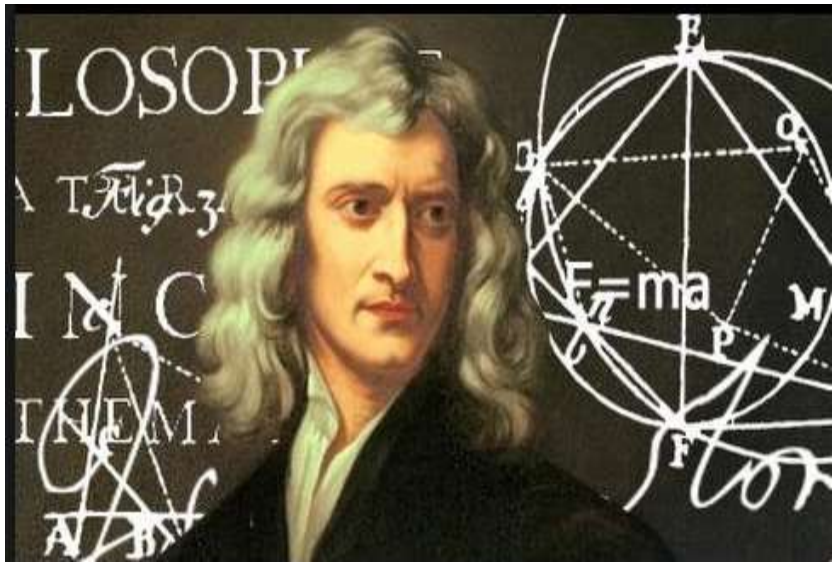


«Я мог видеть дальше остальных лишь потому, что стоял на плечах гигантов»

«Природа максимально проста – она не роскошествует излишествами»

«Гений – это терпение мысли, которая устремлена в определенном направлении»

Мастер-класс «Загадки второго закона Ньютона»

Реализуется в рамках проекта «Университетские субботы» Пензенского государственного университета

Составитель: Г. В. Суровицкая

Цель и задачи занятия

- Цель занятия – познакомить учеников 9 класса и всех желающих с биографией И. Ньютона, с историей открытия второго закона Ньютона, с одним из методов доказательства второго закона Ньютона
- Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:
  - 1. Осветить биографию И. Ньютона и историю открытия второго закона Ньютона
  - 2. Раскрыть содержание второго закона Ньютона
  - 3. Провести эксперимент по доказательству второго закона Ньютона с использованием машины Атвуда
  - 4. Показать приемы решения задач с использованием второго закона Ньютона

ИСТОРИЧЕСКИЕ ФАКТЫ

Факты из биографии И. Ньютона

- Сэр Исаак Ньютон (1643-1727) – английский физик, математик, астроном, создатель классической механики, сделавший величайшие научные открытия в истории человечества.
- В 1686 г. Ньютон сформулировал **три закона механики**, описал орбиты небесных тел: гиперболические и параболические, доказал, что Солнце также подчиняется общим законам движения. Всё это было изложено в первом томе «Математических начал».
- Английский король Вильгельм III (по совместительству правитель Голландии) лично пригласил Петра I в начале 1698 года в Британское королевство.
  - Заглянул Петр и на английский Монетный двор, которым в то время руководил И. Ньютон.
  - Достоверной информации о встрече двух великих людей нет, однако, зная Петра, можно предположить, что встреча непременно состоялась.

История открытия второго закона Ньютона

- Принципы классической механики формировались в течение длительного времени. Многие века учёные пытались создать законы движения материальных тел.
- И только Ньютон обобщил все накопленные к тому времени знания о движении физических тел с точки зрения классической механики. В 1867 г. им была опубликована работа «Математические начала натуральной философии».
- В этой работе Ньютон систематизировал все знания о движении и силе, подготовленные до него Галилеем, Гюгенсом и другими учёными, а также знания, известные ему самому.
- На основе всех этих знаний им были открыты известные законы механики и закон всемирного тяготения. В этих законах устанавливаются количественные зависимости между характером движения тел и силами, действующими на них.
- А. Эйнштейн: «Только переход к рассмотрению явления за бесконечно малое время (т. е. к дифференциальному закону) позволил Ньютону дать формулировку, пригодную для описания любого движения… Так Ньютон пришёл… к установлению знаменитого закона движения:

