

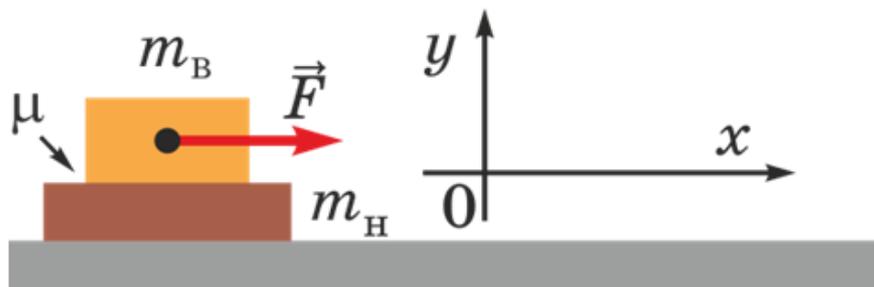
# **Движение системы тел с учётом трения**

**По материалам УМК**

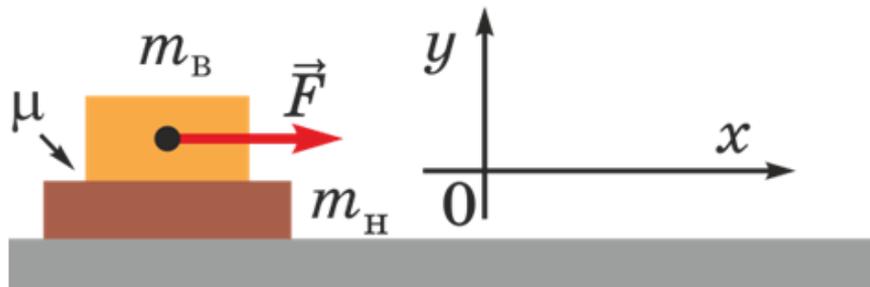
**Л. Э. Генденштейна, А. А. Булатовой,  
И. Н. Корнильева, А. В. Кошкиной**

**"БИНОМ. Лаборатория знаний"  
Москва**

На *гладком* столе один на другом лежат два бруска. Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}}$ , масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}}$ . Коэффициент трения между брусками  $\mu$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ .



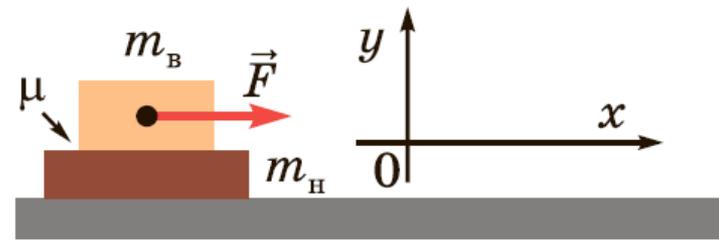
На *гладком* столе один на другом лежат два бруска. Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}}$ , масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}}$ . Коэффициент трения между брусками  $\mu$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ .



Как записать систему уравнений?

Мы не знаем заранее, какие силы трения действуют между брусками — силы трения **скольжения** или силы трения **покоя**.

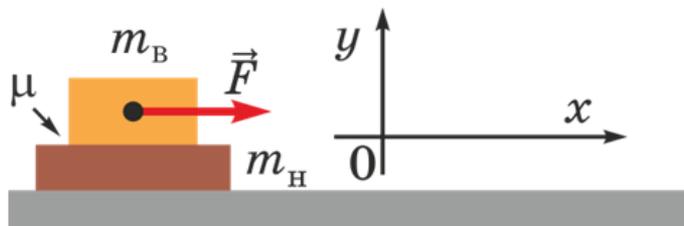
11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



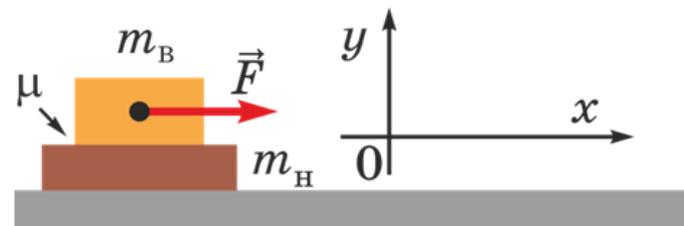
**Рис. 12.8**

Расставьте действующие силы и запишите второй закон Ньютона в проекции на указанные оси.

а) бруски покоятся относительно друг друга

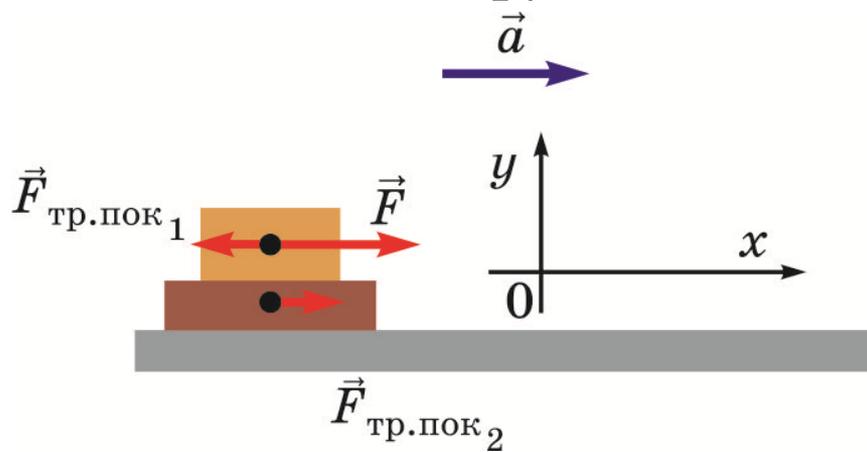


б) верхний брусок движется относительно нижнего



Расставьте действующие силы и запишите второй закон Ньютона в проекции на указанные оси.

а) бруски покоятся относительно друг



$$F_{\text{тр.пок1}} = F_{\text{тр.пок2}} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

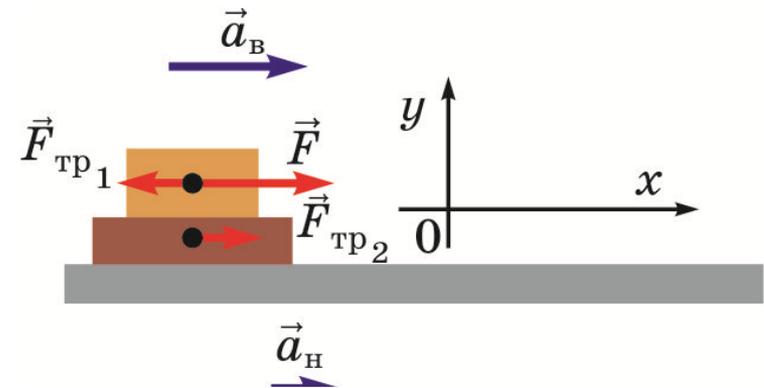
$$ox: F - F_{\text{тр.пок}} = m_{\text{в}} a$$

$$ox: F_{\text{тр.пок}} = m_{\text{н}} a$$

$$oy: N_{\text{в}} - m_{\text{в}} g = 0$$

$$oy: N_{\text{н}} - (m_{\text{в}} + m_{\text{н}}) g = 0$$

б) верхний брусок движется относительно нижнего



$$F_{\text{тр1}} = F_{\text{тр2}} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

$$ox: F - F_{\text{тр1}} = m_{\text{в}} a_{\text{в}}$$

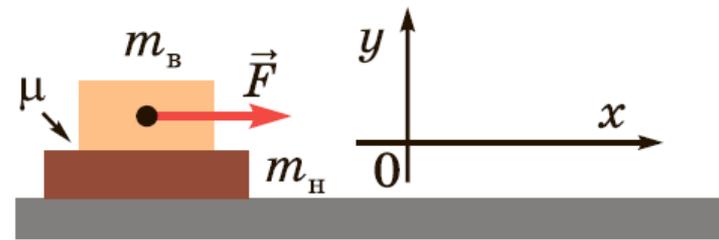
$$ox: F_{\text{тр}} = m_{\text{н}} a_{\text{н}}$$

$$oy: N_{\text{в}} - m_{\text{в}} g = 0$$

$$oy: N_{\text{н}} - (m_{\text{в}} + m_{\text{н}}) g = 0$$

$$F_{\text{тр}} = \mu m_{\text{в}} g$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

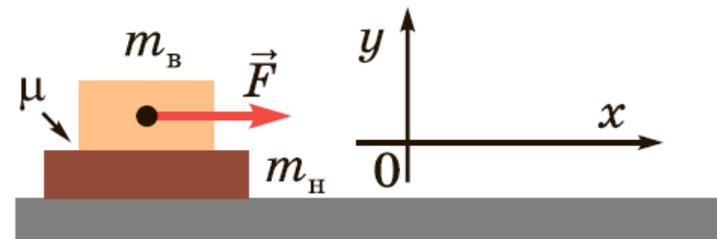


Рис. 12.8

в) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *скольжения*. Подставьте в эти уравнения выражения для сил трения скольжения.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

