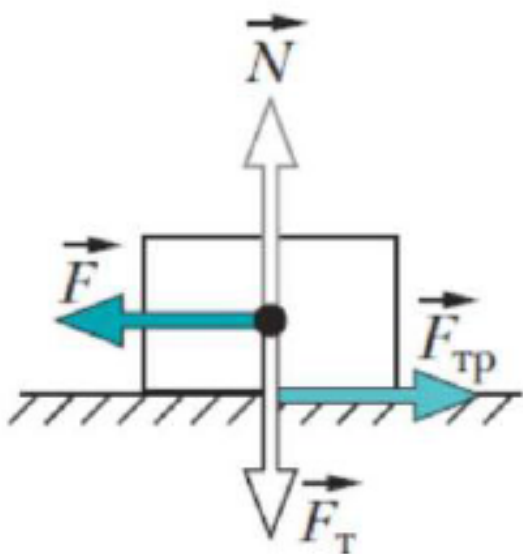
Задания на динамику
материальной точки в
ПЕРВОЙ части ЕГЭ по
физике.

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормального давления $F_{\text{д}}$ были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	0,60	0,75	0,90	1,05
$F_{\text{д}}, \text{ Н}$	2,0	2,5	3,0	3,5

Чему равен коэффициент трения скольжения?

Ответ: 0,3.



$$F_{\text{тр}} = \mu N \text{ — сила трения скольжения}$$

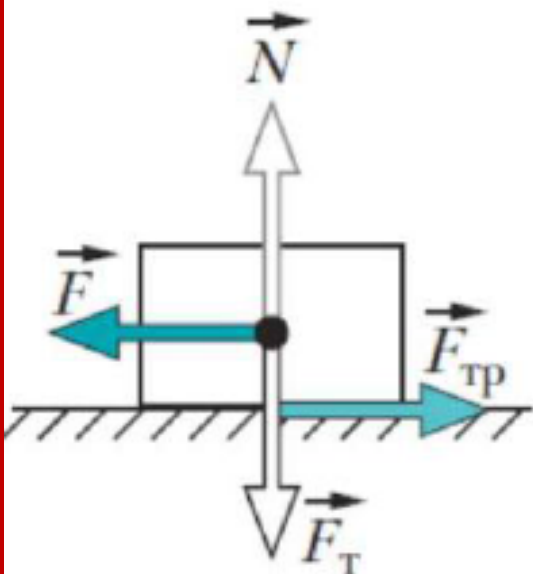
$$N = F_{\text{д}} \text{ — третий закон Ньютона}$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{0,6 \text{ Н}}{2 \text{ Н}} = 0,3$$

1 балл

На горизонтальном полу **стоит ящик** массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н. Какова сила трения между ящиком и полом?

Ответ: 16 Н



$$F_{тр} = \mu N$$

— сила трения скольжения

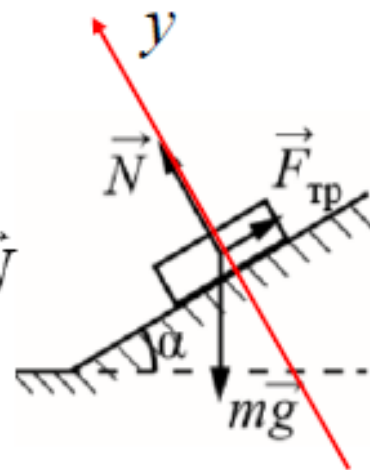
$$\vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{тр.} = 0$$

— первый закон Ньютона

$$F = F_{тр.покоя} = 16 Н$$

1 балл

Брусок массой 100 г положили на шероховатую наклонную опору (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила нормальной реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Угол наклона равен $\alpha = 60^\circ$. Чему равен модуль нормальной реакции опоры, если брусок движется равномерно вниз по прямой?



Ответ: 0,5 Н.