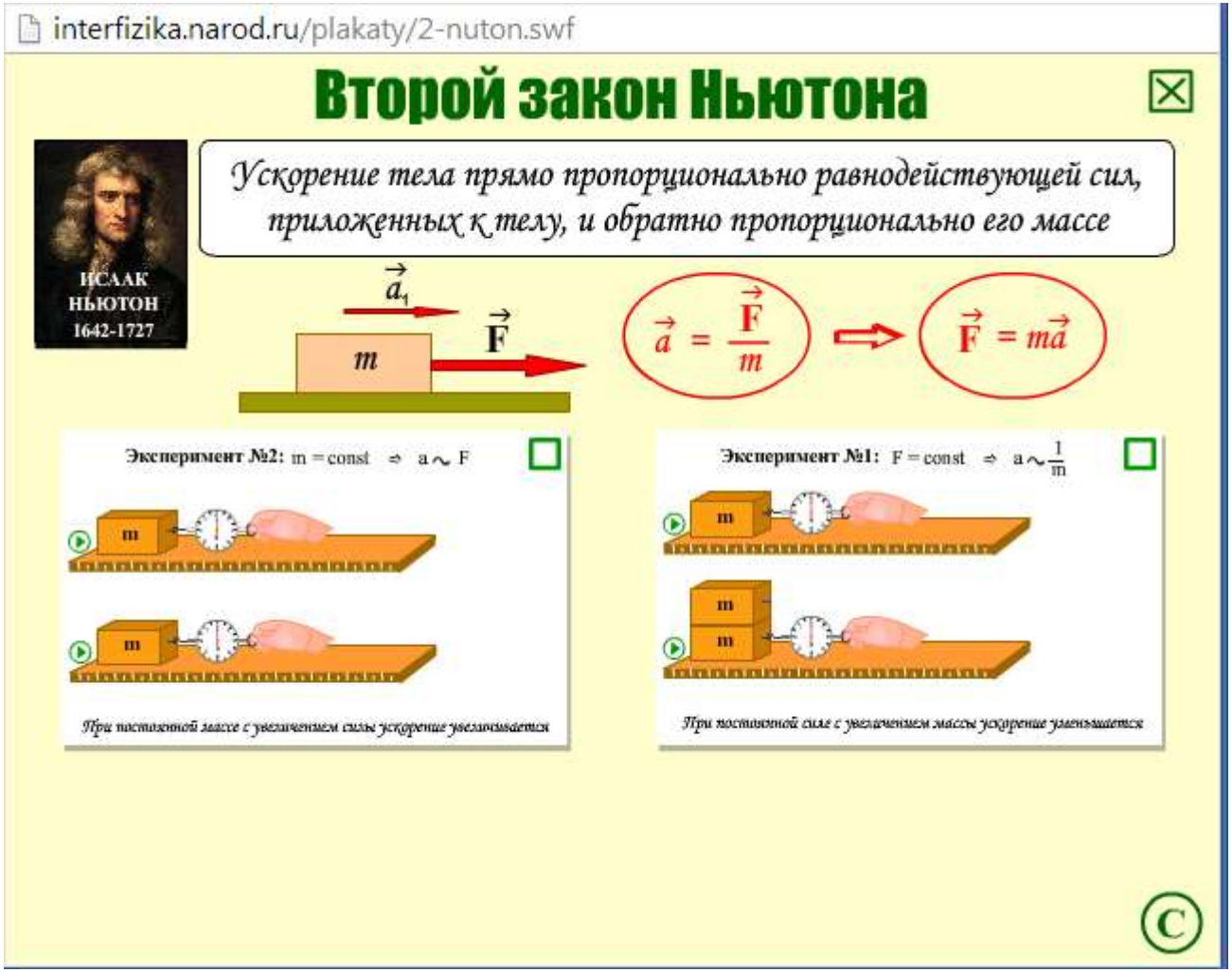
Вектор ускорения × Масса = Вектор силы.

