

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

**Изучение движения тел под действием сил всемирного тяготения в  
школьном курсе физики**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 4122 группы

направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование»

института физики

**Бегмурадовой Айджемал**

Научный руководитель

к. ф.-м.н, доцент

  
\_\_\_\_\_

/ Н.А.Бойкова

Заведущий кафедрой

д. ф.-м.н, профессор

  
\_\_\_\_\_

Т.Г.Бурова

Саратов 2023

## Введение

Изучение движения тел под действием сил всемирного тяготения является одним из основополагающих в процессе изучения физики и формирования естественнонаучной картины мира, что обуславливает актуальность выбранной темы.

Цель работы: теоретическое обоснование и разработка методического материала при изучении темы «Закон Всемирного тяготения».

Для выполнения работы требуется решить следующие задачи:

- 1) Изучить состояние проблемы исследования в теории и на практике,
- 2) обосновать значение астрофизического образования учащихся,
- 3) Использовать интерактивный материал при определении содержания учебного материала, форм и методов обучения.

**В первом разделе** работы рассмотрены теоретические аспекты изучения движения и взаимодействия тел. Вводятся понятия гравитации, приводятся исторические факты.

Рассмотрены законы Кеплера, закон Всемирного тяготения, определение силы тяжести на Земле и других планетах.

**Во втором разделе** содержатся методические рекомендации к практической деятельности учителя при изучении сил тяготения.

Приведем некоторые из них.

Рассмотрим виртуальные лабораторные работы по теме «Закон всемирного тяготения» .

Физика является экспериментальной наукой. Учебный физический эксперимент в виде демонстрационных опытов и лабораторных работ является неотъемлемой и важной составляющей курса физики. Удачное сочетание теоретического материала и экспериментальной деятельности способствует наилучшему педагогическому результату, помогает развить

активную познавательную деятельность и творческий подход учащихся к изучаемому предмету.

Для возникновения понятия о предмете или явлении обучающемуся необходимо чувственное восприятие, чувственный опыт. Поэтому процесс формирования научного понятия у учащихся о физическом явлении должен начинаться с демонстрации явлений, о которых пойдет речь, то есть с эксперимента. Натурный физический эксперимент - это один из важнейших методов обучения физике; он имеет несколько своеобразных, особых видов и не является чем-то сложившимся, а все время развивается, расширяется, пополняется новым оборудованием, приемами и средствами выполнения. Поэтому его изучению и уделяется столь большое внимание.

Виртуальный лабораторный эксперимент, смоделированный на экране монитора компьютера, позволяет привлечь внимание обучающегося для изучения физических явлений и становится хорошей методической поддержкой при организации учебного процесса.

Под виртуальным лабораторным экспериментом рассматривают метод исследования физического процесса с применением совокупности аппаратных и программных средств, обеспечивающий возможность обучающемуся изменять отдельные параметры и фиксировать полученные результаты физического явления (процесса) на компьютере и анализировать результаты.

В рамках изучения такой темы, как «Закон всемирного тяготения» виртуальные лабораторные работы являются незаменимым инструментом для моделирования ситуаций в отсутствие возможности их реального воссоздания.

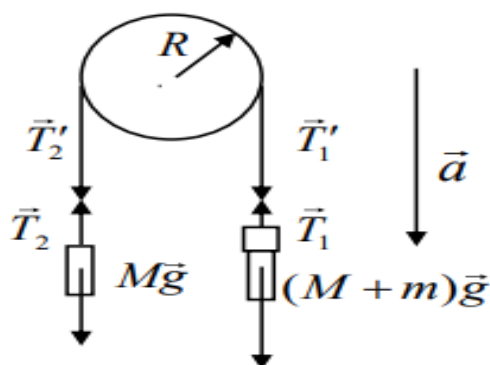
#### Лабораторная работа №1

Тема: «Определение ускорения свободного падения на телах Солнечной системы при помощи машины Атвуда»

Оборудование: интернет -ресурс <https://efizika.ru/course/view.php?id=44>, содержащий виртуальные лабораторные работы по физике; установка «Машина Атвуда»

Теоретическая часть:

Рассмотрим систему, состоящую из двух грузов, подвешенных на легкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок радиуса  $R$ . Момент инерции блока  $I$ . Если на один из грузов положить перегрузок массой  $m$ , то система придет в движение.



Уравнения движения имеют вид:

Правый груз  $(M + m) g - T_1 = (M + m) a$

Левый груз  $T_2 - Mg = Ma$

Блок  $(T_1 - T_2) R - M_{\text{тр}} = I_e, e = \frac{a}{R}$

где:

$a$  – ускорение грузов,

$T_1$  и  $T_2$ – силы натяжения нитей,

$e$  – угловое ускорение блока,

$I$  – момент инерции блока,

$R$  – радиус блока,

$M_{\text{тр}}$  – момент силы трения.

