

Тема урока:

Падение тел.

Свободное падение.

**Ускорение свободного
падения и его измерение**

Цель:

Создать условия для
разрешения противоречия между
бытовыми представлениями
школьников
и
научными знаниями
о процессе падения тел.

Задачи:

Образовательные

- Методом от противного **подвести учащихся к мысли** о том, что ускорение свободного падения не должно зависеть от массы падающих тел.
- **Сформировать у учащихся представление** о сущности метода доказательства от противного.
- **Актуализировать в памяти учащихся** правила формирования понятий через ближайший род и видовое отличие.
- Для формирования у учащихся методологических знаний, в ходе беседы с ними **выявить структуру знания** о физической теории и физическом эксперименте, установить логические связи между их отдельными элементами.
- Для формирования у учащихся правильных представлений об изучаемых явлениях **сопровождать рассуждения** демонстрационным экспериментом.

Задачи:

Развивающие

- Для развития оригинальности умственной и практической деятельности каждой личности ученика **дать возможность учащимся** при построении конспектов учебного материала использовать индивидуальные способы фиксации информации.
- Для развития наблюдательности и адекватного восприятия действительности ставить демонстрационные опыты таким образом, **чтобы учащиеся самостоятельно фиксировали и отображали** в словесно-образной форме отдельные факты наблюдаемых явлений.
- Для развития грамотной с научной, логической, общекультурной, языковой точек зрения речи у всех учащихся, **организовывать** озвучивание конспекта учебного материала по образцу при регламентации времени в форме диалогов ученика с учеником.
- Для развития активности каждой личности ученика **использовать** при изучении теоретического материала элементы метода фронтальной эвристической беседы.

Задачи:

Воспитательные

- Для воспитания эстетических вкусов школьников, все демонстрационные опыты **проводить** в строгом соответствии с требованиями к технике демонстрационного эксперимента (видимость со всех точек класса, композиция приборов, выделение элементов и т.д.).
- Для воспитания и укрепления мировоззренческих позиций учащихся в области научного знания, на этапе объяснения сущности изучаемых физических явлений **акцентировать их внимание** на способах объяснения фактов науки, предсказательной роли научных гипотез, необходимых и достаточных элементах научных теорий.

Оборудование для теории:

Мультимедийный проектор и компьютер

для повторной демонстрации изученных ранее видов механического движения, структурно-логической схемы и опорного конспекта изучаемого фрагмента учебного материала в электронном и бумажном вариантах.

Оборудование для демонстрации:

- **Штатив** с крепежом: высота штатива 70-100 см; длина горизонтально закрепленного стержня 10-20 см.
- Набор **мячиков** (кожаных, матерчатых или резиновых, наполненных песком): масса 0,05-1 кг, диаметр 5-15 см.
- **Весы** с разновесом.
- Металлический и бумажные **листы** формата А5-А4.
- **Трубка Ньютона** с находящимися в ней предметами разной массы и формы.
- Вакуумный **насос**.

Датчик

- расстояния MD-VTD.

ХОД УРОКА:

1. Организационный этап

- Приветствие, объявление темы урока.

2. Подготовка к активному восприятию нового материала. Постановка проблемы

Этап 1. Повторение пройденного материала.

Проводится в форме фронтальной беседы.

- **Учитель:** Мы с вами познакомились с несколькими видами движения. Нам известно равномерное и неравномерное движение. Что вы можете сказать о скорости при равномерном движении?
- **Ученик:** Она постоянна.
- **Учитель:** При неравномерном движении?
- **Ученик:** Скорость изменяется.
- **Учитель:** Скорость увеличивается или уменьшается. Разновидностью неравномерного движения является движение ...
- **Ученик:** Равноускоренное (равнозамедленное).
- **Учитель:** Какая величина является характеристикой равноускоренного (равнозамедленного) движения?
- **Ученик:** Ускорение.
- **Учитель:** Ускорение, совершенно верно! Скажите, пожалуйста, как можно было бы рассчитать перемещение при равномерном движении?
- **Ученик:** Перемещение равно произведению скорости на время движения.

