# Лабораторная работа № 1

## Законы сохранения в механике

При механических взаимодействиях тел выполняются механические законы сохранения:

1. В замкнутой системе тел суммарный импульс системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

*,*

где **-импульсы поступательно движущихся тел системы.

2. В замкнутой системе тел суммарный момент импульса системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

,

где  - моменты импульса вращающихся тел системы.

3. В замкнутой системе тел полная механическая энергия остается постоянной, если взаимодействия между телами происходит с помощью силы гравитации или упругости (но не силы трения)



Целью данной работы является лабораторная проверка выполнения механических законов сохранения и определение некоторых физических величин с помощью этих законов. При этом необходимо всегда иметь в виду, что при механическом движении всегда действуют силы трения и сопротивления. Поэтому потери механической энергии (переход ее во внутреннюю энергию) неизбежны. Но, учитывая работу сил трения, в любом случае можно применить общий закон сохранения энергии:

*E1 = E2 + Aтр*

*Задание 1*. **Проверка закона сохранения механической энергии с помощью машины Атвуда**

*Оборудование:* машина Атвуда с набором грузов и перегрузков, секундомер, линейка. Массы грузов, перегрузков и блока указаны в «паспорте» прибора.



«Верхнее» положение «Среднее» положение «Нижнее» положение полоположениеположение 3

*1*

*2*

*1*

*1*

*2*

*2*

Полная механическая энергия движущихся грузов в машине Атвуда равна сумме потенциальных и кинетических энергий грузов и вращающегося блока

*Е = Еп1 + Ек1 +Еп2 + Ек2* + *К*

*–* кинетическая энергия вращения блока, где  - момент инерции блока, *ω* - угловая скорость его вращения.

Требуется проверить, что механическая энергия системы одинакова (остается постоянной) в любом положении (в любой момент времени движения). Вычисление энергий проводить с точностью до *0,001 Дж.* Остальные указания должны быть понятны при изучении формы отчета к заданию. Погрешности измерений в этом задании не будем учитывать – при тщательном выполнении опытов они составляют не более *5 %.*

Ответе на вопросы:

1. Велик ли вклад в общую энергию системы кинетической энергии блока? Сколько максимально процентов он составляет по отношению полной энергии системы? Следовало ли вообще учитывать энергию вращения блока в данном опыте?
2. Оцените в процентах потери механической энергии в «среднем» и «нижнем» положении по отношению к энергии «верхнего» положения.
3. Сделайте вывод: «Выполняется ли с учетом потерь закон сохранения механической энергии в данном опыте? Можно ли применять этот закон к системам, подобным машине Атвуда?».

*Задание 2*. **Применение закона сохранения энергии для определения коэффициента трения**

*Оборудование:* линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, шайба (шашка), измерительная линейка.

Задание состоит из двух частей:

1. Сначала надо определить коэффициент трения *μ1*шайбы о металлическую линейку-желоб. Это можно сделать, например, путем подбора такого угла наклона плоскости, при котором шайба равномерно скользит по ее поверхности.
2. Затем необходимо определить коэффициент трения *μ2* шайбы по поверхности стола, на котором установлена наклонная плоскость. Для вывода расчетной формулы необходимо применить закон сохранения механической энергии с учетом работы сил трения. В этом опыте шайба, конечно, должна соскальзывать с наклонной плоскости с некоторым ускорением.

*h*

*L*

*S1*

*S2*

*Задание 3*. **Проверка закона сохранения импульса**

*Оборудование:* наклонный лоток на штативе *,*два шарика, лист белой бумаги, листы копировальной бумаги.

В задании необходимо экспериментально доказать, что при ударе тел (шариков) закон сохранения импульса выполняется в векторной форме. Шар массой *m2* размешается на краю лотка так, чтобы удар был «косым».Шар массой *m1* скатывается с вершины лотка. Отчет представляет собой «отпечаток» мест падения шариков с вычерченным параллелограммом импульсов тел с соответствующими обозначениями. Следует, естественно, проверить полученную фигуру на «параллеграммность». Наблюдаемые отклонения необходимо объяснить.

# Лабораторная работа № 2

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

При механических взаимодействиях тел выполняются механические законы сохранения:

1. В замкнутой системе тел суммарный импульс системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

*,*

где **-импульсы поступательно движущихся тел системы.

2. В замкнутой системе тел суммарный момент импульса системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

,

где  - моменты импульса вращающихся тел системы.

3. В замкнутой системе тел полная механическая энергия остается постоянной, если взаимодействия между телами происходит с помощью сил гравитации или упругости (но не сил трения)



При этом необходимо иметь в виду, что при механическом движении всегда действуют силы трения и сопротивления. Поэтому потери механической энергии (переход ее во внутреннюю энергию) неизбежны. Но, учитывая работу сил трения, в любом случае можно применить общий закон сохранения энергии:

*E1 = E2 + Aтр*

Целью данной работы является лабораторная проверка выполнения механических законов сохранения и определение некоторых физических величин с помощью этих законов.

*Задание 4*. **Применение законам сохранения энергии для определения скорости**

**вылета шайбы с наклонной плоскости**

*Оборудование:* линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, шайба (шашка), измерительные линейки.

Необходимо вывести формулу для вычисления скорости вылета шайбы с конца наклонной плоскости. Для этого следует применить закон сохранения механической энергии с учетом работы силы трения. Расчет скорости можно провести для одного определенного положения плоскости, в котором шайба соскальзывает с достаточно большим ускорением.

*S2*

*h*

### S1

*L*

*H*

*H*

Вычисленную скорость следует сравнить со скоростью, которую следует измерить. Здесь также применяется закон сохранения механической энергии.[[1]](#footnote-1)

*Задание 5*. **Применение закона сохранения энергии для определения скорости**

**скатывания цилиндра с наклонной плоскости**

*Оборудование:* линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, железный цилиндр, измерительные линейки.