Решая систему уравнений относительно ускорения грузов, получим:

$$a = \frac{\frac{mg - M_{mp}}{R}}{\frac{2M + m + \frac{I}{R^2}}{R^2}}$$

Или

$$a = \frac{g}{2M + m + \frac{I}{R^2}} m - \frac{M_{mp}}{R(2M + m + \frac{I}{R^2})}$$

Так как  $m \ll 2M$ , то уравнение можно упростить следующим образом

$$a = \frac{g}{2M + \frac{I}{R^2}} m - \frac{M_{mp}}{R(2M + \frac{I}{R^2})}$$

Отсюда видно, что ускорение грузов линейно зависит от массы перегрузка  $m$ . Таким образом, построив по экспериментальным данным прямую зависимости  $a$  от  $m$ , можно найти ускорение свободного падения из углового коэффициента наклона этой прямой.

Тангенс угла наклона прямой  $a = f(m)$  равен

$$tga = \frac{g}{2M + \frac{I}{R^2}}$$

Отсюда:

$$g = \left(2M + \frac{I}{R^2}\right) * tga$$

Кроме того, можно найти момент силы трения. Если продолжить прямую  $a = f(m)$  до пересечения с осью ускорений, то отрезок, отсекаемый графиком по оси ординат равен.

$$M_{mp} = -a_0 R \left(2M + \frac{I}{R^2}\right) = -ka_0$$

$$\text{где: } k = R\left(2M + \frac{I}{R^2}\right)$$

Зная величину  $k$  и найдя из график  $a_0$ , найдем величину  $M_{mp}$ . Ускорение грузов находится по формуле  $a = 2h / t^2$ , где  $h$  – расстояние от начального положения нижней части правого груза до основания установки,  $t$  – время движения груза на этом пути.

Момент инерции блока можно рассчитать следующим образом. Блок можно представить в виде диска с вынутыми из него шестью одинаковыми маленькими дисками, расположенными на одинаковом расстоянии от оси вращения. Обозначим радиус блока через  $R$ , радиусы вынутых дисков (отверстий) через  $r$ , расстояние от их центров до оси вращения через  $l$  – искомый момент инерции. Тогда по теореме Штейнера, которая утверждает, что момент инерции относительно произвольной оси вращения равен сумме момента инерции тела относительно параллельной оси вращения, проходящей через центр инерции тела, и произведения массы на квадрат расстояния между осями, можно записать:

$$I = 6 \left( \frac{m_0 r^2}{2} + m_0 l^2 \right) = \frac{1}{2} M_d R^2$$

где  $M_d$  – масса диска и  $m_0$  – масса вырезанного диска. Очевидно, что масса равна

$$M_{\text{бл}} = M_d - 6m_0$$

Решая совместно последние два уравнения относительно  $\frac{I}{R^2}$  с учетом того, что

$$\frac{m_0}{M_d} = \frac{r^2}{R^2}$$

получим рабочую формулу

$$\frac{I}{R^2} = \frac{M_{\text{бл}}}{2 \left( \frac{1-6r^2}{R^2} \right)} \left\{ 1 - \frac{6r^4}{R^4} - \frac{12r^2 l^2}{R^4} \right\}$$

Обратимся к практической части:

1. Запустим установку
2. В модели машины Атвуда выбираем планету и задаем массы перегрузов и путь падения тела.
3. Полученные данные заносим данные в таблицу.
4. По результатам определим среднее значение ускорения свободного падения –  $g_{\text{ср}}$ .