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0 \text{ — первый закон Ньютона}$$

$$O_y: -mg \cdot \cos \alpha + N = 0$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$N = 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Н}$$

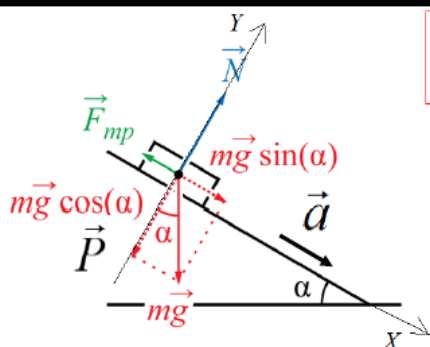
1 балл

Тело массой 200 г скользит вниз по наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения скольжения равен $\mu = 0,3$.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от угла наклона в условиях данной задачи.

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

ФОРМУЛЫ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) $0,2 \cdot \cos \alpha$	1) ускорение тела
Б) $10(\sin \alpha - 0,3 \cos \alpha)$	2) сила тяжести
	3) вес тела
	4) сила трения скольжения



$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mp} = m\vec{a}$$

– второй закон Ньютона

$$OX: mg \sin \alpha - F_{mp} = ma$$

$$OY: -mg \cos \alpha + N = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{TP} = \mu N$$

$$\rightarrow F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma \rightarrow a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a = 10(\sin \alpha - 0,3 \cos \alpha) \text{ – ускорение тела}$$

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

$$\rightarrow P = mg \cos \alpha$$

$$\rightarrow P = 0,2 \cos \alpha$$

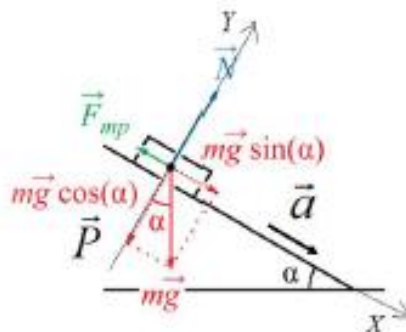
– третий закон Ньютона

– вес тела

46

Ответ:

А	Б
3	1



$$P = 0,2 \cos \alpha$$

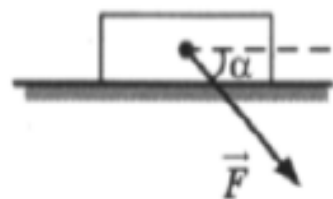
$$a = 10(\sin \alpha - 0,3 \cos \alpha)$$

2 балла



Задания на динамику
материальной точки в
ВТОРОЙ части ЕГЭ по
физике.

Брусек массой $0,5 \text{ кг}$ движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением 1 м/с^2 под действием постоянной силы $\vec{F}$, равной 2 Н и направленной вниз под углом 30° к горизонту (см. рисунок). Определите коэффициент трения бруска о плоскость.



Дано:

Решение:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$\vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$a = 1 \text{ м/с}^2$$

$$0x: F \cos \alpha - \mu N = ma$$

$$F = 2 \text{ Н}$$

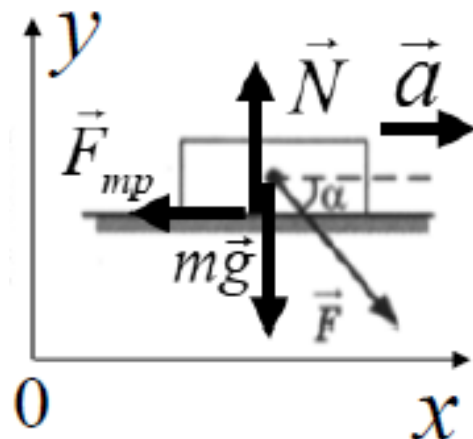
$$0y: -F \sin \alpha - mg + N = 0 \Rightarrow N = F \sin \alpha + mg$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F \cos \alpha - \mu(F \sin \alpha + mg) = ma$$

$$\mu = ?$$

$$\mu = \frac{F \cos \alpha - ma}{F \sin \alpha + mg}; \quad \mu = \frac{2 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,5 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \text{ Н} \cdot \frac{1}{2} + 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 0,2.$$



Ответ: $\mu \approx 0,2$ 15

Тело массой $m=1\text{ кг}$ лежит на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения равен $0,1$. На тело действует горизонтальная сила F .

