

Внутреннее трение в газах и жидкостях будет рассмотрено в главах XI и XIV.

**Внешним трением** называют явление, заключающееся в возникновении в месте контакта двух соприкасающихся твердых тел касательных сил, которые препятствуют относительному перемещению этих тел.

При скольжении относительно друг друга двух твердых тел, разделенных прослойкой вязкой жидкости (смазки), трение происходит в слое смазки. Эту мысль впервые высказал Н. П. Петров, создавший гидродинамическую теорию смазки. **Гидродинамическим** называют трение, происходящее в достаточно толстом слое смазки. Если толщина смазочной прослойки меньше 0,1 микрометра<sup>1</sup>, трение называют **граничным**. Чисто внешнее трение происходит лишь при отсутствии смазки (**сухое трение**).

2. Различают два вида внешнего трения: **трение кинематическое**, которое происходит между телами, движущимися относительно друг друга и **трение статическое** между взаимно неподвижными телами. В зависимости от характера относительного движения соприкасающихся тел, кинематическое трение подразделяют на **трение скольжения**, **трение верчения** и **трение качения**.

#### § 5.4. Статическое трение

1. Если к телу, лежащему на горизонтальной плоскости (рис. 5.5), приложить малую силу  $F$ , направленную по касательной к плоскости, то оно будет продолжать оставаться в покое, так как

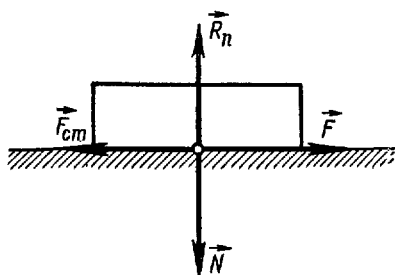


Рис. 5.5.

силу  $F$  будет уравнивать сила статического трения, действующая на тело со стороны опоры. При увеличении силы  $F$  сила статического трения также будет возрастать. Однако из опыта известно, что сила статического трения может увеличиваться лишь до некоторого предельного значения  $F_0$ : при  $F > F_0$  тело приходит в движение. Г. Амонтон, а затем Ш. Кулон опытным путем установили следующий **закон статического трения**: пре-

дельное значение  $F_0$  силы статического трения прямо пропорционально величине  $N$  силы нормального давления тела на опору, т. е.

$$F_0 = f_0 N. \quad (5.14)$$

Безразмерный коэффициент пропорциональности  $f_0$  называют **коэффициентом статического трения**. Он, как показывает опыт, зависит от материала и состояния поверхностей соприкосновения тел.

<sup>1</sup> 1 микрометр =  $10^{-6}$  м.

2. Если тело находится на наклонной плоскости, то, как видно из рис. 5.6,

$$N = P \cos \varphi \text{ и } F = P \sin \varphi,$$

где  $P$ —сила тяжести тела,  $\varphi$ —угол наклона плоскости к горизонту.

При малых углах  $\varphi$  сила  $F < F_0$  и тело лежит неподвижно на наклонной плоскости. По мере увеличения угла  $\varphi$  сила  $F$  возрастает и при некотором угле  $\varphi_0$ , называемом **углом трения**, становится равной  $F_0$ . При  $\varphi > \varphi_0$  тело скользит по наклонной плоскости. Полагая

$$P \sin \varphi_0 = F_0 = f_0 N = f_0 P \cos \varphi_0,$$

найдем связь между коэффициентом статического трения и углом трения:

$$f_0 = \operatorname{tg} \varphi_0. \quad (5.15)$$

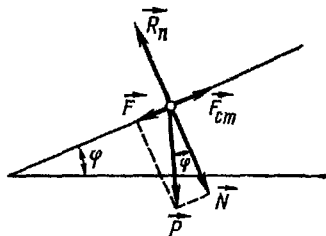


Рис. 5.6.

При действии на соприкасающиеся два тела касательных сил, величина которых меньше предельного значения силы статического трения, тела не проскальзывают друг относительно друга. Это явление, называемое **явлением застоя**, широко используют в технике для передачи усилий от одних частей машин к другим (ременные передачи, фрикционные муфты, ленточные транспортеры и т. д.). На явлении застоя основано крепление деталей с помощью гвоздей и винтов, движение по поверхности Земли различных видов транспорта. Например, сила тяги автомобиля не может быть больше суммы предельных значений сил статического трения ведущих колес по поверхности дорог. Если коэффициент статического трения будет мал (например, на обледенелой дороге), то сила тяги может оказаться недостаточной для того, чтобы автомобиль тронулся с места, и его ведущие колеса будут буксовать.

## § 5.5. Кинематическое трение

1. Закон Амонтона—Кулона для трения скольжения можно выразить формулой, аналогичной (5.14):

$$F_{ск} = f' N, \quad (5.16)$$

где  $f'$ —коэффициент трения скольжения, а  $N$ —сила нормального давления. Коэффициент трения скольжения зависит от материала тел и состояния их соприкасающихся поверхностей. Он также несколько зависит от скорости движения. При малых скоростях  $f' \approx f_0$ .

2. Остановимся на причинах, вызывающих трение скольжения. Во время движения одного тела относительно другого происходит разрушение зацепившихся друг за друга выступов шероховатостей на соприкасающихся поверхностях. До тех пор, пока внешняя сила  $F$