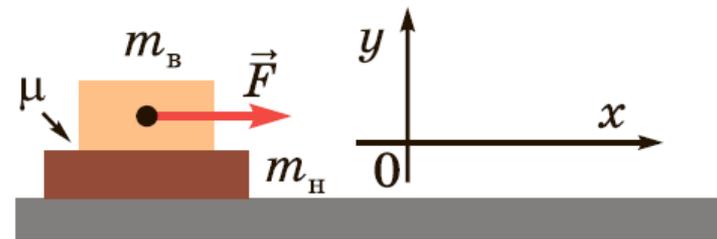
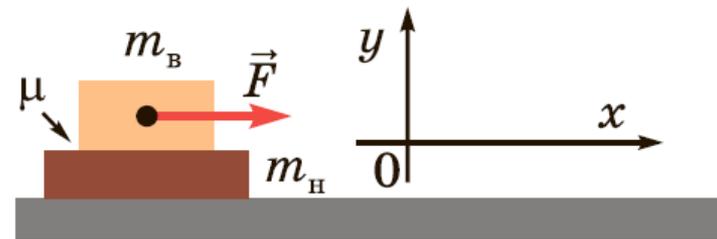


Рис. 12.8

в) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *скольжения*. Подставьте в эти уравнения выражения для сил трения скольжения.

$$\text{в) } \begin{cases} O_x: F - \mu m_{\text{В}} g = m_{\text{В}} a_{\text{В}}; \\ O_x: \mu m_{\text{В}} g = m_{\text{Н}} a_{\text{Н}}. \end{cases}$$

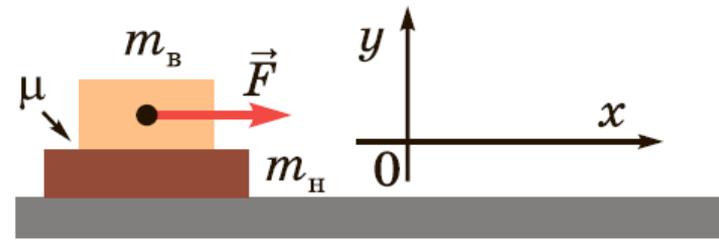
11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

г) Найдите ускорения брусков при заданных в условии значениях величин.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_B = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_H = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

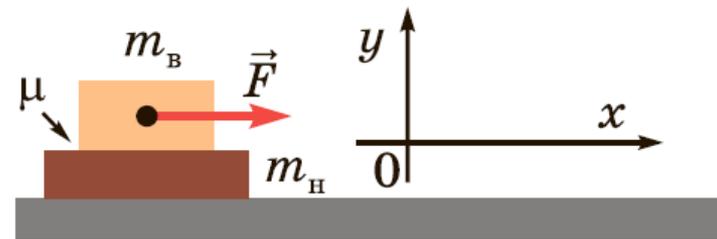


**Рис. 12.8**

г) Найдите ускорения брусков при заданных в условии значениях величин.

$$\text{г) } a_B = \frac{F}{m_B} - \mu g = 16 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}; \quad a_H = \frac{\mu m_B g}{m_H} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

г) Найдите ускорения брусков при заданных в условии значениях величин.

$$\text{г) } a_{\text{В}} = \frac{F}{m_{\text{В}}} - \mu g = 16 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}; \quad a_{\text{Н}} = \frac{\mu m_{\text{В}} g}{m_{\text{Н}}} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

д) Могут ли полученные значения ускорений брусков быть правильными? Обоснуйте ваш ответ.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_B = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_H = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

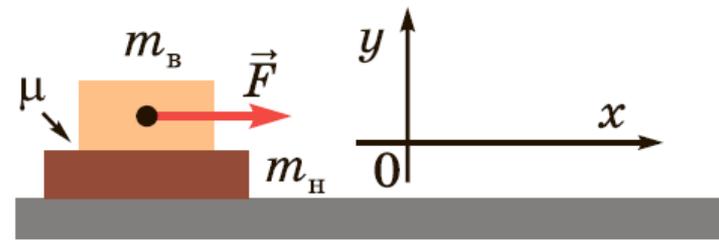


Рис. 12.8

г) Найдите ускорения брусков при заданных в условии значениях величин.

$$\text{г) } a_B = \frac{F}{m_B} - \mu g = 16 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}; \quad a_H = \frac{\mu m_B g}{m_H} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

д) Могут ли полученные значения ускорений брусков быть правильными? Обоснуйте ваш ответ.

нет, т.к  $a_B$  должно быть больше  $a_H$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_B = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_H = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

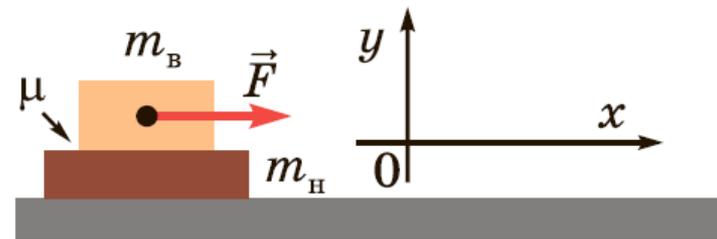


Рис. 12.8

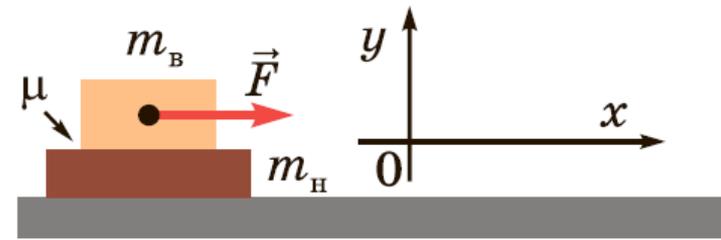
г) Найдите ускорения брусков при заданных в условии значениях величин.

$$\text{г) } a_B = \frac{F}{m_B} - \mu g = 16 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}; \quad a_H = \frac{\mu m_B g}{m_H} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

д) Могут ли полученные значения ускорений брусков быть правильными? Обоснуйте ваш ответ.

Итак, предположение, что между брусками действуют силы трения *скольжения*, привело к противоречию. Значит, между брусками действуют силы трения *покоя*.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

- е) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *покоя*.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

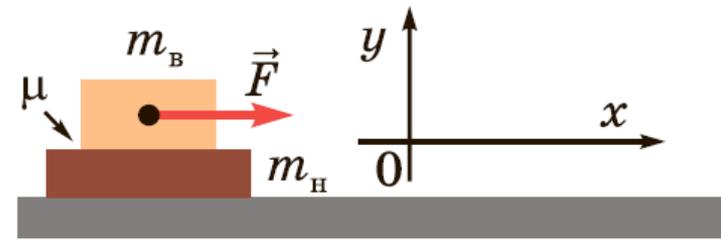


Рис. 12.8

е) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *покоя*.

$$е) \begin{cases} O_x: F - F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{В}} a; \\ O_x: F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{Н}} a. \end{cases}$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

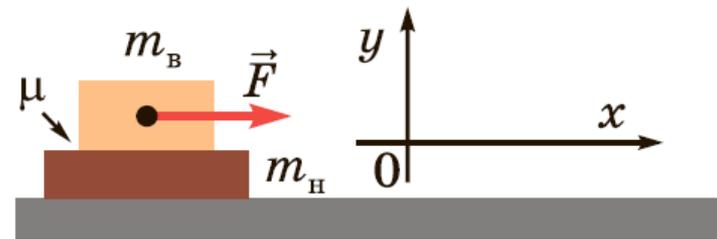


Рис. 12.8

- е) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *покоя*.

$$е) \begin{cases} O x: F - F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{В}} a; \\ O x: F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{Н}} a. \end{cases}$$

- ж) Найдите ускорение брусков при заданных в условии значениях величин.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

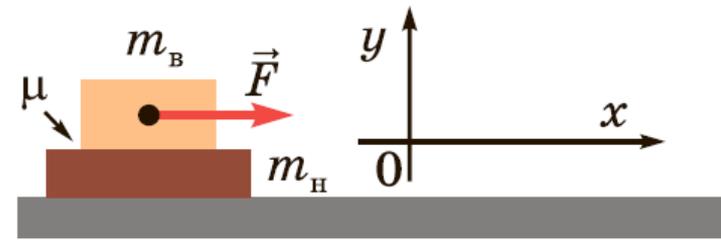


Рис. 12.8

е) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *покоя*.

$$е) \begin{cases} O x: F - F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{В}} a; \\ O x: F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{Н}} a. \end{cases}$$

ж) Найдите ускорение брусков при заданных в условии значениях величин.