Это — фундамент всей механики и, пожалуй, всей теоретической физики»

ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Второй закон Ньютона

http://interfizika.narod.ru/plakaty/2-nuton.swf



Задание:

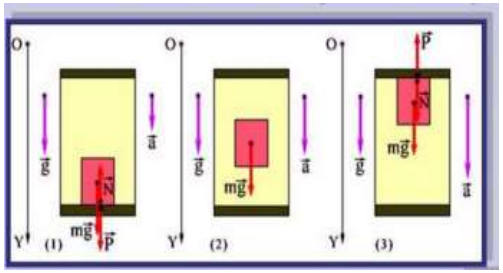
1. Загрузить плакат по ссылке
2. Проделать эксперименты № 1 и № 2
3. Сделать выводы

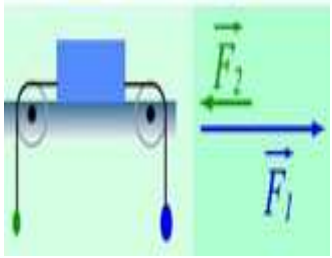
Загадки второго закона Ньютона

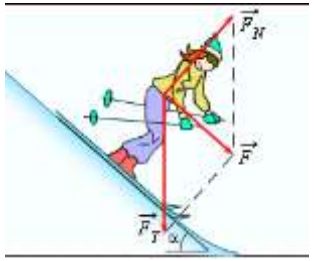
- **Смысл второго закона Ньютона**

  заключается в том, что он определяет динамический принцип классической физики: ускорение тела определяется действующими на него силами, которые, в свою очередь, независимым образом определяются из опыта.

- Как проявляется







- Как его доказать
  - Существует очень много методов доказательства закона, один из них – с помощью машины Атвуда – рассмотрим на этом занятии
- Как использовать
  - В первую очередь для объяснения явлений и решения задач

Второй закон Ньютона и загадки космоса

- Согласно второму закону Ньютона, тело массы m, на которое действует сила F, движется с ускорением a, таким, что ma=F. Эта формула подтверждается бесчисленными экспериментами.
- Ускорения звезд в гравитационном поле галактики очень и очень малы.
  - Примерно 10^{-8} сантиметров на секунду в квадрате, что составляет одну стомиллиардную от ускорения свободного падения на Земле.
  - При столь малых ускорениях второй закон Ньютона в экспериментах не проверялся и поэтому, в принципе, допускает какие-то модификации.
- Чтобы объяснить наблюдаемые кривые вращения галактик, необходимо предположить, что второй закон Ньютона для сверхмалых ускорений записывается в виде $ma^2/a_0 = F$, где a_0 — некий параметр с размерностью ускорения. Фактически — новая фундаментальная постоянная, равная как раз примерно 10^{-8} сантиметров на секунду в квадрате.
  - При этом для больших ускорений остается справедливым обычный, «школьный» второй закон Ньютона.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА

(использованы методические разработки кафедры «Физика» Пензенского государственного университета)

Доказательство второго закона Ньютона

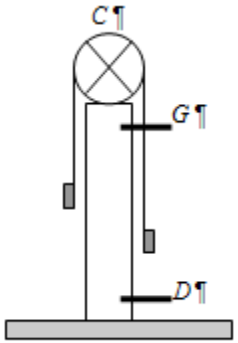
Основные законы физики имеют следствия. Проверку закона часто реализуют как проверку следствия из него. Осуществим проверку второго закона Ньютона через проверку следствия из него.

Рассмотрим содержания следствия из второго закона Ньютона. Пусть на тело массой m последовательно действуют силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Последние сообщают телу ускорения $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ соответственно. По второму закону Ньютона: $\vec{F}_1 = m\vec{a}_1$ и $\vec{F}_2 = m\vec{a}_2$. Поделим друг на друга эти выражения и получим:

$$\boxed{\frac{\vec{F}_1}{\vec{F}_2} = \frac{\vec{a}_1}{\vec{a}_2}.}$$

Следствие из второго закона Ньютона: если на одно и то же тело последовательно действуют две силы, то сообщаемые ими ускорения относятся друг к другу также как действующие силы.

Машина Атвуда



- Основу лабораторной установки составляет машина Атвуда, в состав которой входит длинная деревянная рейка с делениями, установленная строго вертикально. На верхнем конце рейки помещен легкий блок *C*, который вращается вокруг горизонтальной оси с небольшим трением.
- Через блок перекинута нить, на концах которой укреплены грузы равной массой . На уровне нулевого деления шкалы закреплена опорная площадка . Ниже этой площадки в любом месте деревянной рейки может быть закреплена платформа .

