

## Промежуточная аттестация по физике за 1 полугодие 10 класса

Промежуточная аттестация по физике в 10 классе состоит из 3 частей:

1. Устное собеседование по вопросам
2. Решения задач в формате теста
3. Выполнения лабораторных задач

Время промежуточной аттестации – 90 мин

## Структура работы

Задание		Время на выполнение задания	Форма проведения	Проверяемые умения
1.	Устное собеседование по вопросам	15 мин	Устный ответ по вопросам из каждой темы на выбор учителя.	<p><b>Знать /понимать</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>смысл понятий</i>: пространство, время, материальная точка</li> <li>– <i>смысл физических величин</i>: перемещение, скорость, ускорение</li> <li>– <i>смысл физических законов, принципов и постулатов</i> (формулировка, границы применимости): принцип относительности, основные положения изучаемых физических теорий и их роль в формировании научного мировоззрения;</li> <li>– <i>вклад российских и зарубежных ученых</i>, оказавших наибольшее влияние на развитие физики</li> </ul> <p><b>Уметь</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>приводить примеры опытов, иллюстрирующих, что</i>: наблюдения и эксперимент служат основой для выдвижения гипотез и построения научных теорий; эксперимент позволяет проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять явления природы и научные факты; физическая теория позволяет предсказывать еще неизвестные явления и их особенности; при объяснении природных явлений используются физические модели; один и тот же природный объект или</li> </ul>
2.	Решение задач в формате теста	30 мин	Все задачи из предложенных в данном документе решены в тетради ученика. На промежуточной аттестации предлагается решить 1-2 задачи из темы (на выбор учителя)	
3.	Выполнение лабораторной работы	45 мин	Самостоятельное выполнение лабораторных работ на выбор учителя. Обучающийся имеет право пользоваться	

			<p>прилагаемыми в документе описаниями к л/р. Оборудование для л/р выдает учитель.</p>	<p>явление можно исследовать на основе использования разных моделей; законы физики и физические теории имеют свои определенные границы применимости;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>описывать фундаментальные опыты, оказавшие существенное влияние на развитие физики;</i></li> <li>– <i>применять полученные знания для решения физических задач;</i></li> <li>– <i>определять:</i> характер физического процесса по графику, таблице, формуле;</li> <li>– <i>измерять:</i> скорость, представлять результаты измерений с учетом их погрешностей</li> <li>– <i>приводить примеры практического применения физических знаний:</i> законов механики</li> <li>– <i>воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, научно-популярных статьях; использовать новые информационные технологии для поиска, обработки и предъявления информации по физике в компьютерных базах данных и сетях (сети Интернет);</i></li> <li>– <b>Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:</b></li> <li>– обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств</li> <li>– анализа и оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды</li> <li>– рационального природопользования и защиты окружающей среды</li> <li>– определения собственной позиции по отношению к экологическим проблемам и поведению в природной среде.</li> <li>–</li> </ul>
	<b>ИТОГО</b>	<b>90 минут</b>		

## Оглавление

ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ .....	10
Вопросы для собеседования по теме ВВЕДЕНИЕ .....	10
Вопросы для собеседования по теме ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ .....	10
Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ .....	10
Вопросы для собеседования по теме ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ .....	11
Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	11
Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ .....	11
Вопросы для собеседования по теме КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ .....	11
Вопросы для собеседования по теме ЗАКОНЫ НЬЮТОНА .....	11
Вопросы для собеседования по теме СИЛА ТЯЖЕСТИ .....	12
Вопросы для собеседования по теме ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ .....	12
Вопросы для собеседования по теме ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ.....	13
Вопросы для собеседования по теме СИЛА УПРУГОСТИ .....	13
Вопросы для собеседования по теме ВЕС ТЕЛА .....	13
Вопросы для собеседования по теме СИЛА ТРЕНИЯ.....	13
ТЕСТЫ .....	13
Тест ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ.....	13
Тест«ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	14
Тест ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ .....	14
Тест ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ .....	15
Тест ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	16
Тест КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ .....	17
Тест ЗАКОНЫ НЬЮТОНА .....	18
Тест СИЛА ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ .....	20
Тест ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ПО ВЕРТИКАЛИ.....	21
Тест ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ .....	21
Тест СИЛА УПРУГОСТИ .....	22
Тест ВЕС ТЕЛА .....	23
Тест СИЛА ТРЕНИЯ .....	23
Тест ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСКОЛЬКИХ СИЛ .....	24
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	24
Лабораторная работа «ИЗУЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ» .....	24
Лабораторная работа «ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ И СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ПРИ СКАТЫВАНИИ ШАРИКА С НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ» .....	26

Лабораторная работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА .....	27
Лабораторная работа ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНИЯ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА .....	28
Лабораторная работа НАХОЖДЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ .....	31
Лабораторная работа ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО.....	32
Лабораторная работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ ДИНАМОМЕТРА .....	33
Лабораторная работа ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ.....	35
Лабораторная работа ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ .....	36

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

### **Вопросы для собеседования по теме ВВЕДЕНИЕ**

Дайте определение понятиям:

- физическое явление
- физическая величина
- модель
- гипотеза
- принцип
- постулат
- закон
- теория
- материя
- движение
- пространство
- время
- взаимодействие

### **Вопросы для собеседования по теме ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ**

1. Определение механического движения.
2. Основная задача механики.
3. Система координат: одномерная; двумерная; трехмерная.
4. Система отсчета.
5. Определение поступательного движения.
6. Определение материальной точки.
7. Траектория: определение, относительность траектории.
8. Путь: определение, обозначение, единицы измерения, относительность пути.
9. Перемещение: определение, обозначение, единицы измерения, относительность перемещения.
10. Уравнения движения.

### **Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ**

1. Прямолинейное равномерное движение: определение.

2. Скорость: определение, обозначение, единицы измерения, график. Проекция скорости.
3. Проекция перемещения и путь при равномерном движении: графики и уравнения.
4. Уравнение движения для прямолинейного равномерного движения.

### **Вопросы для собеседования по теме ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**

1. Относительность движения. Примеры.
2. Закон сложения скоростей: формулировка, математическая запись, границы применимости.
3. Преобразования Галилея.
4. Следствия преобразования Галилея.
5. Принцип относительности Галилея.

### **Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ**

1. Определение прямолинейного неравномерного движения
2. Средняя скорость: определение, формула.
3. Мгновенная скорость: определение, формула.

### **Вопросы для собеседования по теме ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ**

1. Определение прямолинейного равноускоренного движения
2. Ускорение: определение, формула, единицы измерения, направление.
3. Способы описания движения: аналитический и графический способы описания движения

### **Вопросы для собеседования по теме КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ**

1. Угловая скорость: определение, формула, единицы измерения.
2. Линейная скорость: определение, формула, единицы измерения, направление.
3. Формула, связывающая линейную и угловую скорости.
4. Ускорение: определение, формула, единицы измерения, направление.
5. Период: определение, формула, единицы измерения.
6. Частота: определение, формула, единицы измерения.
7. Формула, связывающая период и частоту.

### **Вопросы для собеседования по теме ЗАКОНЫ НЬЮТОНА**

1. Формулировка I закон Ньютона. Что утверждает закон?
2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета: определение, примеры.
3. Явление инерции: формулировка, примеры проявления.
4. Инертность: характеристика, обозначение, единицы измерения.
5. Связь масс и ускорений тел при взаимодействии.
6. Способы измерения массы.
7. Эталон массы
8. Сила: определение, обозначение, виды, чем характеризуется.
9. Какие действия оказывает на тело скомпенсированная и не скомпенсированная сила.
10. II закон Ньютона: эксперимент, формулировка, математическая запись. Что устанавливает закон?
11. Единица измерения силы в СИ. Формулировка.

12. Способы измерения силы.
13. Как движется тело, к которому приложена сила, постоянная по модулю и направлению?
14. Направление силы и ускорения.
15. Принцип независимости сил.
16. Равнодействующая сила. Нахождение равнодействующей силы (рисунок).
17. Верно ли утверждение: тело движется туда, куда направлена приложенная к нему сила?
18. Верно ли утверждение: скорость тела определяется только действующей на него силой?
19. Верно ли утверждение: силы есть, а ускорения нет?
20. Формулировка I закона Ньютона с использованием понятия сила.
21. III закон Ньютона: формулировка, математическая запись. Что показывает закон?
22. Как направлены ускорения взаимодействующих тел
23. Примеры проявления III закона Ньютона.

