траектории. Очевидно, что алгебраическая сумма всех этих бесконечно малых изменений высоты, $\int dh$, по какой бы траектории мы ни перемещали тело от уровня моря до высоты h, всегда будет равна h:

$$U_2 - U_1 = A = P \cdot h.$$

Стало быть, работа силы тяжести действительно не зависит от пути перемещения.

Под потенциальной энергией понимают «запас» работы, которая может быть произведена системой за счет изменения положения тел системы. Следовательно, по мере того как система *производит* работу A, ее потенциальная энергия U *убывает*. Поэтому

$$dA = -dU. \tag{9}$$

§ 20. Системы мер и размерность механических величин

Для измерения масс и сил часто пользуются единицами, имеющими одинаковое название: например, килограммом для массы в 1 *кг* и для силы в 1 *кГ*. Применение одного термина для обозначения двух различных единиц — единицы массы и единицы силы — приводит к большой путанице. Чтобы обезопасить себя от ошибок, в которые легко впасть вследствие двойственного смысла термина «килограмм» (а также и «грамм»), нужно помнить, что системы мер механических величин установлены так, что коэффициент пропорциональности в уравнении второго закона $F = Cmj$ при пользовании любой системой мер равен единице, $C = 1$.

Абсолютная система единиц. В физике принято измерять длины в сантиметрах (*см*), время — в секундах (сек.) и массы — в граммах (*г*). Эту систему называют *абсолютной системой единиц*, или системой *CGS* [1]). Термин «абсолютная» весьма неудачен, так как эта система единиц установлена путем соглашения, причем избранные единицы вовсе не представляют каких-либо величин, выбор которых был бы подсказан их особой физической ролью.

В системе *CGS* единицей скорости служит 1 *см/сек*, единицей ускорения служит 1 *см/сек*^{2}. Положив в вышеприведенной формуле $C=1$, мы видим, что в *системе CGS единицей силы должна служить такая сила, под действием которой масса в* 1 *г приобретает ускорение в* 1 *см/сек*^{2}. Этой силе присвоено название *дина*.

Масса в 1 *г* под действием силы в одну дину приобретает ускорение только 1 *см/сек*^{2}. Очевидно, что сила тяжести, приложенная к каждому грамму массы, во столько раз больше одной дины, во сколько раз ускорение g, вызываемое силой тяжести, больше 1 *см /сек*^{2}. Следовательно, *вес* 1 *г массы на высоте уровня моря и на широте* 45° *равен* 980,665 *дины*. Там же вес массы в 1 *кг* равен 980 665 динам, т. е. почти миллиону дин. Силу, равную весу 1 *кг*

---

[1]) Система сантиметр — грамм — секунда.

массы на высоте уровня моря и на широте 45°, обозначают: 1 *кГ*. Мы видим, что 1 *кГ*=980 665 динам. Вообще

$$\text{вес } P\text{, выраженный в динах, } = g \ (\text{в } см/сек^2)\cdot m \ (\text{в } г).$$

Техническая система единиц. В технике часто измеряют длины — в метрах, время — в секундах, а за единицу силы принимают 1 *кГ* (килограмм-силу) — это так называемая *техническая система мер*, или, как ее кратко обозначают, *MkGS* [1]). В ней единицей скорости является 1 *м/сек*, единицей ускорения 1 $м/сек^2$.

Чтобы во втором законе механики коэффициент пропорциональности C был равен единице, очевидно, *необходимо, применяя техническую систему мер, считать единицей массы такую массу, которая под действием силы в* 1 *кГ приобретает ускорение* 1 $м/сек^2$. Вообразим, что на идеально гладкой горизонтальной поверхности лежит тело, имеющее массу 1 *кг*. Если на это тело мы будем действовать в горизонтальном направлении (например, толкать его) с силой в 1 *кГ*, т. е. с силой, равной весу тела, то это тело будет скользить по горизонтальной поверхности с таким же численно ускорением, которое оно имело бы, падая под действием силы тяжести, т. е. с ускорением 9,8 $м/сек^2$. Чтобы под действием силы в 1 *кГ* тело приобретало ускорение, равное только 1 $м/сек^2$, тело должно быть более массивным, а именно оно должно иметь массу 9,8 *кг*. Стало быть,

$$\text{масса } m\text{, выраженная в технических единицах, } = \frac{P \ (\text{в } кГ)}{g \ (\text{в } м/сек^2)}.$$

Применяя абсолютную систему мер, мы должны выражать энергию в эргах: *эрг — это работа, производимая силой в 1 дину на пути в* 1 *см* Так, потенциальная энергия тела, весящего 1 *кГ*, на каждый метр подъема составляет $0{,}98\cdot 10^6\cdot 100 = 9{,}8\cdot 10^7$ эргов = 9,8 джоуля (так как, по определению, джоуль — это 10 млн. эргов). В технической системе мер та же самая величина выражается просто одним *килограммометром* (сокращенно *кГм*):

$$1 \ кГм = 9{,}8 \text{ джоуля}.$$

Пользование абсолютной системой мер имеет то неудобство, что приходится силы, которые по условию задачи часто бывают заданы в килограммах, выражать обязательно в динах. Пользование технической системой мер сопряжено с другим неудобством: приходится массу выражать в технических единицах массы.