Фронтальный эксперимент:
вывод расчетных формул

При проверке основного закона динамики на машине Атвуда силой трения пренебрегать нельзя, поскольку ее величина соизмерима с силами, приводящими грузы в равноускоренное движение. Сила трения может быть скомпенсирована весом добавочного грузика массой μ.

На оба груза одинаковой массой m наложим равные добавочные грузики массой m_2 (вес каждого грузика $P_2 = m_2 g$). На правый груз поместим еще добавочный грузик массой μ, компенсирующий трение, и добавочный грузик массой m_1 (его вес $P_1 = m_1 g$). Таким образом, система грузов будет иметь массу, равную $2m + 2m_2 + m_1 + \mu$.

Равнодействующая всех сил, приложенных к грузам, с учетом взаимной компенсации равна P_1. Уравнение движения системы в этом случае будет иметь вид

$$P_1 = (2m + 2m_2 + m_1 + \mu)a_1. \qquad (1)$$

Если добавочный грузик массой m_2 переложить с левого груза на правый, то общая масса системы останется неизменной. Величина же равнодействующей силы увеличится и будет равна $P_1 + 2P_2$. В этом случае система получит ускорение a_2, а уравнение движения будет иметь вид

$$P_1 + 2P_2 = (2m + 2m_2 + m_1 + \mu)a_2. \qquad (2)$$

Фронтальный эксперимент:
вывод расчетных формул

Делим друг на друга выражения (1) и (2):

$$\frac{P_1}{P_1 + 2P_2} = \frac{a_1}{a_2}. \qquad (3)$$

Выражение (3) представляет собой математическую форму записи следствия из второго закона Ньютона для рассматриваемого случая.

Введем обозначения. Обозначим как k отношение сил, т. е.

$$k = \frac{P_1}{P_1 + 2P_2} = \frac{m_1 g}{m_1 g + 2m_2 g} \Rightarrow \boxed{k = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2}}. \qquad (4)$$

Обозначим как n отношение ускорений:

$$n = \frac{a_1}{a_2}. \qquad (5)$$

Найдем выражения для ускорений. Отметим, что при движении левый и правый грузы с довесками проходят один и тот же путь S, который можно записать через ускорения a_1 и a_2 следующим образом:

$$S = \frac{a_1 t_1^2}{2} \Rightarrow a_1 = \frac{2S}{t_1^2}$$
$$S = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow a_2 = \frac{2S}{t_2^2}$$

, тогда (5) запишется в виде

$$\boxed{n = \frac{t_2^2}{t_1^2}}. \qquad (6)$$

Очевидно, что проверка второго закона Ньютона посредством проверки следствия из него, осуществляется путем проверки равенства $k = n$.

Фронтальный эксперимент:
фиксация результатов измерений

$m =$ $m_1 =$ $m_2 =$ $\mu =$

№ опыта	$S =$	
	t_1, с (для P_1)	t_2, с (для $P_1 + 2P_2$)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Фронтальный эксперимент:
обработка экспериментальных данных

1. Расчет значения k по формуле (4):

$$k = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2} =$$

2. Оценка относительной погрешности определения k

$$\gamma_k = \frac{2\Delta m_2}{m_1 + 2m_2}\sqrt{\frac{m_2^2}{m_1^2} + 1} =$$

здесь $\Delta m_1 = \Delta m_2 = 5 \cdot 10^{-4}$ кг;

3. Оценка абсолютной погрешности определения k:

$$\Delta k = \gamma_k \cdot k =$$

4. Интервал значений k:

$$k \pm \Delta k =$$

5. Расчет среднего значения времени t_1 и t_2:

$$\bar{t}_1 = \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} t_{1i} =$$

$$\bar{t}_2 = \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} t_{2i} =$$

6. Определение значения n по формуле (6):

$$n = \frac{t_2^2}{t_1^2} =$$

Фронтальный эксперимент:
обработка экспериментальных данных

7. Оценка абсолютной погрешности определения времени:

$$\Delta t_1 = \frac{t_{1max} - t_{1min}}{2} =$$

$$\Delta t_2 = \frac{t_{2max} - t_{2min}}{2} =$$

8. Оценка относительной погрешности определения n:

$$\gamma_n = \sqrt{\left(\frac{2\Delta t_1}{\bar{t}_1}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta t_2}{\bar{t}_2}\right)^2} =$$