### **Вопросы для собеседования по теме СИЛА ТЯЖЕСТИ**

1. Сила тяжести: определение, формула, точка приложения на рисунке, направление силы тяжести
2. Ускорение свободного падения: численное значение, единицы измерения, формула
3. Влияние вращения Земли вокруг оси на ускорение свободного падения

### **Вопросы для собеседования по теме ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ**

1. Свободное падение. Условия, вид движения. Формулы:
  - скорость тела в любой момент времени
  - путь, пройденный телом к определенному моменту времени
  - значение скорости тела после прохождения определенного пути
  - продолжительность свободного падения с определенной высоты
2. Движение тела, брошенного вертикально вверх. Рисунок. Формулы:
  - скорость тела в любой момент времени
  - максимальная высота подъема тела
  - высота, на которую поднимется тело за определенное время
  - значение скорости при прохождении определенного пути
  - начальная скорость тела
  - время подъема тела
3. Движение тела, брошенного горизонтально - результат двух независимых движений. Формулы:
  - координата в любой точке траектории
  - время падения тела
  - дальность полета
  - скорость тела в произвольной точке траектории
4. Движение тела, брошенного под углом к горизонту - результат двух независимых движений. Формулы:
  - уравнение, описывающее движение тела в любой точке траектории
  - скорость тела в любой точке траектории
  - полное время полета
  - максимальная высота подъема тела над точкой бросания
  - дальность полета тела

### Вопросы для собеседования по теме ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

4. Закон всемирного тяготения: предпосылки; формулировка; математическая запись; границы применимости; точка приложения и направление силы всемирного тяготения
5. Гравитационная постоянная: опыт Кавендиша, физический смысл, численное значение, единицы измерения

### Вопросы для собеседования по теме СИЛА УПРУГОСТИ

1. Причины появления силы упругости
2. Деформация. Виды

Виды деформации	растяжение сжатие	изгиб	кручение	сдвиг
Рисунок				
Тела, подвергающиеся этой деформации				

3. Упругая и пластичная деформации
4. Особенности силы упругости
5. Закон Гука: формулировка, математическая запись, границы применимости, график
6. Жесткость: от чего зависит, единицы измерения

### Вопросы для собеседования по теме ВЕС ТЕЛА

1. Вес. Определение, направление силы
2. Отличие веса тела от силы тяжести
3. Условие равенства веса тела и силы тяжести, действующей на это тело
4. Вес тела при его ускоренном движении. Рассмотреть возможные ситуации
5. Перегрузка
6. Невесомость

### Вопросы для собеседования по теме СИЛА ТРЕНИЯ

1. Причины возникновения силы трения
2. Особенности силы трения
3. Внешнее и внутреннее трение
4. Виды внешнего трения. Когда возникают? Сравнить
5. Закон Кулона-Амонтова (формула силы трения).
6. Коэффициент трения
7. Способы изменения силы трения

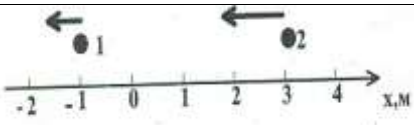
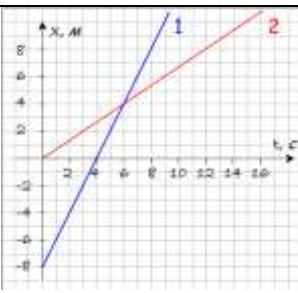
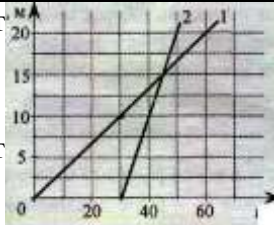
## ТЕСТЫ

### Тест ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ

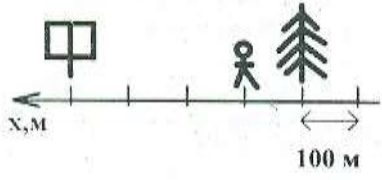
1.	Приведите примеры, когда идущего человека можно считать материальной точкой.
2.	Приведите примеры, когда Землю можно считать материальной точкой.
3.	Что мы оплачиваем при поездке в транспорте: путь или перемещение?

4.	Бильярдный шар после удара вернулся в исходную точку. Изобразите возможную траекторию. Укажите путь и перемещение шара.
5.	Мяч упал с высоты 2 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 50 см. Найдите путь и перемещение мяча.
6.	Движущийся равномерно автомобиль сделал разворот, описав половину окружности. Сделайте чертеж, на котором укажите путь и перемещение автомобиля за все время разворота.
7.	Вертолет пролетел в горизонтальном полете по прямой 20 км, затем развернулся под углом $90^\circ$ и пролетел еще 30 км. Сделайте рисунок. Найдите путь и перемещение вертолета.

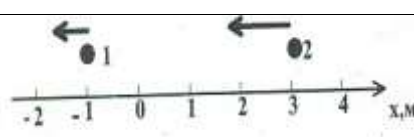
### Тест «ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ»

1.	В таблице даны координаты трех движущихся тел для определенных моментов времени. Можно ли это движение считать равномерным. Дайте развернутый ответ.																								
	<table border="1"> <tr> <td>t, с</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>x<sub>1</sub>, м</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>x<sub>2</sub>, м</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>x<sub>3</sub>, м</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>11</td> <td>15</td> </tr> </table>	t, с	0	1	3	4	6	x <sub>1</sub> , м	1	2	4	5	8	x <sub>2</sub> , м	4	6	8	10	12	x <sub>3</sub> , м	3	5	9	11	15
t, с	0	1	3	4	6																				
x <sub>1</sub> , м	1	2	4	5	8																				
x <sub>2</sub> , м	4	6	8	10	12																				
x <sub>3</sub> , м	3	5	9	11	15																				
2.	Движение двух велосипедистов описывается уравнениями $x_1 = 12t$ и $x_2 = 120 - 10t$ . Графически и аналитически определите время и место встречи велосипедистов.																								
3.	На рисунке показано положение двух тел в начальный момент времени и направление их скоростей. Скорость первого тела 4 м/с, второго 8 м/с. Запишите уравнения движения этих тел относительно Земли.																								
																									
4.	По графику движения двух тел определите: а) скорость каждого тела. б) в какой момент времени и в какой координате они встретились? в) какой путь прошло каждое тело до встречи с другим. г) напишите уравнение движения каждого тела.																								
																									
5.	На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух движущихся тел. Напишите уравнение движения для каждого тела. Определите по этим графикам расстояние между телами в момент начала движения второго тела.																								
																									

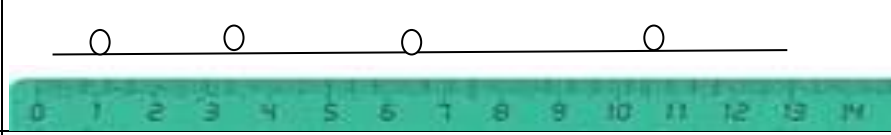
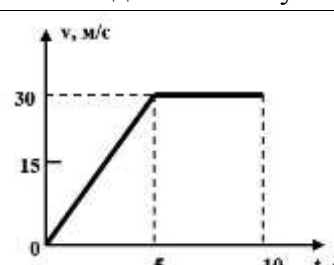
### Тест ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

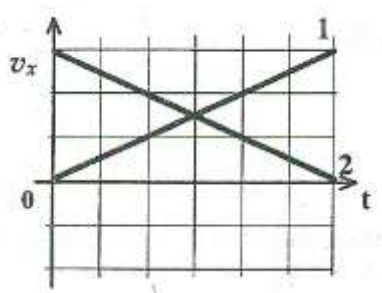
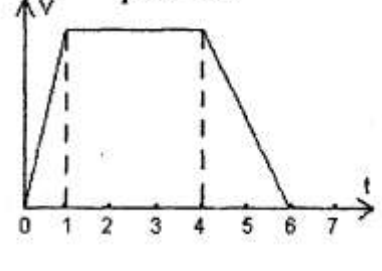
1.	Определите координату пешехода, взяв за тело отсчета сначала дерево, затем – дорожный указатель. Запишите ответы через точку с запятой.
	



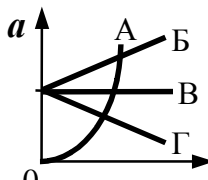
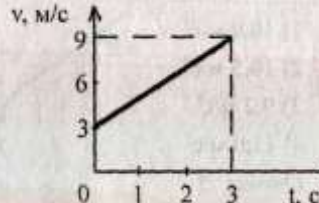
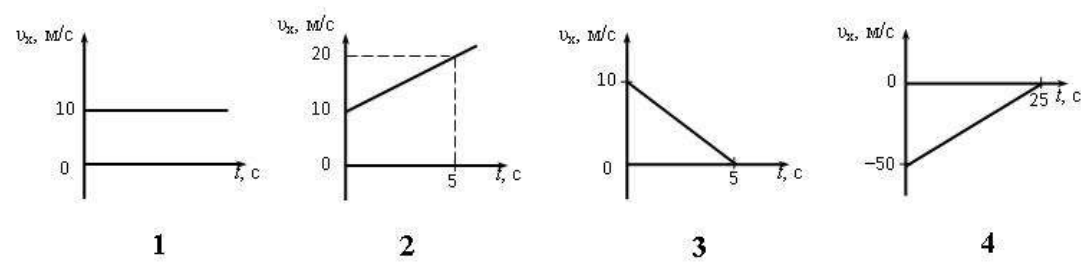
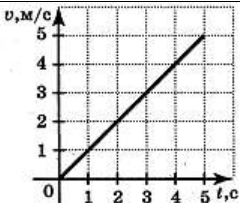
2.	Два автомобиля едут навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 30$ км/ч, $v_2 = 80$ км/ч относительно Земли. С какой скоростью первый автомобиль движется относительно второго?
3.	Два автомобиля удаляются друг от друга со скоростями $v_1 = 30$ км/ч, $v_2 = 80$ км/ч относительно Земли. С какой скоростью второй автомобиль движется относительно первого?
4.	Плот равномерно плывет по реке со скоростью 6 км/ч. Человек движется поперек плота со скоростью 8 км/ч. Чему равна скорость человека в системе отсчета, связанной с берегом?
5.	По двум пересекающимся под углом $60^\circ$ дорогам движутся два автомобиля с одинаковыми скоростями, равными 20 м/с. Через какое время после встречи у перекрестка расстояние между ними станет равным 3 км?
6.	<p>На рисунке показано положение двух тел в начальный момент времени и направление их скоростей. Скорость первого тела 4 м/с, второго 8 м/с.</p>  <p>а) Запишите уравнения движения этих тел относительно Земли</p> <p>б) Запишите уравнение движения первого тела в системе отсчета, связанного со вторым телом</p> <p>в) Запишите уравнение движения второго тела в системе отсчета, связанного с первым телом</p>
7.	В течение какого времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 54 км/ч, будет видеть встречный поезд, идущий со скоростью 36 км/ч, если его длина 150 м?