Если расчет вести в *абсолютной* системе мер, то формулы для потенциальной энергии тяжести и кинетической энергии удобно записывать, не пользуясь обозначением веса:

$$U = mgh, \quad E = \frac{mv^2}{2};$$

[1]) Система метр — килограмм (сила) — секунда.

подразумевается, что масса m выражена в граммах, g — в *см/сек*^{2}, h — в сантиметрах, v — в *см/сек*; величины U и E получаются выраженными в эргах.

Если же вести расчет в *технической* системе мер, то формулы для потенциальной и кинетической энергии удобнее писать, не пользуясь символом массы:

$$U = Ph, \quad E = \frac{Pv^2}{2g};$$

подразумевается, что вес P выражен в *кГ*, h — в *м*, g — в *м/сек*^{2} и v — в *м/сек*; величины U и E получаются выраженными в килограммометрах.

Например, кинетическая энергия массы в 2 *кг*, движущейся со скоростью 1 *м/сек*, в абсолютных единицах: $E = \frac{2000 \cdot 100^2}{2} = 10^7$ эргов = 1 джоулю, а в технических единицах $E = \frac{2 \cdot 1^2}{9{,}8 \cdot 2} = \frac{1}{9{,}8}$ *кГм*.

Международная система единиц. В настоящее время в качестве предпочтительной системы единиц принята система: метр — килограмм (масса) — секунда (*СИ* — система интернациональная). Раньше эту систему называли в механике *системой МКС*, а в электротехнике (с присоединением единиц ампер и вольт) — *практической системой* (т. II, § 9 и 69). В этом случае единицей силы служит сила, сообщающая массе в 1 *кг* ускорение в 1 *м/сек*^{2}. Такую силу называют *ньютон* (сокращенное обозначение *н*). Так как под действием силы тяжести 1 *кг* массы приобретает ускорение 9,80665 *м/сек*^{2}, то очевидно, что сила в 1 ньютон в 9,80665 раз меньше силы в 1 *кГ*, которая равна 980 665 динам. Следовательно, 1 ньютон = 10^5 дин.

Единицей работы и энергии в этой системе служит работа силы в 1 ньютон на пути в 1 метр, равная, как легко видеть, 10^7 эргам, т. е. 1 джоулю.

Единицей мощности во всех системах мер является мощность, равная единице энергии в 1 сек., а именно: в абсолютной системе — 1 *эрг* в 1 сек., в технической системе — 1 килограммометр в 1 сек. и в системе *СИ* — 1 джоуль в 1 сек. (эта последняя единица мощности носит название *ватт*, сокращенно *вт*). Наряду с указанными единицами мощности применяют также *лошадиную силу*:

$$1 \text{ л. с.} = 75 \text{ кГм/сек} = 0{,}736 \text{ квт}.$$

Размерность механических величин. Под размерностью какой-либо величины понимают форму зависимости единицы, служащей для измерения этой величины, от основных единиц измерения. Иначе говоря, размерность физической величины указывает, как изменяется число, выражающее результат измерения данной физической величины, при изменении масштабов применяемых единиц. Так, если в n раз увеличить единицу длины, то объем, который должен теперь считаться единицей объема, будет в n^3 раз больше прежней единицы объема; в этом смысле говорят, что объем имеет размерность куба длины. Если в n раз увеличить единицу длины и в m раз увеличить единицу времени, то скорость, которую теперь нужно будет считать единицей скорости, будет в $\frac{n}{m}$ раз больше прежней единицы скорости; желая кратко выразить этот факт, говорят, что скорость имеет размерность отношения длины ко времени.

Размерность величин записывают двумя способами.

По первому способу (запись наименованиями) размерность какой-либо величины пишут, указывая наименования основных единиц измерения; например, размерность скорости — *см/сек*.

По второму способу (запись символами) размерность какой-либо величины записывают посредством условного обозначения основных единиц измерения. Часто пользуются такими символами: единица длины L, единица времени T, единица массы M. Тогда размерность скорости есть $\frac{L}{T}$, или, что то же, LT^{-1} («отношение длины ко времени»). Чтобы символы размерности величин не путать с обозначениями самих величин, принято символическую запись размерности заключать в квадратные скобки, например размерность ускорения $[LT^{-2}]$. Записью размерности удобно пользоваться для проверки формул: *размерность всех членов формул всегда должна быть одинаковой*, так как складывать или вычитать и приравнивать можно только числа одинаковых наименований.