- **Учитель:** *записывает формулу на доске.*
- Если же движение не равномерное, а равнопеременное, равноускоренное или равнозамедленное, то перемещение можно рассчитать как...?
- **Ученик:** S равно V_0t плюс at^2 , деленное на 2.
- **Учитель:** *записывает формулу под диктовку учеников.*
- Совершенно верно, можно и так. Если начальная скорость тела равна нулю, то формула несколько упрощается и принимает вид ...
- **Ученик:** a , t в квадрате, деленное пополам.
- **Учитель:** *записывает формулу, еще раз проговаривая ее.*
- Верно. При равномерном движении скорость тела остается ...
- **Ученик:** Постоянной.
- **Учитель:** Запишем . Итак, скорость при равномерном движении не изменяется.
- Теперь будем говорить о равноускоренном движении, скорость тела в этом случае ...
- **Ученик:** Увеличивается.

- **Учитель:** Правильно, увеличивается. Как можно было бы рассчитать скорость в любой момент времени? Можно ли это сделать так же, как и в предыдущем случае?
- **Ученик:** Нет.
- **Учитель:** Конечно же, тогда как?
- **Ученик:** V_0 плюс at .
- **Учитель:** *записывает формулу .*
- Если скорость тела в начальный момент времени равна нулю, то какой вид принимает формула?
- **Ученик:** *Диктует формулу.*
- **Учитель:** *записывает формулу на доске.*
Совершенно верно. Сейчас нас будут интересовать два выражения.
- *Подчеркивает формулы на доске.*
- - скорость тела постоянна.
- - скорость тела меняется с течением времени, если начальная скорость равна нулю.

Этап 2. Формулировка темы.

- Зачем же нам все это сейчас нужно? Дело в том, что мы сегодня должны познакомиться с одним, очень часто встречающимся видом равнопеременного движения. Это движение можно было бы назвать падением.

Демонстрирует падение небольшого предмета.

- Давайте запишем тему сегодняшнего урока: «Падение тел». Итак, что нас будет интересовать.

3. Изучение нового материала

Этап 3. Сбор фактического материала и его обсуждение.

- В моей руке небольшой предмет (мелок), сейчас он будет падать. Внимательно посмотрите на процесс падения и скажите: скорость мелка остается постоянной или меняется?
- *Повторно демонстрирует падение небольшого предмета.*
- Ученик: Скорость меняется. Мелок падает с ускорением.
- Учитель: Есть версия, что скорость увеличивается и мелок падает с ускорением.
- *Продолжая показывать падение мела, задает вопросы.*
- А откуда вы знаете, что мелок падает с ускорением? Непосредственно мы можем оценить перемещение, которое совершает мелок, время его падения, так? А по каким признакам мы можем судить о скорости?
- Ученик: Начальная скорость равна нулю. А к моменту приземления скорость мелка уже ненулевая.
- Учитель: *Задает вопрос на создание противоречия.*
- А может быть, эта скорость появляется у мелка сразу после его отпускания и остается постоянной до конца падения? Может ли так быть?

- **Ученики:** *Ученики вступают в диалог, отстаивая свою точку зрения.*
- Один из аргументов: «Но ведь на мел действует притяжение Земли».
- **Учитель:** А можно ли судить об увеличении скорости по такому признаку: если уронить мелок на стол с большой высоты, то он при ударе вызывает более сильный звук?
- *Показывает падение с высоты 10 см и с высоты 1 м.*
- Является ли скорость падающих тел постоянной, или она меняется?
- Итак, есть два варианта: скорость при падении постоянна или она меняется. Мы бросали мелок с разной высоты. Можно рассуждать и на основании этих рассуждений сделать выводы, а можно, как мы с вами, проделать опыт. Мы бросали мелок с разной высоты и по силе удара определили, что скорость при падении увеличивается. Запишем это схематически.
- *Делает схематическую запись на доске.*