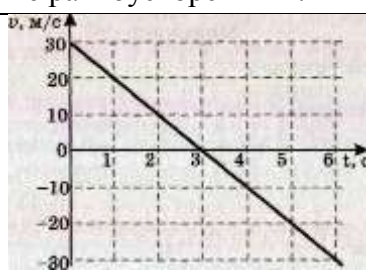
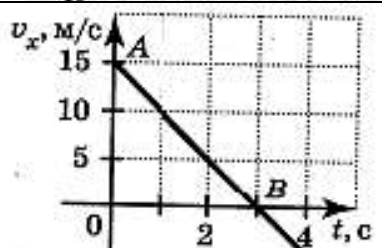
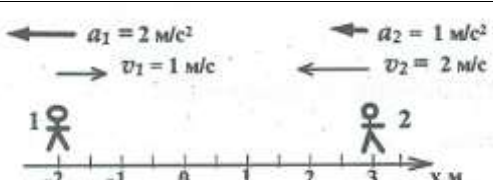

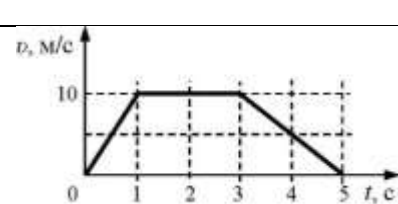
### Тест ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

1.	Мотоциклист за первые 10 мин движения проехал путь 5 км, а за следующие 8 мин – 9,6 км. Вычислите среднюю скорость его движения на всем пути.
2.	<p>Местоположения движущегося шарика, изображенные на рисунке, отмечали каждые 5 с. Определите вид движения. Дайте обоснование. По рисунку определите среднюю скорость движения шарика на всем пути</p> 
3.	Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 20 м/с, а вторую – со скоростью 30 м/с. Вычислите среднюю скорость автомобиля на всем пути.
4.	Пешеход две трети времени своего движения шел со скоростью 3 км/ч, а оставшееся время – со скоростью 6 км/ч. Определите среднюю скорость пешехода на всем пути
5.	<p>Пользуясь графиком определите среднюю скорость движения автомобиля.</p> 

6.	Сравните средние скорости движения тел.	
7.	На рисунке представлен график зависимости скорости автомобиля от времени. Средняя скорость движения автомобиля на всем пути 30 км/ч. Определите скорость автомобиля на участке равномерного движения.	

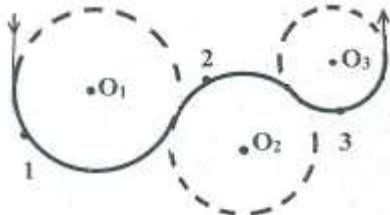
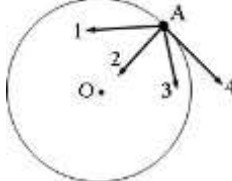

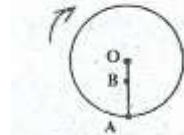
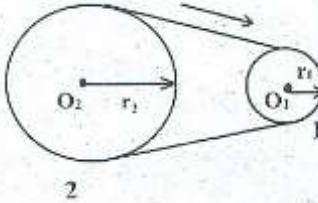
**Тест ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ**

1.	Какому графику соответствует движение с постоянной скоростью, какому графику соответствует равноускоренное движение??	
2.	По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени $t = 2$ с.	
3.	Тело движется прямолинейно. Уравнение зависимости его координаты от времени имеет вид: $x = 10 + 10t + t^2$ . На каком из рисунков приведен график зависимости проекции скорости движения этого тела от времени?	
4.	По графику скорости, изображенному на рисунке, определите путь, пройденный телом за 5 с	


5.	Скорость пули при вылете из ствола пистолета равна 250 м/с. Длина ствола 0,1 м. Каково примерно ускорение пули внутри ствола, если считать ее движение равноускоренным?	
6.	Стрела пущена вертикально вверх. Проекция ее скорости на вертикальное направление меняется со временем согласно графику на рисунке. В какой момент времени стрела достигла максимальной высоты? Вычислите перемещение стрелы за все время движения. Вычислите путь, пройденный стрелой	
7.	На рисунке приведен график скорости некоторого тела. Запишите уравнение зависимости проекции скорости от времени.	
8.	Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $x = 8t - t^2$ . В какой момент времени скорость тела равна нулю?	
9.	Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускорено. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста 0,5 м/с <sup>2</sup> . Сколько времени длился спуск?	
10.	На рисунке показаны положения двух человек в начальный момент времени, а также их начальные скорости и ускорения. Запишите уравнения движения.	
11.	На рисунке приведена стробоскопическая фотография движения шарика по желобу. Промежуток времени между двумя последовательными вспышками равен 0,2 с. на шкале указаны деления в дециметрах. Определите ускорение шарика.	
12.	На рисунке представлен график зависимости скорости $v$ автомобиля от времени $t$ . а) Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с б) Постройте график зависимости проекции ускорения от времени	

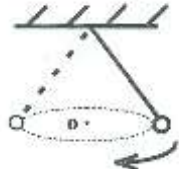
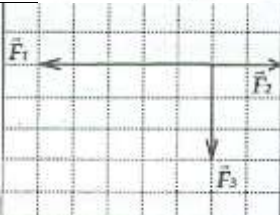
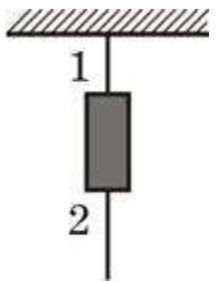
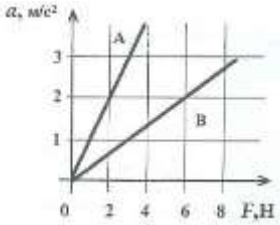
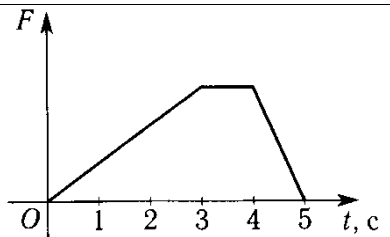
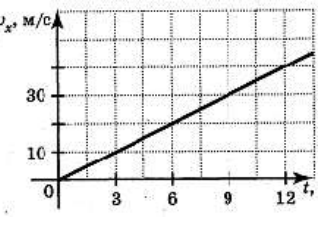
### Тест КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

1.	Тело движется по криволинейной траектории с постоянной по модулю скоростью. Покажите направление векторов скорости и ускорения в точках 1, 2, 3. а) Сравните модули скоростей в этих точках
----	--

	b) Сравните модули ускорений в этих точках	
2.	Космическое тело (A) движется равномерно по окружности по часовой стрелке вокруг гравитационного центра (O). Укажите номер стрелки, совпадающей по направлению с вектором ускорения тела в точке A, с вектором скорости в точке A.	
3.	Тело, двигаясь равномерно по окружности, через 3 с первый раз попало из точки A в точку B. Вычислите период обращения тела, если а) тело двигалось против часовой стрелки б) тело двигалось по часовой стрелке	
4.	Диск вращается с постоянной частотой. Рассчитайте отношение модулей скоростей и ускорений точек A и B. $OB=0,1$ м, $AB = 0,2$ м	
5.	Длина минутной стрелки башенных часов Московского университете 4,5 м. Рассчитайте линейную и угловую скорость, частоту, период, ускорение конца стрелки.	
6.	Сравните скорости и ускорения секундной и минутной стрелок одинаковой длины.	
7.	Движение шкива 1 к шкиву 2 передается с помощью ременной передачи. Частота обращения второго шкива 0,1 об/с. Период вращения первого шкива 0,5 с. Радиус второго шкива 20 см. а) Найдите радиус первого шкива. б) Вычислите частоту, с которой вращается первый шкив. с) Рассчитайте скорость движения ремня.	

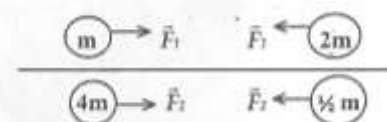
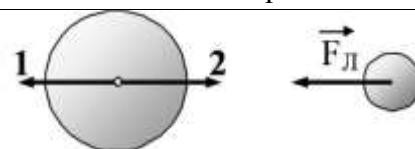
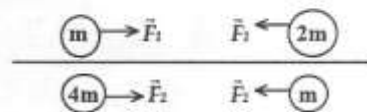
### Тест ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

1.	Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной. Система отсчета, связанная с автомобилем, тоже будет инерциальной, если автомобиль А. движется равномерно по прямолинейному участку шоссе В. разгоняется по прямолинейному участку шоссе С. движется равномерно по извилистой дороге D. по инерции вкатывается на гору	
2.	На некотором расстоянии друг от друга находятся два одноименно заряженных шарика. а) Покажите на рисунке векторы сил, действующих на шарики и вектора ускорений. б) Сравните модули сил и ускорений при условии, что масса второго шарика больше первого	

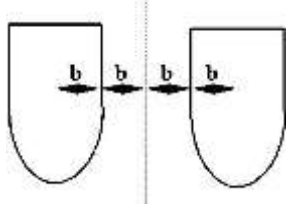
3.	<p>Шарик, подвешенный на нити, движется по окружности в горизонтальной плоскости с постоянной по модулю скоростью. Покажите на рисунке направление равнодействующей всех сил, действующих на шарик</p>	
4.	<p>Найдите модуль равнодействующей силы. 1 клетка соответствует силе 4 Н</p>	
5.	<p>Человек тянет за крючок динамометр с силой 60 Н, а другой крючок динамометра прикреплен к стене. Каково показание динамометра?</p>	
6.	<p>Массивный груз подвешен на нити 1. Снизу к грузу прикреплена такая же нить 2, за которую тянут. Какое из следующих утверждений правильно?          а) Оборвется нить 1          б) Оборвется нить 2          в) Обе нити оборвутся одновременно          г) Иногда обрывается нить 1, а иногда – нить 2.</p>	
7.	<p>Определите массы тел по графику</p>	
8.	<p>Как движется тело массой 0,5 кг под действием постоянной по направлению силы 6 Н?</p>	
9.	<p>На рисунке представлен график зависимости силы, действующей на тело, движущееся прямолинейно, от времени. Опишите, как менялась скорость тела.</p>	
10.	<p>На рисунке показан график изменения скорости парусной лодки с течением времени. Масса лодки 200 кг. Какая сила действует на лодку в промежуток времени от 0 до 2 с?</p>	
11.	<p>Тело массой 2 кг движется вдоль оси ОХ. Его координата меняется в соответствии с уравнением <math>x = A + Vt + Ct^2</math>, где <math>A = 2</math> м, <math>V = 3</math> м/с, <math>C = 5</math> м/с<sup>2</sup>. Чему равна равнодействующая сила?</p>	

