



ПАДЕНИЕ ТЕЛА

Авторы: А. В. Гуденко

ПАДЕНИЕ ТЕЛА, движение тела, вызванное гравитационным притяжением Земли, без начальной скорости тела относительно Земли. Падают, напр., камень со скалы, капли дождя из облака, листья с деревьев. Протяжённое тело может упасть из-за потери устойчивости, продолжая взаимодействовать с опорой в процессе падения. Так, в частности, падает дерево в лесу, человек на скользкой дороге.

П. т. под действием только силы тяжести называется свободным падением. На рубеже 16–17 вв. Г. [Галилей](#) установил, что при отсутствии сопротивления воздуха тела разной массы падают с одинаковой высоты за одно и то же время. Позднее И. [Ньютон](#) доказал, что ускорение, приобретаемое телом в гравитац. поле, не зависит от массы тела.

Пренебрегая вращением Земли и её несферичностью, можно считать, что центр тяжести свободно падающего тела движется с ускорением свободного падения g по прямой, направленной к центру Земли. При свободном П. т. с высоты h , малой по сравнению с радиусом Земли (напр., при падении сосульки с крыши), можно пренебречь зависимостью g от расстояния до центра Земли и считать движение равноускоренным. Тогда время П. т.

$t = \sqrt{2h/g_0}$, а конечная скорость

$v = \sqrt{2g_0h}$, где

g_0 – ускорение свободного падения у поверхности Земли.

При рассмотрении П. т. с большой высоты необходимо учитывать, что сила гравитац. притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния до центра Земли.

Ускорение свободного падения

g_r на расстоянии

$r = R + h$ до центра Земли равно

$$g_r = g_0 R^2 / r^2, \text{ где}$$

R – радиус Земли. Скорость, которую приобретает тело при падении с такой высоты,

$$v = \sqrt{2g_0 R h / (R + h)}. \text{ В соответствии с этой формулой при входе в плотные слои}$$

атмосферы тело, падающее на Землю с высоты

$h = R$, будет иметь скорость, близкую к первой космич. скорости

$$v_1 = \sqrt{g_0 R} \approx 7,9 \text{ км/с, а при падении с высоты}$$

$h \gg R$ – ко второй космич. скорости

$$v_2 = \sqrt{2g_0 R} \approx 11,2 \text{ км/с.}$$

П. т. в воздухе определяется не только гравитац. силой, но и силой сопротивления воздуха, зависящей от плотности воздуха, скорости движения, формы и размеров тела. Напр., падение капель дождя нельзя считать свободным: сила сопротивления воздуха оказывается значительной из-за большой скорости движения капель. Это приводит к тому, что у поверхности Земли дождевые капли падают практически с постоянной скоростью, зависящей от размеров капель и составляющей ок. 10 м/с.

Влияние вращения Земли (с угловой скоростью

$$\omega = 0,0000729 \text{ рад/с) при П. т. с малых высот}$$

h обусловлено тем, что тело, неподвижное относительно поверхности Земли,

совершает вместе с Землёй суточное вращение, двигаясь со скоростью

$$v = \omega(R + h)\cos\varphi \text{ в плоскости, перпендикулярной оси вращения Земли, по окружности радиуса}$$

$$r = (R + h)\cos\varphi, \text{ где}$$

φ – географич. широта места. При свободном падении такое тело ведёт себя подобно спутнику Земли, а описание его движения в неинерциальной (вращающейся вместе с Землёй) системе отсчёта требует учёта сил инерции. Центробежная сила (одна из составляющих переносной силы инерции) приводит к небольшому изменению величины и направления вектора

g : он отклоняется от направления к центру Земли в сторону экватора на угол

$$\alpha \approx (\omega^2 R / 2g_0)\sin 2\varphi; \text{ при этом его величина}$$

$g = g_0 - \omega^2 R \cos^2 \varphi$. Кориолиса сила приводит к дополнит. отклонению свободно падающего тела к востоку от вертикали (т. е. от направления вектора

g). Величина этого отклонения

$S_{\text{вост}}$ в первом приближении составляет:

$$S_{\text{вост}} = (2/3)\omega\sqrt{2h/g_0}h\cos\varphi.$$

Этот эффект невелик, однако его удалось с уверенностью наблюдать уже в сер. 19 в. в опытах с падением тел в глубокие шахты. Для широты Москвы при свободном падении тела с высоты Останкинской телевизионной башни отклонение к востоку составляет ок. 14 см.

Падение (опрокидывание) протяжённого тела, находящегося на опоре, происходит, если вертикальная линия, проходящая через центр тяжести тела, не пересекает площадь опоры. В этом случае тело падает, поворачиваясь вокруг своего основания.

При таком П. т. конечная скорость верхней части протяжённого тела высотой h превышает скорость небольшого тела, упавшего с высоты

h . Напр., при падении фабричной трубы высотой

h конечная скорость, приобретаемая вершиной трубы, составляет

$v = \sqrt{3gh}$. Примером равновесия тела на опоре может служить «падающая» башня в

Пизе. Башня имеет форму цилиндра высотой 55 м и радиусом 7 м. У своей вершины башня отклонена от вертикали на 4,5 м, а линия действия силы тяжести проходит на расстоянии 2,3 м от центра её основания. Наклон башни постепенно увеличивается.

Расчёты показывают, что равновесие нарушится и башня упадёт, когда отклонение её вершины от вертикали достигнет 14 м.

Литература

Лит.: Сивухин Д. В. Общий курс физики. 5-е изд. М., 2010. Т. 1: Механика.