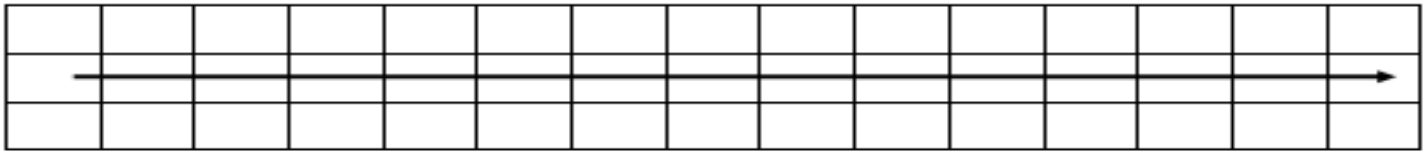
9. Оценка абсолютной погрешности определения n:

$$\Delta n = \gamma_n \cdot n =$$

10. Интервал значений n:

$$n \pm \Delta n =$$

11. Графическое изображение интервалов значений k и n:

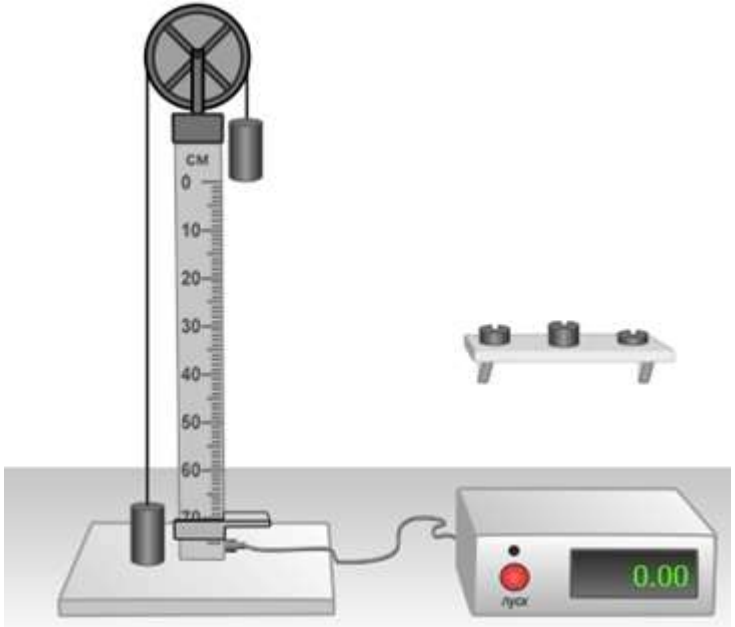


Результат считается удовлетворительным, если интервалы $k \pm \Delta k$ и $n \pm \Delta n$ перекрываются.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

(использованы ресурсы Единого портала интернет-тестирования)

Примеры решения задач

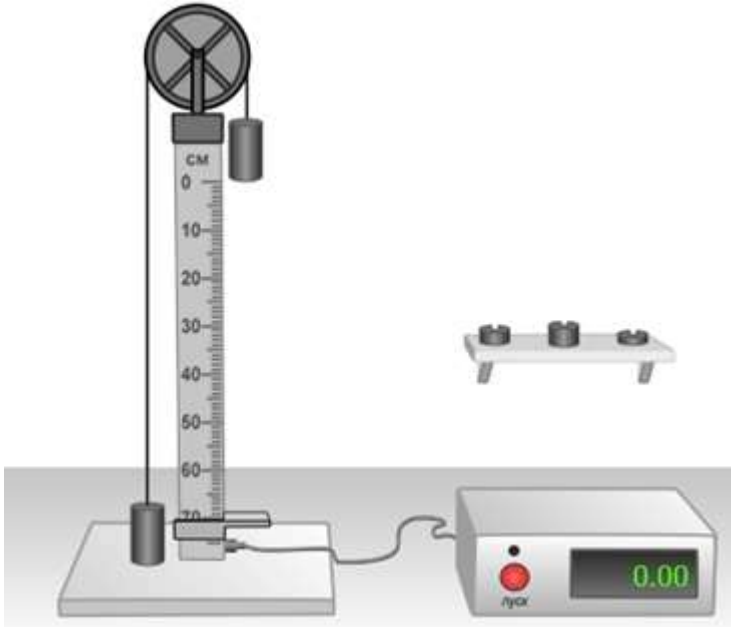


http://i-exam.ru/

Тема «Второй закон Ньютона»

- Задача 1: Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы одинаковой массы (машина Атвуда). С помощью компьютерной мыши приведите систему в движение добавлением перегрузка № 1 к правому грузу и определите силу натяжения нити при движении, если масса перегрузка 4,5 г, а масса большого груза 50 г.