## Тест СИЛА ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

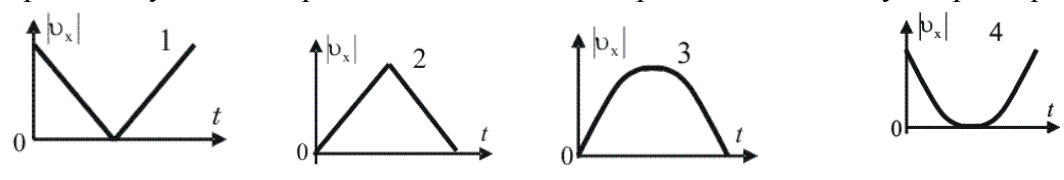
1.	Как надо изменить расстояние между телами, чтобы сила притяжения между ними увеличилась в 4 раза?
2.	На рисунке показаны две пары шаров разной массы. Расстояние между центрами шаров одинаковое. Рассчитайте отношение модулей сил взаимного притяжения шаров
3.	Комета находилась на расстоянии 100 млн. км от Солнца. Как изменится сила притяжения, действующая на комету, при удалении кометы от Солнца на расстояние 200 млн. км
4.	Известно, что масса Луны примерно в 81 раз меньше массы Земли. Сила, с которой Земля притягивает Луну, равна примерно $2 \cdot 10^{20}$ Н. С какой силой Луна притягивает Землю?
5.	Масса и радиус планеты в 2 раза больше, чем у Земли. Вычислите ускорение свободного падения на поверхности этой планеты
6.	У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который находится на расстоянии двух ее радиусов от земной поверхности?
7.	На рисунке приведены условные изображения Земли и Луны, а также вектор $\vec{F}_L$ силы притяжения Луны Землей. Известно, что масса Земли примерно в 81 раз больше массы Луны. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны Луны?
8.	Луна и Земля взаимодействуют гравитационными силами. Каково соотношение между модулями сил $F_1$ действия Земли на Луну и $F_2$ действия Луны на Землю?
9.	На рисунке показаны две пары шаров разной массы. Расстояние между центрами шаров одинаковы. Найти отношение модулей сил взаимного притяжения шаров.
10.	Земля притягивает космонавта, находящегося на ее поверхности, с силой 700 Н. С какой приблизительно силой будет притягивать этого космонавта Марс, когда космонавт высадится на нем? Радиус Марса в 2 раза меньше, а масса – в 10 раз меньше, чем у Земли
11.	Во сколько раз сила притяжения Земли к Солнцу больше силы притяжения Меркурия к Солнцу? Масса Меркурия составляет 1/18 массы Земли, а расположен в 2,5 раза ближе к Солнцу, чем Земля
12.	Два маленьких шарика массой $m$ каждый находятся на расстоянии $r$ друг от друга и притягиваются с силой $F$ . Какова сила гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $3m$ , масса другого – $m/3$ , а расстояние между их центрами $3r$ ?
13.	Чему равна первая космическая скорость для Луны, масса которой в $n \approx 81$ раз меньше массы Земли, а радиус в $m \approx 3,7$ раза меньше радиуса Земли? Первая космическая скорость для Земли составляет $v_{13} \approx 8$ км/с. Ответ округлите до десятых.





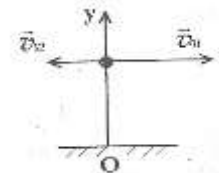
14.	На поверхность Марса тело падает с высоты 100 м примерно 7 с. С какой скоростью тело коснется поверхности Марса, падая с такой высоты?
15.	 По какой из приведенных формул можно рассчитать силу гравитационного притяжения между двумя кораблями одинаковой массы $m$ ?
16.	Космический корабль движется по круговой орбите Земли радиусом $2 \cdot 10^7$ м. Вычислите его скорость.
17.	Какое ускорение сообщает Солнцу Земля своим притяжением? Расстояние от Земли до Солнца примерно в 24 000 раз больше, чем радиус Земли. Ответ выразите в $10^{-8}$ м/с <sup>2</sup> и округлите до десятых долей. <i>Ответ: 1,7</i>
18.	Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

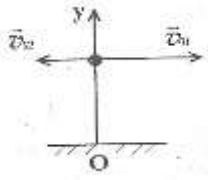
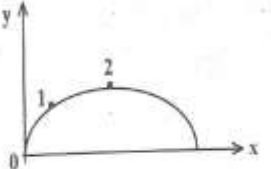
### Тест ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ПО ВЕРТИКАЛИ

1.	Тело свободно падает с высоты 15 м. На какой высоте оно будет через 1 с?
2.	С какой скоростью упадет тело на землю, если оно свободно падало 10 с?
3.	Тело начинает свободно падать с некоторой высоты. Вычислите, на сколько возрастет скорость тела за пятую секунду падения. Сопротивлением воздуха пренебречь
4.	Тело, брошенное вертикально вверх, достигает верхней точки траектории и падает обратно. На каком рисунке показан график зависимости модуля проекции скорости тела на вертикальную ось от времени $t$ движения? Сопротивлением воздуха пренебречь. 

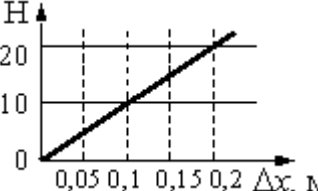
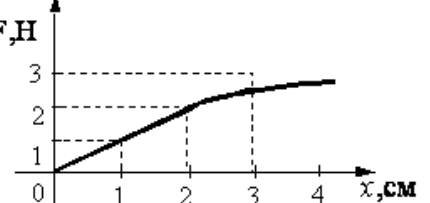
### Тест ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ

1.	С башни высотой 45 м горизонтально брошен камень со скоростью 10 м/с. На каком расстоянии от башни он упадет?
2.	На рисунке показаны начальные скорости двух тел, одновременно брошенных горизонтально. Дальше от точки О на землю упадет А. тело, полетевшее влево В. тело, полетевшее вправо С. оба тела упадут на одинаковом расстоянии ничего определенного сказать нельзя



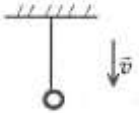
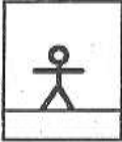
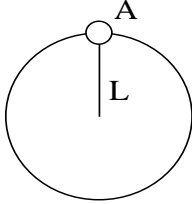
3.	<p>На рисунке показаны начальные скорости двух тел, одновременно брошенных горизонтально. Раньше на землю упадет</p> <p>А. тело, полетевшее влево</p> <p>В. тело, полетевшее вправо</p> <p>С. оба тела упадут одновременно</p> <p>ничего определенного сказать нельзя</p>	
4.	<p>На рисунке показана траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. Сравните модули скоростей в точках 1 и 2. Укажите направление ускорения в точках 1 и 2</p>	
5.	<p>Тело бросили под углом <math>\alpha=15^\circ</math> к горизонту с начальной скоростью <math>v_0=20</math> м/с. На каком расстоянии <math>L</math> от точки броска оно упадет на горизонтальную поверхность Земли? Влиянием воздуха пренебречь</p>	

### Тест СИЛА УПРУГОСТИ

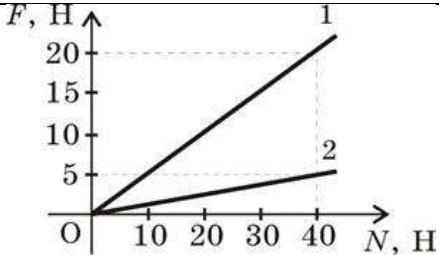
1.	<p>На рисунке представлен график зависимости силы <math>F_{\text{упр}}, \text{Н}</math> упругости пружины от величины ее деформации. Чему равна жесткость этой пружины?</p>															
2.	<p>Под действием груза пружина удлинилась на 1 см. Этот же груз подвесили к пружине с вдвое большей жесткостью. Чему равно удлинение пружины?</p>															
3.	<p>График построен по результатам экспериментального исследования зависимости силы упругости пружины от ее деформации. Закон Гука выполняется до значения силы упругости, равной ...</p>															
4.	<p>При исследовании упругих свойств пружины ученик получил следующую таблицу результатов измерений силы упругости пружины и ее удлинения:</p> <table border="1" data-bbox="236 1458 879 1554"> <tr> <td><math>F, \text{Н}</math></td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2,0</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td><math>x, \text{см}</math></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table> <p>Чему равна жесткость пружины?</p>		$F, \text{Н}$	0	0,5	1	1,5	2,0	2,5	$x, \text{см}$	0	1	2	3	4	5
$F, \text{Н}$	0	0,5	1	1,5	2,0	2,5										
$x, \text{см}$	0	1	2	3	4	5										
5.	<p>Под действием груза проволока удлинилась на 1 см. Этот же груз подвесили к проволоке такой же длины из того же материала, но имеющей в 2 раза большую площадь поперечного сечения. Вычислите удлинение проволоки.</p>															
6.	<p>Четыре одинаковые легкие пружины жесткостью <math>k=50</math> Н/м соединили последовательно и подвесили на них груз массой <math>m=1</math> кг. На какую длину <math>\Delta l</math> опустится груз в состоянии равновесия, когда пружины растянутся?</p>															
7.	<p>Пружину, жесткость которой <math>k</math>, разрезали на три равные части. Чему равна жесткость каждой пружины?</p>															



