

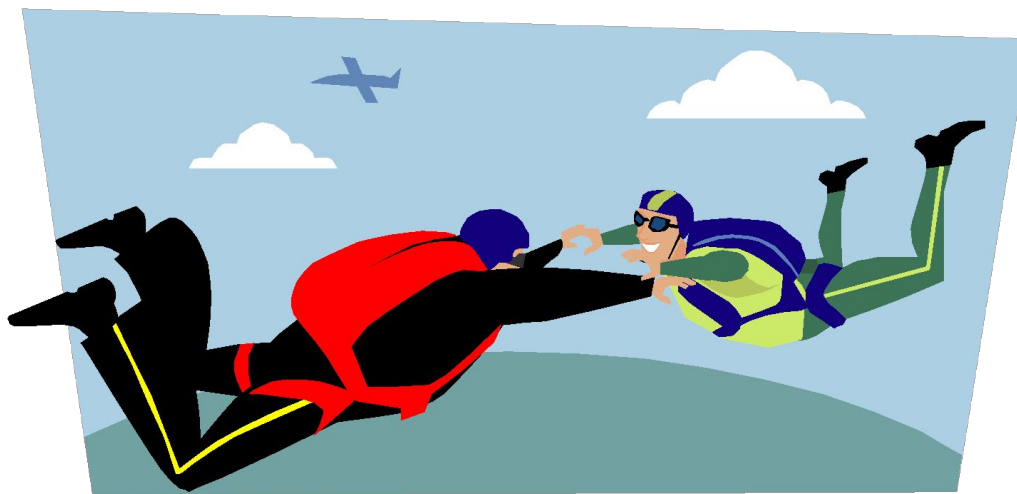
Математическая модель свободного падения тела

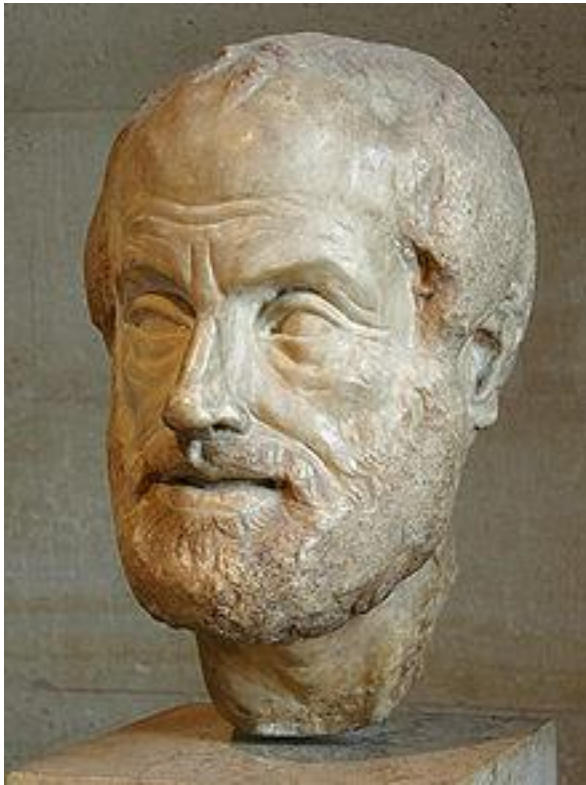
Глава 3.2 §3.2.1

10 класс

Вы часто наблюдали падение тел, то есть движения тяжелого тела, падающего с некоторой высоты. Над закономерностями свободного падения размышляли многие великие умы - Аристотель, Галилео Галилей, Исаак Ньютон.