Примеры решения задач

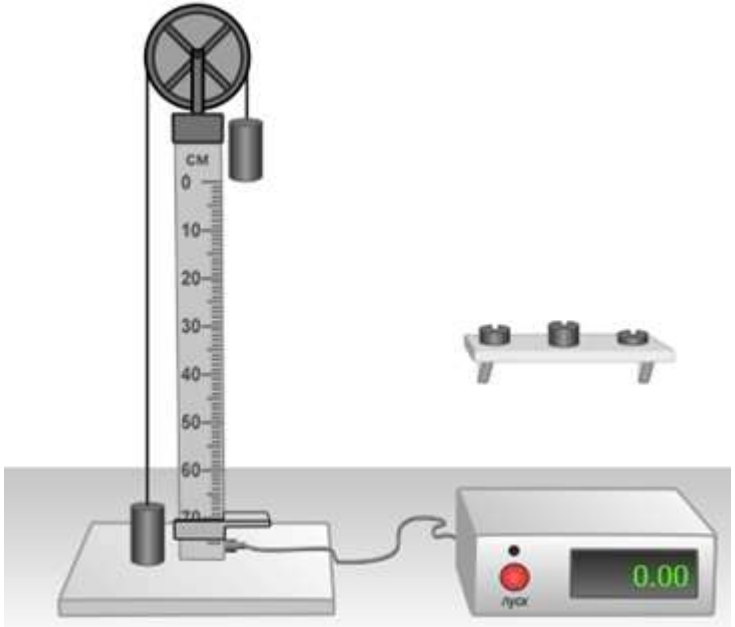


http://i-exam.ru/

Тема «Кинематика» (повторение)

- Задача 2: Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы одинаковой массы (машина Атвуда). С помощью компьютерной мыши приведите систему в движение добавлением перегрузка № 1 к правому грузу и определите ускорение, с которым будут двигаться грузы на пути 0,3 *м*.

Примеры решения задач



http://i-exam.ru/

Тема «Кинематика» (повторение)

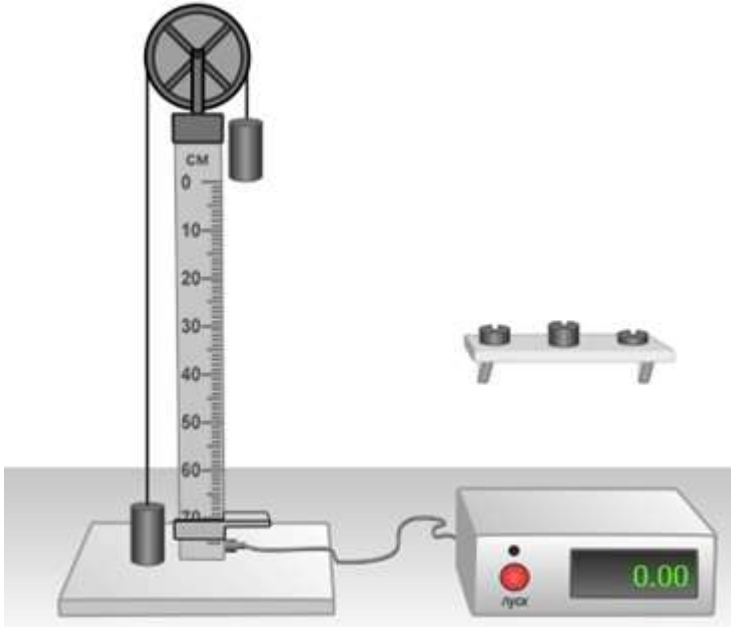
- Задача 3: Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы одинаковой массы (машина Атвуда). С помощью компьютерной мыши приведите систему в движение добавлением перегрузка № 1 к правому грузу и определите скорость, которую будут иметь грузы в конце пути 0,3 *м*.