### Тест ВЕС ТЕЛА

1.	Шарик, подвешенный на нити, опускают вниз с постоянной скоростью. Как надо изменить скорость шарика, чтобы сила натяжения стала меньше силы тяжести	
2.	Космический корабль после выключения ракетных двигателей движется вертикально вверх, достигает верхней точки траектории и затем движется вниз. На каком участке траектории наблюдается состояние невесомости? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало	
3.	Лифт, опускающийся вниз, ускоряется. Укажите направление векторов скорости и ускорения. Найдите вес пассажира лифта. Масса пассажира 50 кг, ускорение лифта 4 м/с <sup>2</sup>	
4.	Автомобиль массой 2 т движется по вогнутому мосту. Вычислите вес автомобиля в нижней точке траектории, если модуль скорости автомобиля в этой точке равен 72 км/ч?	
5.	Камень, привязанный к веревке длиной L = 2,5 м, равномерно вращается в вертикальной плоскости. Масса камня 2 кг. При каком значении периода обращения камня его вес в точке А станет равным нулю?	

### Тест СИЛА ТРЕНИЯ

1.	Санки, съехав с горы, движутся далее по горизонтальной дорожке. Уравнение изменения координаты санок на дорожке равно $x = 5 + 8t - 3t^2$ . Чему равен коэффициент трения полозьев санок о дорожку?											
2.	При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{тр}$ от силы нормального давления $F_d$ были получены следующие данные:											
	<table border="1" data-bbox="244 1339 1142 1435"> <tr> <td><math>F_{тр}</math>, Н</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td><math>F_d</math>, Н</td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> <td>3,0</td> <td>4,0</td> </tr> </table>	$F_{тр}$ , Н	0,2	0,4	0,6	0,8	$F_d$ , Н	1,0	2,0	3,0	4,0	
$F_{тр}$ , Н	0,2	0,4	0,6	0,8								
$F_d$ , Н	1,0	2,0	3,0	4,0								
	Вычислите из результатов исследования коэффициент трения скольжения.											
3.	При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?											
4.	На рисунке представлены графики зависимости модуля силы трения F от модуля силы нормального давления N. Каково соотношение между коэффициентами трения $\mu_1$ и $\mu_2$ ?											
5.	Горизонтальный диск радиусом R=0,5 м вращается вокруг своей оси с угловой скоростью $\omega=4$ рад/с. На краю диска лежит грузик. Чему равен коэффициент трения грузика о диск, если во время вращения грузик не смещается относительно диска?											

## Тест ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСКОЛЬКИХ СИЛ

1.	<p>На рисунке показан график зависимости скорости тела от времени. Определите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Начальную скорость тела.</li> <li>Конечную скорость тела при разгоне.</li> <li>Время изменения скорости.</li> <li>Ускорение тела.</li> <li>Силу тяги при разгоне.</li> </ol>	
2.	<p>После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением <math>V = 20 - 3t</math>. Вычислите коэффициент трения шайбы о лед.</p>	
3.	<p>Под действием подвешенного груза пружина удлинилась. Рассчитайте жесткость пружины. Масса груза 100г, удлинение пружины 10 см.</p>	
4.	<p>На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот радиусом 9 м. Коэффициент трения шин об асфальт 0,4. Вычислите скорость при развороте, чтобы автомобиль не занесло.</p>	
5.	<p>Рабочий тащит ящик с постоянной скоростью по горизонтальному полу, прикладывая к веревке, привязанной к ящику и составляющей угол <math>\alpha=30^\circ</math> с горизонтом, силу <math>F=250</math> Н. Чему равна величина силы трения <math>F_{тр}</math> ящика о пол?</p>	
6.	<p>На горизонтальном вращающемся диске на расстоянии 1 м от оси вращения лежит брусок. Коэффициент трения между бруском и диском равен <math>\mu=0,2</math>. При какой частоте вращения диска брусок начнет с него соскальзывать?</p>	
7.	<p>Автомобиль массой 3 т поворачивает с постоянной по модулю скоростью 72 км/ч. Определите максимальный радиус поворота автомобиля, если коэффициент трения колес о дорогу равен <math>\mu=0,2</math>.</p>	

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Лабораторная работа «ИЗУЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ»

**Цель:** научиться определять скорость движения тела и строить графики механического движения.

**Приборы и материалы:** металлический шарик; секундомер; линейка; измерительная лента; штатив с муфтой и лапкой; наклонная плоскость.

**Порядок выполнения работы:**

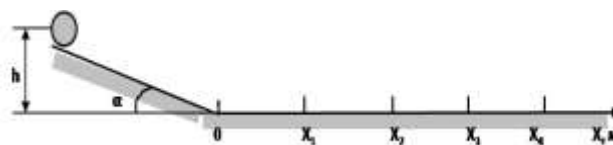
1. В качестве равномерно движущегося тела используем шарик, катящийся по горизонтальной поверхности, который приобрёл скорость, скатившись с наклонной плоскости небольшой высоты.
2. Соберите экспериментальную установку, расположив наклонную плоскость под минимально возможным углом  $\alpha$  к горизонту, чтобы скорость шарика на горизонтальном участке не была слишком велика.
3. Измерьте высоту подъема наклонной плоскости  $h$
4. Начало горизонтального участка совместите с началом измерительной ленты.
5. Запустите шарик с высоты  $h$  и измерьте время  $t_1$ , за которое он пройдет расстояние  $x_1$
6. Для уменьшения случайной погрешности повторите измерения при неизменных условиях ещё 4 раза.
7. Рассчитайте среднее время скатывания шарика  $t_{1cp}$
8. Рассчитайте скорость шарика на первом участке пути по формуле:

$$V_1 = \frac{x_1}{t_{1cp}}$$

9. Запустите шарик с высоты  $h$  и измерьте время  $t_2$ , за которое он пройдет расстояние  $x_2$
10. Для уменьшения случайной погрешности повторите измерения при неизменных условиях ещё 4 раза
11. Рассчитайте среднее время скатывания шарика  $t_{2cp}$
12. Рассчитайте скорость шарика на первом участке пути по формуле:

$$V_2 = \frac{x_2}{t_{2cp}}$$

13. Аналогичные измерения проделайте для третьего участка пути  $x_3$
14. Результаты измерений занесите в отчетную таблицу.
15. Сравните полученные значения скоростей  $V_1, V_2, V_3$  и сделайте вывод о характере движения шарика по горизонтальной поверхности.
16. Постройте график зависимости  $x(t_{cp})$
17. Рассчитайте по графику скорость движения шарика по горизонтальной поверхности



ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА

$x_1$ м	$t_1$ с	$t_{1cp}$ с	$V_1$ м/с	$x_2$ м	$t_2$ с	$t_{2cp}$ с	$V_2$ м/с	$x_3$ м	$t_3$ с	$t_{3cp}$ с	$V_3$ м/с

## Лабораторная работа «ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ И СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ПРИ СКАТЫВАНИИ ШАРИКА С НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ»

**Цель:** изучить движение шарика по наклонной плоскости.

**Порядок выполнения работы:**



1. закрепите желоб в штативе так, чтобы он образовывал угол  $5^\circ - 10^\circ$  с горизонтальной поверхностью стола
2. для **измерения средней скорости** движения шарика
  - измерьте длину наклонной плоскости -  $l$  (сантиметровой лентой)
  - измерьте время скатывания шарика с наклонной плоскости -  $t$  (секундомером)
  - повторите опыт 5 раз
  - найдите среднее время скатывания шарика по формуле:  $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_5}{5}$
  - рассчитайте среднюю скорость по формуле:  $V_{cp} = \frac{l}{t_{cp}}$
3. **изучите движения шарика** по наклонной плоскости
  - во время движения шарика из состояния покоя отмечайте на желобе мелом его положение каждую секунду
  - измерьте перемещение шарика за первую -  $s_{первую}$ , вторую -  $s_{вторую}$ , третью -  $s_{третью}$  секунду
  - повторите опыт 5 раз
  - рассчитайте *среднее* перемещение шарика
    - за первую секунду -  $s_{первую.ср} = \frac{s_{первую1} + s_{первую2} + \dots + s_{первую5}}{5}$ ,
    - за вторую секунду -  $s_{вторую.ср} = \frac{s_{вторую1} + s_{вторую2} + \dots + s_{вторую5}}{5}$ ,
    - за третью секунду -  $s_{третью.ср} = \frac{s_{третью1} + s_{третью2} + \dots + s_{третью5}}{5}$
  - проверьте равенство  $s_{первую.ср} : s_{вторую.ср} : s_{третью.ср} = 1:3:5$  (т.е. отношение перемещений относятся как последовательный ряд нечетных целых чисел)
4. для **измерения ускорения**
  - из п №3 возьмите данные среднего перемещения за *первую* секунду (т.е  $t = 1$ с)
  - рассчитайте ускорение по формуле:  $a = \frac{2s_{первую.ср}}{t^2}$

(из формулы  $s_{первую} = V_0 t + \frac{at^2}{2}$ , при  $V_0 = 0$ )

$$a = \frac{2s_{cp}}{t^2}$$

5. результаты измерений занесите в отчетную таблицу:

№	l м	t с	t <sub>ср</sub> с	V <sub>ср</sub> $\frac{м}{с}$	s <sub>первую</sub> м	s <sub>первую.ср</sub> м	s <sub>вторую</sub> м	s <sub>вторую.ср</sub> м	s <sub>третью</sub> м	s <sub>третью.ср</sub> м	a $\frac{м}{с^2}$
1.											