Вычислим кинетическую энергию цилиндра катящегося без проскальзывания по горизонтальной поверхности. При этом необходимо учитывать как кинетическую энергию поступательного движения цилиндра, так и кинетическую энергию его вращения

.

*v*

*.*

*о*

Угловая скорость вращения . Момент инерции *J* цилиндра относительно мгновенной оси качения *О* может быть найден с помощью теоремы Штейнера

,

где *m, R* – масса и радиус цилиндра. Тогда

**.**

Закон сохранения механической энергии при скатывании цилиндра с наклонной плоскости (без учета работы силы трения) можно записать так:

,

отсюда скорость цилиндра в момент вылета с наклонной плоскости

.

Вычислите с помощью полученной формулы скорость вылета цилиндра с наклонной плоскости. Измерьте скорость вылета цилиндра, используя методику задания 4. Сравните вычисленную и измеренную скорости. [[2]](#footnote-2)

*Задание 6*. **Измерение момента инерции тела методом скатывания с наклонной**

**плоскости**

*Оборудование:* линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, цилиндрические тела известной массы, измерительные линейки.

Методом скатывания с наклонной плоскости можно определять моменты инерции любых «круглых» тел



Используя прем, примененный в задании 4, измерьте скорость вылета выданного тела с наклонной плоскости. С помощью последней формулы вычислите момент инерции тела относительно оси качения. Для пересчета момента инерции относительно оси симметрии используйте теорему Штейнера



**ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ**

Лабораторная работа №3.

**Динамика поступательного движения**

Цель работы: углубить представление о механических силах, о работе и энергии; освоить методику и технику измерений; проверить на практике законы сохранения импульса и механической энергии; закрепить навыки обработки и представления экспериментальных наблюдений.

Оборудование: Линейка-желоб, линейка ученическая, две шайбы (шашки).

***Задание 1.***  ***Определение коэффициента трения.***

Для определения коэффициент трения скольжения шайбы о поверхность линейки-желоба собирают установку в соответствии с рисунком, и подбирают такой угол наклона **α**, при котором шайба равномерно скользит по её поверхности. Коэффициент трения в этом случае равен тангенсу угла наклона

***k****1=tg****α*.** (1)

(Можно воспользоваться соотношением  *tg****α=h/L***)

Таблица 1. Результаты измерения коэффициента трения по линейке-желобу.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h* | *L* | *tgα=h/L =k1* | <*k1>* |
| 1 |  |  |  |  |

***k****1=………*

Работа силы трения на всей длине ***S1*** наклонной плоскости равна

***А=k****1****mgcos*α∙S = *k****1****mg L.***

В соответствии с законом сохранения энергии, шайба, скатившаяся с высоты ***h,***  в конце наклонной плоскости обладает кинетической энергией

***mv2/2 = mgh – k****1****mgL*** (2)

За счет этой энергии она продолжит движение по горизонтальной поверхности и остановится на таком расстоянии ***S2*** от основания наклонной плоскости, когда работа силы трения сравняется с исходным значением кинетической энергии. Отсюда получаем:

***mgh – k1mgL= k2 mgS2*** (3)

где ***k2 -*** коэффициент трения скольжения шайбы по столу. Отсюда находим

***k2*** = ***(h-k1L)/S2*** (4)

В соответствии с описанной методикой проделайте измерения и определите коэффициенты трения скольжения шайбы о поверхности линейки-желоба и стола. Результаты занесите в таблицу 2. Оцените статистические погрешности измерений и представьте результаты в форме интервала.

Таблица 2. Результаты определения коэффициента трения по столу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h, см* | *L* , см | *S2*, см | *k1* | *k2* | *<k2>* | *Δk2* | *<Δk2>* | *δ,%* |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

***k****2=………±…………*

***Задание 2. Определение мгновенной скорости шайбы.***

Скорость шайбы в конце скатывания можно определить экспериментально следующим способом. Установите наклонную плоскость возле края стола и так, чтобы шайба, пройдя после скатывания 2-3 см, начала свободно падать. Время ее падения можно определить по формуле ***t=√(2h/g)***, где ***h*** - высота стола. Измерив расстояние ***l***, которое она пролетает по горизонтали от края стола, вычисляют скорость ее горизонтального движения

***V=<l>/*** ***√(2h/g)*** (5)

Таблица 3. Результаты определения мгновенной скорости шайбы в конце наклонной плоскости.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h, см* | *l1* , см | *g*, см/с2 | *V*, см/с | *<V>,*см/с | *ΔV*, см/с | *<Δ>*, см/с | *δ,%* |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |

***V****=………±…………*

Скорость шайбы в конце скатывания можно определить также из формулы (2):

***V2=2g(h – kL)*** (6)

Рассчитайте значение мгновенной скорости для той же высоты скатывания и сравните с экспериментальными результатами. Объясните полученный результат.

Таблица 4. Результаты расчета мгновенной скорости шайбы в конце наклонной плоскости.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

***Задание 3. Проверка закона сохранения энергии.***

По вычисленному в задании 2 значению скорости можно определить кинетическую энергию шайбы в момент выхода ее на стол. При дальнейшем движении сила трения о поверхность стола тормозит ее и останавливает на некотором расстоянии *ST* (тормозной путь). Для этого случая закон сохранения энергии принимает вид

***mV2/2=k2mgST*** (7)

Воспользовавшись измеренным в задании 1 значением коэффициента трения ***k2***, рассчитайте тормозные пути для всех трех случаев, рассмотренных в задании 2. Затем определите эти же тормозные пути - *Sр -* экспериментально. Результаты занесите в таблицу 5. Дайте объяснение полученным расхождениям теории и практики.