- **Ученики:** *Чертят в тетради схему опыта для случаев, когда мел падает с высоты H_1 и высоты H_2 .*
- **Учитель:** Давайте рассуждать дальше. Если скорость увеличивается и мелок движется с ускорением, то от чего зависит ускорение?
- **Ученик:** От высоты.
- **Учитель:** Допустим. Вторым вопросом, который нас интересует: ускорение остается постоянным, или увеличивается? В любом случае нужно разобраться, от чего зависит ускорение, если оно постоянное, и от чего зависит изменение ускорения, если оно переменное?
- **Ученик:** От массы, от высоты, от времени падения, от начальной скорости и т.д.
- **Учитель:** Факторов достаточно много, поговорим про высоту и время.
- Скажите, высота, с которой падает мел, и время его падения связаны между собой?
- Чем с большей высоты тело падает, тем больше время падения, значит можно говорить о чем-то одном.

- От начальной скорости ускорение, возможно, будет зависеть, если придать телу начальную скорость вверх, вниз или в сторону, а возможно и нет.
- А как же ускорение будет зависеть от массы?
- **Ученик:** Чем больше масса, тем больше ускорение.
- **Учитель:** Соглашусь, перышко падает дольше, чем камень, металлический шарик или тот же мелок.
- *Демонстрирует падение на стол мела и листка бумаги.*
- Значит, ускорение зависит от массы?
- **Ученик:** Да.
- **Учитель:** А теперь я возьму два листочка бумаги с одинаковой массой, но один сомну и брошу листки на стол с одной и той же высоты.
- *Демонстрирует падение на стол мела и скомканного листка бумаги.*
- Что произошло?

- **Ученик:** Ускорение зависит от объема, от площади поверхности.
- **Учитель:** Получается, что от массы ускорение не зависит?
- **Ученик:** Зависит!
- **Учитель:** Хорошо.
- *Проводит опыт с падением скомканного листка бумаги, просто листка бумаги и мела.*
- Итак, мы можем сказать, что ускорение зависит от площади поверхности. А почему время движения может зависеть от площади?
- **Ученик:** У целого листа бумаги большее сопротивление воздуху, чем у скомканного.

- **Учитель:** Да, действительно мы обычно имеем дело с падением тел в воздушном пространстве. А что было бы, если бы воздуха не было? Притяжение осталось бы таким же?
- **Ученик:** Оба листка летели бы быстрее при падении с одинаковой высоты.
- **Учитель:** А достигли бы поверхности в одно и то же время? Как это проверить?
- **Ученик:** Провести опыт в безвоздушном пространстве.

Этап 4. Качественные эксперименты по проверке справедливости полученных выводов.

- **Учитель:** А если нет возможности откачать воздух, то как? Как можно «исключить» влияние воздуха? Возьмем лист металла и такой же по площади бумажный лист. При падении какой из них быстрее достигнет поверхности?
- **Ученик:** Металлический.

- **Учитель:** Согласен.
- *Проводит опыт.*
- Это действительно так.
- Тогда от массы все же есть зависимость?
- А как можно использовать этот опыт для исключения влияния воздуха?
- А если положить бумажный листок на металлический и повторить опыт?
- *Кладет бумажный лист на поверхность металлического листа и повторяет опыт. Листы касаются поверхности стола одновременно.*
- Что произошло?
- **Ученик:** Исключилось влияние воздуха на лист бумаги.
- **Учитель:** Правильно, лист бумаги движется за металлическим листом и тем самым влияние воздуха на лист бумаги исключается. Листы достигают поверхности стола за одинаковое время.
- Так зависит ускорение от массы или не зависит?

- Ученик: Тогда не зависит.
- Учитель: При свободном падении тел ускорение от массы не зависит, и мы подтвердили это опытом.
- То, что мы сейчас проделали, является косвенным доказательством, а можно проверить напрямую: возьмем большую, закрытую стеклянную трубку с находящимися в ней предметами разной массы (дробинка, кусочек поролона и лоскуток тряпочки). Если перевернуть трубку, то предметы начнут падать. В какой последовательности они упадут?
- *Проделывает опыт.*
- Ученик: Дробинка, поролон, затем тряпочка.