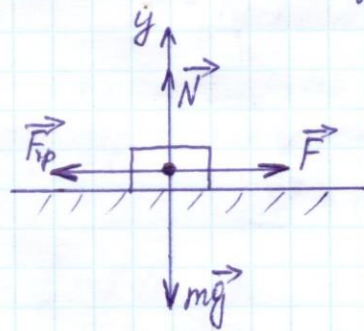
Определите силу трения в трех случаях

а) $F=0,5\text{ Н}$

б) $F>0,5\text{ Н}$

в) $F=2\text{ Н}$

а). Укажем силы, действующие на тело:



тело находится в покое, следовательно, согласно I з-ну Ньютона силы уравновешиваются в проекциях по осям Ox и Oy . Равнодействующая всех сил равна 0 .

$$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$$

В проекции по оси Oy : $N = mg$ (1)

Подставим (1) в $F_{тр.ск.} = \mu N \Rightarrow F_{тр.ск.} = \mu mg$

Подставим значения: $F_{тр.ск.} = 0,1 \cdot 1\text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \underline{1\text{ Н}}$

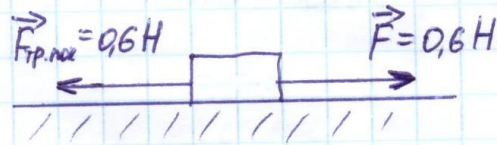
По условию горизонтальная сила $F = 0,5\text{ Н}$.

По условию $F \leq F_{тр}$, $0,5\text{ Н} \leq 1\text{ Н}$, тело остается в покое.

Следовательно, сила трения покоя

$$F_{тр.пок.} = F = 0,5\text{ Н}$$

д). $F > 0,5 \text{ Н}$

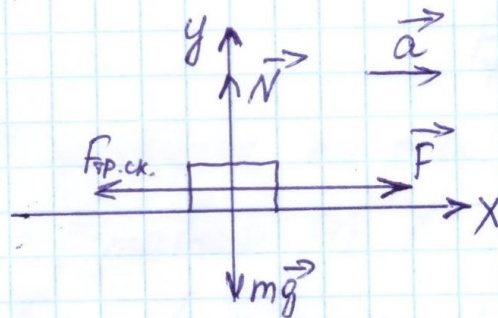


Если к телу приложить силу $F = 0,6 \text{ Н}$, тело так же не сдвинется, следовательно, сила трения покоя увеличится и станет равной: $F_{тр.пок} = F = 0,6 \text{ Н}$

Сдвинуть тело возможно если к телу приложить силу $F' = F_{тр.скольж.} = 1 \text{ Н}$

В таком случае, согласно 2-му закону Ньютона, тело будет сохранять свою скорость постоянной.
 $v = \text{const}$

в). $F = 2 \text{ Н}$; $a = ?$

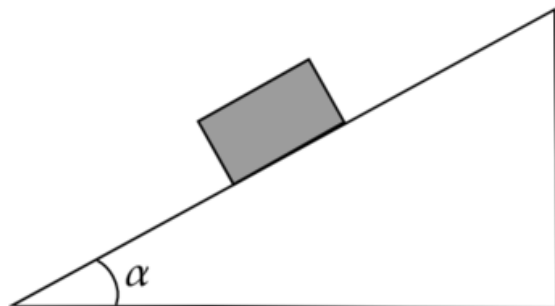


Если к телу прикладывать силу более 1 Н сила трения скольжения остается постоянной, а тело движется с постоянным ускорением.
по оси Ox : $ma = F - F_{тр.ск.}$

$$a = \frac{F - F_{тр.ск.}}{m}$$

$$a = \frac{2 \text{ Н} - 1 \text{ Н}}{1 \text{ кг}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Брусек покоится на наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, его масса $m = 0,1$ кг. Чему равна сила трения, которая действует на брусек. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен $\mu = 0,7$. (Ответ дайте в Ньютонах.)



