



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Комплекс лабораторных работ
Laboratory Simulations 1.3.2
для изучения
моделей физических процессов
и явлений на компьютере



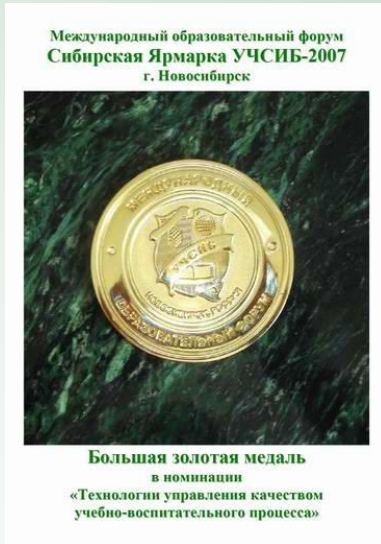
Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере **Laboratory Simulations 1.3.2**

Комплекс *Laboratory Simulations 1.3.2* разработан Ревинской О.Г. и Кравченко Н.С., сотрудниками Томского политехнического университета. Комплекс прошел государственную регистрацию:
регистрационный номер ВНТИЦ 50200501393 от 03.10.2005 г.
и Свидетельство № 2011618353 от 24.10.2011.



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

Комплекс отмечен следующими наградами:





Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере **Laboratory Simulations 1.3.2**

Комплекс Laboratory Simulations 1.3.2 включает:

- комплект авторских программных продуктов, моделирующих физические процессы
- комплект учебно-методических пособий (общий объем более 600 страниц)
- комплект рабочих тетрадей



Комплекс **Laboratory Simulations 1.3.2**

- рассчитан на 2-4 семестра изучения курса общей физики (1 и 2 курсы)
- включает 28 лабораторные работы по следующим разделам курса общей физики: механика, жидкости и газы, колебания и волны, электричество и магнетизм, оптика



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

Комплект методических пособий

- рассчитан на студентов высших учебных заведений технических и физико-математических специальностей
- может быть полезен преподавателям и аспирантам при подготовке к проведению лабораторных занятий
- содержит методические рекомендации по подготовке к работе, по выполнению исследований, обработке результатов и оформлению отчетов по выполненной работе

Комплект рабочих тетрадей

- направлен на развитие навыков оформления отчетов о результатах физических исследований
- отражают этапы выполнения работы и обработки результатов



Учебно-методическое пособие для каждой лабораторной работы включает:

- Цель работы
- Подробное описание физической модели, изучению которой посвящена работа
- Обоснование и вывод рабочих формул
- Дополнительная информация
- Описание компьютерной модели изучаемого физического явления или процесса
- Рекомендуемые варианты выполнения работы
- Методика и порядок выполнения работы
- Вопросы для самоконтроля



Список лабораторных работ

Механика

[МодМ – 01. Определение ускорения свободного падения](#)

[МодМ – 02. Второй закон Ньютона](#)

[МодМ – 03. Закон сохранения импульса](#)

[МодМ – 04. Момент инерции твердого тела](#)

[МодМ – 05. Работа и энергия](#)

[МодМ – 06. Реактивное движение](#)

[МодМ – 07. Движение инертного тела в гравитационном поле](#)



Список лабораторных работ

Жидкости и газы

[МодТ – 01. Вытекание жидкости из малого отверстия](#)

[МодТ – 02. Движение тела в вязкой среде](#)

[МодТ – 03. Движение броуновской частицы](#)

[МодТ – 04. Распределение Максвелла](#)

[МодТ – 05. Распределение Больцмана](#)

[МодТ – 06. Законы идеального газа](#)

[МодТ – 07. Адиабатное расширение газов](#)



Список лабораторных работ

Колебания и волны

[МодК – 01. Свободные гармонические колебания](#)

[МодК – 02. Затухающие колебания](#)

[МодК – 03. Вынужденные колебания](#)

[МодК – 04. Сложение перпендикулярных колебаний](#)

[МодК – 05. Сложение колебаний. Биения](#)

[МодК – 06. Гармонический анализ](#)

[МодК – 07. Связанные колебания](#)

[МодК – 08. Пружинный маятник на наклонной плоскости](#)



Список лабораторных работ

Электричество и магнетизм

[МодЭ – 01. Движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях](#)

[МодЭ – 02. Движение заряженной частицы в параллельных электрическом и магнитном полях](#)

[МодЭ – 03. Электростатическое поле](#)

[МодЭ – 04. Движение заряженной частицы в кулоновском поле](#)

Оптика

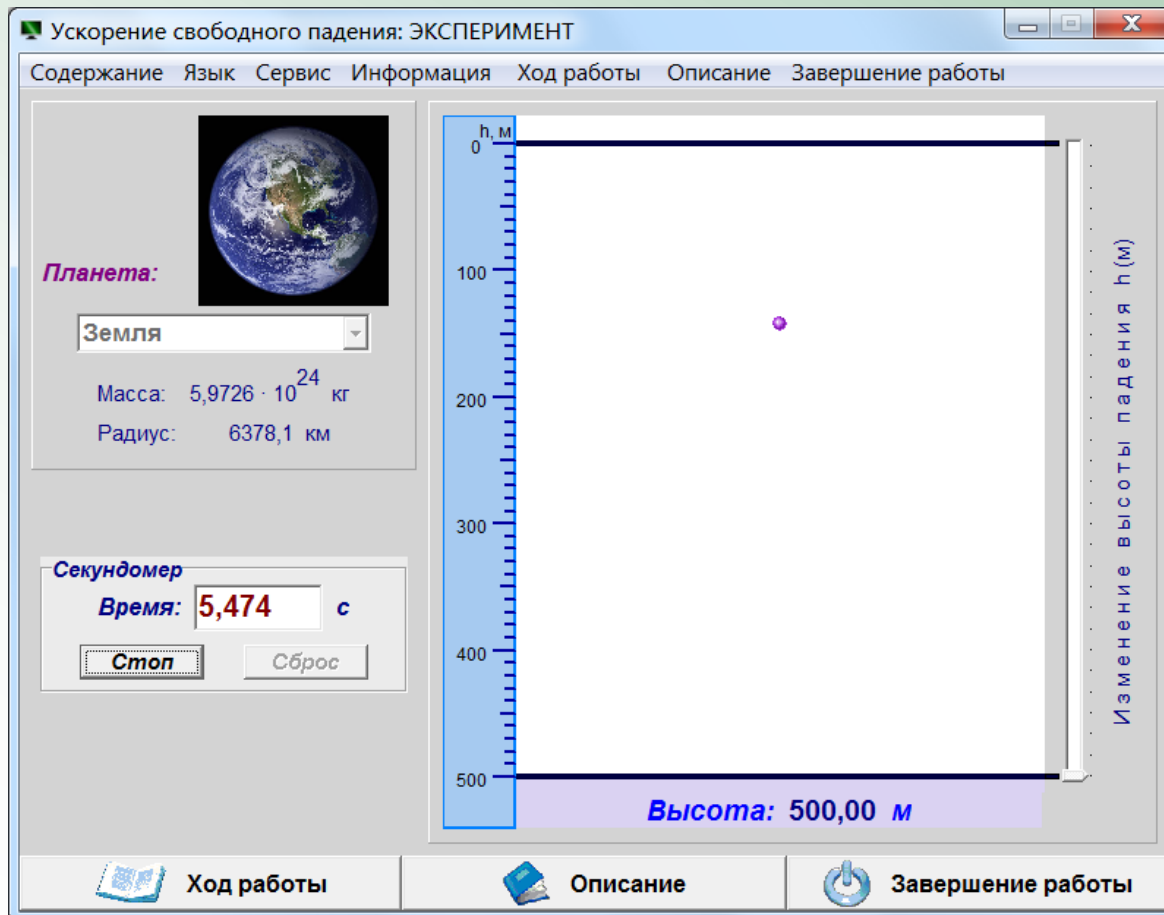
[МодО – 01. Нормальная дисперсия света](#)

[МодО – 02. Аномальная дисперсия света в полупроводниках](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 01. Определение ускорения свободного падения



Цель работы:

Изучение одномерного равноускоренного движения.