2.										
3.										
4.										
5.										

## Лабораторная работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА

### Опыт 1 Определение плотности вещества твердого тела

**Цель:** научиться определять плотность вещества с помощью весов и мензурки.

**Приборы и материалы:** мензурка; стакан низкий с водой; весы с разновесами; твердое тело.

#### Порядок выполнения работы:

1. Определите ЦД шкалы мензурки.
2. Налейте в мензурку воду и определите ее объем  $V_в$
3. Опустите в мензурку тело и определите объем воды с телом  $V_{в+тело}$
4. Рассчитайте объем тела  $V = V_{в+тело} - V_в$
5. Измерьте массу тела на рычажных весах  $m$
6. Вычислите примерную плотность вещества по формуле:

$$\rho_{пр} = \frac{m}{V}$$

7. Вычислите относительную погрешность измерения плотности по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V}$$

8. Вычислите абсолютную погрешность измерения плотности по формуле:  $\Delta\rho = \rho_{пр} \cdot \varepsilon$
9. Результат измерения плотности представьте в виде:  $\rho = \rho_{пр} \pm \Delta\rho$
10. По таблице плотностей твердых тел, с учетом погрешности, установите вещество, из которого сделано тело.
11. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу № 1.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА № 1

$V_в$ мл	$V_{в+тело}$ мл	$V$ см <sup>3</sup>	$\Delta V$ см <sup>3</sup>	$m$ г	$\Delta m$ г	$\rho_{пр}$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_{пр}$ кг/м <sup>3</sup>

### Опыт 2 Определение плотности жидкости

**Цель:** научиться определять плотность жидкости.

**Приборы и материалы:** мензурка; стакан низкий с водой; весы с разновесами.

#### Порядок выполнения работы:

1. Поставьте стакан с водой на весы и измерьте массу стакана и воды  $m_1$
2. Перелейте воду в мензурку.
3. Поставьте пустой стакан на весы и измерьте массу стакана  $m_2$
4. Вычислите массу воды:  $m = m_1 - m_2$
5. Определите объем воды в мензурке  $V$



6. Вычислите примерную плотность воды по формуле:

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{m}{V}$$

7. Вычислите относительную погрешность измерения плотности по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V}$$

8. Вычислите абсолютную погрешность измерения плотности по формуле:  $\Delta\rho = \rho_{\text{пр}} \cdot \varepsilon$

9. Результат измерения плотности представьте в виде:  $\rho = \rho_{\text{пр}} \pm \Delta\rho$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу № 2.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА №2

$m_1$ г	$m_2$ г	$m$ г	$\Delta m$ г	$V$ см <sup>3</sup>	$\Delta V$ см <sup>3</sup>	$\rho_{\text{пр}}$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_{\text{пр}}$ кг/м <sup>3</sup>

### **Опыт № 3** Определение плотности жидкости ареометром

Ареометр представляет собой узкую стеклянную трубку, расширяющуюся в нижней части и имеющую на конце груз из свинцовой дроби.

Ареометры, предназначенные для измерения жидкостей с различными плотностями, содержатся разное количество дроби.

В узкой части трубки помещается шкала. В зависимости от приблизительно предполагаемой плотности жидкости выбирают тот или иной ареометр из набора.

**Цель:** научиться определять плотность жидкости ареометром.

**Приборы и материалы:** мензурка; стакан с водой; стакан с раствором соли, ареометр.

**Порядок выполнения работы:**

1. Из набора ареометров выберите тот, который по вашему предположению будет плавать в жидкости.
2. Налейте в мензурку жидкость и опустите осторожно в нее ареометр.
3. Для отсчета по шкале глаз расположите на уровне поверхности жидкости и замете соответствующее деление шкалы.
4. Измерьте так плотность воды и плотность раствора соли в воде.
5. Результаты измерения запишите в виде:

$$\rho_{\text{воды}} = \rho_{\text{пр}} \pm \Delta\rho$$

$$\rho_{\text{раствора соли}} = \rho_{\text{пр}} \pm \Delta\rho$$

### **Лабораторная работа ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНИЯ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА**

Согласно второму закону Ньютона, ускорение, которое получает тело при взаимодействии прямопропорционально силе, действующей на это тело и обратно пропорционально массе этого тела.

Проверка закона осуществляется в два этапа. На первом этапе, оставив силу без изменения проверить зависимость ускорения тела от его массы. Очевидно, если закон выполняется, то должно выполняться равенство

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Ускорение, которое приобретает шарик при скатывании по желобу можно определить из выражения

$$s = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Если тело скатывается без начальной скорости, то ускорение определяется выражением

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

Сила, скатывающая шарик, будет равнодействующая сил тяжести и реакции опоры. Можно показать, что

$$F_{\text{рез}} = mg \cdot \sin\alpha$$
$$\sin\alpha = \frac{h}{s}$$

Тогда

$$F_{\text{рез}} = \frac{mgh}{s}$$

где  $\alpha$  - угол наклона желоба к столу,  $h$  - высота наклонной плоскости,  $s$  - длина желоба  
Если

$$F_1 = F_2$$

то

$$\frac{m_1 g h_1}{s} = \frac{m_2 g h_2}{s}$$

Следовательно

$$m_1 h_1 = m_2 h_2$$

На втором этапе проверяется зависимость ускорения тела от величины силы, действующей на него. Если массу тела оставить неизменной, то должно выполняться соотношение:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

Если в эксперименте используется одно и то же тело, то

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

**Приборы и материалы:** штатив; желоб; линейка; шарики разных масс; весы; секундомер.

### **Опыт 1**

**Цель:** проверить зависимость ускорения тела при взаимодействии от его массы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Установите желоб под некоторым углом к столу и измерьте высоту наклонной плоскости  $h_1$
2. Измерьте длину наклонной плоскости  $s$
3. Выберите шарик и измерьте его массу на весах  $m_1$
4. Запустите шарик без толчка вниз по желобу и измерьте время скатывания шарика с желоба  $t_1$

5. Проведите измерения 5 раз.
6. Рассчитайте среднее время скатывания шарика по желобу  $t_{1\text{ ср}}$
7. Выберите второй шарик и измерьте его массу на весах  $m_2$
8. Определите высоту поднятия желоба для запуска второго шарика по формуле:

$$h_2 = \frac{m_1 h_1}{m_2}$$

9. Запустите второй шарик без толчка вниз по желобу и измерьте время скатывания шарика с желоба  $t_2$
10. Проведите измерения 5 раз.
11. Рассчитайте среднее время скатывания шарика по желобу  $t_{2\text{ ср}}$
12. Рассчитайте отношение ускорений шариков по формуле:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_{2\text{ ср}}^2}{t_{1\text{ ср}}^2}$$

13. Проверьте верность соотношения:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

14. Результаты измерений занесите в отчетную таблицу № 1.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА № 1

$s$ м	$m_1$ кг	$h_1$ м	$t_1$ с	$t_{1\text{ ср}}$ с	$m_2$ кг	$h_2$ м	$t_2$ с	$t_{2\text{ ср}}$ с	$\frac{a_1}{a_2}$	$\frac{m_2}{m_1}$

### Опыт 2

**Цель:** проверить зависимость ускорения тела от силы, действующей на него при взаимодействии.

#### Порядок выполнения работы:

1. Установите желоб под некоторым углом к столу и измерьте высоту наклонной плоскости  $h_1$
2. Выберите наиболее тяжелый шарик и запустите его без начальной скорости и измерьте время скатывания шарика с желоба  $t_1$
3. Проведите измерения 5 раз.
4. Рассчитайте среднее время скатывания шарика по желобу  $t_{1\text{ ср}}$
5. Установите желоб под другим углом к столу и измерьте высоту наклонной плоскости  $h_2$
6. Запустите тот же шарик без начальной скорости и измерьте время скатывания шарика с желоба  $t_2$
7. Проведите измерения 5 раз.
8. Рассчитайте среднее время скатывания шарика по желобу  $t_{2\text{ ср}}$
9. Рассчитайте отношение ускорений шариков по формуле:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_{2\text{ ср}}^2}{t_{1\text{ ср}}^2}$$



10. Рассчитайте

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

11. Проверьте верность соотношения

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

12. Результаты измерений занесите в отчетную таблицу № 2

13. На основании двух проверок сделайте вывод о справедливости второго закона Ньютона.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА № 2

$h_1$ м	$t_1$ с	$t_{1\text{ ср}}$ с	$h_2$ м	$t_2$ с	$t_{2\text{ ср}}$ с	$\frac{a_1}{a_2}$	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{h_1}{h_2}$

### Лабораторная работа НАХОЖДЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ

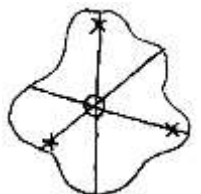
**Цель:** сформировать умение определять центр тяжести тела.

**Приборы и материалы:** плоская картонная фигура произвольной формы, штатив с лапкой и муфтой, пробка, булавка (одностержневая), линейка, отвес (грузик на нити).

Задача о нахождении центра тяжести очень важна в механике. Понятно, что она наиболее проста для симметричных плоских тел: пересечение диаметров круга или диагоналей квадрата и является их центром тяжести. Следует отметить, что центр тяжести может находиться как внутри тела, так и снаружи.