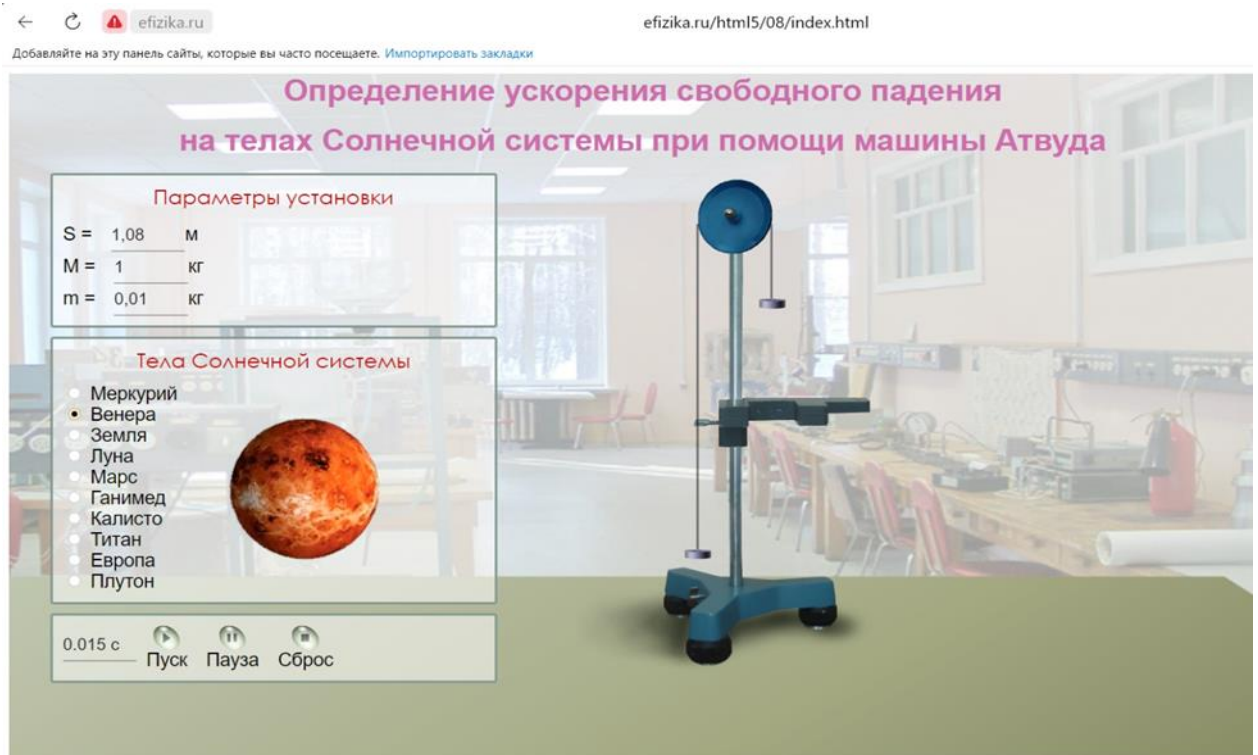
5. Опыт проведем еще 4 раза.

6. Рассчитаем погрешности по формулам:

$$\epsilon_g = \frac{\Delta g}{g} = \frac{2\Delta M + \Delta m}{2M + m} + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta t}{t}$$

$$\Delta g = g * \epsilon_g$$

Расчетная часть: производятся вычисления всех погрешностей, решений, представленных выше.



Плутон									
№ Опыта	S, м	M, Н* м	m, кг	t, с	a, М/ с <sup>2</sup>	g,M /с <sup>2</sup>	Δ g/ g	ε	Δg
	1,10	1,0 6	1,0 3	3,2 66	0,2 1	0,63	0, 01	0, 0 1	0,0 05
	1,01	1,0 6	1,1 0	3,0 50	0,2 2	0,64	0, 01	0, 0 1	0,0 05
	1,15	1,1 2	0,9 9	3,4 52	0,1 9	0,63	0, 01	0, 0 1	0,0 05

	1,06	1,2 6	1,3 0	3,1 33	0,2 2	0,63	0, 01	0, 0 1	0,0 05
	1,38	1,0 0	1,4 1	3,2 65	0,2 6	0,63	0, 01	0, 0 1	0,0 05
Средн.						0,63	0, 01		
Каллисто									
№ Опыта	S, м	M, Н* м	m, кг	t, с	a, М/ с <sup>2</sup>	g,M /с <sup>2</sup>	Δ g/ g	ε	Δg
	1,10	1,0 6	1,0 3	2,3 18	0,4 1	1,25	0, 01	0, 0 0	0,0 09
	1,01	1,0 6	1,1 0	2,1 66	0,4 3	1,26	0, 01	0, 0 0	0,0 09
	1,15	1,1 2	0,9 9	2,2 22	0,4 7	1,52	0, 01	0, 0 0	0,0 11
	1,06	1,2 6	1,3 0	2,1 33	0,4 7	1,37	0, 01	0, 0 0	0,0 10
	1,38	1,0 0	1,4 1	2,3 17	0,5 1	1,24	0, 01	0, 0 0	0,0 09
Средн.						1,33	0, 01		
Ганимед									
№ Опыта	S, м	M, Н* м	m, кг	t, с	a, М/ с <sup>2</sup>	g,M /с <sup>2</sup>	Δ g/ g	ε	Δg