Таблица 5. Сравнение теоретических ***ST*** и реальных тормозных ***Sр*** путей шайбы.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h,* см | *V,* см/с | *ST,* см | *Sр* см | *ΔS,* см | *<ΔS>*, см |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

***Задание 4. Проверка закона сохранения импульса.***

Опыт производится следующим образом. Вблизи основания наклонной плоскости устанавливается вторая шайба. На поверхности стола отмечают положение её центра. Шайба, падающая сверху наклонной плоскости, ударяется о неё упруго. Удар может быть прямым или косым, поэтому следует провести два экспериментальных наблюдения.

1. При **прямом** ударе первая шайба останавливается, а вторая ***продолжает*** ***её*** движение. По длине траектории определите её скорость и начальный импульс ***р2***. Сравните полученный результат с импульсом ***р1*** первой шайбы. Результаты сравнений занесите в отчет без таблицы, *в свободной форме.*

2. После **«косого»** столкновения движутся обе шайбы, их траектории образуют некоторый угол. В эксперименте следует отметить положение каждой из них в момент столкновения и конечные точки их разлета.

Поскольку массы шайб одинаковы, а тормозные пути пропорциональны квадратам их скоростей (см. формулы 6 и 7), то значения импульсов пропорциональны корням квадратным из их тормозных путей:

***p1 ~m√S1 p2 ~m√S2*** (8)

С учетом векторного характера импульса проверку закона сохранения импульсов в этом случае нужно произвести путем построения четырехугольника на сторонах фигуры, получившейся после эксперимента. В идеальном случае должен получиться параллелограмм Воспользовавшись теоремой косинусов можно записать соотношение

***S21 +S22 +2S1S2cosα= S2Т*** (8)

Выполнение задания начинают с подбора высоты наклонной плоскости - длина тормозного пути ***SТ***  при этом должна быть достаточно большой, а разброс значений – минимальным.

Затем отмечают положение первой шайбы на столе (обводят ее по контуру) в том месте, где она сходит с наклонной плоскости. Вторая шайба должна касаться этого контура. Точка касания задает вид удара - прямой или косой. Для точного воспроизведения серии ударов исходное положение второй шайбы также фиксируют при помощи контура. *Контур наносится мягким карандашом, по завершении работы все линии со стола удаляют ластиком.*

После разлета шайб отмечают их положение, измеряют тормозные пути ***S1***  и ***S2*** - расстояния между центрами, и угол ***α*** между ними.

Отчетом к этому заданию является лист формата А4, на который переносят точки и линии наиболее удачного опыта (см. рисунок) . На этом же листе в масштабе строят четырехугольник векторов импульсов.

По результатам опытов делают вывод о выполнимости закона сохранения импульса и причинах, влияющих на точность экспериментов.

Лабораторная работа №4

**Динамика колебательного движения**

Цель работы: Углубить представления о силе, о работе и энергии на примере колебательного движения; проверить экспериментально выполнимость законов сохранения энергии и импульса; закрепить навыки планирования и проведения эксперимента, обработки и представления экспериментальных результатов.

Оборудование: 5 дисков (шашки), столько же скрепок, кнопок и ниток длиной до 1 м; массивная пластиковая панель 60х50 см, линейка ученическая, фломастер, пластилин, стальные шарики диаметром 4-5 мм.

***Задание 1. Исследование затухания колебаний маятника***

Соберите экспериментальную установку – нитяной маятник - в соответствии с рисунком и так. Панель закреплена с небольшим отклонением от вертикали, поэтому диск своей плоскостью скользит по ее поверхности. Отведите диск от положения равновесия и отпустите его – маятник начнет совершать колебания. Вследствие действия трения скольжения и аэродинамического сопротивления колебания маятника через некоторое время прекращаются. Очевидно, что полученный им вначале запас потенциальной энергии расходуется на работу против сил сопротивления. Пронаблюдайте за тем, как затухают колебания маятника.

***Упражнение 1. Закон затухания.***  Для получения количественных результатов проделайте следующие измерения. Отклоните маятник вправо на максимально возможный угол (диск не должен покидать поверхность пластины!), отметьте это положение и отпустите его. Отметьте фломастером каждое последующее амплитудное отклонение с этой же стороны до его полной остановки. Измерьте и занесите в таблицу длины дуг (А), соответствующих каждому отклонению. Произведите предписанные в таблице математические действия и сформулируйте «закон затухания гармонических колебаний».[[3]](#footnote-3)

Таблица 1. Результаты исследования затухания колебаний.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | А1, мм | А2,мм | А3,мм | А4, мм | А5, мм | А6, мм | А7, мм | А8, мм | А9/ мм |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | А1/А2 | А2/А3 | А3/А4 | А5/А4 | А5/А6 | А6/А7 | А7/А8 | А8/А9 | А9/А10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

***Упражнение 2. Сила сопротивления.*** Определите длину пути, пройденного маятником до остановки S = 2(А1 + 2А2 + 2А3 + 2А4 + …….2Аn). Закон сохранения энергии дает в этом случае право записать соотношение

***mgh = <F>S*** (1)

где ***m*** - масса маятника (указана на диске), ***h*** - высота его первоначального отклонения, ***<F>*** - средняя сила сопротивления. Найдите отсюда среднее значение силы сопротивления.

***m = , g = , h = , S = , <F> = .***

***Задание 2. Законы сохранения импульса и энергии***

Отклонив первый маятник на максимальный угол, отпустите его. К моменту прохождения точки равновесия он приобретает некоторую скорость - запас потенциальной энергии диска переходит в кинетическую энергию. Пренебрегая работой против сил сопротивления ввиду ее малости, из закона сохранения энергии ***mgh=mV2/2,***  можно вывести

***V=√2gh*** (2)

Рядом с первым подвесьте второй маятник точно таких же размеров и так, чтобы они в положении равновесия касались друг друга. Если теперь один из них отвести в сторону и отпустить, то в точке равновесия он будут обмениваться импульсами и энергиями.