**Порядок выполнения работы:**

1. Зажмите пробку в лапке штатива.
2. Прodelайте по краям картонной пластины три отверстия
3. Вставив булавку в одно из отверстий, подвесьте пластину к пробке, закрепленной в лапке штатива
4. К той же булавке прикрепите отвес.
5. С помощью карандаша отметьте на нижнем и верхнем краях пластины точки, лежащие на линии отвеса.
6. Сняв пластину, проведите через отмеченные точки прямую линию.
7. Повторите опыт, используя два других отверстия в пластине.
8. Получив точку пересечения трех линий, убедитесь, что она является центром тяжести данной фигуры. Для этого, расположив пластину в горизонтальной плоскости, поместите ее центр тяжести на острие заточенного карандаша.



## Лабораторная работа ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

**Цель работы:** измерить начальную скорость, сообщенную телу в горизонтальном направлении при его движении под действием силы тяжести.

**Приборы и материалы:** штатив с муфтой и лапкой; лоток для пуска шарика; фанерная доска; шарик; бумага; кнопки; копировальная бумага; линейка с миллиметровыми делениями.

### Описание работы:

Если шарик брошен горизонтально, то он движется по параболе. За начало координат примем начальное положение шарика. Направим ось  $X$  горизонтально, а ось  $Y$  – вертикально вниз. Тогда в любой момент времени  $t$ :

$$x = V_0 t; \quad y = \frac{gt^2}{2}$$

Дальность полета тела  $L$  – это значение координаты  $x$ , которое оно будет иметь, если вместо  $t$ , подставить время падения тела с высоты  $h$ . Поэтому можно записать: время падения  $t$  и начальную скорость  $V_0$ :

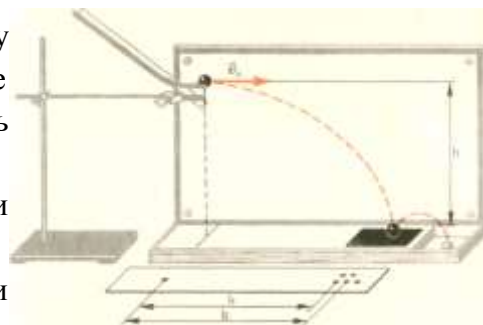
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$
$$V_0 = \frac{L}{t} = L\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Если несколько раз пускать шарик в неизменных условиях опыта, то значения дальности полета будут иметь некоторый разброс из-за влияния различных причин, которые невозможно учесть. В таких случаях за значение измеряемой величины принимается среднее арифметическое результатов, полученных в нескольких опытах.

### Порядок выполнения работы:

1. С помощью штатива укрепите фанерную доску вертикально. При этом той же лапкой зажмите выступ лотка. Загнутый конец лотка должен быть горизонтальным.
2. Прикрепите к фанере кнопка или скотчем лист бумаги шириной не менее 20 см.
3. У основания установки на полоску белой бумаги положите копировальную бумагу.
4. Пустите шарик с определенного места лотка, так, чтобы он упал на копировальную бумагу.
5. Повторите опыт пять раз, пуская шарик из одного и того же места лотка.
6. Уберите копировальную бумагу. На листе бумаги остались следы от падений шарика. Измерьте по ним дальность полета для каждого случая.
7. Рассчитайте среднее значение дальности полета шарика как среднее арифметическое.
8. Измерьте высоту  $h$ .
9. Рассчитайте среднее значение начальной скорости по формуле:

$$V_{\text{ср}} = L_{\text{ср}} \sqrt{\frac{g}{2h}}$$



10. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу №1.

11. Рассчитайте координаты тела через каждые 0,05 с по формулам:

$$x = V_0 t; \quad y = \frac{gt^2}{2}$$

12. Результаты вычислений занесите в отчетную таблицу №2.

13. По табличным значениям постройте траекторию движения на листе бумаги, прикрепленном к фанерной доске.

14. Пустите шарик по желобу и убедитесь в том, что его траектория близка к построенной параболе.

15. Сделайте вывод.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА №1

№ опыта	$h$	$L$	$L_{\text{ср}}$	$V_{\text{ср}}$
	м	м	м	м/с
1				
2				
3				
4				
5				

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА №2

$t, \text{с}$	0	0,05	0,10	0,15	0,2	0,25	0,3			
$x, \text{м}$	0									
$y, \text{м}$	0									

### Лабораторная работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ ДИНАМОМЕТРА Способ 1

**Цель:** Определить жесткость пружины динамометра

**Приборы и материалы:** динамометр; груз массой 100 г; штатив; лист непрозрачной бумаги.

**Порядок выполнения работы:**

1. Закройте шкалу динамометра непрозрачной бумагой и зафиксируйте ее с помощью скотча.
2. Закрепите динамометр вертикально в лапке штатива.
3. Отметьте карандашом нулевое положение указателя динамометра.
4. Подвесьте на крючок динамометра груз массой 100г и отметьте карандашом положение указателя нагруженного динамометра.
5. Измерьте линейкой деформацию пружины динамометра  $x$
6. Рассчитайте силу тяжести, которая действует на груз массой 100 г:  $F_{\text{тяж}} = mg$
7. В неподвижном состоянии динамометра и груза сила тяжести, действующая на брусок равна силе упругости  $F_{\text{тяж}} = F_{\text{упр}}$
8. Сила упругости, возникшая при деформации в пружине, определяется законом Гука

$$F_{\text{упр}} = k x$$

9. Рассчитайте примерную жесткость пружины по формуле

$$k_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$$

10. Рассчитайте относительную погрешность измерения жесткости по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta F_{\text{упр}}}{F_{\text{упр}}} + \frac{\Delta x}{x}$$

11. Рассчитайте абсолютную погрешность измерения жесткости по формуле

$$\Delta k = k_{\text{пр}} \cdot \varepsilon$$

12. Результат измерения жесткости пружины представьте в виде

$$k = k_{\text{пр}} \pm \Delta k$$

13. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу №1.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА №1

$F_{\text{тяж}}$ Н	$x$ м	$k_{\text{пр}}$ Н/м	$\Delta F_{\text{упр}}$ Н	$\Delta x$ м	$\varepsilon$	$\Delta k$ Н/м
			0,1	0,001		

### Способ 2

**Цель:** Определить жесткость пружины динамометра.

**Приборы и материалы:** динамометр; набор грузов массой по 100 г; штатив; лист непрозрачной бумаги.

**Порядок выполнения работы:**

1. Закройте шкалу динамометра непрозрачной бумагой и зафиксируйте ее с помощью скотча.
2. Закрепите динамометр вертикально в лапке штатива.
3. Отметьте карандашом нулевое положение указателя динамометра.
4. Подвесьте на крючок динамометра груз массой 100г и отметьте карандашом положение указателя нагруженного динамометра.
5. Измерьте линейкой деформацию пружины динамометра  $x_1$
6. Рассчитайте силу тяжести, которая действует на груз массой 100 г:  $F_{\text{тяж}} = mg$
7. В неподвижном состоянии динамометра и груза сила тяжести, действующая на брусок равна силе упругости  $F_{\text{тяж}} = F_{\text{упр}}$
8. Занесите в таблицу значения силы упругости  $F_{\text{упр}1}$  и величины деформации  $x_1$
9. Подвесьте к динамометру второй груз массой 100 г и отметьте карандашом положение указателя динамометра.
10. Измерьте линейкой деформацию пружины динамометра  $x_2$
11. Занесите в таблицу значения силы упругости  $F_{\text{упр}2}$  и величины деформации  $x_2$
12. Повторите эксперимент, подвешивая к динамометру третий и четвертый грузы.
13. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу №2.
14. На основании таблицы постройте график зависимости силы упругости от величины деформации.
15. На графике найдите среднюю точку, из которой опустите перпендикуляры на оси.
16. Снимите значения с осей и рассчитайте жесткость по формуле:

$$k_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{упр ср}}}{x_{\text{ср}}}$$

17. Сравните значения жесткости пружины, полученные разными способами.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА №2

$F_{\text{упр}}, \text{Н}$				
$x, \text{м}$				

### Лабораторная работа ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ

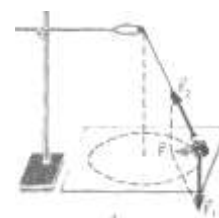
Для лабораторной работы используется конический маятник: на прочной нити висит груз. На прикрепленное к нити тело (им в работе является груз из набора по механике)

действуют сила тяжести  $\vec{F}_{\text{тяж}}$  и сила упругости  $\vec{F}_{\text{упр}}$ .

Их равнодействующая равна  $\vec{F} = \vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{упр}}$ . Эта сила сообщает грузу центростремительное ускорение:

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

Где  $r$  – радиус окружности, по которой движется груз,  $T$  – период его обращения.



Для нахождения периода необходимо измерить время  $t$  определенного числа  $N$  оборотов.



$$T = \frac{t}{N}$$

Тогда

$$a = \frac{4\pi^2 N^2 r}{t^2}$$

Модуль равнодействующей силы можно измерить, скомпенсировав ее силой упругости пружины динамометра так, как это показано на рисунке.

Согласно второму закону Ньютона  $F = ma$ . Откуда:

$$\frac{F}{ma} = 1$$

При подстановке в это равенство полученных в опыте значений может оказаться, что левая часть этого равновесия отличается от единицы. Это и позволяет оценить погрешность эксперимента.

**Цель:** Убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на ускорение.

**Приборы и материалы:** линейка с миллиметровыми делениями; секундомер; динамометр; штатив с муфтой и кольцом; прочная нить; лист бумаги с начерченной окружностью радиусом 15 см; груз из набора по механике.

**Порядок выполнения работы:**

1. Нить длиной около 45 см привяжите к грузу и подвесьте к кольцу штатива.
2. Под маятником на столе положите лист, с начерченной заранее окружностью радиуса  $r$ . Маятник в положении равновесия должен висеть над центром окружности.