	1,10	1,0 6	1,0 3	2,1 50	0,4 8	1,46	0, 01	0, 0 0	0,0 11
	1,01	1,0 6	1,1 0	2,0 15	0,5 0	1,46	0, 01	0, 0 0	0,0 11
	1,15	1,1 2	0,9 9	2,2 83	0,4 4	1,44	0, 01	0, 0 0	0,0 11
	1,06	1,2 6	1,3 0	2,0 67	0,5 0	1,46	0, 01	0, 0 0	0,0 11
	1,38	1,0 0	1,4 1	2,1 52	0,6 0	1,44	0, 01	0, 0 0	0,0 11
Средн.						1,45	0, 01		
Луна									
№ Опыта	S, м	M, Н* м	m, кг	t, с	a, м/ с <sup>2</sup>	g,M /с <sup>2</sup>	Δ g/ g	ε	Δg
	1,10	1,0 6	1,0 3	2,0 34	0,5 3	1,63	0, 01	0, 0 0	0,0 12
	1,01	1,0 6	1,1 0	1,9 00	0,5 6	1,64	0, 01	0, 0 0	0,0 12
	1,15	1,1 2	0,9 9	2,1 33	0,5 1	1,65	0, 01	0, 0 0	0,0 12
	1,06	1,2 6	1,3 0	1,9 48	0,5 6	1,64	0, 01	0, 0 0	0,0 12
	1,38	1,0 0	1,4 1	2,0 17	0,6 8	1,64	0, 01	0, 0 0	0,0 12

Средн.						1,64	0,01		
Марс									
№ Опыта	S, м	M, Н* м	m, кг	t, с	a, м/ с <sup>2</sup>	g, М/ с <sup>2</sup>	Δ g/ g	ε	Δg
	1,10	1,06	1,03	1,334	1,24	3,78	0,00	0,000	0,028
	1,01	1,06	1,10	1,249	1,29	3,79	0,00	0,000	0,028
	1,15	1,12	0,99	1,419	1,14	3,73	0,00	0,000	0,027
	1,06	1,26	1,30	1,284	1,29	3,78	0,00	0,000	0,028
	1,38	1,00	1,41	1,335	1,55	3,75	0,00	0,000	0,027
Средн.						3,76	0,00		

Вывод: определены значения ускорения свободного падения на следующих планетах:

$$g \text{ на Плуtone} = 0,63 \text{ м/с}^2$$

$$g \text{ на Каллисто} = 1,33 \text{ м/с}^2$$

$$g \text{ на Ганимеде} = 1,45 \text{ м/с}^2$$

$$g \text{ на Луне} = 1,64 \text{ м/с}^2$$

$$g \text{ на Марсе} = 3,76 \text{ м/с}^2.$$

Таким образом, виртуальную лабораторную работу на тему «Определение ускорения свободного падения на телах Солнечной системы при помощи машины Атвуда» необходимо использовать в школьном курсе

физики при изучении темы «Закон всемирного тяготения». Использование виртуального лабораторного эксперимента не меняет принципиальной схемы физического образования, а лишь дополняет, усиливая учебный процесс.

В работе обсуждается применение законов тяготения на уроках астрономии.

Приведены задачи различного типа по изучаемой теме.

#### **Задачи на определение плотности планеты:**

Задача №1. Определить плотность шарообразной планеты, если вес тела на полюсе в 2 раза больше, чем на экваторе. Период вращения планеты вокруг своей оси 2 ч 40 мин.

Задача №2. Определить плотность планеты, продолжительность суток которой составляет  $T=24$  часа, если на ее экваторе тела невесомы.

Задача №3. Определить плотность планеты Земля, радиус Земли принять 6400 км., а ускорение свободного падения 9,8 метров секунду.

#### **Задачи на определение массы планеты:**

Задача №4. Используя закон всемирного тяготения, вычислите массу Земли, зная, что  $G=6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Hm^2}{kg^2}$ ,  $g=9,8 \frac{m}{c^2}$ .

Задача №5. Определите массу планеты Уран (в массах Земли), если известно, что спутник Урана Титания обращается вокруг него с периодом 8,7 суток на среднем расстоянии 438 тыс. км. для Луны эти величины равны соответственно 27,3 суток и 384 тыс. км.

Задача №6. Определить массу Марса, если  $g=3,7 \text{ м/с}^2$  и  $R=3397 \text{ км}$ .

#### **Задачи на определение периода вращения планеты:**

Задача №7. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 500 км. над поверхностью Земли? Радиус Земли принять равным 6400 км.

Задача №8. Вычислить период вращения искусственного спутника Земли, находящейся на высоте 600 км.