Определение ускорения свободного падения на одной из планет Солнечной системы (например, на Сатурне)

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 02. Второй закон Ньютона

Второй закон Ньютона: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Тело:
бронза
Плотность: $8,7 \text{ г/см}^3$
Объем: $0,187 \cdot 10^3 \text{ см}^3$

Движение
 с учетом трения

Секундомер
Время: **4,494** с
Стоп Сброс

Масса груза: 600 г

Масса груза (г):
500 600 700 800

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение второго закона Ньютона.

Определение массы движущегося тела и коэффициента трения тела о поверхность.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 03. Закон сохранения импульса

Цель работы:

Проверка закона сохранения импульса.

Изучение движения осколков разорвавшегося тела.

Определение начального импульса разорвавшегося тела.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 04. Момент инерции твердого тела

Цель работы:

Изучение особенностей вращательного движения абсолютно твердого тела.

Экспериментальное определение положения центра инерции и момента инерции твердого тела относительно оси, проходящей через центр инерции.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 05. Работа и энергия

Работа и энергия: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Тело
дерево (дуб)
Масса: 600 г
Радиус: 4,031 см

Стальная направляющая
Радиус кругового участка: 30 см
Длина прямолинейного участка: 75,50 см
(на прямолинейном участке находится стартовая пружина)

Остановить эксперимент
Начальное положение

Стартовая пружина
1 2 3 4 5
6 7 8 9 10
Кoeffициент жесткости: 12,709 Н/см
Длина несжатой пружины: 45,50 см

Сжатие пружины: 10,60 см

Датчик высоты
Положение: 54,00 см
Время: 0,6060 с
Включен

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение работы неконсервативных сил на примере силы трения при прямолинейном движении и движении по окружности.

Изучение зависимости работы силы трения от массы движущегося тела, формы и длины пройденного им пути.

Определение коэффициента трения.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 06. Реактивное движение

Реактивное движение: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60

0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60

"Ракета":

масса: 12,5 кг

1 2 3 4 5 6

"Топливо": газ Хлористый водород

Масса: 0,294 кг Температура: 330 К
Молярная масса: 36,46 г/моль Объем: 95,02 л
Длина топливного бака: 45,48 см Давление: 2,2980 атм
Диаметр сопла: 10 мм

Режим вытекания "топлива":
 при постоянном давлении
 при постоянном объеме

Секундомер:

Время прохождения датчиков:

Расстояние между датчиками (фиксировать положение "ракеты" через каждые...)	x (м)	t (с)
	0,0	0,0000
	2,0	1,1907
	4,0	1,6828
	6,0	2,0604

200 см

Стоп

Начальное положение

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение реактивного движения как движения тела с переменной массой.

Исследование зависимости кинематических характеристик (координаты, скорости, ускорения) прямолинейного реактивного движения в вакууме от массы тела и законов их изменения в процессе движения .

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодМ – 07. Движение инертного тела в гравитационном поле

Движение инертного тела в гравитационном поле: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Планета: Земля
Масса: $5,9726 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус: $6,3781 \cdot 10^3$ км

Тело: Масса: $50 \cdot 10^3$ кг
Точка А траектории расположена от планеты на расстоянии: $68,0 \cdot 10^6$ м
Скорость в точке А: $4,80 \cdot 10^3$ м/с

Направление движения:
 по часовой стрелке
 против часовой стрелки

Фиксировать положение тела...
через $0,25$ периода движения по круговой орбите радиусом $50 \cdot 10^6$ м

Начать эксперимент
Очистить область эксперимента

Цена деления линеек: $2,0 \cdot 10^6$ м

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение движения тела в гравитационном поле одной из планет Солнечной системы (например, Земли).

Изучение законов Кеплера.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 01. Вытекание жидкости из малого отверстия

Вытекание жидкости из малого отверстия: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Сосуд: Сосуд 1 Сосуд 2 Сосуд 3 Сосуд 4

Диаметр сосуда (см): 7,95
Диаметр отверстия (мм): 3,90
Отверстие расположено на высоте 23,30 см от дна сосуда

Секундомер
Время: 10,454 с

Жидкость: Нитробензол

Объем: 1475,30 см³
Плотность: 1,200 г/см³

Масса поршня (г): 300

50 150 250 350
100 200 300 400

Наполнить сосуд

Остановить эксперимент

Масштаб: 100%

Цена деления линейки (см): 0,500

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение явления вытекания жидкости из малого отверстия и движения струи жидкости под действием силы тяжести.

Определение площади отверстия, плотности жидкости и концентрации примеси в ней.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 02. Движение тела в вязкой среде

Движение тела в вязкой среде: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

СРЕДА:

- "Тяжелые" жидкости: Глицерин 38 °С
- "Легкие" жидкости: Бутанол 20 °С
- Газы: Неон 0 °С

Плотность: 1,260 г/см³ Вязкость: 4,057 г/(см·с)

Тело (пластмасса): Плотность: 1,4 г/см³
Радиус: 3,6278 см

Масса: 280,0 г

Секундомер:
Расстояние между датчиками: 28 см
Время прохождения телом датчиков (с):
0,0000
0,8642
1,2974
1,6665
2,0053
2,3266

Время: 2,5650 с

Остановить ЭКСПЕРИМЕНТ

Начальное положение

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение одномерного движения тела в вязкой среде.

Определение кинематических характеристик движения тела (зависимости ускорения, скорости и координаты тела от времени).