- **Учитель:** Правильно, а теперь откачаем воздух из трубки. Для этого нам потребуется насос. Посмотрим, что же произойдет. Будем измерять давление в трубке с помощью манометра. Сначала давление равно атмосферному. Постепенно откачивая воздух, будем наблюдать, насколько уменьшилось давление относительно атмосферного.
- *Соединив трубку с насосом, начинает откачивать воздух, комментируя свои действия. Вызывает учеников для помощи при откачке воздуха.*
- **Ученики:** *Наблюдают за движением стрелки манометра.*
- **Учитель:** Мы не сможем откачать весь воздух, будем продолжать опыт до тех пор, пока давление не понизится хотя бы до половины атмосферного. Понятно, что воздух в трубке еще остался, но его уже существенно меньше. Мы откачали какое-то количество воздуха, теперь перекрываем кран и проделываем опыт снова.
- *Закрывает кран и повторяет опыт с падением предметов, но уже в разреженном пространстве.*
- Что вы видите?

- **Ученик:** Теперь поролон и тряпочка падают с гораздо меньшим запаздыванием. Тела падают практически одновременно.
- **Учитель:** Мы исключаем влияние воздуха и тем самым предоставляем телам возможность падать практически свободно. В свое время подобные опыты проделывал итальянский ученый Галилео Галилей, он сравнивал время движения небольших дробинок и больших металлических шаров, бросая их с высокой башни. Оказалось, что массивные и имеющие очень малую массу тела, падая с одной высоты, касаются земли практически в одно и то же время. Тем самым экспериментально было доказано, что ускорение тела при падении от массы не зависит.

Этап 5. Количественный эксперимент по проверке справедливости полученных выводов.

- Учитель: На основании проведенных рассуждений мы можем сказать, что тела движутся равноускоренно, но мы не знаем, движутся они с постоянным ускорением или ускорение как-то меняется.
- На демонстрационном столе собрана установка, с помощью которой можно измерить ускорение различных падающих тел.
- Проведем опыт для тел различной массы, давая им возможность падать без начальной скорости с разных высот.
- В результате мы сможем узнать, является ли ускорение падающих тел постоянным и зависит ли оно от массы.

- **Ученики:**
- *Записывают в тетрадь измеренные значения ускорения.*
- **Учитель:** Какие выводы можно сделать на основании проведенных измерений?
- **Ученик:** Полученные значения ускорения во всех опытах примерно одинаковы.
- **Учитель:** Действительно, мы видим, что значения ускорения практически одинаковы, можно найти для них среднее значение

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} ,$$

получим $\bar{a} \approx \quad \text{м/с}^2 \quad .$

- Для того, чтобы отличать свободное падение от остальных видов движения, принято обозначать ускорение свободного падения буквой g .
- Ускорение свободного падения в разных местах Земли несколько отличается, в среднем оно равно $9,8\text{ м/с}^2$. Будем считать .
- То, что мы получили, очень близко к среднему значению ускорения свободного падения.
- *Диктует домашнее задание.*
- **Ученики:** *Записывают задание на дом.*

3.1. Теория (содержательная информация по теме урока)

- Рассмотрим процесс падения различных тел. Падают капли дождя, предметы, выпущенные из рук, листья, сорвавшиеся осенью с деревьев. Падет парашютист, выпрыгнувший из самолета. В состоянии падения находится и камень, брошенный вверх, вниз или под углом к горизонту, как только он отрывается от руки.
- Чтобы найти сходные и отличительные признаки движения различных падающих тел, можно провести за ними одновременное наблюдение. Например, если одному шарiku сообщить начальную скорость в горизонтальном направлении, а другой такой же шарик в тот же самый момент времени просто отпустить, предоставив ему возможность падать вертикально вниз без начальной скорости, то опыт покажет, что шарики, снижаясь в вертикальном направлении совершат одно и то же перемещение за одно и то же время.
- Подобный опыт дает основание рассматривать движение тел по криволинейной траектории, получивших скорость под углом к горизонту, как два независимых движения – по вертикали и по горизонтали. Причем, эти движения протекают независимо друг от друга и друг на друга не влияют.