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

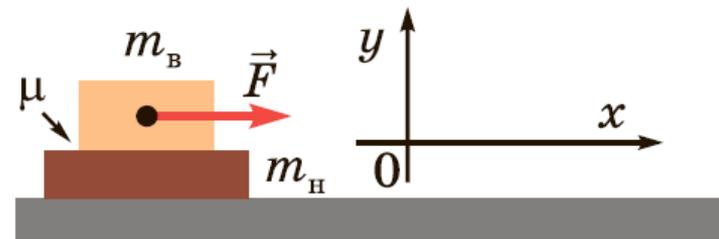


Рис. 12.8

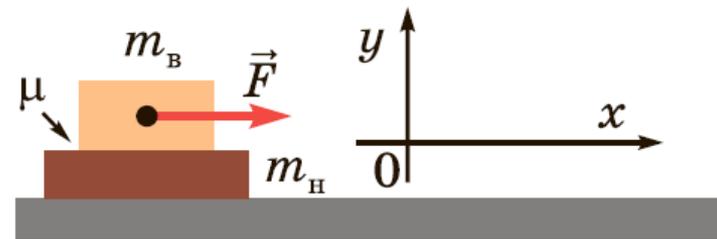
- е) Запишите второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  для каждого бруска, предположив, что между ними действуют силы трения *покоя*.

$$\text{е) } \begin{cases} O_x: F - F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{В}} a; \\ O_x: F_{\text{тр. пок}} = m_{\text{Н}} a. \end{cases}$$

- ж) Найдите ускорение брусков при заданных в условии значениях величин.

$$\text{ж) } a = \frac{F}{m_{\text{В}} + m_{\text{Н}}} = 16,7 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

з) Чему равен модуль сил трения покоя, действующих между брусками?

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

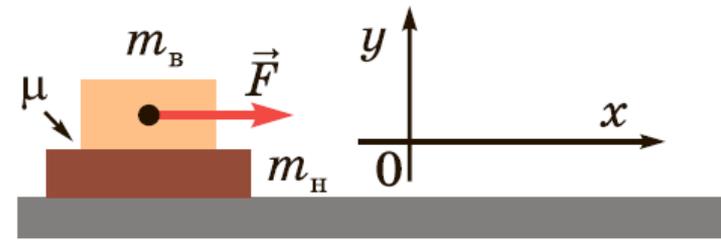


Рис. 12.8

з) Чему равен модуль сил трения покоя, действующих между брусками?

$$F_{\text{тр.пок}} = m_{\text{Н}} a = 3,3 \text{ Н}$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

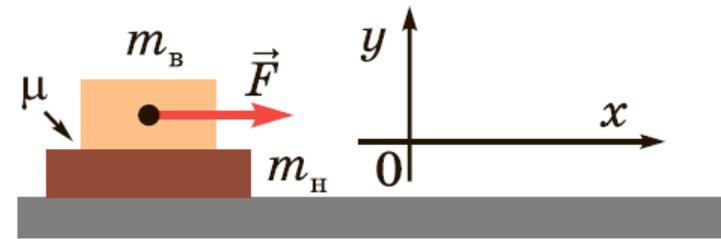


Рис. 12.8

з) Чему равен модуль сил трения покоя, действующих между брусками?

$$F_{\text{тр.пок}} = m_{\text{Н}} a = 3,3 \text{ Н}$$

Как мы знаем, сила трения покоя не может превышать максимальной силы трения покоя, которую мы принимаем равной силе трения скольжения.

и) Выполняется ли это неравенство для сил трения покоя в данном случае?

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

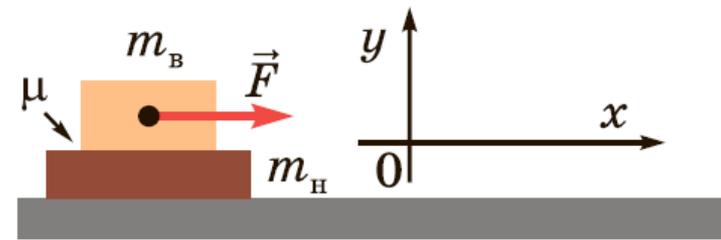


Рис. 12.8

з) Чему равен модуль сил трения покоя, действующих между брусками?

$$F_{\text{тр.пок}} = m_{\text{Н}} a = 3,3 \text{ Н}$$

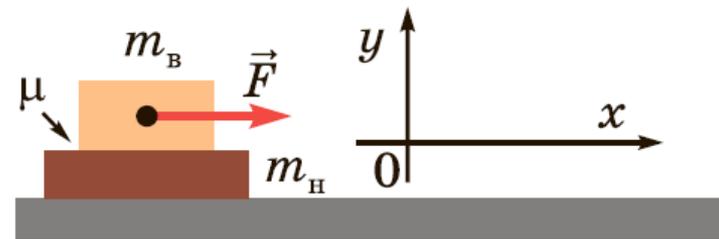
Как мы знаем, сила трения покоя не может превышать максимальной силы трения покоя, которую мы принимаем равной силе трения скольжения.

и) Выполняется ли это неравенство для сил трения покоя в данном случае?

$$F_{\text{тр.ск}} = \mu m_{\text{В}} g = 4 \text{ Н}$$

Да, т.к.  $F_{\text{тр.пок}} < F_{\text{тр.ск}}$

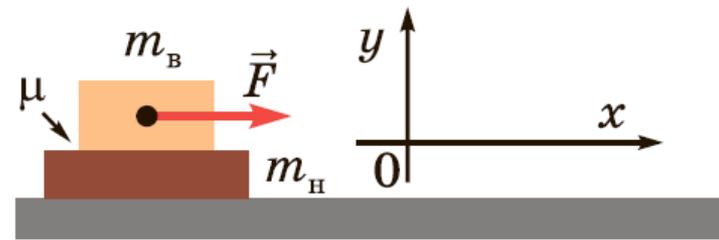
11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_B = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_H = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

к) С каким максимально возможным ускорением может двигаться нижний брусок?

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

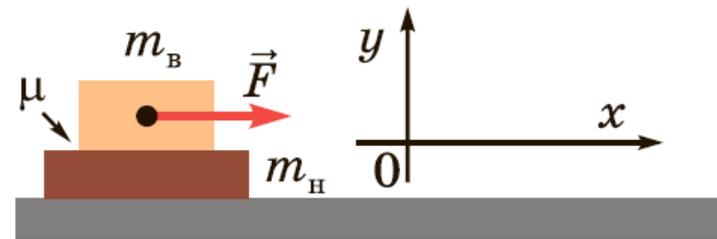


**Рис. 12.8**

к) С каким максимально возможным ускорением может двигаться нижний брусок?

$$\left( F_{\text{тр.пок}} \right)_{\text{max}} = m_{\text{Н}} a_{\text{max}} \Rightarrow a_{\text{max}} = \frac{\left( F_{\text{тр.пок}} \right)_{\text{max}}}{m_{\text{Н}}} = 20 \text{ м/с}^2$$

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_B = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_H = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.



**Рис. 12.8**

к) С каким максимально возможным ускорением может двигаться нижний брусок?

к)  $20 \text{ м/с}^2$ .

л) Какую горизонтальную силу надо приложить к верхнему бруску, чтобы «сорвать» его с нижнего бруска?

11. На *гладком* столе один на другом лежат два бруска (рис. 12.8). Масса верхнего бруска  $m_{\text{В}} = 1$  кг, масса нижнего бруска  $m_{\text{Н}} = 200$  г. Коэффициент трения между брусками  $\mu = 0,4$ . К верхнему бруску прикладывают горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ , равную по модулю 20 Н.

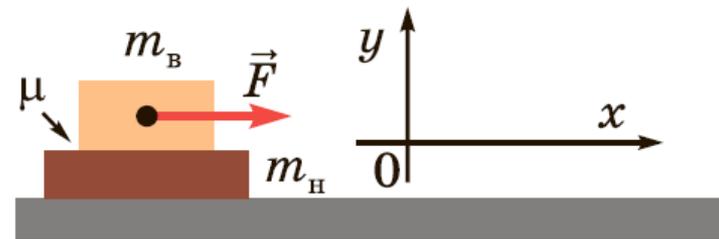


Рис. 12.8

к) С каким максимально возможным ускорением может двигаться нижний брусок?

к)  $20 \text{ м/с}^2$ .

л) Какую горизонтальную силу надо приложить к верхнему бруску, чтобы «сорвать» его с нижнего бруска?

$$F - \left( F_{\text{тр.пок}} \right)_{\text{max}} = m_{\text{В}} a_{\text{max}}$$

$$F = \left( F_{\text{тр.пок}} \right)_{\text{max}} + m_{\text{В}} a_{\text{max}} = 24 \text{ Н}$$

$$F > 24 \text{ Н}$$

## Похожая задача

12. На рисунке 12.9 изображена система тел. Стол гладкий, нить лёгкая и нерастяжимая, массы брусков  $m_H = 0,5$  кг,  $m_B = 0,3$  кг, масса груза  $m_T = 0,2$  кг. В начальный момент груз придерживают, все тела покоятся. Трением в блоке и массой блока можно пренебречь. В некоторый момент груз отпускают без толчка.

