***Свободное падение тел***

***Свободным падением*** тел называют падение тел на Землю в отсутствие сопротивления воздуха (в пустоте). В конце XVI века знаменитый итальянский ученый [Г. Галилей](http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/scientist/galilei.html) опытным путем установил с доступной для того времени точностью, что в отсутствие сопротивления воздуха все тела падают на Землю равноускоренно, и что в данной точке Земли **ускорение всех тел при падении одно и то же**. До этого в течение почти двух тысяч лет, начиная с Аристотеля, в науке было принято считать, что тяжелые тела падают на Землю быстрее легких.

Ускорение, с которым падают на Землю тела, называется ***ускорением свободного падения***. Вектор ускорения свободного падения обозначается символом **g** он направлен по вертикали вниз. В различных точках земного шара в зависимости от географической широты и высоты над уровнем моря числовое значение ***g*** оказывается неодинаковым, изменяясь примерно от 9,83 м/с2 на полюсах до 9,78 м/с2 на экваторе. На широте Москвы *g* = 9,81523 м/с2. Обычно, если в расчетах не требуется высокая точность, то принимают числовое значение ***g*** у поверхности Земли равным 9,8 м/с2 или даже 10 м/с2.

Простым примером свободного падения является падение тела с некоторой высоты ***h*** без начальной скорости. Свободное падение является прямолинейным движением с постоянным ускорением. Если направить координатную ось *OY* вертикально вверх, совместив начало координат с поверхностью Земли, то для анализа свободного падения без начальной скорости можно использовать [формулу (\*\*\*) §1.4](http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph4/theory.html#for3), положив υ0 = 0, *y*0 = *h*, *a* = –*g*. Обратим внимание на то, что если тело при падении оказалось в точке с координатой *y* < *h*, то перемещение *s* тела равно *s* = *y* – *h* < 0. Эта величина отрицательна, так как тело при падении перемещалось навстречу выбранному положительному направлению оси *OY*. В результате получим:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | υ = –*gt*. |  |

Скорость отрицательна, так как вектор скорости направлен вниз.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979525-2.gif |  |

***Время падения*** *t*n тела на Землю найдется из условия *y* = 0:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979540-3.gif | |  |

Скорость тела в любой точке составляет:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979556-4.gif |  |

В частности, при *y* = 0 скорость υn падения тела на землю равна

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979556-5.gif | |  |

Пользуясь этими формулами, можно вычислить время падения тела с данной высоты, скорость падения тела в любой момент после начала падения и в любой точке его траектории и т. д.

Аналогичным образом решается задача о движении тела, брошенного вертикально вверх с некоторой начальной скоростью υ0. Если ось *OY* по-прежнему направлена вертикально вверх, а ее начало совмещено с точкой бросания, то в формулах равноускоренного прямолинейного движения следует положить: *y*0 = 0, υ0 > 0, *a* = –*g*. Это дает:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | υ = υ0 – *gt*. |  |

Через время **υ0 / *g*** скорость тела **υ** обращается в нуль, т. е. тело достигает высшей точки подъема. Зависимость координаты ***y*** от времени ***t*** выражается формулой

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979618-6.gif |  |

Тело возвращается на землю (*y* = 0) через время 2υ0 / *g*, следовательно, время подъема и время падения одинаковы. Во время падения на землю скорость тела равна **–υ0**, т. е. тело падает на землю с такой же по модулю скоростью, с какой оно было брошено вверх.

Максимальная высота подъема

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979634-7.gif | |  |

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph5/images/1-5-1.gif |
| Рисунок 1.5.1.  Графики скоростей для различных режимов движения тела с ускорением *a* = –*g*. |

На рис. 1.5.1 представлены графики скоростей для трех случаев движения тела с ускорением *a* = –*g*. График I соответствует случаю свободного падения тела без начальной скорости с некоторой высоты *h*. Падение происходило в течение времени *t*n = 1 с. Из формул для свободного падения легко получить: *h* = 5 м (все цифры в этих примерах округлены, ускорение свободного падения принято равным *g* = 10 м/с2).

График II – случай движения тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью υ0 = 10 м/с. Максимальная высота подъема *h* = 5 м. Тело возвращается на землю через время 2 секунды.

График III – продолжение графика I. Свободно падающее тело при ударе о землю отскакивает (мячик), и его скорость за очень короткое время меняет знак на противоположный. Дальнейшее движение тела не отличается от случая II.

Задача о свободном падении тел тесно связана с задачей о движении тела, брошенного под некоторым углом к горизонту. Для кинематического описания движения тела удобно одну из осей системы координат направить вертикально вверх (ось *OY*), а другую (ось *OX*) - расположить горизонтально. Тогда движение тела по криволинейной траектории можно представить как сумму двух движений, протекающих **независимо** друг от друга – движения с ускорением свободного падения вдоль оси *OY* и равномерного прямолинейного движения вдоль оси *OX*. На рис. 1.5.2 изображен вектор начальной скорости http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979712-8.gifтела и его проекции на координатные оси.

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph5/images/1-5-2.gif |
| Рисунок 1.5.2.  Движение тела, брошенного под углом **α** к горизонту. Разложение вектора **v0** начальной скорости тела по координатным осям. |

Таким образом, для движения вдоль оси *OX* имеем следующие условия:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *x*0 = 0, υox = υ0 cos α, *a*x = 0, |  |

а для движения вдоль оси *OY*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *y*0 = 0, υoy = υ0 sin α, *a*y = –*g*. |  |

Приведем здесь некоторые формулы, описывающие движение тела, брошенного под углом **α** к горизонту.

Время полета:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979790-11.gif |  |

Дальность полета:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979915-12.gif |  |

Максимальная высота подъема:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135217979915-13.gif |  |

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, происходит по параболической траектории. В реальных условиях такое движение может быть в значительной степени искажено из-за сопротивления воздуха, которое может во много раз уменьшить дальность полета тела.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | θ, град | g, см/с2 | | 0 | 978,0300 | | 5 | 978,0692 | | 10 | 978,1855 | | 15 | 978,3756 | | 20 | 978,6337 | | 25 | 978,9521 | | 30 | 979,3213 | | 35 | 979,7299 | | 40 | 980,1659 | | 45 | 980,6159 | | 50 | 981,0663 | | 55 | 981,5034 | | 60 | 981,9141 | | 65 | 982,2853 | | 70 | 982,6061 | | 75 | 982,8665 | | 80 | 983,0257 | | 85 | 983,1759 | | 90 | 983,2360 | |
| Таблица R.3.7.1.  Ускорение свободного падения на различных широтах. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Свободное падение. Движение тела, брошенного вертикально вверх.** | | | |
| *Свободное* – значит *без сопротивления воздуха*, в вакууме. В этом случае на движение не влияют форма и размеры тела, его масса. Впервые подробно изучал Г. Галилей (1564-1642).  Частный случай равноускоренного движения.  ***a* ≡ g** – одинаково для всех тел. Для задач: g = 10 м/с2.  Обозначение перемещения: s ≡ h (высота). | |  | |
|  | Чертеж | Формулы | |
| Свободное падение  gy>0 |  | Скорость |  |
| Перемещение |  |
| Координата |  |
| Тело брошено вертикально вверх  gy<0 |  | Скорость |  |
| Перемещение |  |
| Координата |  |
|  |  |  |  | |  |