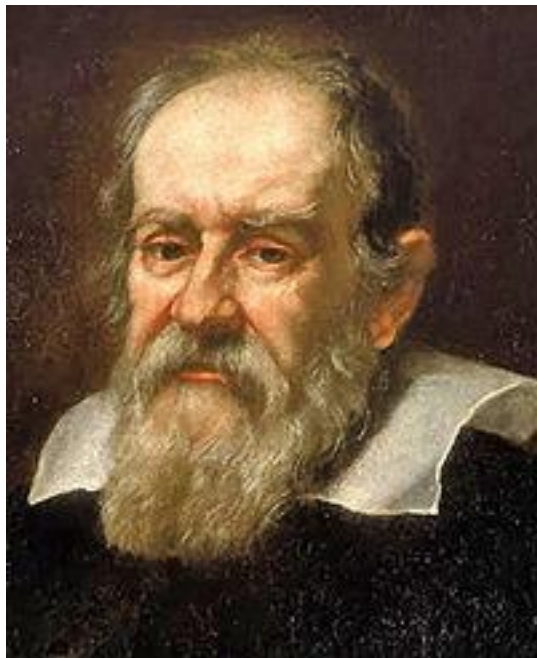
Свободное падение — движение, при котором на тело не действуют никакие силы (силы сопротивления, реактивные силы, и т. п.), кроме силы тяжести. В частности парашютист, в течении прыжка, до раскрытия парашюта, находится практически в свободном падении. Под действием силы, тело движется с ускорением.



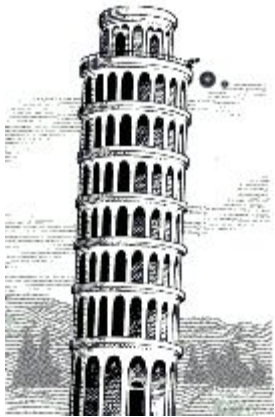


Аристотель (384-22 до н.э.) – древнегреческий философ и ученый. Родился в Стагире. В 367-347 до н. э. учился в академии Платона в Афинах, в 343-335 у царя Македонии Филиппа был воспитателем его сына Александра. В 335 возвратился в Афины, где основал свою философскую школу – перипатетиков.

Аристотель утверждал, что в реальных условиях движение конечно и тела падают с разной скоростью. Он полагал, что чем тяжелее тело, тем быстрее оно падает.

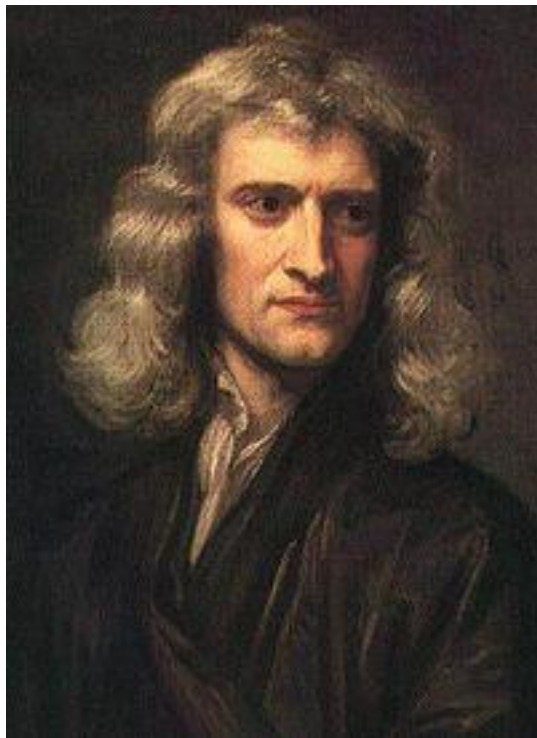


Галилео Галилей (1564-1642) – выдающийся итальянский физик и астроном, один из основателей точного естествознания, член Академии деи Линчеи. Родился в Пизе. В 1581 поступил в Пизанский университет, где изучал медицину. Но, увлекся геометрией и механикой, оставил университет и вернулся во Флоренцию, где четыре года самостоятельно изучал математику. С 1589 – профессор Пизанского университета, в 1592-1610 – Падуанского, а в дальнейшем – придворный философ герцога Козимо II Медичи.