- Это утверждение, получившее название принципа независимости движений, распространяется и на движение тел, брошенных под углом к горизонту.
- Поскольку сложное криволинейное движение падающего тела можно представить в виде суммы двух независимых простых движений по вертикали и по горизонтали, для дальнейших рассуждений остановимся на анализе движения тела только в вертикальном направлении. При этом для простоты пока будем считать, что начальная скорость тела равна нулю.
- Даже простейшие наблюдения дают нам основание убедиться в том, что значительное влияние на характер движения оказывает та среда, в которой движется падающее тело. В первую очередь, в качестве такой среды выступает воздух.

- Действительно, уроним с одной и той же высоты стальной шарик и листок бумаги. Листок бумаги достигает поверхности Земли за значительно большее время, чем шарик. Может показаться, что это происходит за счет того, что шарик массивнее листка бумаги. Однако скомканный листок бумаги достигает поверхности Земли практически одновременно со стальным шариком. Вероятно, результаты опытов можно объяснить сопротивлением, которое оказывает падающим телам воздух.
- Падающие с одной и той же высоты листок бумаги и равный ему по площади металлический лист, опять-таки одно и то же перемещение совершают за явно разное время. Но, с другой стороны, стоит положить бумажный лист поверх металлического, как он во время падения перестает отставать от металлического листа.
- После проведения подобных опытов становится почти очевидным, что влияние воздуха на падающие тела существенно.

- Можно предположить, что в безвоздушном пространстве разные тела, независимо от их размеров, формы, вещества, из которого они изготовлены, при одинаковых начальных условиях будут падать одинаково.
- Данное предположение можно проверить путем прямого эксперимента. Для этого можно взять длинную, закрытую трубку, в которую помещены, например, перышко, клочок бумаги, дробинка. Если из трубки откачать воздух и дать возможность данным предметам упасть с одной и той же высоты, можно убедиться в справедливости выдвинутого предположения.
- Возможен и более точный эксперимент. Например, можно прямо измерить время падения с одной и той же высоты нескольких шариков, значительно отличающихся друг от друга по размерам и массе.
- В пределах точности измерений это время оказывается одинаковым.
- Назовем падение при отсутствии сопротивления движению свободным падением.

- В чистом виде свободное падение нам вряд ли удастся изучить. Но если учесть, что на падающие небольшие металлические шарики воздух оказывает относительно небольшое воздействие, примем их движение в воздухе за модель свободного падения.
- Зададимся вопросом: при падении скорость тела остается постоянной или изменяется?
- Правдоподобно предположить, что скорость падающего тела в процессе движения увеличивается.
- Простые непосредственные наблюдения вряд ли позволят нам доказать справедливость этой гипотезы. Однако косвенные данные подсказывают, что это так. К числу таких данных относятся, например, звук удара, высота отскока металлического шарика, падающего на деревянный стол с разных высот.
- Если скорость падающего тела с течением времени увеличивается, то напрашивается вопрос: а ускорение падающего тела постоянно или нет?

- Возможно, что свободное падение является видом равноускоренного движения. Но возможно и то, что ускорение по мере движения либо увеличивается, либо уменьшается.
- Если в качестве рабочей принять первую версию, то следует измерить время падения какого-либо тела с разных высот и в каждом случае рассчитать по известной формуле предполагаемое ускорение. Если расчеты, выполненные с учетом точности измерений, будут давать один и тот же результат, версия найдет свое экспериментальное подтверждение. В противном случае необходимо будет проверять альтернативные версии.
- Подобный эксперимент неоднократно проводился. Оказалось, что ускорение свободного падения в данной области Земли при условии, что высота над ее поверхностью (по сравнению с радиусом Земли) изменяется незначительно, является величиной постоянной. В среднем ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли равно .