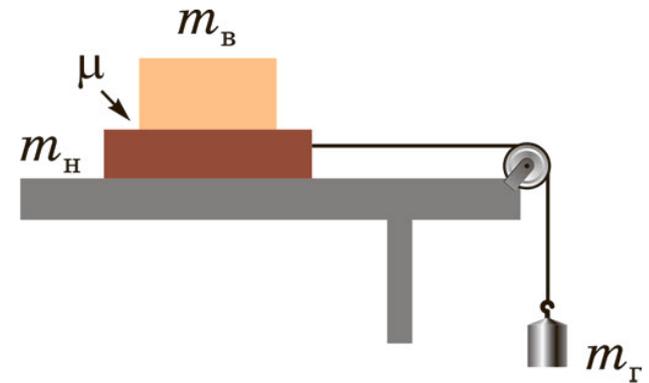
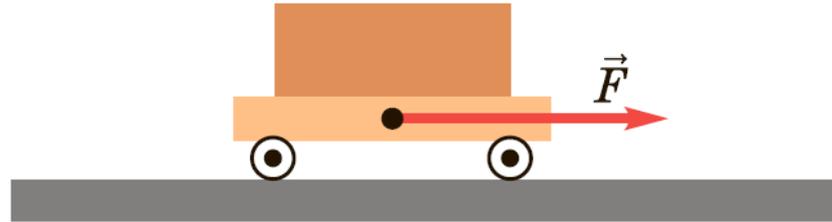


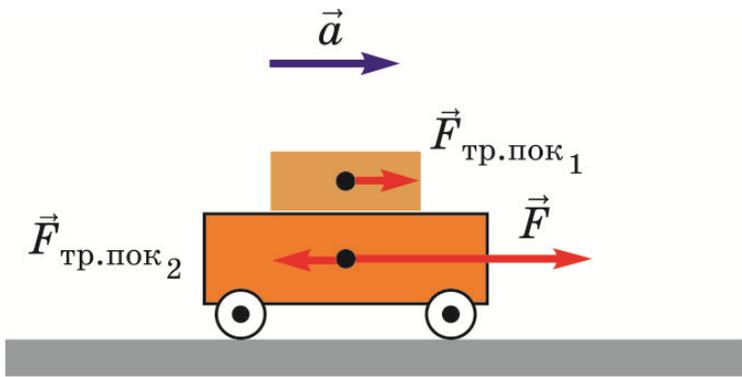
Рис. 12.9

- При каком коэффициенте трения между брусками они будут двигаться как единое целое?
- Чему будут равны ускорения брусков, если коэффициент трения между ними равен 0,5?
- Чему будут равны ускорения брусков, если коэффициент трения между ними равен 0,1?

**21.** На гладком столе покоится тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К тележке прикладывают горизонтально направленную силу, которая «выдёргивает» тележку из-под бруска (рис. 12.14). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2.



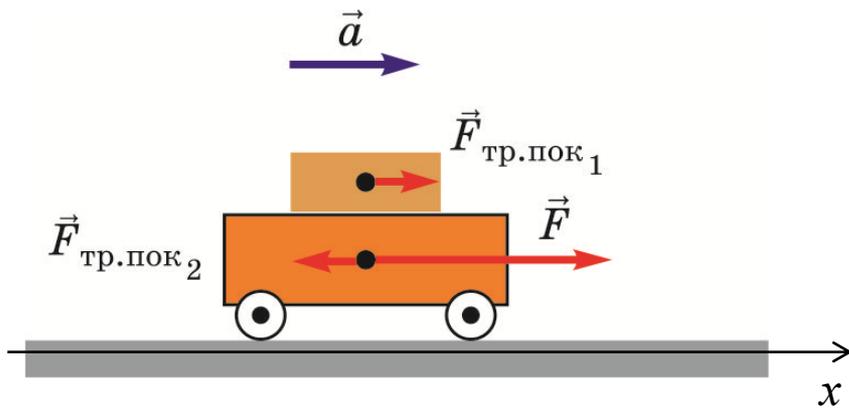
21. На гладком столе покоится тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К тележке прикладывают горизонтально направленную силу, которая «выдёргивает» тележку из-под бруска (рис. 12.14). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2.



$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

**Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.**

21. На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К тележке прикладывают горизонтально направленную силу, которая «выдёргивает» тележку из-под бруска (рис. 12.14). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2.



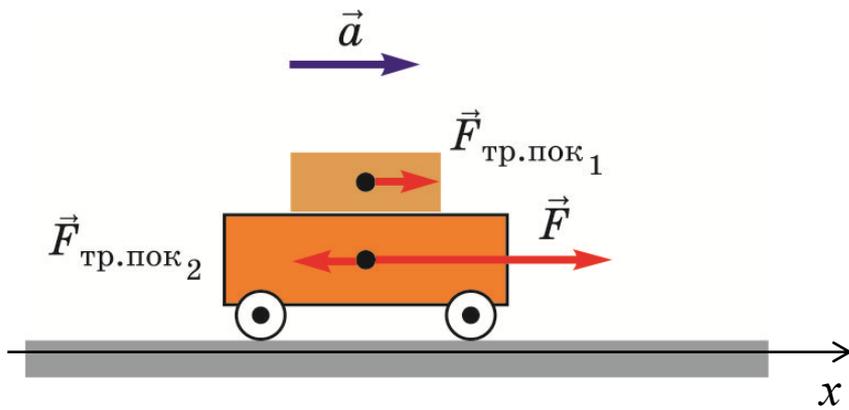
$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.

Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела движутся как единое целое

$$\mu m_{\text{б}} g = m_{\text{б}} a \Rightarrow a = \mu g = 2 \text{ м/с}^2$$

21. На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К тележке прикладывают горизонтально направленную силу, которая «выдёргивает» тележку из-под бруска (рис. 12.14). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2.



$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

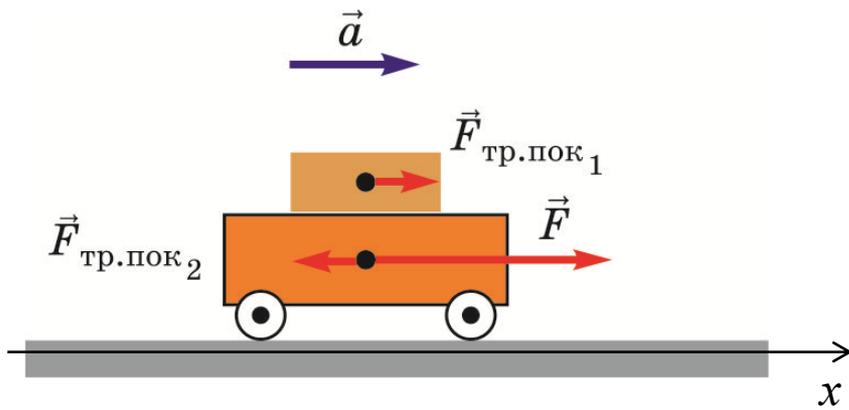
Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.

Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела движутся как единое целое

$$\mu m_{\text{б}} g = m_{\text{б}} a \Rightarrow a = \mu g = 2 \text{ м/с}^2$$

$$F - \mu m_{\text{б}} g = m_{\text{т}} a \Rightarrow F = \mu m_{\text{б}} g + m_{\text{т}} a = 4,2 \text{ Н}$$

21. На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К тележке прикладывают горизонтально направленную силу, которая «выдёргивает» тележку из-под бруска (рис. 12.14). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2.



$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.