Будучи в Пизе, Галилей опроверг учение о пропорциональности скорости падения тела силе тяжести. Он наблюдал за колебаниями маятника в Пизанском соборе, изучал скатывания шаров по наклонной плоскости (с разной амплитудой). Сбрасывал шары со знаменитой Пизанской башни (деревянный и чугунный, одинакового размера упали практически одновременно). Галилео Галилей в результате тщательно проведенных опытов и размышлений сделал вывод о том, что ускорения всех свободно падающих тел одинаковы и постоянны, если пренебречь сопротивлением воздуха.





Ньютон Исаак (1643-1727) – выдающийся английский ученый, заложивший основы современного естествознания, создатель классической физики, член Лондонского королевского общества (16720, президент (с 1703). Родился в Вулсторпе. Окончил Кембриджский университет. В 1669-1701 возглавлял в нем кафедру. С 1695 – смотритель, с 1699 – директор Монетного двора.

Вскоре после Галилея были созданы воздушные насосы, позволяющие проводить опыты со свободным падением в вакууме. С этой целью Ньютон откачал из длинной стеклянной трубки воздух и бросал сверху одновременно птичье перо и монету. Оба тела падали с одной скоростью. Именно этот опыт дал решающую проверку предположению Галилея.



2 закон Ньютона

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

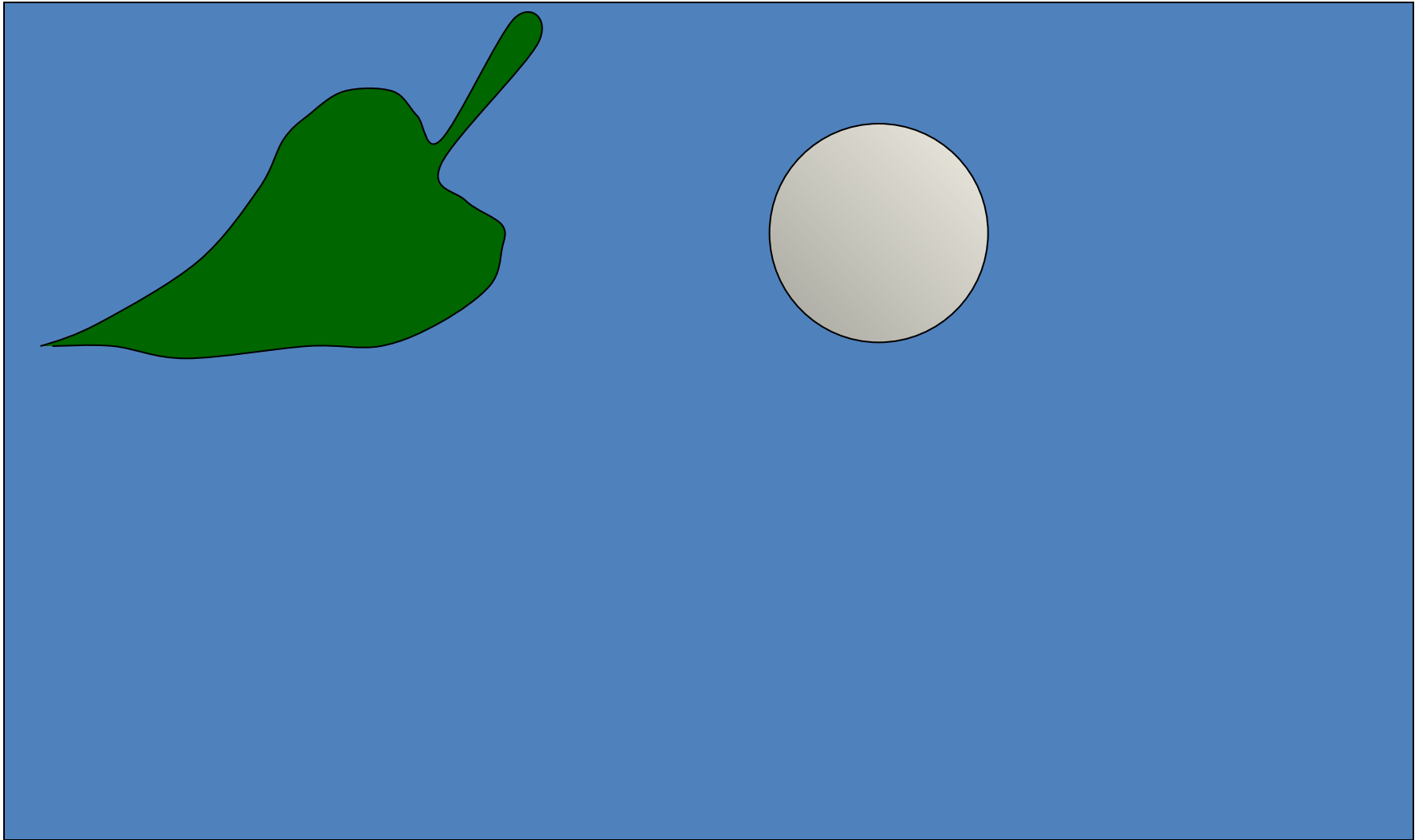
\vec{a} – ускорение тела, м/с²

\vec{F} – сила, действующая на тело, Н

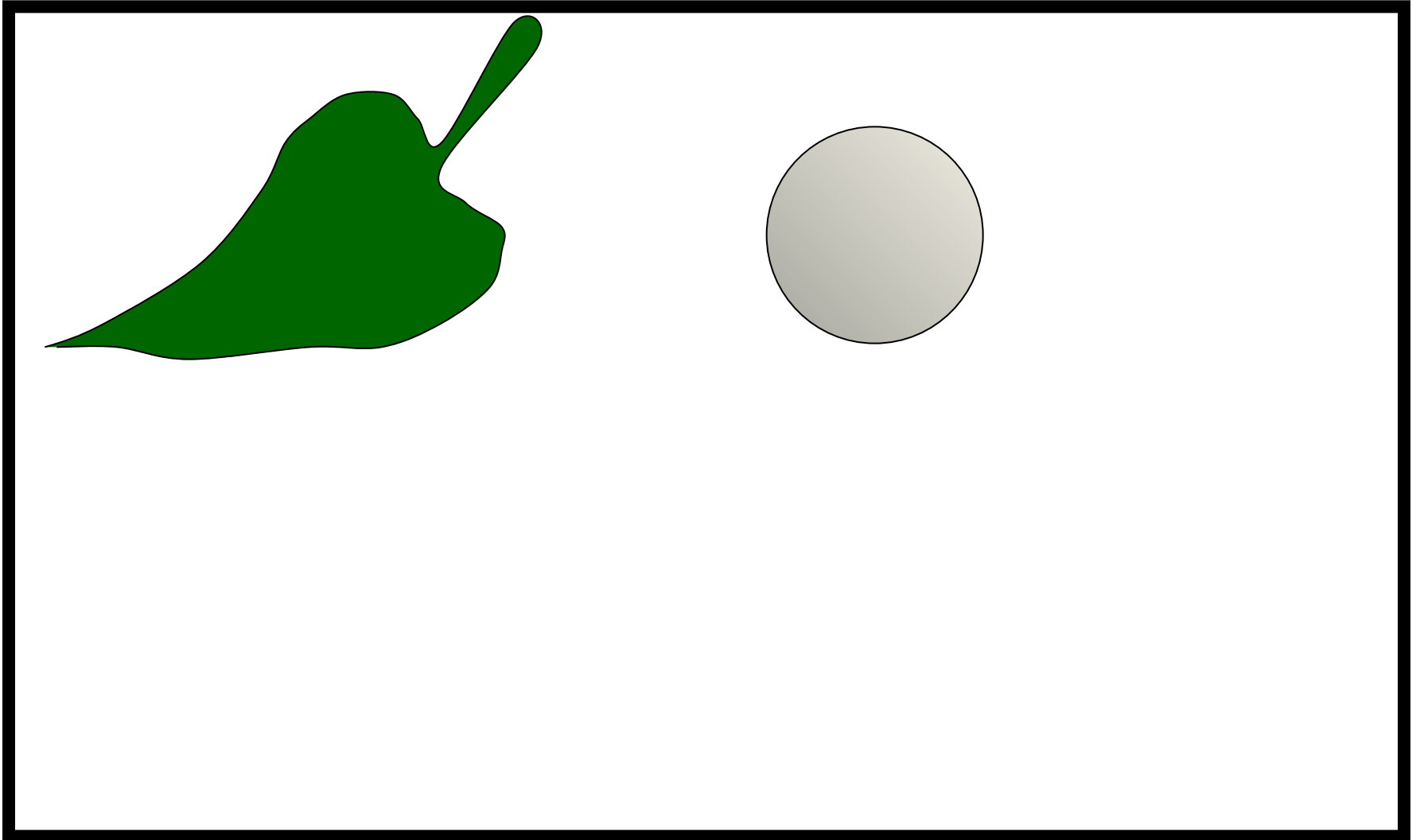
m – масса тела, кг

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

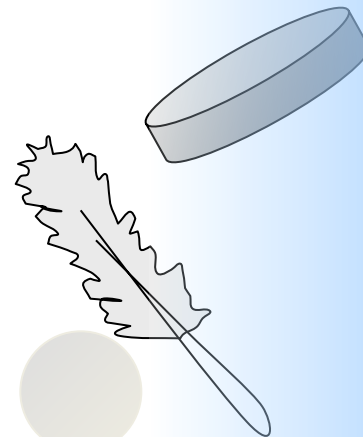
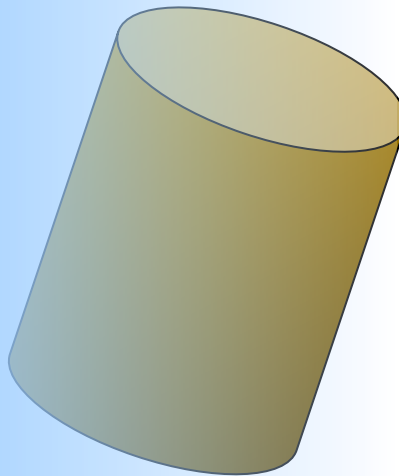
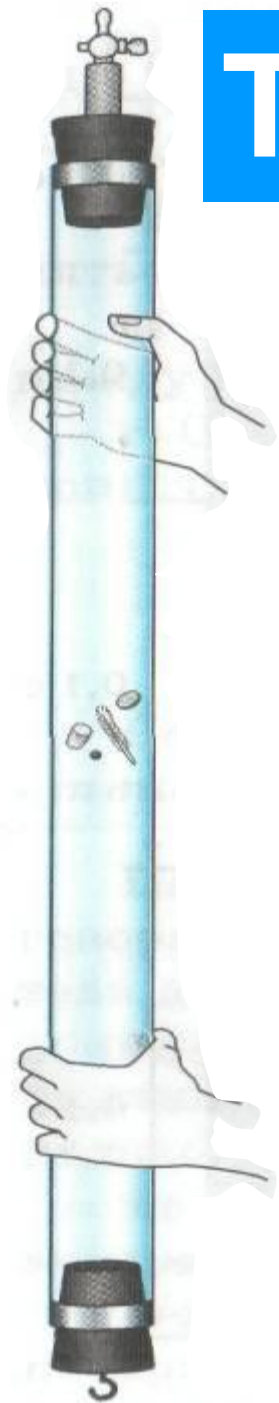
Движение в воздухе