При столкновении тел в механике различают два крайних, идеализированных случая - упругий и неупругий удар. **Абсолютно упругим** считается такой удар, после которого тела движутся раздельно, а их суммарная механическая энергия не уменьшается. При **неупругом** ударе часть механической энергии тел переходит во внутреннюю и тела движутся совместно. Рассмотрим эти два случая раздельно.

***Упражнение 1. Упругий удар двух тел.***

**1.1.** Измерьте начальную высоту отклонения первого диска ***h1*** и рассчитайте скорость, с которой он проходит положение равновесия.

Отклонив первый маятник на ***h1***, отпустите его и отметьте 2 -3 первых амплитудных отклонения вначале первого (А), а затем второго (В) диска. Результаты внесите в таблицу 2. Сравните значения А и В и объясните их.

Таблица 2. Результаты упругих столкновений двух дисков.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| А1, мм | В1, мм | А2, мм | В2, мм | А3, мм | В3, мм | А4, мм |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**1.2.** Утяжелите один из дисков, закрепив в его впадине с помощью пластилина 2-3 стальных шарика. Проведите наблюдения за их взаимодействием в двух случаях: а) начальное движение имеет массивный диск; б) начальное движение задает легкий диск.

Опишите результаты наблюдений в свободной форме.

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

***Упражнение 3. Неупругое столкновение тел.***

**3.1.**  После неупругого столкновения тела движутся как единое целое. Для того, чтобы осуществить такое взаимодействие, на диски в точках их соприкосновения нанесите по маленькой капле клея или пластилина, или оберните их скотчем клеящим слоем наружу.

В соответствии с законном сохранения импульса, для такого взаимодействия двух дисков имеем:

***mV – (m+m)U=0***, (3)

откуда скорость системы

***U=V/2***  (4)

Система из двух дисков после столкновения имеет кинетическую энергию ***Т=2mU2 /2***, что после подстановки и алгебраических преобразований приводит к выражению:

***Т=mV2/4*** (5)

При дальнейшем движении системы ее кинетическая энергия переходит в потенциальную и ее центр тяжести может подняться высоту Н, определяемую соотношением: ***2mgH = mV2/4***, откуда получаем ***H= V2/8g*** . А с учетом формулы (1) ***V=√2gh*** получаем окончательно

***H = h/4*** (6)

Проведите эксперимент с двумя дисками и сравните результаты с теоретическими предсказаниями. Объясните причины несовпадения этих результатов.

Таблица 4. Результаты наблюдений неупругого удара двух дисков

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***h***, мм | H1, мм | H2, мм | H3, мм | <H>, мм | ***h***/Н |
|  |  |  |  |  |  |

***Упражнение 4. Наблюдение связанных колебаний***

Уберите стеклянную пластину. Два маятника, соединенные так, как показано на рисунке, совершают так называемые связанные колебания. Их нити связаны третьей длинной нить, к которой подвешивают лёгкие грузы ( в нашем случае это канцелярские скрепки). Масса этих грузов и положение нитей по высоте маятников определяет силу связи.

Если один из маятников вывести из положения равновесия и дать совершать колебания в плоскости, перпендикулярной к рисунку, то через некоторое время в движение придет второй маятник. В системе возникнут биения – колебания маятников будут происходить с медленно меняющимися амплитудами.

Соберите связанные маятники и произведите как можно больше разных исследований их колебаний. Опишите и объясните ваши наблюдения.

**ОТЧЕТ**

**…………………………………………………………………………….**

о выполнении лабораторной работы №1

**Законы сохранения в механике. Поступательное движение**

***Задание 1.***  ***Определение коэффициентов трения.***

Таблица 1. Результаты измерения коэффициента трения по линейке-желобу.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *h,см* | *L, см* | *tgα=h/L =k1* |
| 16, 17, 18 | 36 | 0,46 |

***k****1=0,46 ± 0,2*

Таблица 2. Результаты определения коэффициента трения по столу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h, см* | *L* , см | *S2*, см | *k1* | *k2* | *<k2>* | *Δk2* | *<Δk2>* | *δ,%* |
| 1 | 22.5 | 33.5 | 19 | 0.46 | 0.40 |  | 0.02 |  |  |
| 2 | 22.5 | 33.5 | 20 | 0.46 | 0.35 | 0.38 | - 0.03 | 0.02 | 2.5 |
| 3 | 22.5 | 33.5 | 18 | 0.46 | 0.38 |  | 0.00 |  |  |

***k****2=0.38 ±0.02*

Таблица 3. Результаты определения мгновенной скорости шайбы в конце наклонной плоскости.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h, см* | *l1* , см | *g*, см/с2 | *V*, см/с | *<V>,*см/с | *ΔV*, см/с | *<Δ>*, см/с | *δ,%* |
| 1 | 75.5 | 42.0 | 980 | 107.7 |  | - 1.7 |  |  |
| 2 | 75.5 | 44.5 | 980 | 114.1 | 109.4 | 4.7 | 3.1 | 3.0 |
| 3 | 75.5 | 41.5 | 980 | 106.4 |  | - 3.0 |  |  |

***V****=109,4 ± 3.1см/с*

***Задание 3. Проверка закона сохранения энергии.***

Таблица 5. Сравнение теоретических ***ST****,* и реальных тормозных***Sр*** путей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *h, см* | *V, см/с* | *ST,, см* | *Sр см* | *ΔS, см* | *<ΔS>, см* |
| 1 | 22.5 |  |  | 17.6 | - 2.5 |  |
| 2 | 22.5 | 109.4 | 20.1 | 16.7 | - 3.4 | - 2.8 |
| 3 | 22.5 |  |  | 175. | - 2.4 |  |