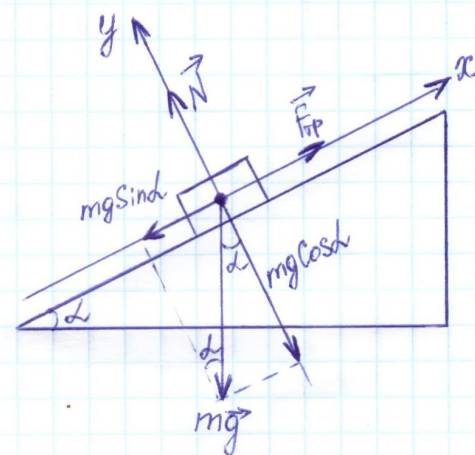
Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,7$$

$$F_{\text{тр}} - ?$$



2 ТИП
задач.

1). По I закону Ньютона: тело покоится, если сумма сил в проекции по оси Ox и Oy равна нулю.

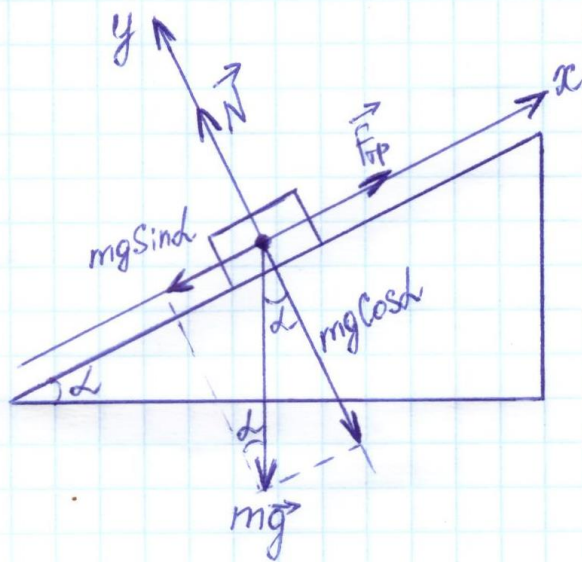
Следовательно по оси Ox выполняется равенство:

$$F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha$$

Подставим численные значения и вычислим силу трения покоя:

$$F_{\text{тр}} = 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \sin 30^\circ = \underline{\underline{0,5 \text{ Н}}}$$

Посмотрим на задачу с другой стороны.



2). Вычислим силу трения скольжения:

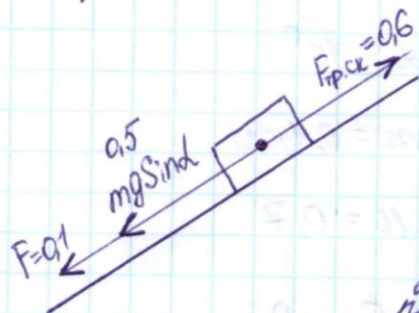
$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad (1)$$

В проекции на ось OY:

$N = mg \cos \alpha$ подставим в уравнение (1)

$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$, подставим численные значения

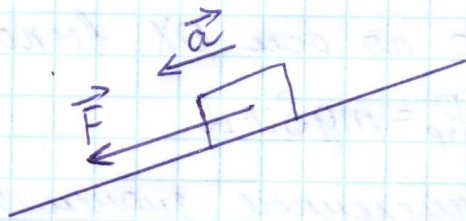
$$F_{\text{трск}} = 0,7 \cdot 0,1 \text{ кН} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \cos 30^\circ = \underline{0,6 \text{ Н}}$$