Заключительная часть

Подведение итогов занятия

- Участникам предлагается:
  - оценить свою работу на занятии, определить уровень своих достижений, ответив на вопросы: «Что я узнал на занятии?», «Чему научился?»
  - провести оценивание наиболее активно работающих на мероприятии по желанию и в свободной форме
- Каждый участник также :
  - осуществляет самооценку собственной деятельности на занятии
  - определяет степень удовлетворенности полученными знаниями, умениями, а также атмосферой занятия и профессионализмом оратора по 10-тибалльной шкале

Задание на дом



http://i-exam.ru/

- 1. Провести обработку экспериментальных данных фронтального эксперимента
- 2. Решить задачу 4: Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы одинаковой массы (машина Атвуда). С помощью компьютерной мыши приведите систему в движение добавлением перегрузка № 1 к правому грузу и определите массу большого , если масса перегрузка 4,5 г.

Рекомендуемые источники

- https://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph8/theory.html#.WxoBrdSLSt-
- http://school-collection.edu.ru/
- https://dep_fizika.pnzgu.ru/physpage_literatura
- https://dep_of.pnzgu.ru/Shkolnikam_i_abiturientam

Спасибо за работу!

Тема внеклассного мероприятия: Загадки второго закона Ньютона

Дата проведения: согласно паспорту проекта «Университетские субботы»

Тип мероприятия: комбинированный

Технология мероприятия: мастер-класс

Цель мероприятия – познакомить учеников 9 класса и всех желающих с фактами биографии И. Ньютона, с историей открытия второго закона Ньютона, с одним из методов доказательства второго закона Ньютона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Осветить биографию И. Ньютона и историю открытия второго закона Ньютона;
2. Раскрыть содержание второго закона Ньютона;
3. Провести эксперимент по доказательству второго закона Ньютона с использованием машины Атвуда;
4. Показать приемы решения задач с использованием второго закона Ньютона.

Планируемые образовательные результаты:

Личностные результаты – мотивация к обучению и целенаправленной образовательной деятельности.

Метапредметные результаты – умение оценивать правильность решения учебной задачи, собственные возможности ее решения.

Предметные результаты – приобретение опыта применения научных методов познания, наблюдения физических явлений, проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений; овладение научным подходом к решению физических задач.

Основные термины, понятия:

Поступательное движение – это движение тела, при котором любая прямая, проходящая через две произвольные точки тела, перемещаясь вместе с ним, остается параллельной самой себе.

Масса – мера инертности тела при поступательном движении.

Сила – физическая величина, являющаяся количественной мерой действия одного тела на другое.

Ускорение – физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела.

Погрешность – степень отклонения результата измерения физической величины от ее истинного значения.

Оборудование:

1. Лабораторная установка, включающая машину Атвуда, набор довесков и часы.
2. Презентация для проведения занятия с интерактивными ссылками
3. Гаджеты, на которых размещена презентация и необходимое программное обеспечение
4. Раздаточный материал: рабочая тетрадь участника мероприятия на бумажном носителе.

План мероприятия

Ход мероприятия	Деятельность учителя	Деятельность учащихся
Организация класса 1 мин	Приветствие класса. Проверка наличия на уроке учащихся и их готовности к работе	Демонстрация готовности к работе
Проверка факта выполнения домашнего задания 2 мин	Просмотр домашних работ в рабочих тетрадях при обходе класса. Выборочная постановка вопроса о причинах невыполнения домашнего задания.	Демонстрация выполненной домашней работы, ответы на вопросы учителя
Актуализация опорных знаний 3 мин	Формулирование вопросов по пройденному материалу с выводом их на экран с помощью мультимедийного проектора	Ответы на вопросы
Постановка учебной проблемы 2 мин	Сообщение темы и цели мероприятия	Восприятие темы и цели мероприятия
Демонстрация деятельности 25 мин	Сообщение исторических фактов, их эмоциональная оценка	Восприятие информации, формулирование вслух вопросов учителю, работа с тетрадью
	Демонстрация деятельности по проведению компьютерных экспериментов, формулирование загадок, их эмоциональная оценка	Проведение компью-терных экспериментов, формулирование выво-дов, работа с тетрадью
	Демонстрация реального эксперимента по доказательству второго закона Ньютона	Наблюдение за действиями учителя, восприятие объяснения учителя, работа с тетрадью
	Демонстрация подходов к решению задач с использованием модели лабораторной установки	Ответы на вопросы, восприятие объяснения учителя, работа с тетрадью
Закрепление первичных знаний 3 мин	Анализ подходов к доказательству второго закона Ньютона	Ответы на вопросы, формулирование выводов