***Задание 4. Проверка закона сохранения импульса.***

**ОТЧЕТ**

**…………………………………………………………………………….**

о выполнении лабораторной работы №2

**Законы сохранения в механике. Колебательное движение**

***Задание 1. Исследование затухания колебаний маятника***

***Упражнение 1. Закон затухания.***

Таблица 1. Результаты исследования затухания колебаний.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | А1, мм | А2,мм | А3,мм | А4, мм | А5, мм | А6, мм | А7, мм | А8, мм | А9/ мм |
|  | 273 | 215 | 164 | 135 | 106 | 79 | 58 | 43 | 32 |
|  | А1/А2 | А2/А3 | А3/А4 | А5/А4 | А5/А6 | А6/А7 | А7/А8 | А8/А9 | А9/А10 |
|  | 1.27 | 1.31 | 1.21 | 1.27 | 1.34 | 1.36. | 1.35 | 1.34 |  |

…Колебания затухают постепенно, причем так, что отношение амплитуды предыдущего колебания к амплитуде последующего можно считать постоянным. С учетом погрешности измерений оно в нашем опыте равно 1.31

***Упражнение 2. Сила сопротивления.***

***m = 0.003 кг , g = 9.8 м/с2 , h = 0.06 м , S = 3.66 м , <F> = 0.0026 Н***

***Задание 2. Законы сохранения импульса и энергии***

***Упражнение 1. Упругий удар двух тел.***

Таблица 2. Результаты упругих столкновений двух дисков.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| А1, мм | В1, мм | А2, мм | В2, мм | А3, мм | В3, мм | А4, мм |
| 273 | 175 | 145 | 95 | 47 | 15 |  |
| 273 | 202 | 130 | 105 | 37 | 20 |  |

«После удара шашки разлетаются в разные стороны на разные расстояния. При этом легкая шашка улетает дальше, чем тяжелая» (Верхняя строчка – одинаковые массы 3 г, нижняя – вторая легче первой, 2 г). Закон не выполняется из-за трения и не совсем упругого удара. Часть энергии переходит во внутреннюю – шашки нагреваются»

***Упражнение 3. Неупругое столкновение тел.***

Таблица 4. Результаты наблюдений неупругого удара двух дисков

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***h***, мм | H1, мм | H2, мм | H3, мм | <H>, мм | ***h***/Н |
| 60 | 14 | 10 | 13 | 12 | 3 |

Теоретически при неупругом ударе двух шашек система должна была отклониться на 1/4 от высоты, с которой падает первая. Но отклонение в опыте составило 1/5. Удар не был абсолютно неупругим и шашки терлись о доску.

***Задание 3. Наблюдение связанных колебаний***

***Упражнение 1****.* Маятники имеют одинаковые длины, сила связи задается одним грузом.

***Упражнение 2****.* Маятники имеют одинаковые длины, сила связи задается тремя грузами.

***Упражнение 3.***  Маятники имеют разные длины, сила связи задается одним грузом, начинает колебания длинный маятник.

***Упражнение 4.***  Маятники имеют разные длины, сила связи задается одним грузом, начинает колебания короткий маятник.

**ОТЧЕТ**

**----------------------------------------------------------------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментатор получил следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 2.01; 2.03; 1.99; 2.00; 1.98; 2.02; 2.01; 2.03 и 1.98

Б. масса 500 г. Время: 2.00; 1.99; 2.00; 1.98; 2.04; 2.02; 2.03; 2.04 и 2.03

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

* 1. Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)
  2. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  3. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  4. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  5. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  6. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  7. Ответьте на вопрос, поставленный в этом задании.

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментаторы получили следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 2.10; 2.30; 1.90; 2.00; 1.80; 2.00; 2.10; 2.20 и 1.90

Б. масса 500 г. Время: 2.00; 1.90; 2.00; 1.80; 2.20; 2.10; 2.30; 2.10 и 2.00

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

1.1.Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)

* 1. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  2. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  3. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  4. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  5. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  6. Ответьте на вопрос, поставленный в задании.

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментаторы получили следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 21; 23; 19; 20; 18; 22; 21; 23 и 18

Б. масса 500 г. Время: 20; 19; 20; 18; 24; 22; 23; 24 и 23

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

* 1. Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)
  2. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  3. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  4. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  5. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  6. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  7. Ответьте на вопрос, поставленный в задании.

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментаторы получили следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 121; 123; 119; 120; 118; 122; 121; 123 и 118

Б. масса 500 г. Время: 120; 119; 120; 118; 124; 122; 123; 124 и 123

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

* 1. Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)
  2. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  3. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  4. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  5. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  6. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  7. Ответьте на вопрос, поставленный в задании.

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментаторы получили следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 19.8; 20.2; 20.1; 20.3; 19.8; 20.1; 20.3; 19.9 и 20.0;

Б. масса 500 г. Время: 20.0; 19.9; 20.0; 19.8; 20.4; 20.2; 20.3; 20.4 и 20.3

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

* 1. Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)
  2. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  3. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  4. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  5. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  6. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  7. Ответьте на вопрос, поставленный в задании.

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №1**

**«Погрешности измерений. Математическая**

**обработка экспериментальных результатов»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измеряя время падения двух металлических тел разной массы с одной и той же высоты, экспериментаторы получили следующие результаты:

А. масса 100 г. Время: 118; 122; 121; 123; 118;121; 123; 119; и 120;

Б. масса 500 г. Время: 124; 122; 123; 124; 123; 120; 119; 120 и 118;

**Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?**

Для ответа на этот вопрос обработайте полученные результаты:

* 1. Найдите наилучшие значения времени падения в каждом случае (средние арифметические значения)
  2. Вычислите абсолютные погрешности каждого измерения в каждой серии
  3. Вычислите средние значения погрешности измерений в каждой серии
  4. Запишите величину доверительного интервала для каждой серии измерений
  5. Рассчитайте «качество» (относительную погрешность) каждой серии измерений
  6. Запишите текстом результаты измерений, полученные для каждой серии
  7. Сравните результаты первой и второй серии и запишите ответ на вопрос, поставленный в задании.