- Анализ стробоскопической фотографии движения тела, брошенного под углом к горизонту, показывает, что перемещения, совершаемые телом в горизонтальном направлении за равные промежутки времени равны между собой. Это означает, что в этом направлении тело движется равномерно. Перемещения же в вертикальном направлении, совершаемые за те же равные промежутки времени, не равны друг другу.
- На восходящем участке траектории перемещения уменьшаются, на нисходящем – увеличиваются. Это объясняется ускоренным характером движения тела. Симметричность же кривой свидетельствует о том, что модуль ускорения на всем участке траектории остается постоянным.
- Поскольку горизонтальная координата тела, брошенного под углом к горизонту, меняется с течением времени по линейному закону, а по вертикали – по квадратичному, траектория такого движения является параболой.
- Таким образом, величина ускорения свободного падения одинакова независимо от того, имеет тело начальную скорость, или нет, направлена начальная скорость вниз, вверх, горизонтально, или под углом к горизонту. Вектор же ускорения свободного падения во всех указанных случаях направлен вертикально вниз.

3.2. Практика. Демонстрационный эксперимент

3.2.1. Проведение подготовительной работы

- Датчик расстояния закрепляется на штативе на высоте 1,5–1,7 м от пола так, чтобы зона действия датчика была направлена вертикально вниз. Время падения тела с этой высоты, найденное по формуле , составляет примерно 0,5 с. При частоте следования ультразвуковых импульсов, излучаемых датчиком, равной 40 Гц, за время падения тела фиксируется около 20 значений его координаты. Под датчиком на расстоянии примерно 15 см от его измерительной головки на штативе рекомендуется закрепить указатель, который позволит надежно зафиксировать начальное положение тела перед его падением. Важно, чтобы указатель располагался вне зоны действия датчика расстояния.

3.2.2. Подготовка датчика к работе

- Перед началом проведения эксперимента необходимо выполнить следующее:
- Внимательно прочитайте инструкции, подготовьте необходимое оборудование, соберите установку в соответствии с разделом «Монтаж и настройка».
- Запустите программу ИШП.
- Выберите эксперимент **Свободное падение тел** в разделе «Механика».
- Подключите систему сбора данных AFS к компьютеру с помощью USB кабеля. Убедитесь, что сообщение **Система сбора данных AFS не подключена** в верхней части экрана отсутствует.
- Подключите датчик расстояния к цифровому входу системы сбора данных.
- Убедитесь, что датчик правильно регистрирует расстояние до ближайшего объекта (расположенного не ближе 20 см).

3.2.3. Монтаж дополнительного оборудования (по необходимости)

3.2.4. План выполнения эксперимента

1. Нажмите кнопку **Измерить** (или клавишу **Ввод** на клавиатуре). Убедитесь, что датчик правильно регистрирует расстояние до пола (разброс значений в поле **Расстояние** составляет не более 2 см).
2. Взвесьте мячики и сообщите результаты измерений учащимся.
3. Внесите один из мячиков на вытянутой руке в зону действия датчика и, ориентируясь на указатель, расположите мячик так, чтобы его верхний край находился на расстоянии 15 см ниже датчика. Во избежание ошибок измерения не рекомендуется держать мячик в зоне действия датчика более 2 секунд.
4. Отпустите мячик без начальной скорости, сразу после этого уберите руку из зоны действия датчика. Программа начинает измерение координаты тела с того момента, когда оно окажется на расстоянии 20 см от датчика, и автоматически прекращает измерение, когда расстояние от тела до пола станет меньше 20 см. Таким образом автоматически исключается измерение координаты мячика при его отскакивании от пола.

5. После проведения измерений на экран дисплея выводятся графики измеренной зависимости координаты тела от времени и ее аппроксимации квадратичной функцией времени. Рассчитанное по аппроксимирующей параболе значение ускорения g отображается в поле **Ускорение** и записывается в активную (выделенную цветом) ячейку **Таблицы данных**. С помощью переключателя **Скорость / Расстояние** можно вывести на экран график зависимости скорости падающего тела от времени.