Ход мероприятия	Деятельность учителя	Деятельность учащихся
Самостоятельная работа 6 мин	Решение задач (в форме работы в парах): вывод на экран условия задачи с использованием ИКТ, коррекция, индивидуальная форма, контроль	Формулирование ответов на вопрос задачи, помощь напарнику
Подведение итогов урока 2 мин	Рекомендация техники рефлексирования	Рефлексируют
Задание на дом 1 мин	Объявление и разъяснение домашнего задания	Фиксация в дневнике домашнего задания

Ход мероприятия

Организационный этап

Постановка цели мероприятия

Цель мастер-класса - познакомить участников с фактами биографии И. Ньютона, с историей открытия второго закона Ньютона, с одним из методов доказательства второго закона Ньютона, продемонстрировать деятельность на всех этапах мероприятия.

Практически все занятие наибольшую активность проявляет учитель.

Сообщение и оценка исторических фактов

Демонстрация слайдов 4 и 5, комментарии по ходу изложения. Эмоциональная оценка ряда фактов, например, того, что И. Ньютон жил в одно время с Петром I, и они, возможно, встречались.

Демонстрация выполнения компьютерных экспериментов

Вывод на экран слайда 7. Рекомендация участникам активизировать ссылку http://interfizika.narod.ru/plakaty/2-nuton.swf. Демонстрация действий по выполнению компьютерных экспериментов № 1 и № 2.

Участники фиксируют результаты экспериментов в рабочей тетради, формулируют выводы.

Формулирование загадок

Демонстрация слайдов 8 и 9, комментарии по ходу изложения. Эмоциональная оценка ряда фактов, например, акцентировать внимание на том, что второй закон Ньютона имеет высокий статус в современной физике, и физики надеются с его помощью разгадать загадки космоса.

Участники фиксируют информацию в рабочей тетради, задают вопросы.

Демонстрация выполнения реального эксперимента

Демонстрация слайдов 11-14. Демонстрация действий при выполнении реального эксперимента с приглашением в помощники ряда участников – для распределения довесков, для отсчета времени по секундомеру.

Участники фиксируют в рабочей тетради результаты измерений.

Демонстрация решения задач

Демонстрация слайда 19 и полного состава действий при решении задачи 1, включая проведение компьютерного эксперимента.

Участники фиксируют ход решения задачи 1 в рабочей тетради, задают, при необходимости, вопросы учителю.

Закрепление первичных знаний

Обобщение подходов к доказательству второго закона Ньютона и решению задач с использованием машины Атвуда.

Самостоятельная работа участников

Участники разбиваются на пары и решают задачи 2 и 3 (слайды 20 и 21). По завершению решения пары озвучивают полученные результаты и пытаются доказать правильность своего решения.

Задание участникам по рефлексии их деятельности.

Каждый участник:

- осуществляет самооценку собственной деятельности на занятии

- определяет степень удовлетворенности полученными знаниями, умениями, а также атмосферой занятия и профессионализмом оратора по 10-тибалльной шкале

Формы контроля и оценки результатов занятия.

Демонстрация слайда 23.

Участникам предлагается:

- оценить свою работу на занятии, определить уровень своих достижений, ответив на вопросы: «Что я узнал на занятии?», «Чему научился?»

- провести оценивание наиболее активно работающих на мероприятии по желанию и в свободной форме.

Информация о домашнем задании

Демонстрация слайдов 24 и 25.

1. Провести обработку экспериментальных данных фронтального эксперимента

2. Решить задачу 4: Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы одинаковой массы (машина Атвуда). С помощью компьютерной мыши приведите систему в движение добавлением перегрузка № 1 к правому грузу (см. презентацию к занятию) и определите массу большого, если масса перегрузка 4,5 г.

Список использованной литературы

https://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph8/theory.html#.WxoBrdSLSt-

http://school-collection.edu.ru/

https://dep_fizika.pnzgu.ru/physpage_literatura

https://dep_of.pnzgu.ru/Shkolnikam_i_abiturientam

Преподаватель благодарит участников за работу на занятии.