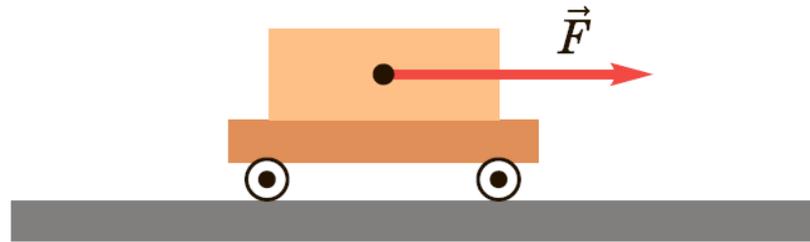
Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела движутся как единое целое

$$\mu m_{\text{б}} g = m_{\text{б}} a \Rightarrow a = \mu g = 2 \text{ м/с}^2$$

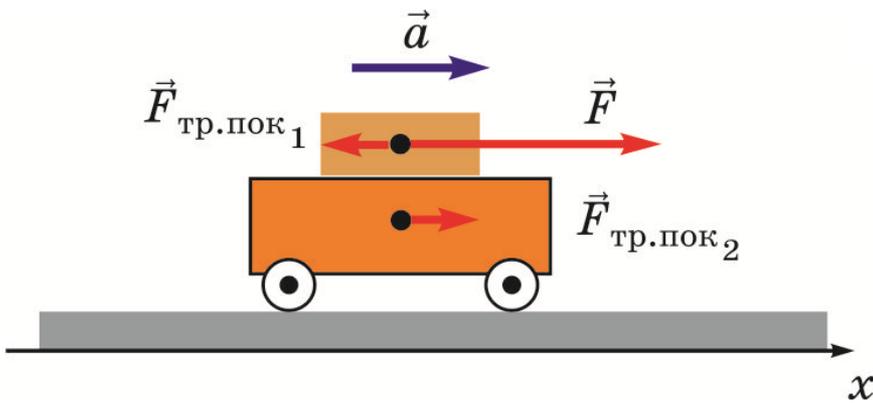
$$F - \mu m_{\text{б}} g = m_{\text{т}} a \Rightarrow F = \mu m_{\text{б}} g + m_{\text{т}} a = 4,2 \text{ Н}$$

По условию  $a_{\text{т}} > a_{\text{б}} \Rightarrow F > 4,2 \text{ Н}$

**22.** На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К бруску прикладывают горизонтально направленную силу, под действием которой брусок начинает скользить по тележке (рис. 12.15). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2. Сравните полученный результат с результатом предыдущей задачи.



**22.** На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К бруску прикладывают горизонтально направленную силу, под действием которой брусок начинает скользить по тележке (рис. 12.15). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2. Сравните полученный результат с результатом предыдущей задачи.

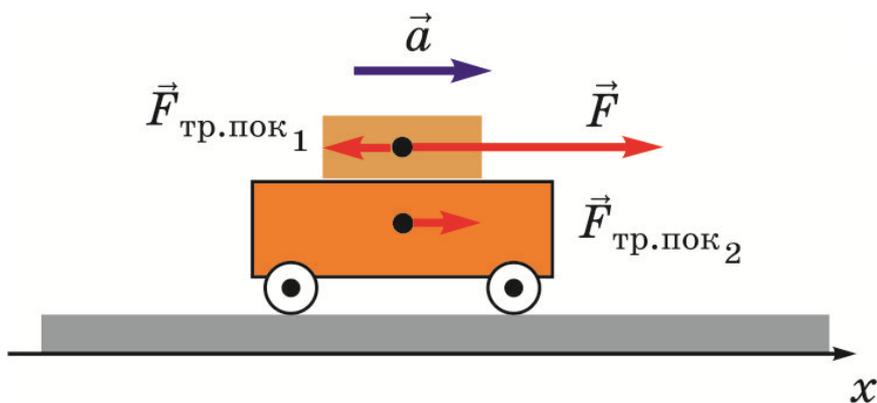


$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

**Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.**

Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела двигаются как единое целое

22. На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К бруску прикладывают горизонтально направленную силу, под действием которой брусок начинает скользить по тележке (рис. 12.15). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2. Сравните полученный результат с результатом предыдущей задачи.



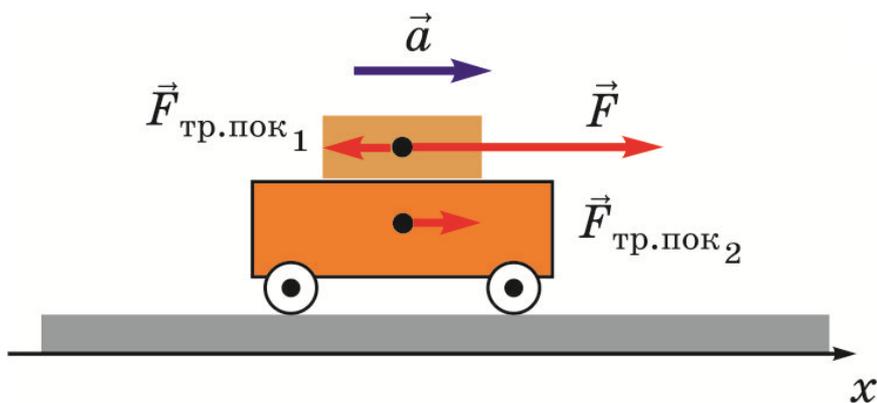
$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.

Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела движутся как единое целое

$$\mu m_{\text{б}} g = m_{\text{т}} a \Rightarrow a = \frac{\mu m_{\text{б}} g}{m_{\text{т}}} = 40 \text{ м/с}^2$$

22. На гладком столе постоит тележка массой 100 г, на которой лежит брусок массой 2 кг. К бруску прикладывают горизонтально направленную силу, под действием которой брусок начинает скользить по тележке (рис. 12.15). Каким может быть модуль этой силы? Коэффициент трения между бруском и тележкой — 0,2. Сравните полученный результат с результатом предыдущей задачи.



$$F_{\text{тр.пок}_1} = F_{\text{тр.пок}_2} \text{ (по III закону Ньютона)}$$

Сила трения покоя и ускорение достигают максимальных значений.

Пусть  $a_{\text{т}} = a_{\text{б}}$  и тела движутся как единое целое

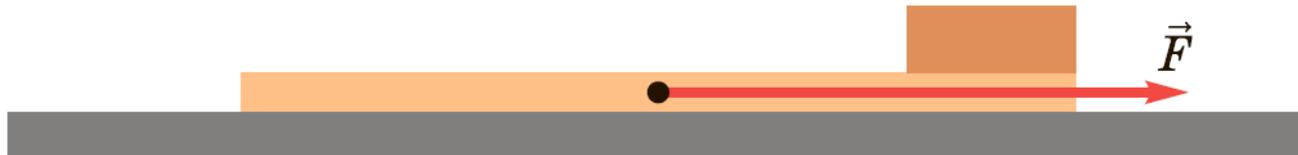
$$\mu m_{\text{б}} g = m_{\text{т}} a \Rightarrow a = \frac{\mu m_{\text{б}} g}{m_{\text{т}}} = 40 \text{ м/с}^2$$

$$F - \mu m_{\text{б}} g = m_{\text{б}} a \Rightarrow F = \mu m_{\text{б}} g + m_{\text{б}} a = 84 \text{ Н}$$

По условию  $a_{\text{б}} > a_{\text{т}} \Rightarrow F > 84 \text{ Н}$

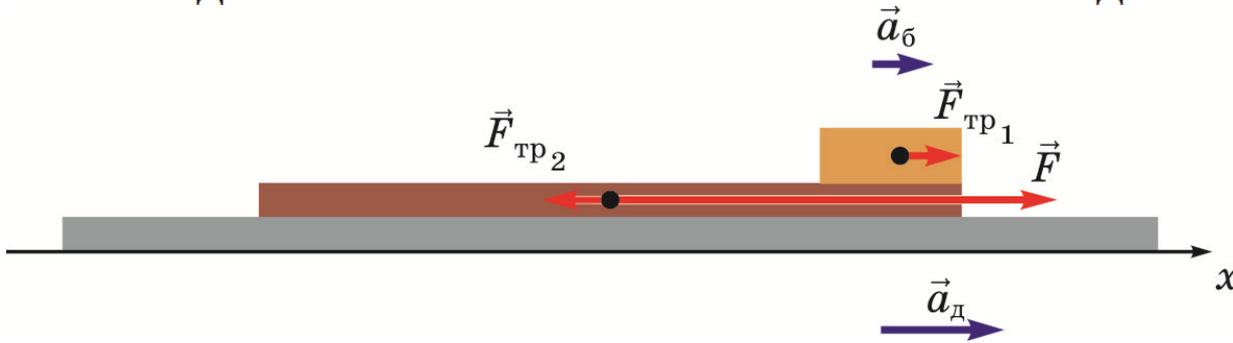
**23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.
- б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



**23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

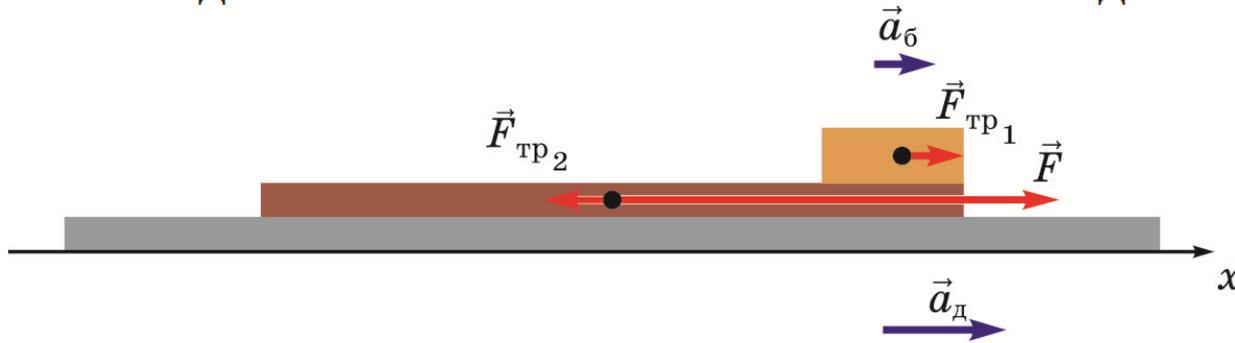
- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.  
 б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