Следовательно, согласно

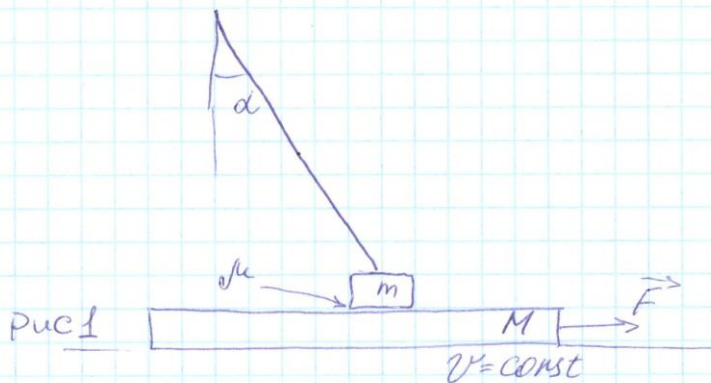
I з-ну Ньютона, для того, чтобы тело начало движение вниз по наклонной плоскости надо приложить силу $F = 0,1 \text{ Н}$.

3). Если $F' > 0,1$, то равнодействующая всех сил направлена вниз по наклонной плоскости и согласно II з-ну Ньютона тело будет ускоряться.



3 тип задач.

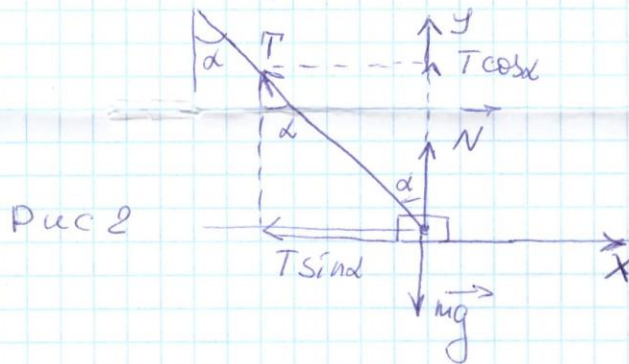
- 3) Брусок $m = 1 \text{ кг}$, привязанной к потолку легкой нитью, опирается на массивную горизонтальную доску. Под действием горизонтальной силы F доска движется вправо с постоянной скоростью. Брусок неподвижен, нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения бруска по доске $\mu = 0,2$. Найти F , трением доски по опоре пренебречь.



— сила трения между поверхностью и доской отсутствует. Если трение между доской M и бруском m , поскольку тело M движется равномерно под действием силы F , очевидно, что сила трения $F_{\text{тр}}$ между m и M

направлена в обратную сторону. Согласно 1-му закону Ньютона $|\vec{F}| = |\vec{F}_{\text{тр}}|$. Следовательно, мы решим, когда задачу, если найдем $F_{\text{тр}}$.

— рассмотрим второе тело массой m . Тело покоится, следовательно по 1-му закону Ньютона сумма всех сил равна нулю.



силами?

Возникают трудности по определению направления силы трения $F_{\text{тр}}$ для тела массой m .

В данной задаче к определению направления силы трения можно применить второй способ.

① Согласно 3-му Ньютона тела m и M взаимодействуют с силами, равными по величине и противоположными по направлению. Из этого следует, что $F_{тр}$, приложенная к телу массой m направлена вправо. (Рис 3)

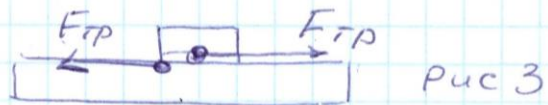
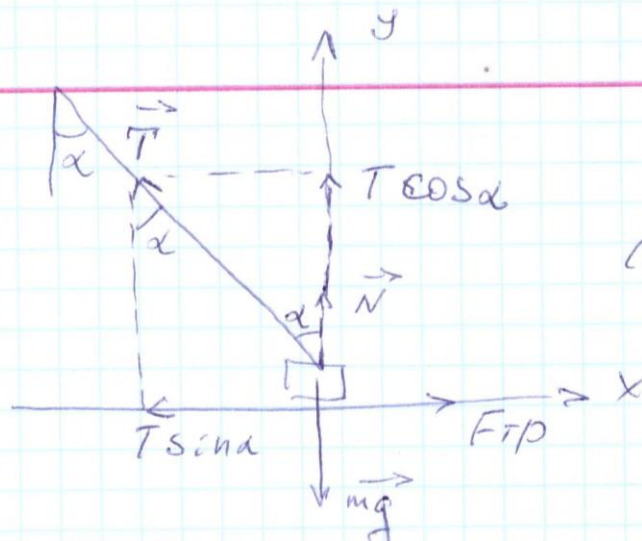