Движение в безвоздушном пространстве



Трубка Ньютона



УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

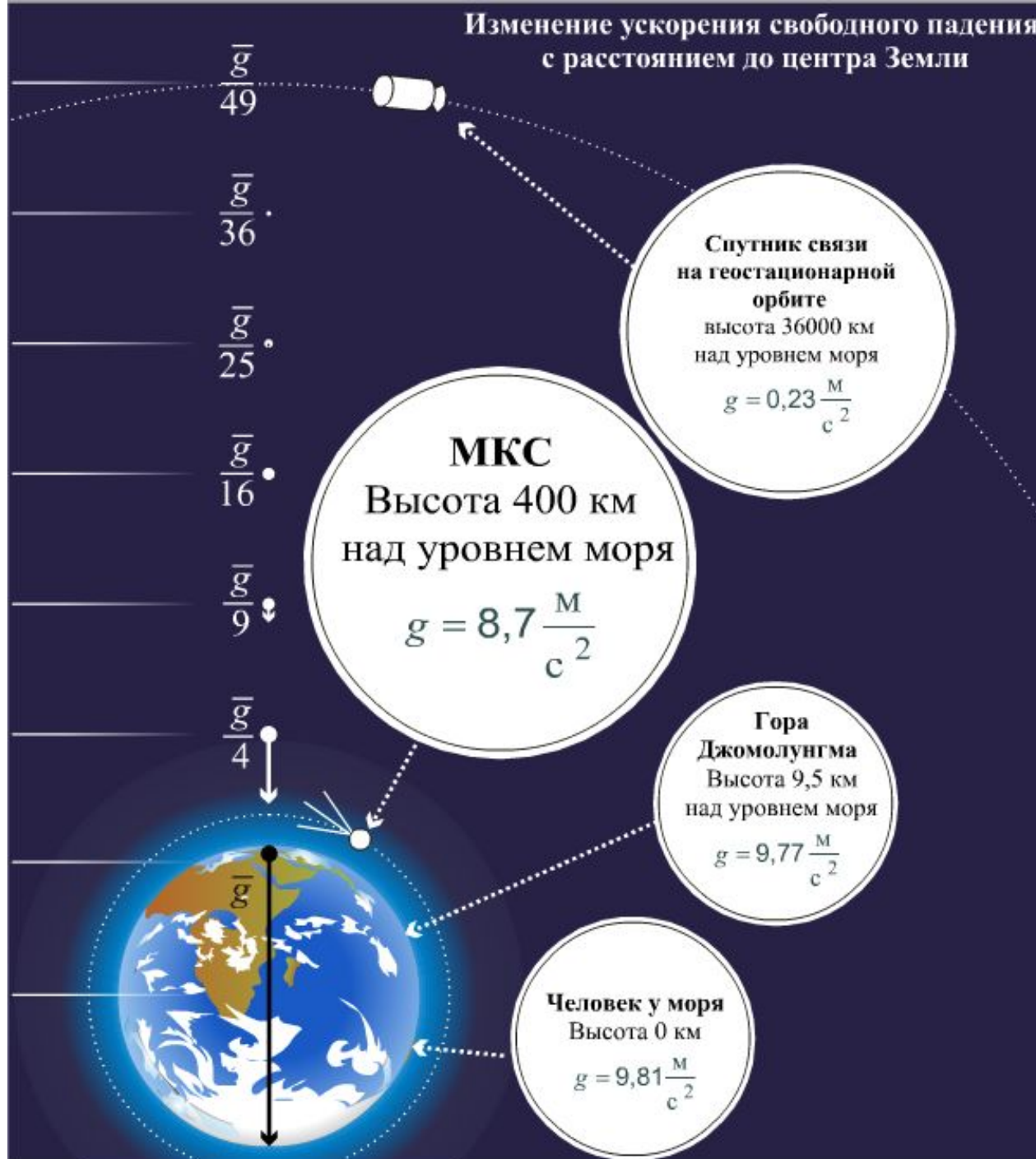
$$g = 9,8 \approx 10 \text{ м/с}^2$$

- 1) Направлено всегда вниз
- 2) Величина ускорения зависит:
 - а) от географической широты (9,78÷9,83)
 - б) от высоты над поверхностью Земли
- 3) $g > 0$, если тело движется вниз
 $g < 0$, если тело движется вверх