- **Замечание.** Если окажется, что измеренная в каком-либо опыте зависимость координаты тела от времени имеет явно аномальный характер, а определенное по ней значение ускорения свободного падения существенно отличается от ожидаемого, то это означает, что вы после отпускания тела недостаточно быстро убрали руку из зоны действия датчика расстояния. Выделите мышью ячейку таблицы с результатом этого опыта и повторите его еще раз.
- После заполнения пяти ячеек в строке таблицы выделение переводится на первую ячейку следующей строки (соответствующее следующему объекту исследования), в столбце **Результат** отображается среднее значение ускорения и среднеквадратичная погрешность измерения по 5 проведенным опытам. Возможно изменение активной ячейки (щелчком мышью) и ввод значений вручную.

Повторные измерения

- Перед проведением повторных измерений убедитесь, что выбрана правильная активная ячейка таблицы, и выполните работу по пунктам 1–5 «Проведения измерений».
Проведя несколько опытов с телами различной массы, обратите внимание учащихся на то, что ускорение свободного падения всех тел в пределах точности измерений одинаково и не зависит от массы тела. Усредненные значения результатов этих опытов подтверждают возможность измерения ускорения свободного падения в месте их проведения с удовлетворительной точностью.

Дополнительные задания

- Использование набора тел различной массы и плотности (бумажный ком, пластиковая тарелка, воздушный шарик) позволит наглядно продемонстрировать влияние сопротивления воздуха на ускорение падающего тела.

4. Подведение итогов эксперимента. Обсуждение полученных результатов

- По качественному соответствию полученного графика и его аппроксимации учащиеся убеждаются в справедливости утверждения о том, что свободно падающее тело движется с постоянным ускорением g . Значение этого ускорения, рассчитанное по аппроксимирующей параболе, отображается в поле **Ускорение**.

5. Закрепление полученных знаний. Проведение тестового контроля

- Какое движение тел называется свободным падением? При каких условиях возможно такое движение?
- Куда направлено ускорение свободного падения?
- Как зависит ускорение свободного падения тела от его массы?
- Имеются два тела одинаковых размеров и формы, одно из тел существенно легче другого. Эти тела одновременно начинают падать с нулевой начальной скоростью с одной и той же высоты. Какое из тел упадет раньше? Почему?

6. Домашнее задание

- Параграф учебника с соответствующим теме урока названием. Вычисление погрешностей, завершение оформления экспериментальной работы в рабочей тетради для лабораторных работ.

**Методические
рекомендации. Содержат
описание возможных
трудностей проведения
эксперимента, привлечение
дополнительных средств
обучения**

Признак	Причина	Решение
Отображается сообщение Система сбора данных не подключена.	Система сбора данных не подключена к компьютеру.	Подключить систему сбора данных к компьютеру USB кабелем.
В поле Расстояние отображается «0», не слышно звуковых импульсов, издаваемых датчиком расстояния.	Датчик расстояния не подключен.	Подключить датчик расстояния к цифровому входу системы сбора данных.
На графике слишком мало точек.	Объект при падении выходит из зоны действия датчика, прибор измеряет расстояние до пола.	Повторить измерения, отпустив объект без начальной скорости.
Ускорение свободного падения стабильно получается больше $9,8 \text{ м/с}^2$ (порядка $10\text{--}11 \text{ м/с}^2$).	Объект движется неточно под датчиком, или зона действия датчика направлена не вертикально.	Повторить измерения, отпустив объект строго под датчиком или направить датчик строго вертикально.
Измеренная в опыте зависимость координаты тела от времени имеет явно аномальный характер. Значение ускорения свободного падения получается существенно меньше ожидаемого.	После отпускания тела рука недостаточно быстро убрана из зоны действия датчика.	Повторить измерения, убрав руку из зоны действия датчика после отпускания тела максимально быстро.