а) Брусок *оx*:  $\mu m_b g = m_b a_b \Rightarrow a_b = \mu g = 1 \text{ м/с}^2$

**23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.  
 б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?

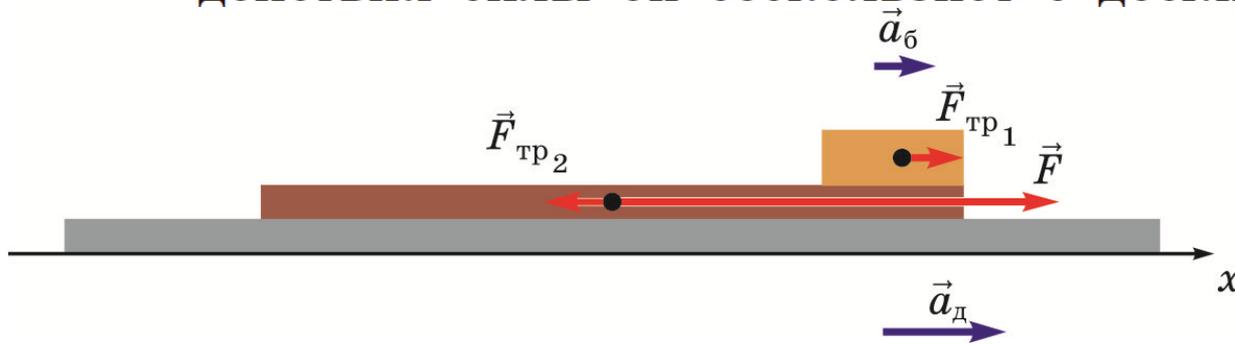


а) Брусок  $ox$ :  $\mu m_b g = m_b a_b \Rightarrow a_b = \mu g = 1 \text{ м/с}^2$

Доска  $ox$ :  $F - \mu m_b g = m_d a_d \Rightarrow a_d = \frac{F - \mu m_b g}{m_d} = 2,5 \text{ м/с}^2$

23. На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.  
 б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



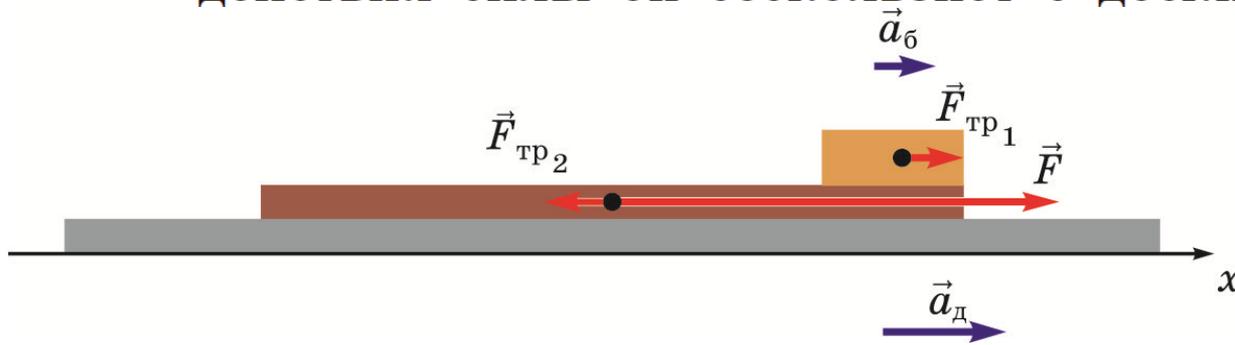
а) Брусок  $ox$ :  $\mu m_\delta g = m_\delta a_\delta \Rightarrow a_\delta = \mu g = 1 \text{ м/с}^2$

Доска  $ox$ :  $F - \mu m_\delta g = m_\text{д} a_\text{д} \Rightarrow a_\text{д} = \frac{F - \mu m_\delta g}{m_\text{д}} = 2,5 \text{ м/с}^2$

$a_\text{д} > a_\delta \Rightarrow$  скольжение

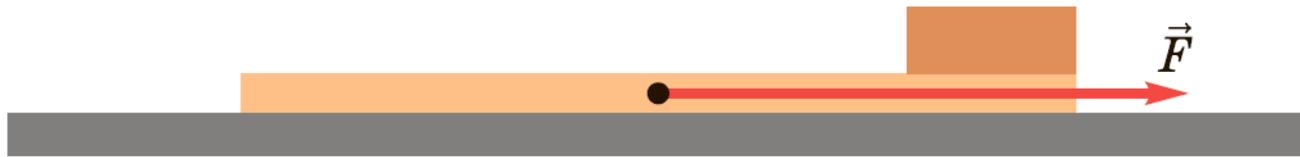
**23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.  
 б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



$$l_{\text{д}} = \frac{a_{\text{отн}} t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l_{\text{д}}}{a_{\text{д}} - a_{\text{б}}}} = 1,63 \text{ с.}$$

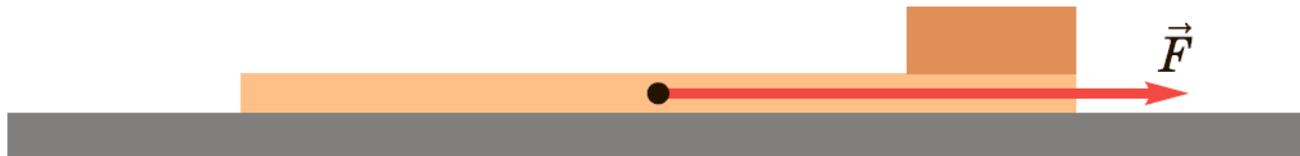
- 23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).
- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.
- б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



Брусок соскользнёт с доски в момент, когда пройденный доской путь будет на длину доски больше, чем путь, пройденный бруском относительно стола.

**23.** На краю доски длиной 2 м и массой 2 кг, лежащей на гладком столе, покоится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,1. К доске прикладывают горизонтально направленную силу, равную 6 Н (рис. 12.16).

- а) Начнёт ли брусок скользить по доске? Обоснуйте свой ответ.  
 б) Если да, то через какой промежуток времени после начала действия силы он соскользнёт с доски?



Брусок соскользнёт с доски в момент, когда пройденный доской путь будет на длину доски больше, чем путь, пройденный бруском относительно стола.

$$S_{\text{д.отн.стола}} = l_{\text{д}} + S_{\text{б.отн.стола}}$$

$$l_{\text{д}} = \frac{a_{\text{д}} t^2}{2} - \frac{a_{\text{б}} t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l_{\text{д}}}{a_{\text{д}} - a_{\text{б}}}} = 1,63 \text{ с.}$$

**УМК ПО ФИЗИКЕ  
НА ОСНОВЕ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОДХОДА**

**Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова,  
И. Н. Корнильев, А. В. Кошкина**

**«БИНОМ. Лаборатория знаний»**

**В ФЕДЕРАЛЬНОМ ПЕРЕЧНЕ УЧЕБНИКОВ**

# 7



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

1



# 7



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

2



# 8



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

1



# 8



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

2



# 9



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

1



# 9



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

2



# 10



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

### 1

БАЗОВЫЙ И УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВНИ



# 10



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

### 2

БАЗОВЫЙ И УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВНИ



# 11



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

### 1

БАЗОВЫЙ И УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВНИ



# 11



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

### 2

БАЗОВЫЙ И УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВНИ



# 10



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ



# 11



Л. Э. Генденштейн  
А. А. Булатова  
И. Н. Корнильев  
А. В. Кошкина

## Ф И З И К А

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ



- Учебник учит школьников *решать* задачи, вместо того чтобы *показывать* примеры решений. В конце книги приведены «Полезные советы», а также «Ответы и решения».
- Постоянная рубрика «Ставим и решаем задачи» учит школьников не только *решать* задачи, но и *ставить* их. В ней предлагается вместе преобразовывать трудные задачи в систему более простых.

#### \*4. Исследование более сложных ситуаций

10. Брусок массой  $m = 200$  г *равномерно* перемещают по столу, прикладывая силу  $\vec{T}$ , направленную вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (рис. 9.9). Коэффициент трения между бруском и столом  $\mu = 0,4$ .