**Задание 2.** Произведите измерения и определите площадь тетрадного листа. Запишите результаты ваших измерений с учетом инструментальной погрешности.

Оборудование – миллиметровая линейка.

Длина листа:

Ширина листа:

Площадь листа:

**Задание 3.**  При помощи штангенциркуля измерьте диаметр и высоту цилиндра и вычислите его объем. Обработайте и представьте результат измерений в общепринятой форме.

Оборудование: штангенциркуль, цилиндр из набора по механике.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер измерения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Диаметр, мм |  |  |  |  |  |  |
| Площадь, мм2 |  |  |  |  |  |  |
| Толщина, мм |  |  |  |  |  |  |
| Объем, мм3 |  |  |  |  |  |  |
| Среднее значение объема, мм3 |  |  |  |  |  |  |
| Абсолютные погрешности , мм2 |  |  |  |  |  |  |
| Среднее значение абсолютной  погрешности, мм3 |  |  |  |  |  |  |
| Относительная погрешность, % |  |  |  |  |  |  |

Рассчитайте инструментальную погрешность измерения площади тетрадного листа и сравните с погрешностями, рассчитанными вами в таблице 1.

**Задание 4.** При помощи микрометра измерьте диаметр проволоки. Результат представьте в общепринятой форме.

Образец 1.

Образец 2.

**Задание 5.** При помощи мультиметра измерьте величину напряжения на элементе. Результат представьте в общепринятой форме.

Элемент 1.

Элемент 2.

*Замечания к этой работе:*

1. *Теоретическая часть необходима не только в устном, но и в письменном виде. Это должен быть набор определений всех понятий и терминов в сопровождении математических выкладок и формул*
2. *Объем заданий следует увеличить. В частности, надо бы повторить в другом литературно-физическом сюжете первое задание, это поможет закрепить навыки.*
3. *Можно попутно обучить пользованию штангенциркулем, микрометром, мультиметром, … инженерным калькулятором.*
4. *Следует продумать повторение этой работы с расширением теоретической части и дополнительной обработкой результатов. Включить графическое представление результатов, в том числе с использованием МНК.*

#### ОТЧЕТ

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №2**

**«Кинематика поступательного движения»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Задание 1.** Измерение средней скорости движения тела на машине Атвуда.

Оборудование: машина Атвуда , секундомер, монета, медная проволока, ножницы.

*С помощью медной проволоки, закрепляемой на грузах, добейтесь полного равновесия установки. Поднимите один из грузов на максимальную высоту и измерьте расстояние* ***h*** *от него до пола. Положите 5-копеечную монету на один из грузов и, включив секундомер, определите время* ***t*** *его падения. Опыт повторите 5 раз. Вычислите среднюю скорость его движения. Проделайте то же самое с 10-ти и 50-ти-копеечными монетами. Заполните таблицу результатов измерений*

Опыт 1-й. 5-ти-копеечная монета

Высота, см h=

Время падения, с t1= ; t2= ; t3= ; tср = ; Δtср = ; δt=

Средняя скорость, ……….. ± …. см/с, доверительный интервал ……..см/с,

относительная ошибка……%

Опыт 2-й. 10-ти-копеечная монета

Высота, см h=

Время падения, с t1= ; t2= ; t3= ; tср = ; Δtср = ; δt=

Средняя скорость, ……….. ± …. см/с, доверительный интервал ……..см/с,

относительная ошибка……%

Опыт 3-й. 50-ти-копеечная монета

Высота, см h=

Время падения, с t1= ; t2= ; t3= ; tср = ; Δtср = ; δt=

Средняя скорость, ……….. ± …. см/с, доверительный интервал ……..см/с,

относительная ошибка……%

**Задание 2.** Проверка закона путей в равноускоренном движении.

Оборудование: машина Атвуда , секундомер, набор грузов, метровая линейка.

*Разделите высоту падения груза на три части и измерьте время движения на первой трети, двух третях и на полном пути. Для каждой пары участков движения найдите отношение путей к квадратам времени.*

Опыт 1-й. Пятикопеечная монета.

Высота, h1 см Время, t1 с. Отношения: h1/t12 =

Высота, h2 см Время, t2 с. Отношения: h2/t22 =

Высота, h3 см Время, t3 с. Отношения: h3/t32 =

Опыт 2-й. Десятикопеечная монета.

Высота, h1 см Время, t1 с. Отношения: h1/t12 =

Высота, h2 см Время, t2 с. Отношения: h2/t22 =

Высота, h3 см Время, t3 с. Отношения: h3/t32 =

Опыт 3-й. Пятидесятикопеечная монета.

Высота, h1 см Время, t1 с. Отношения: h1/t12 =

Высота, h2 см Время, t2 с. Отношения: h2/t22 =

Высота, h3 см Время, t3 с. Отношения: h3/t32 =

Оцените погрешности ваших измерений и сделайте вывод из этих опытов.

**Задание 3.** Определение ускорения в равноускоренном движении.

*В равноускоренном движении без начальной скорости пройденный путь определяется по формуле h=at2/2. Используя результаты опытов второго задания, вычислите значения ускорений по формуле a=2h/t2*

Пятикопеечная монета:

а1=2h1/t12 = ; а2=2h2/t22 = ; а3=2h3/t32 = ; аср= ; Δаср = ; δа=

Десятикопеечная монета:

а1=2h1/t12 = ; а2=2h2/t22 = ; а3=2h3/t32 = ; аср= ; Δаср = ; δа=

Пятидесятикопеечная монета:

а1=2h1/t12 = ; а2=2h2/t22 = ; а3=2h3/t32 = ; аср= ; Δаср = ; δа=

Что можно сказать по этим результатам?

