



§ 24.

Вес. Невесомость и перегрузки

Всегда ли вес равен силе тяжести? При каких условиях наступает невесомость? Можно ли испытать состояние невесомости, не отправляясь в космос?

В 7-м классе вы узнали, что **вес тела — это сила, с которой тело действует на опору или на подвес из-за притяжения к Земле.**

Вес нельзя путать с силой тяжести. Сила тяжести $m\vec{g}$ — это сила тяготения, действующая со стороны Земли на тело. Она приложена к телу в его центре тяжести (рис. 165, а, б).

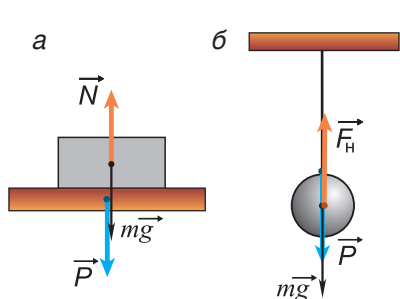


Рис. 165

Вес $\vec{P}$ — сила, с которой тело действует на опору или на подвес. Он приложен к опоре или к подвесу.

Вес возникает от того, что под действием силы тяжести тело стремится двигаться вниз, а опора препятствует этому движению. Именно поэтому тело давит на опору силой $\vec{P}$. В ответ на силу $\vec{P}$ опора действует на тело силой реакции $\vec{N}$ (рис. 165, а).

Как связаны между собой вес $\vec{P}$ и сила тяжести $m\vec{g}$?

Проведем простой опыт. Положим тело массой $m = 1$ кг на чашу пружинных весов. Показания весов P будут равны 9,8 Н, т. е. $P = mg$. Результат находится в полном согласии с законами Ньютона. По первому закону силы, действующие на покоящееся тело, компенсируют друг друга:

$$m\vec{g} = -\vec{N}. \quad (1)$$

По третьему закону Ньютона

$$\vec{P} = -\vec{N}. \quad (2)$$

Значит, $\vec{P} = m\vec{g}$.

Но всегда ли вес численно равен силе тяжести?

Продолжим опыт в кабине лифта. Если лифт движется равномерно, то показания весов будут такими же, как в состоянии покоя. Вес $\vec{P}$ тела, движущегося равномерно и прямолинейно (как и покоящегося), равен силе тяжести $m\vec{g}$.

Пусть теперь кабина лифта движется с ускорением $\vec{a}$. При ускорении, направленном вверх, результирующая сила тоже должна быть направлена вверх (рис. 166, а). Значит, $N > mg$. Но по третьему закону

Ньютона модули сил N и P равны. Следовательно, $P > mg$, т. е. вес тела больше силы тяжести.

При ускорении кабины лифта, направленном вниз (рис. 166, б), вес тела уменьшается: $P < mg$. Докажите это самостоятельно.

Если же кабина лифта будет двигаться с ускорением $\vec{a} = \vec{g}$, т. е. свободно падать, то тело не будет действовать на опору, и показания весов станут равными нулю. Исчезнет не только давление тела на опору, но и давление одних частей тела на другие. Возникнет состояние невесомости.

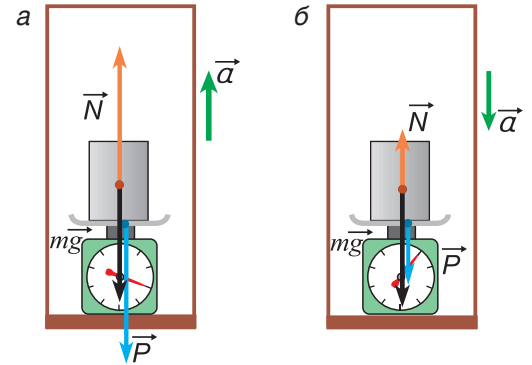


Рис. 166

В состоянии невесомости находятся все свободно падающие тела.

Как вычислить вес ускоренно движущегося тела?

Для тела в ускоренно движущемся лифте по второму закону Ньютона $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$. Значит, при $\vec{a} \neq \vec{0}$ вместо равенства (1) получится:

$$m\vec{g} - m\vec{a} = -\vec{N}. \quad (3)$$

Учитывая, что $\vec{P} = -\vec{N}$, находим:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}). \quad (4)$$

Формула (4) справедлива при любом направлении ускорения. Необходимо только помнить, что $\vec{a}$ — ускорение движения тела (вместе с опорой) относительно инерциальной системы отсчета.

Числовое значение веса тела определяется модулем вектора $\vec{P}$:

$$P = m|\vec{g} - \vec{a}|. \quad (5)$$

Изменение веса тела, обусловленное ускоренным движением, характеризуют **перегрузкой** Q . Ее определяют как отношение веса тела P в рассматриваемых условиях к весу тела, покоящегося относительно Земли. Согласно формуле (5)

$$Q = \frac{P}{mg} = \frac{|\vec{g} - \vec{a}|}{g}.$$

При $\vec{a} = \vec{g}$ (т. е. при невесомости) $Q = 0$. В ракете, стартующей с Земли вертикально с ускорением $\vec{a}$, перегрузка $Q = 1 + \frac{a}{g}$.