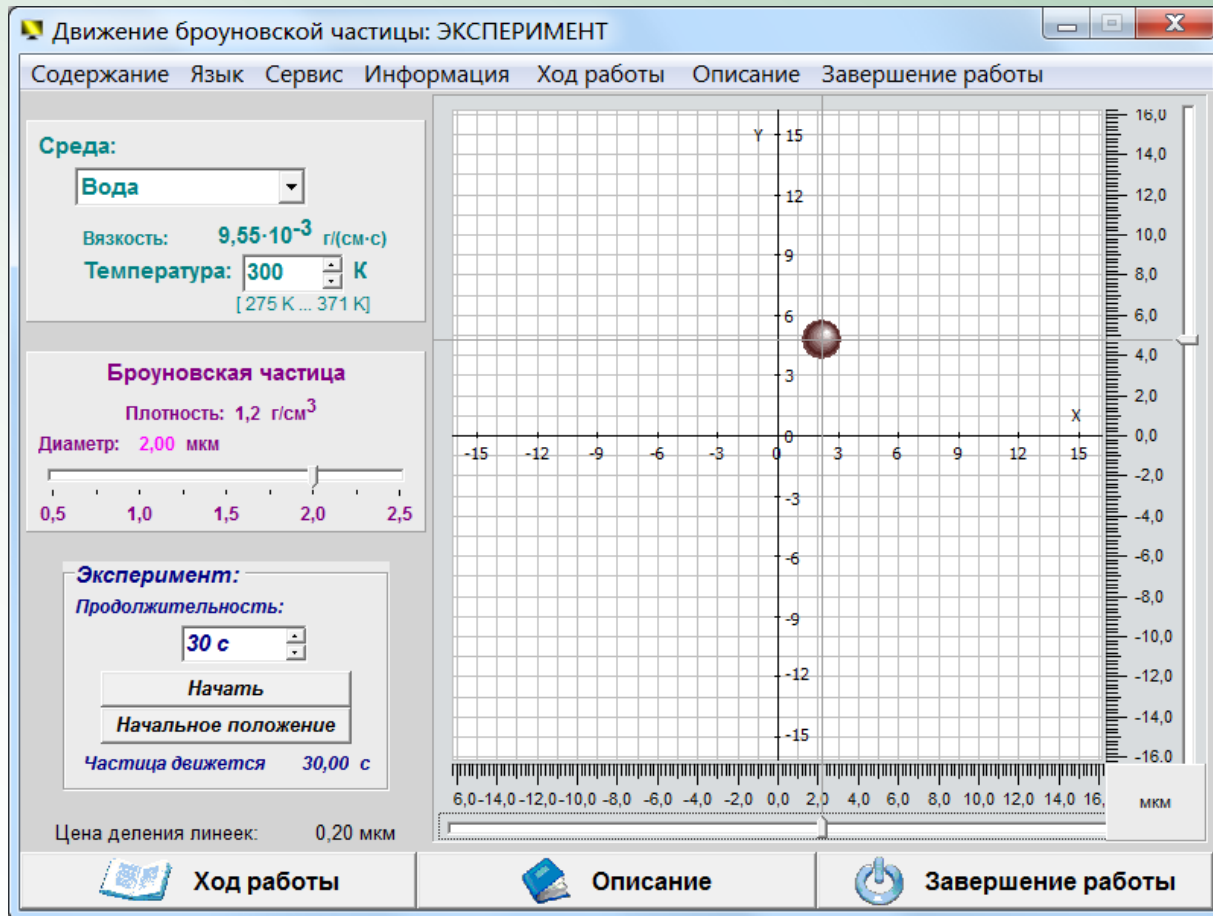
Вычисление коэффициента вязкости среды.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 03. Движение броуновской частицы



Цель работы:

Изучение движения броуновской частицы.

Определение постоянной Больцмана, коэффициента диффузии и длины свободного пробега броуновской частицы, находящейся в различных вязких средах.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 04. Распределение Максвелла

Распределение Максвелла: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Масса частицы: 20,0 г

Эффективная температура: 1200 $\cdot 10^{20}$ К

Газ находится в резервуаре, накрытом полусферой

Радиус полусферы: 10,0 м

Отверстие: 45 $^{\circ}$ (градусов)

Начальное состояние

Датчик количества частиц в ячейке

в ячейке № 0 находится частиц

Количество ячеек: 14 Длина ячейки: 9,0 м

Ускорение свободного падения g: 9,81 м/с^2 (вне резервуара)

Эксперимент

Прервать Продолжительность: 40 с

До конца эксперимента осталось: 36,919 с

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение особенностей статистического распределения частиц по абсолютным значениям скорости.

Исследование зависимости характеристик распределения от массы частиц газа, его температуры и направления движения частиц .

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 05. Распределение Больцмана

Распределение Больцмана: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Кювета с жидкостью (толщина: 5 мкм)

Увеличение: 1:22 Размер (мкм): 12,600x12,600

Вертикальное положение области наблюдения

Горизонтальное положение области наблюдения

Жидкость: Раствор глицерина 50%

Плотность: 1,1272 г/см³

Температура: 320 К

Взвешенные частицы: Масса: 0,080 · 10⁻⁹ мг Радиус: 0,248 мкм

Плотность: 1,25 г/см³

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение распределения Больцмана на примере распределения взвешенных частиц по высоте в поле силы тяжести.

Определение постоянной Больцмана .

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 06. Законы идеального газа

Цель работы:

Изучение закономерностей поведения идеального газа при изотропных и политропных процессах.

Определение количества газа, а также его работы и молярных теплоемкостей при изотропных и политропных процессах .

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодТ – 07. Адиабатное расширение газов

Адиабатное расширение газов: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Резервуар: Длина левого отсека: 12,00 см Площадь поперечного сечения: 200,0 см²

Цена деления линейки (см): 0,2

Способы расширения газа:

- расширение в пустоту
- расширение под поршнем
- расширение через дроссель

Перепад давлений: 0,500 МПа

Начать эксперимент

Вернуть газ в начальное состояние

Газ: Азот N₂

Количество: 0,200 моль Молярная масса: 28,013 г/моль

Температура Левый отсек: 600,0000 К ± 10 К

Рабочий диапазон: 120 ... 2040 К Правый отсек:

Давление Левый отсек: 0,416456 МПа

Рабочий диапазон: 0,0005 ... 12 МПа Правый отсек:

Молярная теплоемкость C_p: 29,12 Дж/(К·моль) C_v: 20,77 Дж/(К·моль)
(при температуре 298,15 К и давлении 1 атм = 0,101325 МПа)

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

изучение закономерностей адиабатного расширения реального газа.

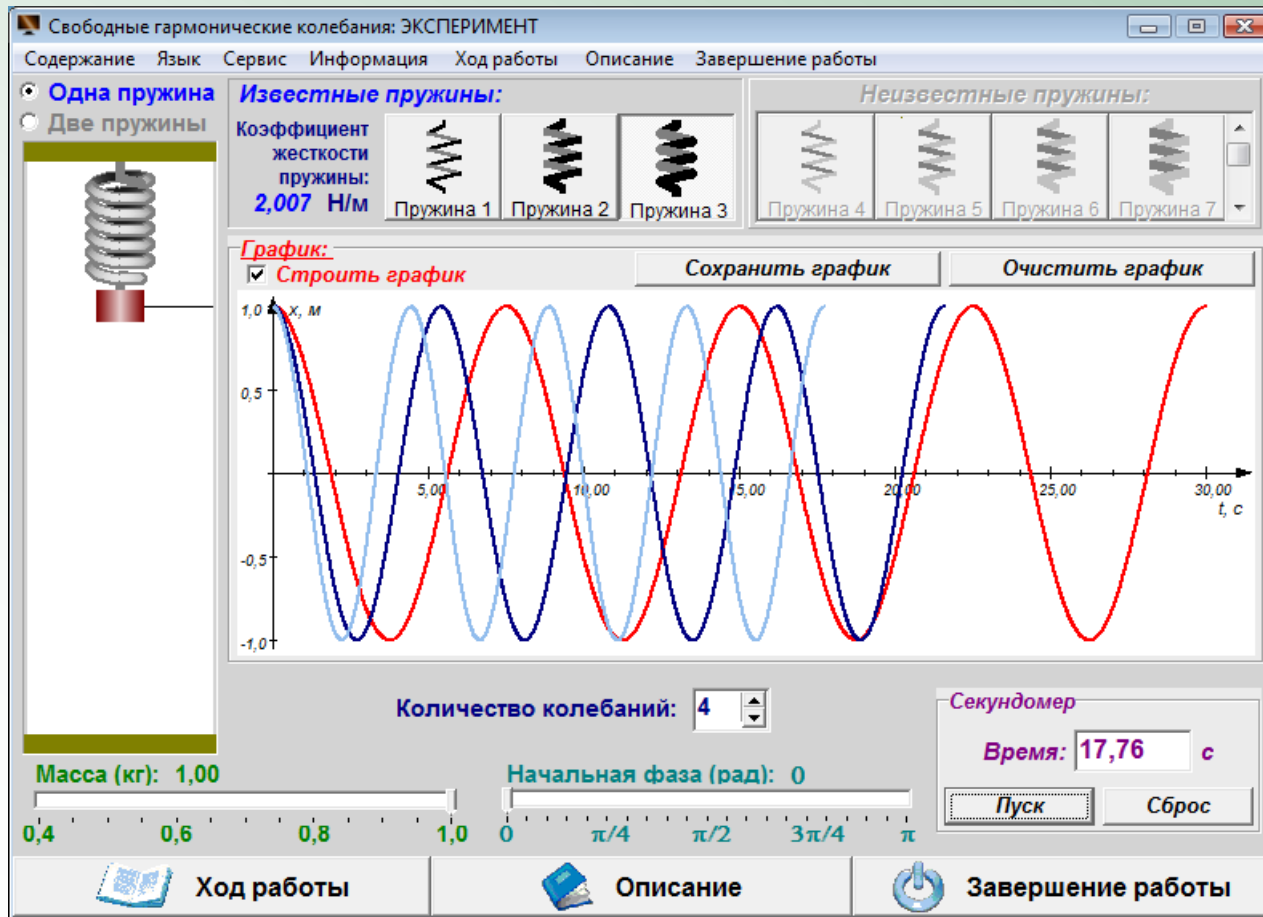
Определение параметров уравнения состояния (на примере уравнения Ван-дер-Ваальса) реального газа, а также его молярных теплоемкостей при различных температурах.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 01. Свободные гармонические колебания