- Введите оси координат, как показано на рисунке 9.10. Перенесите рисунок в тетрадь и изобразите на нём все силы, действующие на брусок.
- Запишите выражения для проекций всех приложенных к бруску сил.
- Чему равна равнодействующая приложенных к бруску сил?
- Запишите второй закон Ньютона для бруска в проекциях на оси  $x$ ,  $y$ .
- Какое соотношение справедливо для данной ситуации, кроме второго закона Ньютона?
- Используя полученную систему трёх уравнений, выразите  $T$ ,  $N$ ,  $F_{\text{тр}}$  через  $m$ ,  $\alpha$ ,  $\mu$ ,  $g$ .
- Чему равны  $T$ ,  $N$ ,  $F_{\text{тр}}$ ?

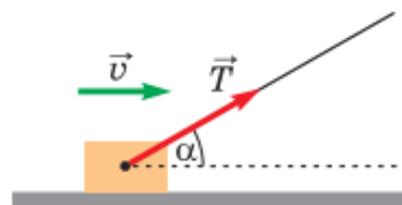


Рис. 9.9

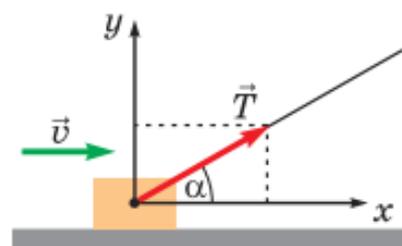


Рис. 9.10



- Учебник учит школьников *решать* задачи, вместо того чтобы *показывать* примеры решений. В конце книги приведены «Полезные советы», а также «Ответы и решения».
- Постоянная рубрика «Ставим и решаем задачи» учит школьников не только *решать* задачи, но и *ставить* их. В ней предлагается вместе преобразовывать трудные задачи в систему более простых.

### Ставим и решаем задачи

5. Саша проехал на велосипеде 30 мин со скоростью 20 км/ч, после чего он шёл, ведя велосипед, в течение часа со скоростью 5 км/ч.
- а) Какое расстояние Саша проехал на велосипеде?
  - б) Какое расстояние Саша прошёл пешком?
  - в) Чему равен весь пройденный Сашей путь?
  - г) Чему равно всё время движения Саши?
  - д) Чему равна средняя скорость Саши?
  - е) Чему равно среднее арифметическое скоростей Саши на двух участках?

- В учебнике широко используется *метод исследования ключевых ситуаций* — реализация *учебно-исследовательской деятельности*. Сюжеты всех задач школьного курса физики основаны всего на нескольких десятках ситуаций. Исследование этих ситуаций раскрывает перед учениками «секреты» решения всех задач.

#### 4. Соскальзывание с полусферы

10. На вершине гладкой закреплённой полусферы радиусом  $r$  лежит небольшая шайба, которая начинает соскальзывать от очень слабого толчка и в некоторой точке отрывается от полусферы (рис. 19.10).

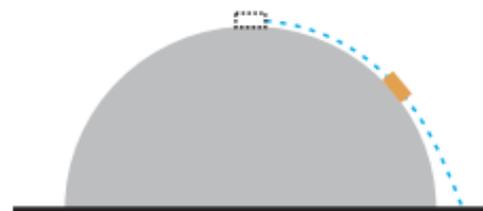


Рис. 19.10

- а) Запишите уравнение, выражающее сохранение механической энергии шайбы для любого момента, когда она ещё скользит по полусфере. Обозначьте  $v$  модуль скорости шайбы в этот момент,  $h$  — высоту, на которой находится шайба.
- б) Запишите в проекциях на ось  $x$  уравнение второго закона Ньютона для шайбы в тот же момент. Обозначьте  $N$  модуль силы нормальной реакции, действующей на шайбу со стороны полусферы, ось  $x$  направьте из положения шайбы к центру окружности.
- в) Найдите выражение для высоты, на которой шайба оторвётся от полусферы.

- Учебник является *двухуровневым*: практически в каждом параграфе есть раздел «Хочешь узнать больше?», в котором приведены дополнительные интересные сведения и разбираются более трудные задачи.



## ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

### 3. Решение более трудных задач об электромагнитной индукции

#### Ставим и решаем задачи



3. На гладких проводящих горизонтальных направляющих, находящихся в магнитном поле, покоятся два металлических стержня (рис. 19.5). Стержень 1 толкают *вправо*.

- Изменяется ли магнитный поток, пронизывающий проводящий контур, образованный стержнями и направляющими, при движении стержня 1?
- Будет ли в этом проводящем контуре возникать индукционный ток?
- Будет ли действовать сила Ампера на стержень 2? Обоснуйте ваш ответ.
- В каком направлении начнёт двигаться стержень 2: влево или вправо? Обоснуйте ваш ответ.

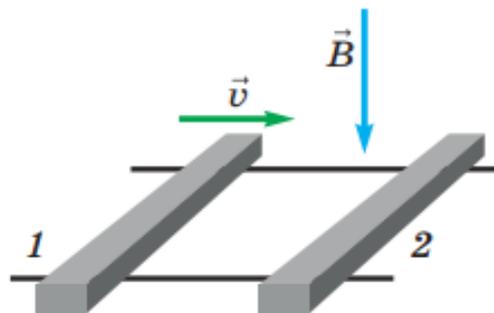


Рис. 19.5

- Учебники 10-11 классов — для изучения физики на базовом и углублённом уровнях.
- Значком «°» обозначены задачи, которыми можно в основном ограничиться при изучении физики на базовом уровне.
- Разделы для изучения только на углублённом уровне (и при подготовке к ЕГЭ по физике), отмечены звёздочкой (\*).

### \*3. Пример расчёта КПД цикла

4. На рисунке 33.3 изображён график состоящего из четырёх этапов цикла для одноатомного идеального газа.

- Назовите четыре этапа цикла.
- На каком этапе газ совершает положительную работу? Выразите её через  $p_0$  и  $V_0$ .
- Чему равно количество теплоты  $Q_1$ , полученное газом от нагревателя за один цикл?
- Чему равна полезная работа газа?
- Чему равен КПД данного цикла?

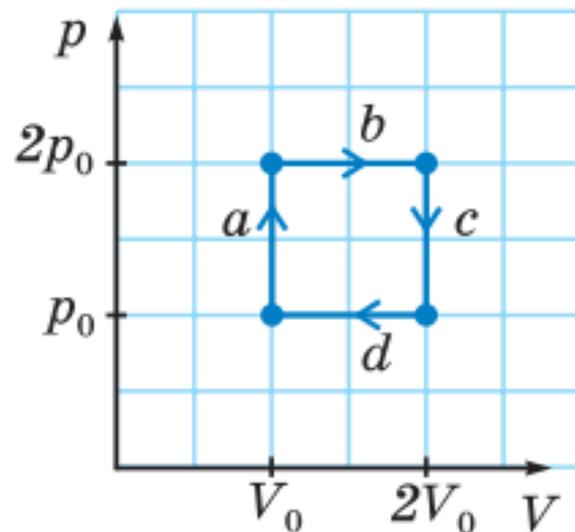


Рис. 33.3

## **?** ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**Базовый уровень**

**Повышенный уровень**

**Высокий уровень**



## ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

36. Сделайте небольшой фонтан, используя закон сообщающихся сосудов. Можно использовать, например, пластиковую бутылку и резиновую трубку (кусок шланга).
37. Из двух одноразовых шприцев и трубки для капельницы (их можно купить в аптеке) изготовьте сообщающиеся сосуды и проведите с ними несколько опытов. Опишите эти опыты, проиллюстрировав их фотографиями.



## ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

58. Поставьте и опишите опыты по изменению внутренней энергии тела посредством совершения работы и посредством теплопередачи.
59. Охладите воду в двух пластиковых бутылках (например, в холодильнике). Затем выньте бутылки, одну из них поставьте на стол, а другую заверните в тёплое одеяло. Проверьте через некоторое время: согрело ли «тёплое» одеяло воду в бутылке? Сделайте вывод из своего опыта.

- В конце почти каждого параграфа есть рубрика «Что мы узнали», а в конце каждой главы — «Главное в этой главе». Эти рубрики помогут при обобщении и повторении, а также при подготовке к контрольным работам и экзамену.

## ЧТО МЫ УЗНАЛИ



### Основные положения молекулярно-кинетической теории

- вещество состоит из атомов и молекул;
- атомы и молекулы движутся непрерывно и хаотично;
- атомы и молекулы взаимодействуют друг с другом.

Опытные подтверждения:



$$1 \text{ а. е. м.} = \frac{\text{масса атома углерода}}{12}$$

- В конце почти каждого параграфа есть рубрика «Что мы узнали», а в конце каждой главы — «Главное в этой главе». Эти рубрики помогут при обобщении и повторении, а также при подготовке к контрольным работам и экзамену.