**Задание 4.** Измерение мгновенной скорости тела в неравномерном сложном движении.

Оборудование. «Наклонная плоскость», шарик, линейка.

*Установите пластину на краю стола так, чтобы скользнувшая с нее игральная шашка, пройдя по столу 2-3 см, начала свободное падение. В сложной траектории ее движения можно выделить вертикальную и горизонтальную составляющие. В вертикальном движении она подчиняется закону свободного падения, т.е. имеет ускорение g=9,8 м/с2и время ее падения можно определить по формуле t=√(2h/g) (h – высота стола). Измерив горизонтальную дальность полета, можно вычислить ее горизонтальную скорость. Эта скорость и является мгновенной для момента ее схода с наклонной плоскости.*

(Выполнить измерения, составить таблицу, произвести обработку результатов и оформить самостоятельно)

**ОТЧЕТ**

………………………………………………………………..

о выполнении лабораторной работы №3

«Кинематика вращательного движения»

……………октября 2005 года, СТИС, каф. ЕНД

**Задание 1.**  Измерение угловой скорости вращения *ω= φ/t*

Оборудование: маятник Обербека, секундомер, метровая линейка, грузы.

*Опустите нить с грузом так, чтобы он касался пола, и, медленно вращая маятник, поднимите груз на такую высоту, когда маятник сделает максимальное целое число оборотов N. Угол φ его поворота за это время составит 360∙ N градусов или 6,28∙ N радиан. Затем отпустите груз и измерьте время t его падения с этой высоты. Вычислите среднюю угловую скорость вращения маятника по формуле ω= φ/t в радианах в секунду.*

*h=…….. см*

*N= …… об.*

*φ=……..град; φ=…….рад.*

*t1 =…….. t2 =…….. t3  =…….. t =ср…….. Δtср =…….. δt=……%.*

*ωср =……с-1; Δωср =……с-1; δω=……%. ω=ωср ±Δωс с-1;*

*ω =………±……..с-1; δω=……%.*

**Задание 2.** Проверка закона углов поворота (В случае равноускоренного движения угол поворота увеличивается пропорционально *квадрату* времени).

Оборудование прежнее

*Вращая маятник, отметьте такие положения (высоту) груза, которым соответствуют целые числа его оборотов – N1, N2, N3, N4, N5 . Затем измерьте времена падения груза с каждой из этих высот. Полученные пары значений углов поворота и времени падения (они же времена вращения маятника) сопоставьте в виде отношений (φi /ti 2)*

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Угол поворота, φ, рад.* |  |  |  |  |  |
| *Высота падения груза, h, см* |  |  |  |  |  |
| *Время вращения t1, с* |  |  |  |  |  |
| *Отношение φ/t2* |  |  |  |  |  |
| *Среднее значение φ/t2* |  |  |  |  |  |
| *Абсолютные погрешности* |  |  |  |  |  |
| *Средняя абс. погрешность* |  |  |  |  |  |
| *Относительная погрешность* |  |  |  |  |  |

**Вывод:**

**Задание 3.**  Измерение углового ускорения *ε = Δω/Δt = 2φ/t2*

*Для определения углового ускорения воспользуемся данными, полученными во втором задании. Перенесите три первые строки в таблицу 2 и произведите вычисления.*

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Угол поворота, φ, рад.* |  |  |  |  |  |
| *Высота падения груза, h, см* |  |  |  |  |  |
| *Время вращения, t, с* |  |  |  |  |  |
| *Угловое ускорение,* ε*, рад/с2* |  |  |  |  |  |
| *Среднее значение* ε, *, рад/с2* |  |  |  |  |  |
| *Абсолютные погрешности* Δε*, рад/с2* |  |  |  |  |  |
| *Среднее значение* Δε*, рад/с2* |  |  |  |  |  |
| *Относительная погрешность, %* |  |  |  |  |  |

**Запишите результат в стандартной форме.**

**Задание 4.** Связь между касательным и угловым ускорениями.

*Скорость опускания груза в нашем опыте равна линейной скорости точек шкива, с которого сматывается нить. Очевидно, что и касательное ускорение точек на ободе шкива равно ускорению, с которым падает груз. Поэтому из результатов второго задания можно вычислить касательное ускорение точек на цилиндрической поверхности шкива. Перенесем в таблицу 3 строки 2 и 3 из таблицы 2 и произведем расчет по формуле a =2h/t2.*

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Высота падения груза, см* |  |  |  |  |
| *Время вращения (падения), t, с* |  |  |  |  |
| *Касательное ускорение, аt , м/с2* |  |  |  |  |
| *Среднее значение аt* , *м/с2* |  |  |  |  |
| *Абсолютные погрешности,* *Δаt , м/с2* |  |  |  |  |
| *Среднее значение Δаt , м/с2* |  |  |  |  |
| *Относительная погрешность, %* |  |  |  |  |

*Известно, что угловое ускорение связано с касательным ускорением соотношением ε=аt /r, где r- радиус вращения, в нашем случае радиус шкива. Измерьте штангенциркулем радиус шкива и проверьте справедливость этой формулы.*

**Вывод:**

**ОТЧЕТ**

**------------------------------------**

**о выполнении лабораторной работы №4**

**«Кинематика колебательного движения»**

**----------- октября 2005 года. СТИС, кафедра ЕНД**

**Часть 1. Математический маятник.**

**Задание 1.** Измерение периода и частоты колебаний математического маятника.

На маятнике максимальной длины отработайте навык измерения периода и частоты колебаний. Отклонив его от положения равновесия на 5 – 10о отпустите и, включив секундомер, измерьте время t десяти полных колебаний. Поделив это время на 10, получаем период колебаний (Т= t/N), а затем, поделив число колебаний на время, находим частоту колебаний (ν = N/t = 1/T). Проделайте пробные измерения, чтобы освоить работу с секундомером и маятником

**Задание 2.** Поиск зависимости периода и частоты колебаний маятника от амплитуды

Задавая маятнику 5 -7 разных значений начального смещения - начальной амплитуды Ао, и не изменяя его длину L и массу груза М, измерьте период колебаний. Оцените погрешность измерений и сделайте вывод из полученных результатов.