Цель работы:

Изучение характеристик свободного гармонического колебательного движения.

Анализ временной зависимости координаты тела при различных начальных условиях.

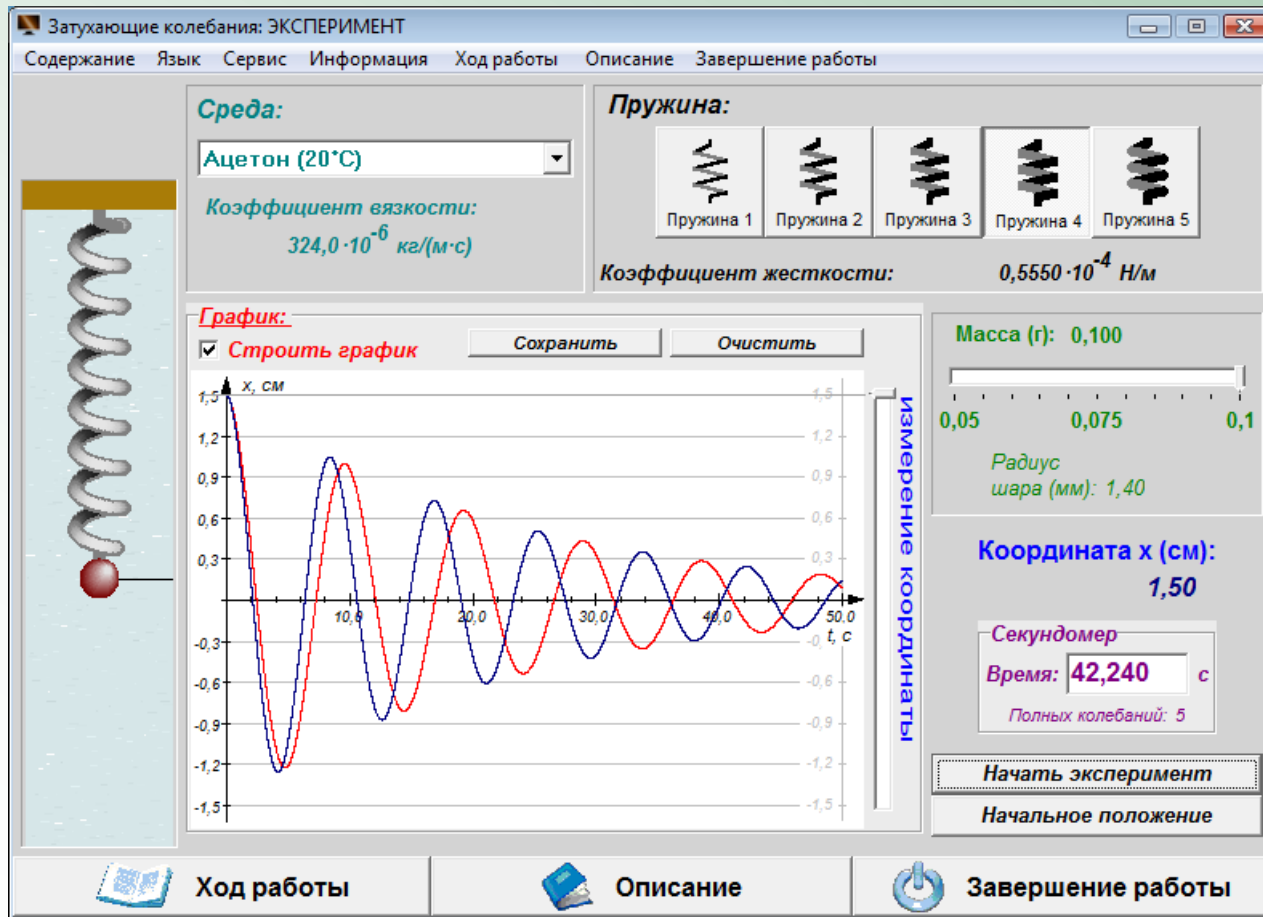
Определение коэффициента жесткости неизвестной пружины с помощью пружинного маятника

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 02. Затухающие колебания



Цель работы:

Изучение характеристик затухающего свободного колебательного движения.