Ускорение свободного падения

- На полюсе $g=9,832 \text{ м/с}^2$
- На экваторе $g=9,780 \text{ м/с}^2$
- На высоте 100км
над полюсом $g=9,53 \text{ м/с}^2$
- На Луне $g=1,623 \text{ м/с}^2$

Изменение ускорения свободного падения с расстоянием до центра Земли



Спутник связи на геостационарной орбите
высота 36000 км над уровнем моря
 $g = 0,23 \frac{M}{c^2}$

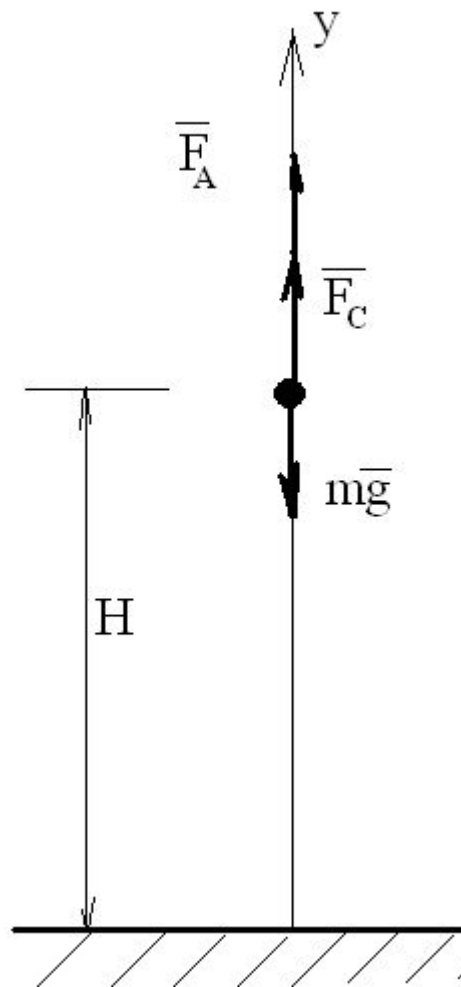
МКС
Высота 400 км над уровнем моря
 $g = 8,7 \frac{M}{c^2}$

Гора Джомолунгма
Высота 9,5 км над уровнем моря
 $g = 9,77 \frac{M}{c^2}$

Человек у моря
Высота 0 км
 $g = 9,81 \frac{M}{c^2}$

Действующие силы

- \vec{F}_A – архимедова сила, направленная вертикально вверх
- $m\vec{g}$ – сила тяжести, направленная вертикально вниз
- \vec{F}_c - сила сопротивления движению, направленная против движения



Анализ объекта

- Архимедова сила

$$F_A < mg$$

(плотность газа много меньше плотности тела, но плотность воды следует учесть)

- Сила сопротивления среды

Зависит от плотности среды и зависит от скорости, но...

Если движение происходит в газе, плотность которого много меньше плотности тела, вязкость невелика и высота падения небольшая, то F_c можно пренебречь

Математическая формализация

Уравнение закона Ньютона

- $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_c$

Проектируем данное векторное уравнение на ось Y

- $a = \frac{F_A + F_c - mg}{m}$

Задача

- На высоте H над поверхностью Земли находится тело массой m . В момент времени $t=0$ начинается свободное падение тела на Землю.
- ***Требуется определить время падения и скорость, которую будет иметь тело в момент удара о Землю***

Анализ параметров

Неизменные параметры

- m – масса тела
- H – высота, с которой началось движение
- g – ускорение свободного падения