рис 3

② поскольку тело покоится согласно 1-му Ньютона силы по Ox и Oy равны, по оси Oy : $T \cos \alpha + N = mg$. (1)

Однако по оси Ox проекция $T \sin \alpha$ не скомпенсирована. Следовательно, по оси Ox есть сила, направленная против $T \sin \alpha$ и равная ей по модулю. Такой силой может быть только $F_{тр}$.

рис 4



проекция по оси Ox :

$$F_{тр} = T \sin \alpha \quad (2)$$

с учетом того, что $F_{тр} = \mu N$
(2) будет выглядеть:
 $\mu N = T \sin \alpha \quad (3)$

Получилась система уравнений:

$$\begin{cases} T \cos \alpha + N = mg \\ \mu N = T \sin \alpha \end{cases}$$

Решаем систему уравнений:

$$\frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{\mu N}{mg - N} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu N}{mg - N} \quad \text{выразим}$$

$$N \Rightarrow mg \operatorname{tg} \alpha - N \operatorname{tg} \alpha = \mu N \quad N(\mu + \operatorname{tg} \alpha) = mg \operatorname{tg} \alpha$$

$$N = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha}; \quad N = \frac{1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ}{0,2 + \operatorname{tg} 30^\circ} = 7,43 \text{ Н}$$

С учетом $F_{\text{тр}} = \mu N$ получаем $F = F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$

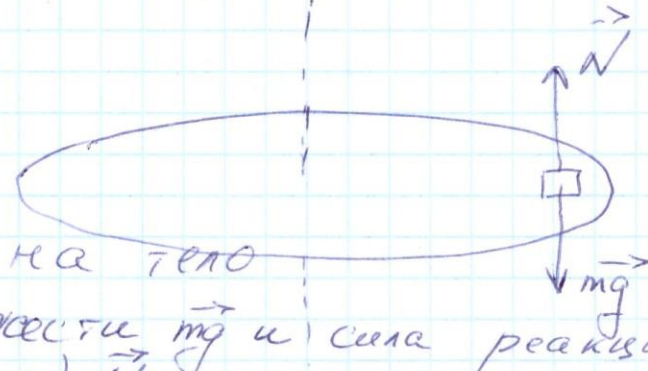
$$F = 0,2 \cdot 7,43 = 1,485 \text{ Н}$$

④ Диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой $\nu = 30 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$. На расстоянии $R = 0,2 \text{ м}$ от оси вращения на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения μ между телом и диском, чтобы тело вращалось вместе с диском без проскальзывания?

Дано	СИ
$\nu = 30 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	$0,5 \frac{\text{об}}{\text{с}}$
$R = 20 \text{ см}$	$0,2 \text{ м}$

$\mu = ?$

Изобразим силы, действующие на тело



Из указанных сил на тело действует сила тяжести $\vec{mg}$ и сила реакции опоры (сила нормального давления) $\vec{N}$.

При вращении диска тело стремится двигаться от центра, под действием центробежной силы. Вследствие этого, сила трения направлена в противоположную сторону, к центру окружности.

Сила трения не дает телу вылететь с диска, и вызывает центростремительное движение по окружности.