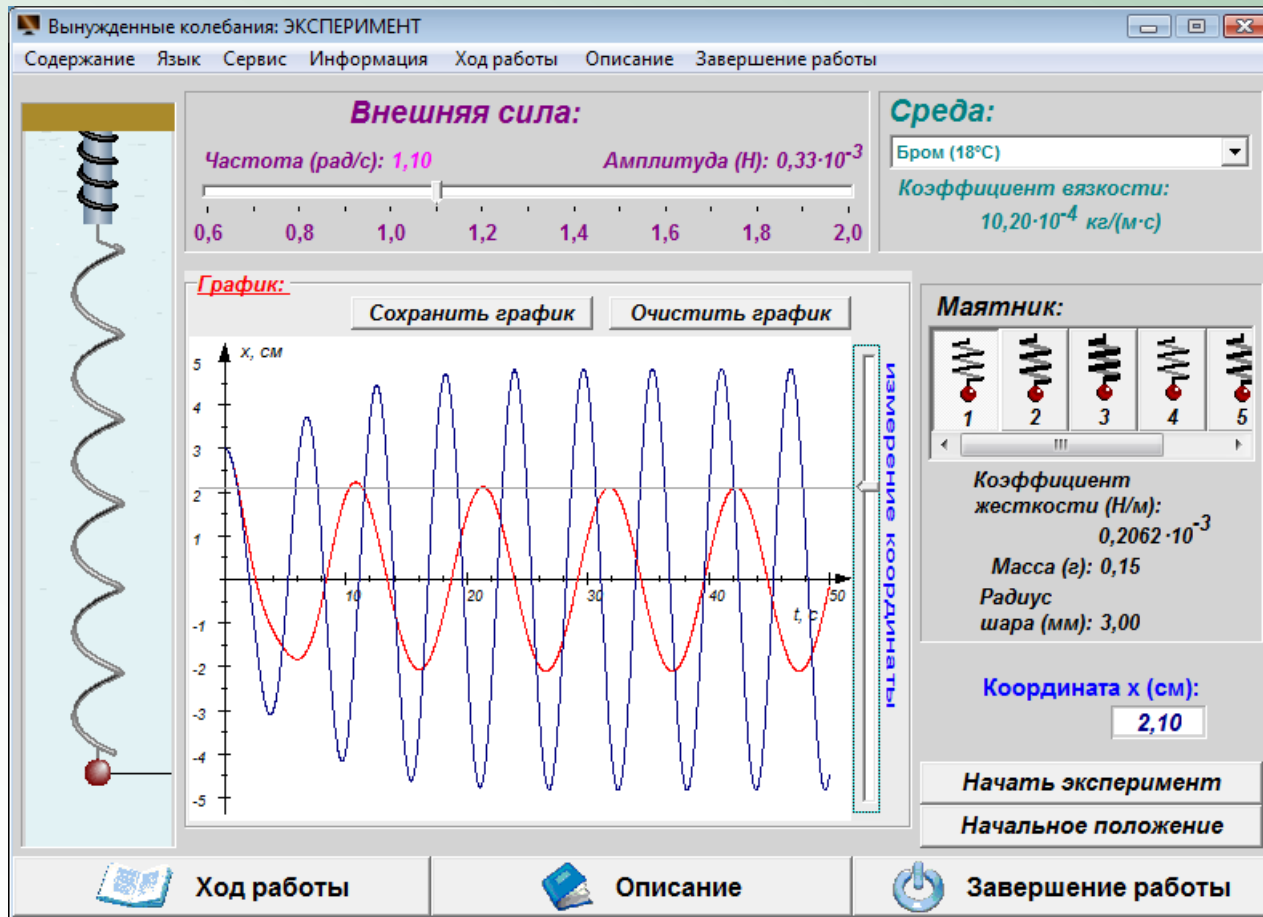
Определение коэффициента затухания, логарифмического декремента и добротности колебательной системы.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 03. Вынужденные колебания



Цель работы:

- Изучение особенностей вынужденного колебательного движения.
- Построение резонансной кривой.
- Определение частоты резонанса.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 04. Сложение перпендикулярных колебаний

Цель работы:

Изучение особенностей движения тела, участвующего в двух взаимно перпендикулярных (горизонтальном и вертикальном) колебательных движениях.

Определение частоты горизонтальных колебаний по фигурам Лиссажу

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 05. Сложение колебаний. Биения

Сложение колебаний. Биения: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Маятник:

Маятник 1 Маятник 2 Маятник 3
Маятник 5 Маятник 6 Маятник 7

Коэффициент жесткости (Н/м): $2,815 \cdot 10^{-2}$
Масса (г): 5,00

Секундомер

Использовать секундомер

Количество колебаний: 22

Время: 58,157 с

НАЧАТЬ эксперимент

Начальное положение

Складываемые колебания:

График координаты тела:

Частота внешней силы (рад/с): 2,60

Сохранить график Очистить график Координата x(см): 1,49

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение особенностей движения тела, участвующего в двух одинаково направленных колебательных движениях.

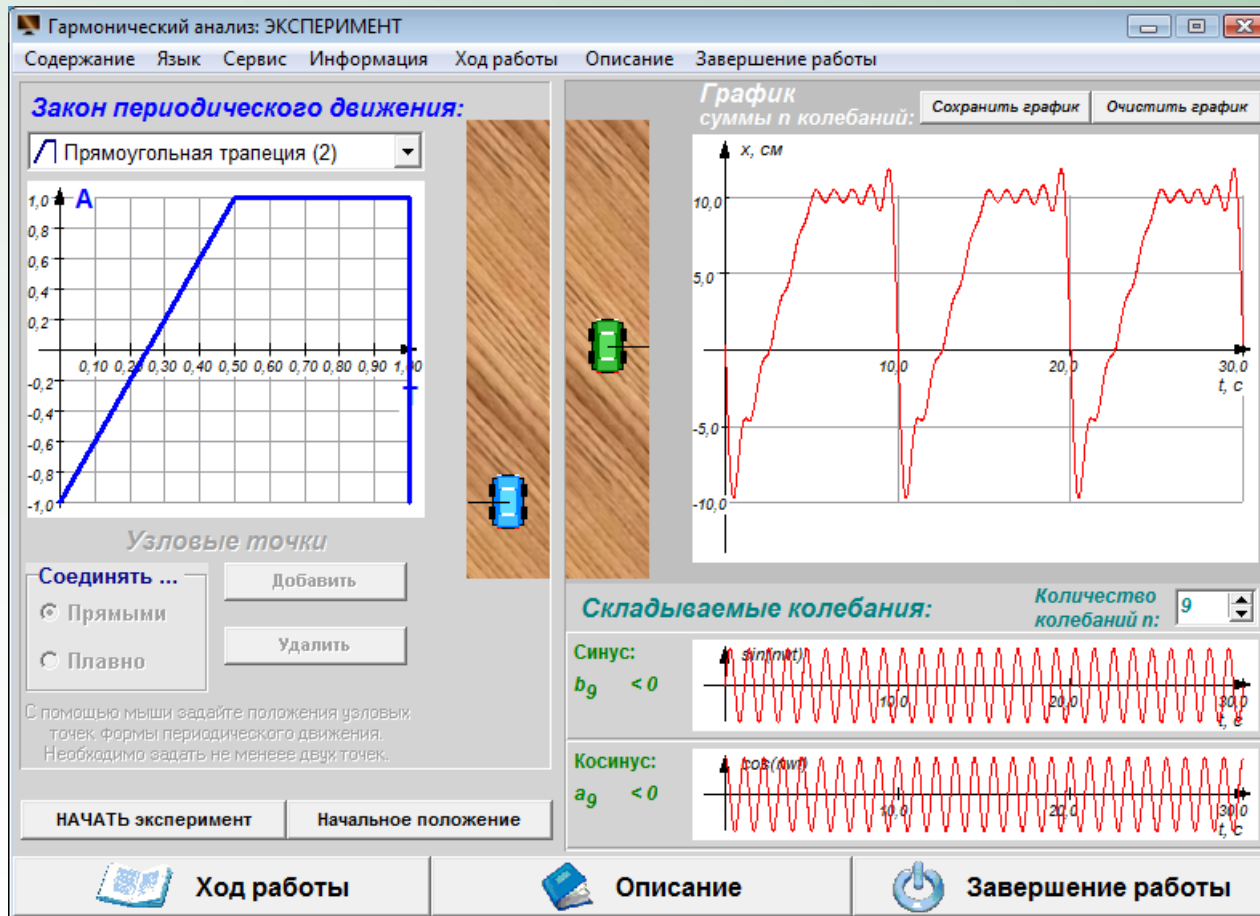
Определение частоты собственных колебаний маятника и амплитуд складываемых колебаний из биений

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 06. Гармонический анализ



Цель работы:

Изучение сходимости Фурье-разложения периодического негармонического движения.