Переменные параметры

- t – время движения
- v – скорость падения
- Y - координата

Свободное падение без учета сил противодействия

Пример: падение свинцового шарика в воздухе

- $F_A = 0$
- $F_c = 0$
- $a = -g$

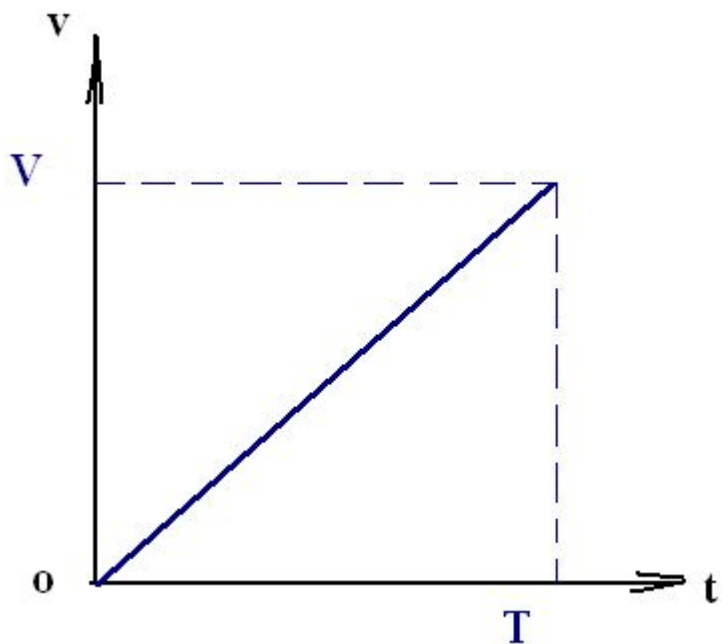
Движение равноускоренное.

ФОРМУЛЫ

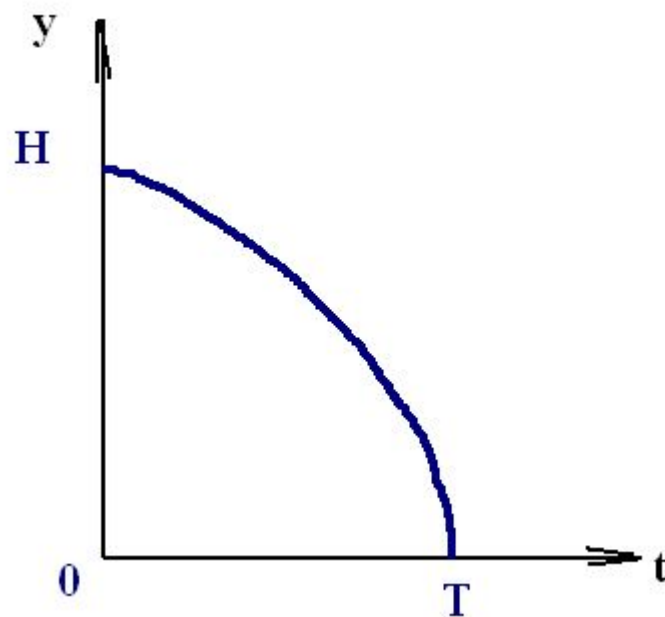
Основные формулы	$V_0 = 0$	Другие формулы
$v = v_0 + at$ $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ $y = y_0 \pm v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$	$a = -g$ $v = -gt$ $y = H - \frac{gt^2}{2}$	$t = \frac{v}{g}$ $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ $v = \sqrt{2gh}$

Графики

- Изменение скорости



- Изменение координаты



Задача 1

- Какую скорость и координату (высоту над землей) будет иметь тело через 1 сек после начала падения?

- Решение.

$$v = -gt$$

$$y = H - \frac{gt^2}{2}$$

Задача 2

- Через сколько времени и с какой скоростью тело упадет на Землю?

- Решение.

Выразим t из формулы при $y=0$

$$y = H - \frac{gt^2}{2}$$

Подставим в формулу

$$v = -gt$$

