

При бесконечно малом сдвиге $d\gamma$ верхняя грань перемещается на величину $dx = l d\gamma$. Поэтому элементарная работа, совершаемая внешними силами,

$$dA = F l d\gamma = G l^3 \gamma d\gamma. \quad (5.12)$$

При конечном сдвиге от нуля до γ совершается работа

$$A = W_{\pi} = G l^3 \int_0^{\gamma} \gamma d\gamma = \frac{G \gamma^2}{2} l^3. \quad (5.12')$$

Объемная плотность потенциальной энергии

$$\omega_{\pi} = \frac{W_{\pi}}{l^3} = \frac{1}{2} G \gamma^2,$$

или, на основании соотношения (5.5),

$$\omega_{\pi} = \frac{\sigma_{\tau} \gamma}{2} = \frac{\sigma_{\tau}^2}{2G}. \quad (5.13)$$

Из формул (5.10) и (5.13) видно, что объемная плотность энергии упругой деформации прямо пропорциональна квадрату напряжения и обратно пропорциональна модулю упругости. Подобные формулы можно получить и для других деформаций. Однако все они справедливы лишь в пределах применимости закона Гука.

Если при деформации тела перейден предел пропорциональности, то при уменьшении напряжения до нуля снимается, как мы видели, лишь часть деформации (так называемая упругая деформация). Соответственно возвращается лишь часть работы, затраченной на деформацию тела.

§ 5.3. Виды трения

1. Всякое движущееся тело встречает сопротивление своему движению со стороны окружающей его среды и других тел, с которыми оно во время движения соприкасается. Иначе говоря, на любое движущееся тело действуют **силы трения**. Природа этих сил может быть различной, но в результате их действия всегда происходит превращение механической энергии во внутреннюю энергию трущихся тел, т. е. в энергию теплового движения их частиц. Остановимся на классификации сил трения.

Внутренним трением (вязкостью) называют явление, которое состоит в возникновении касательных сил, препятствующих перемещению частей одного и того же тела по отношению друг к другу (например, трение в жидкостях и газах). При этом превращение механической энергии во внутреннюю происходит во всех точках объема тела

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 микрометра¹, 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

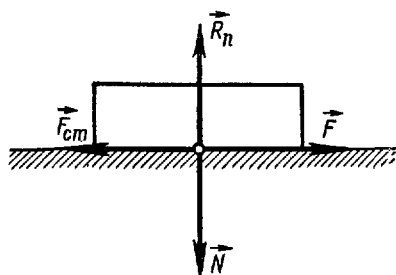


Рис. 5.5.

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.

¹ 1 микрометр = 10^{-6} м.