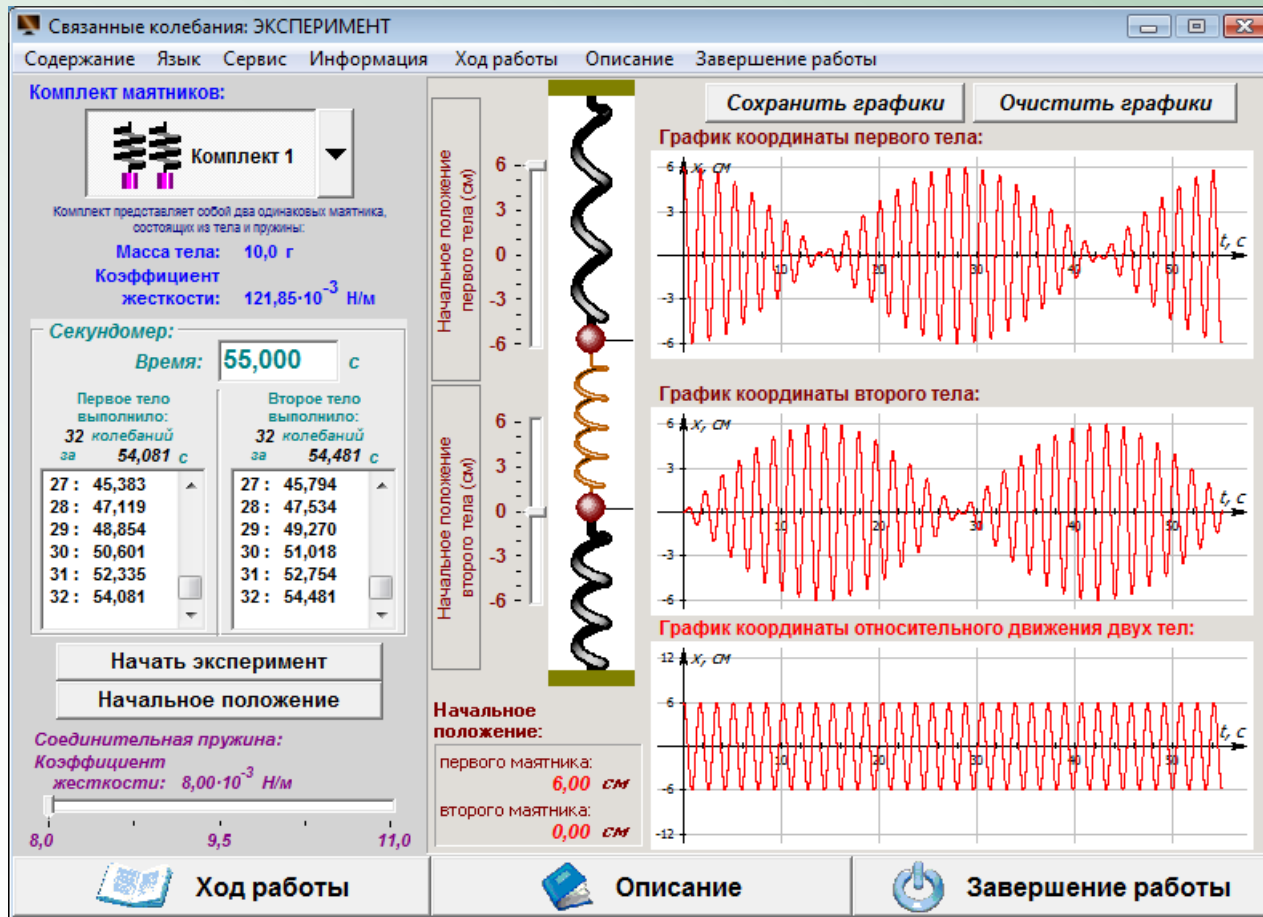
Построение спектра негармонического периодического движения

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 07. Связанные колебания



Цель работы:

Изучение свободных колебаний системы с двумя степенями свободы.

Анализ зависимости характеристик движения от начального положения связанных маятников и жесткости соединительной пружины

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодК – 08. Пружинный маятник на наклонной плоскости

Пружинный маятник на наклонной плоскости: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Тело

Материал: Дерево

Коэффициент трения: 0,35

Масса: 80 г

Наклонная плоскость

Материал: дерево

Длина: 250 см

Высота: 150,00 см

Пружина

Начальное растяжение: 40,0 см

Коэффициент жесткости: 29,87 Н/м

Секундомер

Использовать

Время: 3,252 с

Полупериодов: 20

Начать эксперимент

Начальное положение

Координата: 22,220 см

Очистить график

Сохранить график

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

Изучение особенностей затухания колебаний пружинного маятника за счет трения скольжения на наклонной плоскости.

Определение работы силы трения скольжения и исследование зависимости декремента затухания от времени и физических характеристик маятника

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодЭ – 01. Движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях



Цель работы:

Анализ зависимости характеристик периодического движения заряженной частицы от напряженности электрического и индукции магнитного полей.

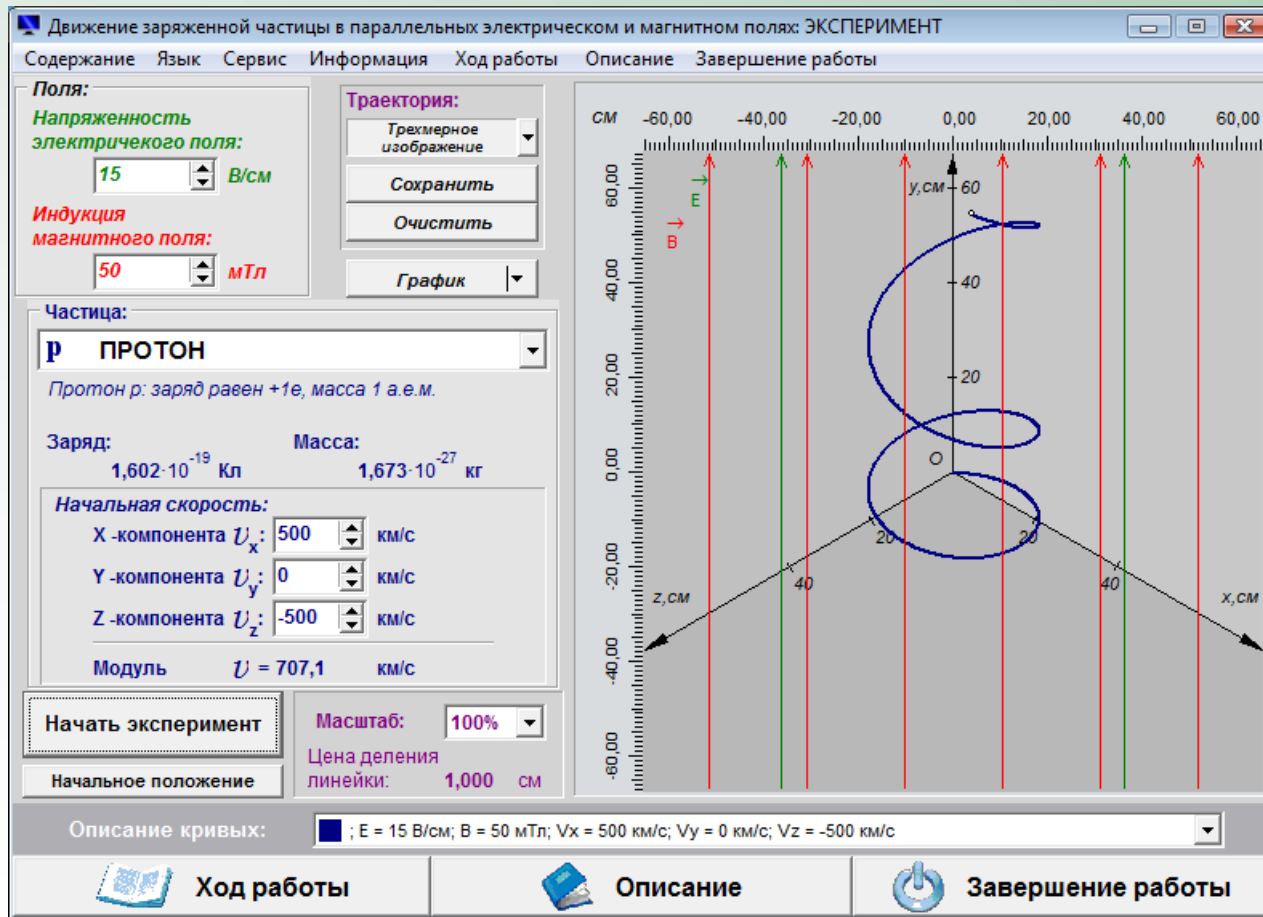
Определение отношения заряда частицы к ее массе