### ЧТО МЫ УЗНАЛИ

- *Внутренней энергией* тела называют сумму кинетической энергии хаотического движения и потенциальной энергии взаимодействия между собой частиц, из которых состоит тело.
- Внутреннюю энергию тела можно изменить *двумя* способами: совершив *работу* или посредством *теплопередачи*.
- Энергию, получаемую или отдаваемую телом при теплопередаче, называют *количеством теплоты*.
- При теплопередаче внутренняя энергия всегда переходит от тела с большей температурой к телу с меньшей температурой.
- Температуру измеряют в градусах. При измерении температуры по *шкале Цельсия* за  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  принимают температуру таяния льда, а за  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  — температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении.



- Приведены описания лабораторных работ, а также основные сведения о *погрешностях измерений*.

### Нанесение результатов измерений на координатную плоскость с учётом погрешностей

Для построения графика зависимости одной физической величины от другой в случае, когда обе эти величины измерены с некоторыми погрешностями, результаты измерений наносят на координатную плоскость в виде прямоугольников. На рисунке 3 приведён пример нанесения результатов измерения силы тока и напряжения на координатную плоскость ( $U, I$ ) (выделенный цветом прямоугольник).

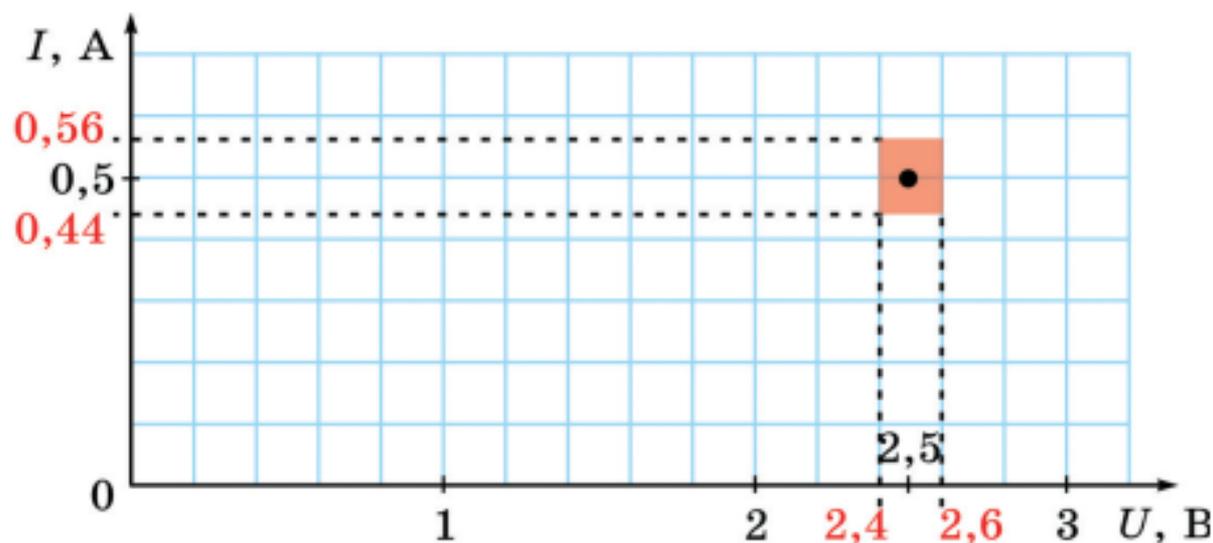


Рис. 3

- В издании предложены доступные большинству учащихся *задания для проектно-исследовательской деятельности*. Приведены также *рекомендации по оформлению* проектной или исследовательской работы.

## Глава I. Тепловые явления

### 1. Зависит ли форма льда от условий заморзания воды?

*Цель: научиться изменять форму льда, образовавшегося при заморзании воды в сосуде.*

Приготовьте две одинаковые жестяные банки из-под консервов. Наполните их водой, оставив примерно 5 мм до верхнего края.

Первую банку поставьте в морозильную камеру холодильника непосредственно на полку. Результат замораживания воды в этой банке представлен на фотографии (рис. 1).



- Учебник содержит олимпиадные задачи, распределённые по учебным темам.

**§ 13—14. Силы в механике. Сила упругости. Сила тяжести. Вес тела**

- Груз присоединяют к пружине двумя способами, показанными на рисунке 3, и прикладывают к нему равные по модулю вертикально направленные силы. Удлинение пружины в первом опыте в 3 раза больше её удлинения во втором опыте. Во сколько раз модуль приложенной силы больше силы тяжести груза?
- К динамометру с ценой деления 0,1 Н подвешивают медную пластину размером  $90 \times 40 \times 2$  мм. При этом длина пружины динамометра увеличилась на 19 мм. Найдите расстояние между соседними штрихами шкалы динамометра.

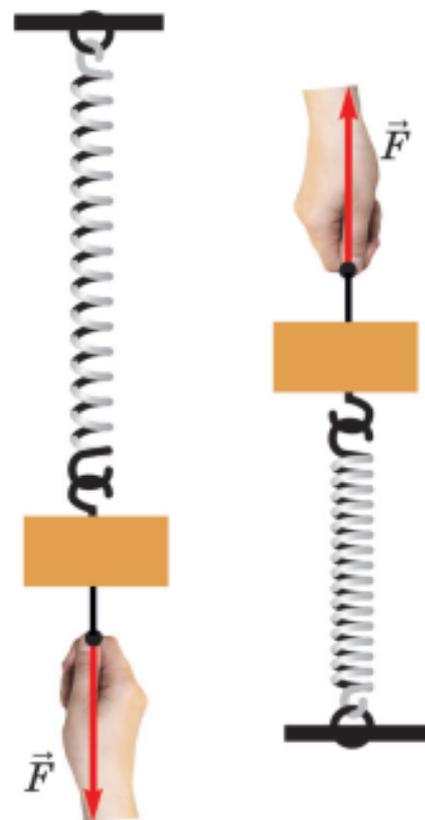
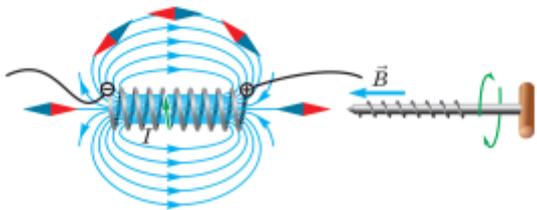


Рис. 3

## Все необходимые теоретические положения

### В учебнике для 9-го класса

МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
К ЭКЗАМЕНУ



### Закон сообщающихся сосудов

В открытых сообщающихся сосудах, заполненных одной и той же жидкостью, поверхность жидкости находится на одном уровне (рис. 6, а, б).

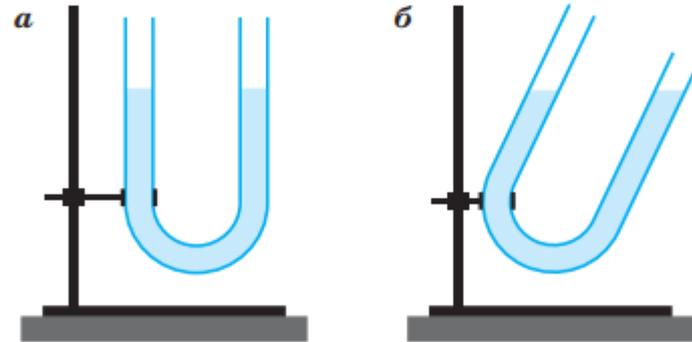
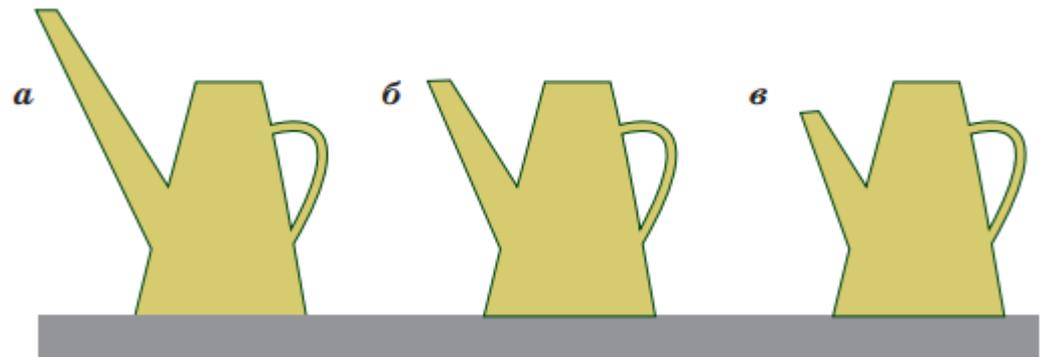


Рис. 6

### ? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

#### Базовый уровень

26. Какая лейка вмещает меньше воды, чем другие (рис. 11)?  
Поясните свой ответ.





ИЗДАТЕЛЬСТВО

**БИНОМ**

<http://lbz.ru/>

**Ждём Вас на наших вебинарах!**