

Демонстрация состояния невесомости

Цель работы

Целью работы является экспериментальная проверка того, что свободно падающее тело находится в состоянии невесомости.

Метод экспериментального исследования явления

В работе измеряется сила взаимодействия тела и датчика силы. Если вертикально расположенный датчик силы и прикрепленное к нему тело неподвижны, то сила, с которой тело действует на датчик силы (вес тела), равна по величине силе притяжения тела к Земле (силе тяжести, действующей на тело). Если датчик силы вместе с прикрепленным к нему телом падает вниз, то в состоянии свободного падения тело перестает действовать на датчик силы, вес тела равен нулю. Длительность состояния невесомости при падении тела и датчика силы с высоты 1,2–2 м составляет 0,5–0,6 с, что вполне достаточно для его регистрации.

Теория

Сила, с которой тело, находящееся в поле тяготения, действует на подвес (или на опору), удерживающий его от свободного падения, называется весом P тела. Вес покоящегося (или движущегося равномерно и прямолинейно) относительно Земли тела равен по величине и направлению действующей на него силе тяжести: $\vec{P} = m\vec{g}$. Под действием силы тяжести и силы реакции подвеса (или опоры) тело, находящееся вблизи поверхности Земли, деформируется.

Если подвес (или опора) вместе с телом движется с ускорением, направленным вертикально вверх или вниз, то вес тела отличается от силы тяжести. Например, при движении с ускорением a , направленным вниз, вес тела становится меньше силы тяжести: $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$.

Если подвес (или опора) вместе с телом падает свободно: $\vec{a} = \vec{g}$, то вес тела равен нулю, подвес (или опора) на него не реагирует и деформации отсутствуют. В этом случае говорят, что тело находится в состоянии *невесомости*.

Контрольные вопросы

1. Какое действие оказывают сила тяжести и сила реакции опоры на тело, покоящееся вблизи поверхности Земли?
2. Какая сила называется весом? К какому телу приложен вес?
3. Что такое невесомость? Можно ли считать что тело, плавающее на поверхности жидкости, находится в состоянии невесомости?
4. Можно ли в условиях невесомости определить массу тела с помощью рычажных весов?

Оборудование экспериментальной установки

Датчик силы
Два-три груза массой 100–200 г.
Нить длиной 10–15 см.
Поролоновый коврик.





Параметры экспериментальной установки

Длительность проведения эксперимента

Рекомендуется провести два–три опыта для каждого объекта исследования (груза). Весь цикл измерений может быть проведен за 3 – 5 мин.

На обсуждение содержания эксперимента и его результатов, ответы на вопросы во время выполнения измерений и после их окончания отводится 10–30 мин.

Точность измерений

При строгом следовании рекомендациям разделов «Монтаж и настройка», «Подготовка приборов» и «Методика выполнения эксперимента» данный эксперимент позволяет установить отсутствие веса свободно падающего груза с точностью до 0,01 Н.

Техника безопасности

Во время проведения эксперимента необходимо соблюдать все правила техники безопасности, указанные для персонального компьютера как электрического оборудования.

Используемое измерительное оборудование (система сбора данных, датчик силы) экспериментальной установки рассчитано на питание от низковольтного напряжения, не представляющего опасности для человека.

Обеспечение наглядности результатов эксперимента

Место падения датчика силы с грузом должно быть выбрано так, чтобы был обеспечен хороший обзор проведения эксперимента для каждого ученика. Для обеспечения удобства управления демонстрацией эксперимента компьютер необходимо располагать достаточно близко от установки (на расстоянии не более 1,5 м). Экран компьютера рекомендуется продублировать с помощью проектора.

Монтаж и настройка

Груз соединяют с динамометром с помощью нити длиной 10–15 см. В предполагаемом месте падения датчика силы с грузом на полу располагают толстый поролоновый коврик.

Подготовка приборов

Перед началом проведения эксперимента необходимо выполнить следующее:

Внимательно прочитайте инструкции, подготовьте необходимое оборудование, соберите установку в соответствии с разделом «Монтаж и настройка».

Запустите программу **SensorLab ПО**.

Подключите датчик расстояния к аналоговому входу системы сбора данных.

Методика выполнения эксперимента

Проведение измерений

Расположите датчик силы крючком вниз. Нажмите кнопку **Ноль** в разделе **Калибровка**. При этом программой записывается реперное (исходное) значение силы (вес крючка датчика силы), которое будет вычитаться из всех последующих результатов измерений силы.

Прикрепите груз к одному концу нити, другой конец нити прикрепите к крючку датчика силы. Нажмите кнопку **Пуск**. При этом вес груза отображается в поле **Показания датчика силы**. На графике зависимости веса тела от времени появляется прямая горизонтальная линия, параллельная оси абсцисс (оси времени) и соответствующая измеренному весу.

Поднимите датчик силы вместе с грузом на высоту 1,5–2 м над поролоновым ковриком и отпустите их.

После падения датчик силы с грузом на пол измерения автоматически прекращаются. Для подробного отображения падения автоматически изменяется масштаб графика по оси времени: начало отсчета совмещается с моментом начала падения.



Анализ результатов

Падению датчика силы с грузом соответствует участок графика от момента начала падения (0 по оси времени, начало уменьшения веса тела) до момента удара (резкое возрастание показаний датчика силы). Продолжительность падения соответствует времени, рассчитанному по формуле для свободного

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

падения:

Обратите внимание учащихся на то, что во время свободного падения груз перестает действовать на датчик силы, вес груза становится равным нулю.

При необходимости можно проанализировать вес тела от начала проведения опыта (от момента нажатия кнопки **Пуск**) до начала падения. Для этого необходимо изменить масштаб графика средствами **Палитры масштаба**.

Повторные измерения

В начале проведения последующих измерений графики на экране дисплея очищаются автоматически (при нажатии кнопки **Пуск**). Также график можно очистить в любое время с помощью кнопки **Удалить данные**.

Проведя несколько опытов с разными телами, предложите учащимся сделать вывод о том, что свободно падающее тело находится в состоянии невесомости.

Дополнительное задание

Целью дополнительного задания является наглядная демонстрация возникновения перегрузки. Для этого датчика силы с подвешенным к нему грузом перемещают с ускорением, направленным вверх. При этом программой будет регистрироваться увеличение веса груза.

Принцип работы датчика силы (динамометра)

Датчик силы предназначен для прямого измерения прилагаемой к его крючку силы.

Датчик имеет пьезорезистивный полупроводниковый чувствительный элемент, изменение сопротивления которого прямо пропорционально прилагаемой силе. Измерение проводится по хорошо известной балансной мостовой схеме, в одной из плеч которой стоит пьезорезистивный чувствительный элемент, в остальных – обычные сопротивления равных номиналов. При нагрузке датчика происходит деформация (изгиб) чувствительного элемента, которая приводит к изменению его сопротивления и, как следствие, к появлению напряжения на выходе датчика, которое пропорционально приложенной силе. Питание датчика осуществляется через плату сбора данных напряжением +5 В.