3. Возьмите двумя пальцами за нить у точки подвеса маятника и приведите во вращение маятник по окружности, начерченной на листе.
4. Отсчитайте 10 оборотов, фиксируя время, затраченное на эти обороты  $t$ .
5. Повторите п.3 и п.4 еще 4 раза.
6. Рассчитайте среднее время движения 10 оборотов как среднее арифметическое.
7. Рассчитайте среднее ускорение по формуле:

$$a_{\text{ср}} = \frac{4 \pi^2 N^2 r}{t_{\text{ср}}^2}$$

8. Измерьте модуль равнодействующей силы  $F$ , уравновесив ее силой упругости пружины динамометра. Для этого, прикрепите крючок динамометра к грузу и оттяните груз на расстояние, равное радиусу начерченной окружности.
9. Измерьте массу груза.
10. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.
11. Вычислите отношение:

$$\frac{F}{m a_{\text{ср}}}$$

12. Сравните вычисленное отношение с единицей и сделайте вывод о погрешности экспериментальной проверки того, что центростремительно ускорение сообщает телу векторная сумма действующих на него сил.

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА

Номер опыта	$r$ м	$N$	$t$ с	$t_{\text{ср}}$ с	$a_{\text{ср}}$ м/с <sup>2</sup>	$m$ кг	$F$ Н
1							
2							
3							
4							
5							

## Лабораторная работа ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ

### Опыт 1. Измерение силы трения

**Цель:** сформировать умение измерять силу трения с помощью динамометра.

**Приборы и материалы:** динамометр; брусок деревянный; линейка трибометра.

#### Порядок выполнения работы:

Сила трения направлена противоположно вектору скорости движения тела.

Если тело под действием силы  $F$  движется с постоянной скоростью по горизонтальной поверхности, то сила трения равна по модулю и направлена противоположно действующей силе  $F$ . В этом случае для определения силы трения нужно измерить действующую силу  $F$



1. Положите брусок на линейку трибометра и тяните его равномерно с помощью динамометра.
2. Снимите показания динамометра.

### Опыт 2. Сравнение силы трения покоя, скольжения и качения

**Цель:** сравнить силы трения покоя, скольжения и качения.

**Приборы и материалы:** динамометр; брусок деревянный; линейка трибометра; карандаши круглые - 2 шт.; набор грузов

**Порядок выполнения работы:**

1. Утяжелите брусок, положив на него два груза по 100 г
2. Измерьте силу трения покоя. Для этого положите брусок на линейку трибометра и тяните его с помощью динамометра, следя за увеличением силы, пока брусок не сдвинется с места. Максимальное значение динамометра соответствует силе трения покоя
3. Измерьте силу трения скольжения. Для этого положите брусок на линейку трибометра и тяните его равномерно с помощью динамометра. Снимите показания динамометра
4. Измерьте силу трения качения. Для этого положите брусок на два круглых карандаша и тяните его равномерно с помощью динамометра. Снимите показания динамометра
5. Результаты измерений запишите в таблицу:

$F_{тр\ покая}, Н$	$F_{тр\ скольжения}, Н$	$F_{тр\ качения}, Н$

6. Сравните силы трения и сделайте вывод

### **Опыт 3. Исследование силы трения от площади поверхности соприкосновения**

**Цель:** исследовать, зависит ли сила трения от площади поверхности соприкасающихся тел

**Приборы и материалы:** динамометр; брусок деревянный; линейка трибометра.

**Порядок выполнения работы:**

1. Положите деревянный брусок на линейку трибометра гранью с наименьшей площадью поверхности  $S_1$ .
2. Прикрепите к бруску динамометр. Потяните динамометр параллельно плоскости стола и измерьте силу трения при равномерном движении бруска.
3. Положите брусок на линейку трибометра другой гранью с площадью поверхности  $S_2$  и повторите опыт.
4. Результаты измерений запишите в отчетную таблицу:

Площадь соприкосновения	$F_{тр}, Н$
$S_1$	
$S_2$	

5. Сделайте вывод, зависит ли сила трения от площади поверхности соприкасающихся тел.

### **Опыт 4. Исследование силы трения от материала соприкасающихся поверхностей**

**Цель:** исследовать, зависит ли сила трения от материала соприкасающихся поверхностей.

**Приборы и материалы:** динамометр; брусок деревянный; линейка трибометра; резиновая полоска; полоска наждачной бумаги.

**Порядок выполнения работы:**

1. Положите брусок на линейку трибометра и измерьте силу трения
2. Положите брусок на резиновую полоску и измерьте силу трения
3. Положите брусок на наждачную бумагу и измерьте силу трения
4. Результаты измерений запишите в отчетную таблицу:

Материал соприкасающейся с бруском поверхности	$F_{тр}, Н$

дерево	
резина	
наждачная бумага	

- Сравните полученные значения силы
- Сделайте вывод, зависит ли сила трения от материала соприкасающихся поверхностей

### **Опыт 5. Исследование силы трения от веса тела**

**Цель:** исследовать, зависит ли сила трения от веса тела

**Приборы и материалы:** динамометр; брусок деревянный; линейка трибометра; набор грузов.

**Порядок выполнения работы:**

- Взвесьте брусок при помощи динамометра.
- Положите брусок на линейку трибометра и тяните его равномерно с помощью динамометра. Снимите показания динамометра.
- Положите на брусок груз массой 100 г (при этом вес бруска с грузом увеличился на 1 Н) и тяните его равномерно с помощью динамометра. Снимите показания динамометра.
- Повторите опыт с двумя и тремя грузами.
- Рассчитайте для каждого случая  $\frac{F_{тр}}{P}$
- Результаты опытов занесите в таблицу:

№ опыта	Вес бруска $P, Н$	Сила трения $F_{тр}, Н$	$\frac{F_{тр}}{P}$

- Сделайте вывод, зависит ли сила трения от веса тела.
- Проанализируйте столбик таблицы  $\frac{F_{тр}}{P}$  и сделайте вывод.
- Постройте график зависимости силы трения от веса тела (по горизонтальной оси на графике отложите значения веса тела, по вертикальной оси – значения силы трения).

### **Опыт 6. Измерение коэффициента трения скольжения**

**Цель:** определить коэффициент трения деревянного бруска, скользящего по трибометру

**Приборы и материалы:** динамометр, деревянный брусок, набор грузов, трибометр.

**Описание работы:**

С помощью динамометра измеряют силу, с которой нужно тянуть брусок с грузами по горизонтальной поверхности так, чтобы он двигался равномерно. Эта сила равна по модулю силе трения, действующей на брусок.

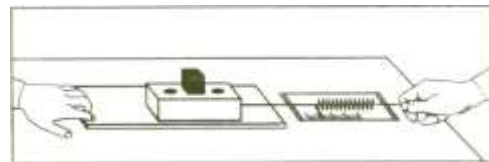
С помощью этого же динамометра можно найти вес бруска с грузом. Этот вес по модулю равен силе нормального давления  $N$  бруска на поверхность, по которой он скользит (по третьему закону Ньютона).



Определив таким образом значения силы трения при различных значениях силы нормального давления, необходимо построить график зависимости  $F_{\text{тр}}(P)$  и найти среднее значение коэффициента трения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Положите брусок на горизонтально расположенный трибометр.
2. Прикрепив к бруску динамометр, как можно более равномерно тяните его вдоль трибометра. Заметьте показание динамометра.
3. Измерьте вес бруска, подвесив его к крючку динамометра.
4. Снова положите брусок на трибометр. Но теперь поставьте на брусок груз.



2. Тяните равномерно брусок за динамометр и замете показания динамометра.
3. Измерьте вес бруска с грузом, подвесив их к крючку динамометра.
4. Повторите опыт, добавив второй и третий грузы.
5. Результаты измерений занесите в отчетную таблицу.
6. По результатам измерений постройте график зависимости  $F_{\text{тр}}(P)$ .
7. Отметьте на графике среднюю точку и из нее опустите перпендикуляры на координатные оси.
8. Используя средние значения рассчитайте коэффициент трения по формуле:

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{тр ср}}}{P_{\text{ср}}}$$

9. Рассчитайте максимальную относительную погрешность измерения коэффициента трения по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр} 1}} + \frac{\Delta P}{P_1}$$

наибольшая погрешность в опыте с одним грузом, так как в этом случае знаменатели имеют наименьшее значение

10. Рассчитайте максимальную абсолютную погрешность измерения коэффициента трения по формуле:

$$\Delta\mu = \varepsilon \cdot \mu_{\text{ср}}$$

11. Результат измерения коэффициента трения представьте в виде:  $\mu = \mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu$

**ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА**

№ опыта	$P$ Н	$\Delta P$ Н	$F_{\text{тр}}$ Н	$\Delta F_{\text{тр}}$ Н	$\mu_{\text{ср}}$	$\varepsilon$
1						
2						
3						
4						

**Опыт 7. Определение коэффициента трения скольжения сыпучих тел**

Сыпучие вещества имеют неодинаковые коэффициенты трения. Определить коэффициент трения сыпучих тел можно по углу откоса:

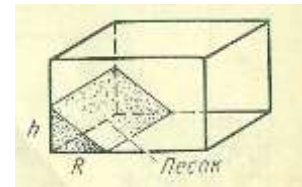
$$\mu = \operatorname{tg} \alpha$$

Для этого в прозрачную коробку прямоугольной формы помещают определенное количество сыпучего вещества. Затем коробку аккуратно наклоняют и ставят на боковую грань. С помощью линейки определяют высоту и основание наклонной плоскости, которую образовало сыпучее вещество.

По высоте и основанию наклонной плоскости вычисляют угол:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R}$$

Результаты измерений занесите в отчетную таблицу.



ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА

Вещество	$h$ , см	$R$ , см	$\alpha$	$\mu$
песок				
соль				