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодЭ – 02. Движение заряженной частицы в параллельных электрическом и магнитном полях



Цель работы:

Анализ зависимости характеристик периодического движения заряженной частицы от напряженности электрического и индукции магнитного полей.

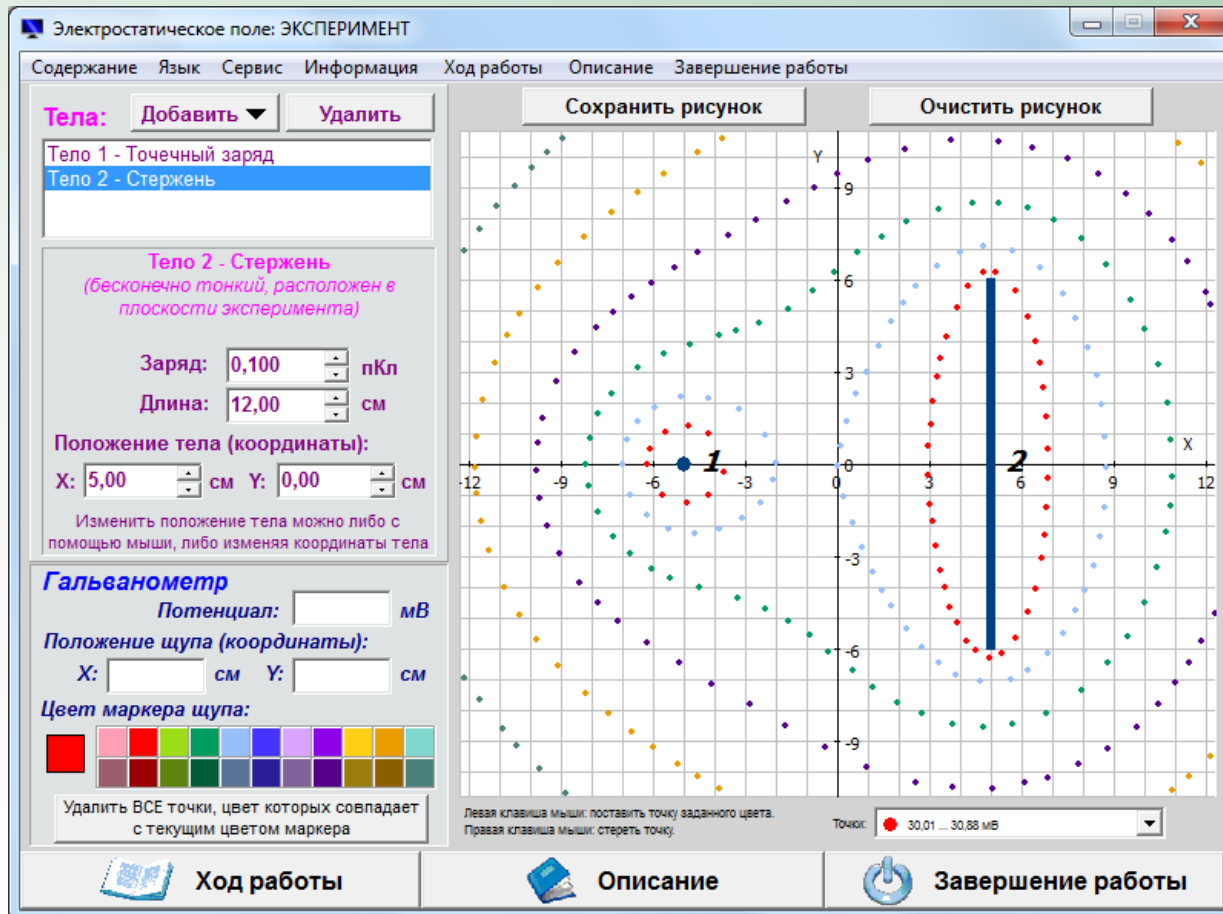
Определение отношения заряда частицы к ее массе

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодЭ – 03. Электростатическое поле



Цель работы:

Изучение характеристик электростатического поля при различном расположении зарядов в пространстве.

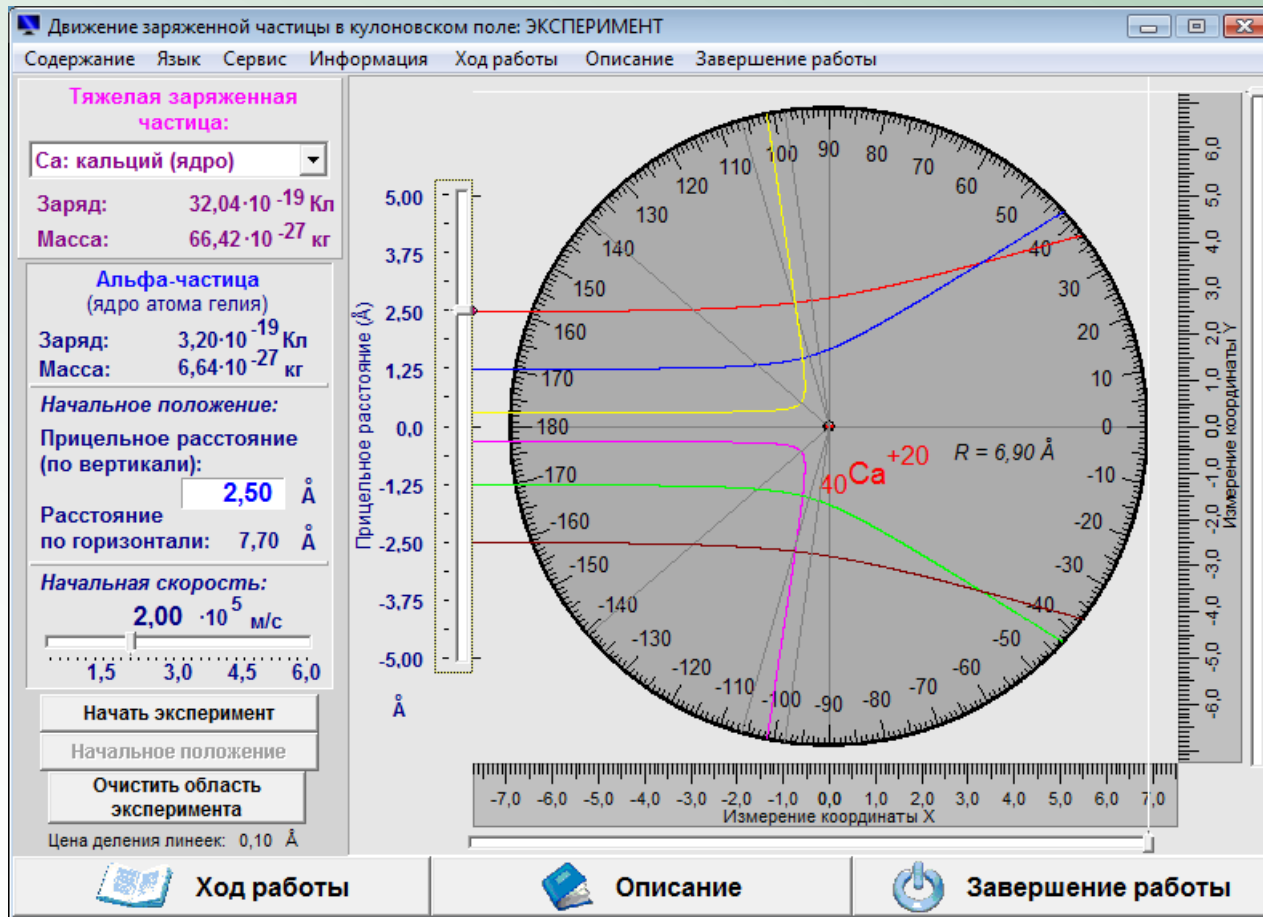
Построение эквипотенциальных поверхностей, линий напряженности электростатического поля и пространственных зависимостей потенциала и напряженности.