Задача №9. Определите период обращения искусственного спутника Земли, вращающегося по круговой орбите радиусом равным трем радиусам Земли радиус Земли равен 6400 км ускорение свободного падения вблизи её поверхности равно  $9,8 \text{ м/с}^2$ .

#### **Задачи на определение первой космической скорости планет:**

Задача №10. Вычислите первую космическую скорость для Солнца. Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, диаметр Солнца  $1,4 \cdot 10^9$  м.

Задача №11. При какой скорости спутника период его обращения вокруг Земли равен двум суткам?

Задача №12. Вычислите первую космическую скорость для Венеры, если ее масса  $4,9 \cdot 10^{24}$  кг, а средний радиус равен 6100 км.

Рассмотрены **современные методики** изучения движения тел под действием сил тяготения в школьном курсе физики.

#### **Заключение**

Физика и астрономия – две тесно связанные науки, которые на протяжении веков развивались рука об руку. В рамках школьного курса можно изучать темы по астрономии с помощью физики.

В работе представлен дидактический материал по изучению движения тел в поле сил тяготения, который будет полезен учителю при проведении занятий в общеобразовательной школе.

#### **Список использованных источников**

1. Григорьев, В. И., Мякишев, Г.Я. Силы в природе / В. И. Григорьев. – 1973. – М. – 340.
2. Мултановский, В. В. / Курс теоретической физики. Классическая механика. Основы специальной теории относительности. Релятивистская механика. – 1988. – М. – 286.
3. Блудов, М. И. Беседы по физике / М. И. Блудов // под. Ред. Л.В. Тарасова – 1985. Часть 2 - М. –307.

4. Перышкин, А.В. / Физика 7 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин – 2013. – М. – 221.
5. Перышкин, А.В. / Физика 8 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин – 2010. – М. – 290.
6. Перышкин, А.В. Физика. 9кл. [Текст]: Учеб. для общеобразоват. учреждений / А.В Перышкин, Е.М. Гутник. – М.: Дрофа, 2003 – 256с.
7. Александрова, З. П. Уроки физики с использованием информационных технологий. 7-11 классы [Текст]: Методическое пособие с электронным приложением / З. В. Александрова и др. – 2- е изд., стереотип. – М.: Издательство «Глобус», 2010 – 313 с.
8. Анафрикова С.В. Методическое руководство по разработке фрагментов уроков с использованием учебного физического эксперимента/ С.В. Анафрикова, Л.А. Прояненко - М.: Просвещение, 1989 —240 с.
9. Гладышева, Н. К. Методика преподавания физики в 8 – 9 классах общеобразовательных учреждений [Текст] : книга для учителя / Н. К. Гладышева, И. И. Нирминский – 2-е изд. – М. : Просвещение, 2001 – 111с.
10. Чалимова, Р.А. Информационные технологии и Интернет-ресурсы в практике учителя физики. / Физика в школе – 2006 №4, с. 14 – 18.
11. Гальперштейн Л. Забавная физика / Л.Гальперштейн, М. ЮНИТИ.- 2007.- 162с.
12. [urok.1sept.ru](http://urok.1sept.ru) [Электронный ресурс] Дата обращения 15.04.2023г.
13. [sverh-zadacha.ucoz.ru](http://sverh-zadacha.ucoz.ru) [Электронный ресурс] Дата обращения 11.04.2023.
14. Хижнякова Л.С., Синявина А.А. Физика 7класс . [Текст]: Учеб. для общеобразоват. учреждений / Л.С.Хижнякова, А.А.Синявина. - М. Изд-во Вентана-Граф.2018. 271с.
15. Хижнякова Л.С. Физика 9 класс [Текст]: Учеб. для общеобразоват.учреждений /Л.С.Хижнякова.- М. Изд-во Вентана-Граф. 2013. 265с.

16. Образовательная платформа педагогического сообщества урок.рф // дата обращения 15.03.2023.
17. Образовательный портал "Решу ОГЭ.Физика " <https://phys-oge.sdamgia.ru/> Дата обращения 26.02.2023.
18. Кавтрев, А.Ф. Опыт использования компьютерных моделей на уроках физики в школе «Дипломат»: сборник РГПУ им. А. И. Герцена «Физика в школе и вузе» // А.Ф. Кавтрев // Санкт-Петербург: Образование, 2013. – 172 с.
19. [teachmen.csu.ru](http://teachmen.csu.ru) [Электронный ресурс] Дата обращения 15.04.2023г.
20. <http://efizika.ru/html5/03/index.html> [Электронный ресурс] Дата обращения 10.04.2023г.

Бегмурадова Айджемал

1.06.2023 г