Большие перегрузки испытывают космонавты, тренируясь на центрифуге (рис. 167, а) и на участке разгона космического корабля ракетой-носителем.



Рис. 167



Рис. 168

По окончании работы двигателей и выходе за пределы атмосферы перегрузки сменяются состоянием невесомости. В состоянии длительной невесомости находится экипаж орбитальной станции (рис. 167, б).

Перегрузки и невесомость можно испытать, не отправляясь в полет. Перегрузки возникают при движении с разгоном, торможением, резкими поворотами (рис. 168). Состояние, близкое к невесомости, испытывает человек во время прыжка.

■ Главные выводы

1. Вес тела — это сила, с которой тело действует на опору (подвес) вследствие действия силы тяжести.
2. Сила тяжести приложена к телу, а вес — к опоре или подвесу.
3. Свободно падающие тела находятся в состоянии невесомости.

? Контрольные вопросы

1. Что такое вес? Чем он отличается от силы тяжести?
2. В каких условиях вес P равен силе тяжести mg ? $P > mg$? $P < mg$?
3. При каких условиях наступает состояние невесомости?
4. Что называется перегрузкой?
5. Может ли вес быть направлен вертикально вверх?



Пример решения задачи

Человек массой $m = 60$ кг, находящийся в кабине лифта, движущейся вниз, давит на пол кабины силой $\vec{F}$ (рис. 169). Определите ускорение кабины лифта, если $F = 690$ Н. Примите $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Дано:

$$m = 60 \text{ кг}$$

$$F = 690 \text{ Н}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\vec{a} \text{ — ?}$$

Решение

На человека в кабине лифта действуют сила тяжести $m\vec{g}$ и сила реакции пола $\vec{N}$.

По второму закону Ньютона

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}.$$

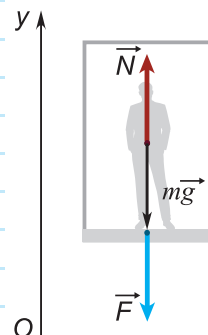


Рис. 169

По третьему закону Ньютона $\vec{N} = -\vec{F}$.

Тогда $m\vec{a} = m\vec{g} - \vec{F}$.

В проекции на ось Oy :

$$ma_y = mg_y - F_y = -mg + F.$$

Отсюда

$$a_y = \frac{F - mg}{m};$$

$$a_y = \frac{690 \text{ Н} - 600 \text{ Н}}{60 \text{ кг}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Так как $a_y > 0$, ускорение кабины направлено вверх, хотя она опускается. Значит, кабина движется вниз замедленно (с торможением).

Ответ: $a = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; ускорение кабины лифта направлено вверх.

Упражнение 19

Во всех задачах данного упражнения принять $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

1. В кабине подъемника лежит груз. Когда кабина неподвижна, вес груза $P = 2,0$ кН. В движущейся с постоянным ускорением кабине вес груза больше на $\Delta P = 200$ Н. Определите ускорение кабины подъемника.

2. Шарик, висящий на пружине в кабине неподвижного лифта, растягивает пружину на $x_1 = 3,0$ см. В движущейся вверх с постоянным ускорением кабине лифта растяжение пружины стало равным $x_2 = 6,0$ см. Определите модуль ускорения кабины лифта.

3. Автомобиль массой $m = 4,0$ т движется по выпуклому мосту радиусом кривизны $R = 100$ м. Модуль скорости автомобиля постоянен и равен $v = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Найдите вес автомобиля в верхней точке траектории.

4. Используя числовые данные предыдущей задачи, найдите вес автомобиля в нижней точке траектории при движении по вогнутому мосту.



5. Время разбега самолета перед взлетом с палубы авианосца $t = 3,0$ с. Длина разбега $s = 108$ м. Каким был вес пилота массой $m = 70$ кг во время разбега самолета? Какую перегрузку Q испытывал пилот? Движение самолета считать равноускоренным, палубу — горизонтальной.



6. Груз подвешен к пружинному динамометру. Показания динамометра $F = 34$ Н. Определите массу груза, если взвешивание проведено в вагоне поезда, который движется по закругленному участку пути радиусом $R = 75$ м. Участок пути горизонтален. Модуль скорости поезда постоянен и равен $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.



Темы проектных заданий по главе «Основы динамики»

1. Трение: вред или польза?
2. Зависимость предельной прочности нити от ее толщины.
3. Как сократить тормозной путь?
4. Определение массы атмосферы Земли.
5. Почему Луна не падает на Землю, а Земля на Солнце?
6. Силы в природе.
7. Физика в танцах.