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

МодЭ – 04. Движение заряженной частицы в кулоновском поле



Цель работы:

Изучение поведения одной заряженной частицы в поле другой заряженной частицы.

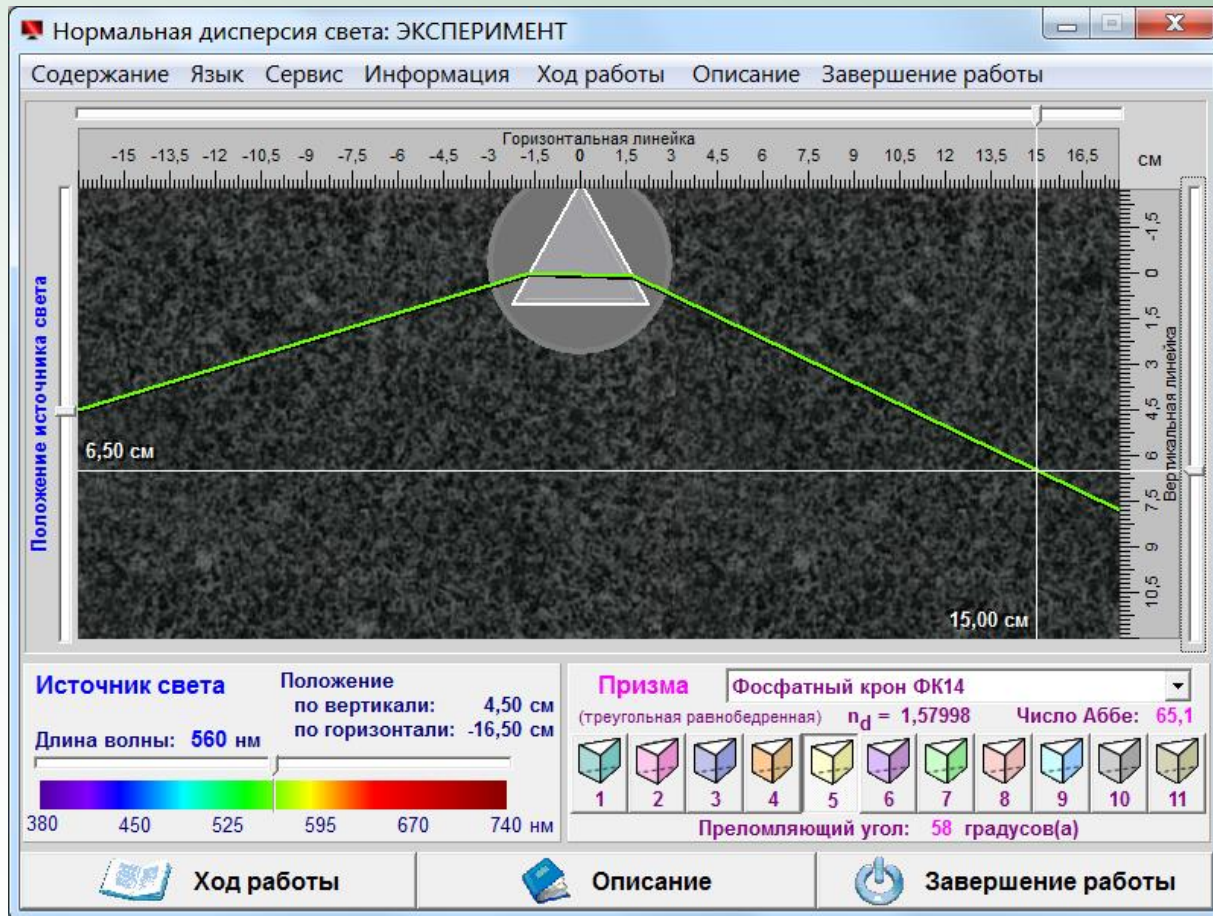
Выявление взаимосвязи параметров траектории налетающей частицы с ее начальной энергией и моментом импульса.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

Мод0 – 01. Нормальная дисперсия света



Цель работы:

Экспериментальное изучение особенностей преломления света в треугольной призме; зависимости показателя преломления вещества от длины волны; получение параметров аналитической зависимости дисперсии от длины волны.

Определение коэффициента дисперсии (числа Аббе) и среднего показателя преломления .

[Список работ](#)



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

Мод0 – 02. Аномальная дисперсия света в полупроводниках

Аномальная дисперсия света в полупроводниках: ЭКСПЕРИМЕНТ

Содержание Язык Сервис Информация Ход работы Описание Завершение работы

Изображение в инфракрасном свете

Положение источника излучения

Положение датчика оптической плотности

Источник инфракрасного излучения

Длина волны: 27,75 мкм Положение: 23,125 ° (градусов)

Масштаб: 100% Цена деления: 0,50 ° (градуса)

Датчик Положение: 4,250 ° (градусов) Оптическая плотность: $2,82 \cdot 10^{-3}$

Призма Радиус: 10 мм

Полупроводник: Фосфид галлия GaP

Массы атомов (а.е.м.): галлия: 69,735; фосфора: 30,974
Эффективный заряд иона: 2,209 e
Период решетки: 0,5451 нм

Ход работы Описание Завершение работы

Цель работы:

экспериментальное получение зависимости показателя преломления и показателя поглощения полупроводника от длины волны падающего света. Определение эффективных характеристик, обуславливающих физические свойства полупроводника при его взаимодействии с падающим инфракрасным светом.

Список работ



Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulations 1.3.2

Информация об авторах:

Ревинская Ольга Геннадьевна,

кандидат пед. наук, доцент,

зав. компьютерной лабораторией

Кравченко Надежда Степановна,

кандидат физ.-мат. наук,

доцент отделения естественных наук

Контактная информация:

ogr@tpu.ru

<http://OGRevinskaya.narod.ru>