По второму закону Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + m\vec{g}$$

в проекции на ОУ:

$$N = mg, \text{ подставим}$$

$$N \text{ в формулу } F_{\text{тр}} = \mu N \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \quad (1)$$

проекция на ОХ:

$$ma = F_{\text{тр}}, \text{ с учетом (1)}$$

$$ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g \quad (2)$$

$$\text{Центробежное ускорение: } a = \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{v}{2\pi R} \quad (4) - \text{частота вращений тела}$$

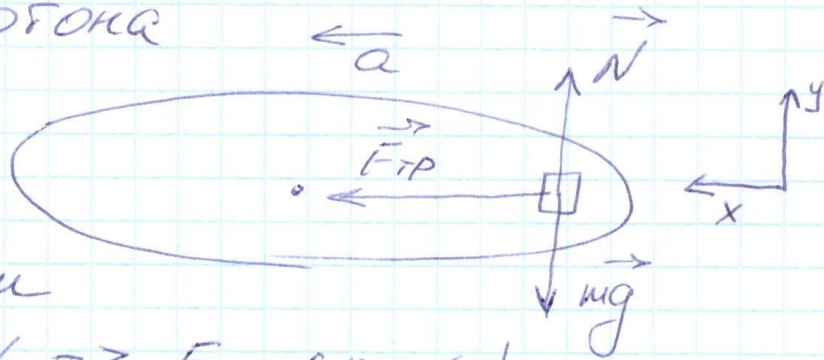
$$\text{Из (4)} \quad v = \nu \cdot 2\pi R, \text{ подставим в (3)} \quad a = \frac{\nu^2 4\pi^2 R^2}{R},$$

подставим в (2) $\Rightarrow$

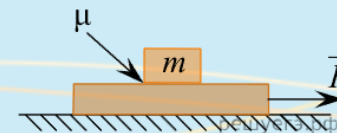
$$\nu^2 4\pi^2 R = \mu g \Rightarrow \mu = \frac{4\pi^2 R \nu^2}{g}$$

подставляем численные значения

$$\mu = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,24 \cdot (0,5 \frac{1}{\text{с}})^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,197 \approx 0,2$$



На гладком горизонтальном столе находится доска, на которой сверху лежит брусок массой $m = 0,2$ кг. На доску начинает действовать некоторая горизонтально направленная сила $\vec{F}$ в результате чего доска начинает двигаться с ускорением 1 м/с^2 . При этом брусок движется вместе с доской, не проскальзывая по ней (см. рисунок). Чему равен модуль силы трения, действующей при этом на брусок? Коэффициент трения между бруском и доской равен $\mu = 0,2$.

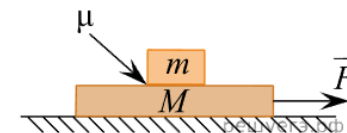


Ответ дайте в Н.

Решение. Между бруском и доской действует парная сила трения, причем, эта сила направлена для бруска в сторону движения доски. Так как отсутствует проскальзывание бруска, то брусок движется с таким же ускорением, что и доска. Тогда сила трения, действующая на брусок по второму закону Ньютона

$$F_{\text{тр}} = ma = 0,2 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,2 \text{ Н.}$$

На гладком горизонтальном столе находится доска массой $M = 1$ кг, на которой сверху лежит брусок массой $m = 200$ г. Коэффициент трения между бруском и доской равен $\mu = 0,2$. Какую минимальную по модулю горизонтально направленную силу $\vec{F}$ нужно приложить к доске для того, чтобы брусок начал соскальзывать с неё?



Ответ дайте в Н.

[Спрятать решение](#)

Решение.

Между бруском и доской действует парная сила трения, причем, эта сила направлена для бруска в сторону движения доски, а на доску по третьему закону Ньютона — в противоположную сторону. Перед началом соскальзывания брусок движется с таким же ускорением, что и доска. По второму закону Ньютона для обоих тел:

$$\begin{cases} F - F_{\text{тр}} = Ma, \\ F_{\text{тр}} = ma \end{cases}$$

Откуда с учетом, что $F_{\text{тр}} = \mu mg$, получаем

$$F = \mu g(M + m) = 0,2 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2) = 2,4 \text{ Н.}$$