Таблица 1. L = …………. см М = …………г

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *А1 = см* | *А2 = см* | *А3 = см* | *А4 = см* | *А5 = см* | *А6 = см* | *А7 = см* |
| *N1 =* | *N2 =* | *N3 =* | *N4 =* | *N5 =* | *N6 =* | *N7 =* |
| *t1 = c* | *t2 = c* | *t3 = c* | *t4 = c* | *t5  = c* | *t6  = c* | *t7  = c* |
| *T1 = c* | *T2 = c* | *T3 = c* | *T4 = c* | *T5 = c* | *T6 = c* | *T7 = c* |

**Вывод:**

**Задание 3.** Поиск зависимости периода и частоты колебаний от массы маятника.

Не изменяя длины маятника и используя в каждом опыте одну и ту же начальную амплитуду, изучите зависимость периода колебаний от массы груза.

Таблица 2. L = …………. см Ао = …………..

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *М1 = г* | *М2 = г* | *М3 = г* | *М4 = г* | *М5 = г* |
| *N1 =* | *N2 =* | *N3 =* | *N4 =* | *N5 =* |
| *t1 = c* | *t2 = c* | *t3 = c* | *t4 = c* | *t5  = c* |
| *T1 = c* | *T2 = c* | *T3 = c* | *T4 = c* | *T5 = c* |

**Вывод:**

**Задание 4.** Наблюдение зависимости периода и частоты колебаний от длины маятника.

Оставьте наиболее массивный груз и, изменяя длину L маятника не менее 5 раз с шагом 20-30% по отношению к предыдущему значению, изучите влияние его длины на период колебаний.

Таблица 3. М = …………г

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *L1 = см* | *L2 = см* | *L3 = см* | *L4 = см* | *L5 = см* |
| *N1 = об* | *N2 = об* | *N3 = об* | *N4 = об* | *N5 = об* |
| *t1 = c* | *t2 = c* | *t3 = c* | *t4 = c* | *t5  = c* |
| *T1 = c* | *T2 = c* | *T3 = c* | *T4 = c* | *T5 = c* |

**Вывод**.

**Задание 5**. Выяснение вида зависимости периода колебаний математического маятника от его длины.

Чтобы определить вид математической зависимости периода колебаний от длины выскажем три предположения:

1. Зависимость линейная, то есть с увеличением длины во столько же раз увеличивается (или уменьшается) его период. Проверить это можно по таблице 3, сравнив значения отношений L/T для всех опытов. Если L/T = const, то предположение верно.
2. Зависимость степенная, причем, квадратичная. Проверить это можно также по таблице 3, сравнив отношения (L/T2) для всех пяти опытов.
3. Зависимость степенная, причем, кубическая. Проверить это можно, сравнив отношения (L/T3) для всех пяти опытов.

Для этих исследований составьте таблицу самостоятельно и, произведя необходимые вычисления и учитывая погрешности измерений, сформулируйте выводы.

**Выводы:**

Лабораторная работа №5.

**Статика.**

Цель работы: Углубить представление о видах и условиях равновесия твердого тела, имеющего ось вращения. Научить определять экспериментально и рассчитывать теоретически положение центра масс и центра тяжести тел. Проверить на опытах правило моментов.

Оборудование: Штатив, нить с грузом (отвес), плоские тела геометрически правильной и неправильной формы, отрезки проволоки диаметром до 3 мм и длиной до 40 см; линейка ученическая; набор шаров с отверстиями.

**Задание 1. Определение положения центров тяжести плоских тел.**

* 1. Плоский однородный круг.

При помощи отвеса определите положение центра тяжести круга – плоского и однородного по материалу и толщине. Методика измерений показана на рисунке. Сравните с положением его геометрического центра.

* 1. Сектор.

Вырежьте из круга сектор с центральным углом от 90 до 120о и определите положение центров тяжести этого сектора и оставшейся части круга.

1.3. Треугольник. Определите положение центра тяжести плоского однородного треугольника. Найдите те характеристики треугольника, которые позволяют найти ЦТ путем геометрических построений.

Отчеты по этому заданию представьте в натуральном виде: проставьте на телах положения центров тяжести (ЦТ) и укажите их расстояние от геометрического центра в долях радиуса.

**Задание 2. Определение центров тяжести сложных тел**

2.1. Проволока. Определите экспериментально положение ЦТ отрезка прямой проволоки. Сравните с положением ее геометрического центра. Запишите результаты в свободной форме.

2.2. Проволока с шарами: Нанижите на стержень 2 – 3 шарика в произвольных положениях и зафиксируйте их там при помощи малого кусочка пластилина. Определите экспериментально положение ЦТ этого образца. Приняв один из концов проволоки за нуль оси ОХ, измерьте координату Х1 ЦТ .

Измерьте координаты шариков и середины проволоки и рассчитайте теоретически положение ЦТ этого же образца. Масса шарика …… г, проволоки - …… г.

2.3. Изогнутая проволока. Изогните проволоку под прямым углом в точке, делящей ее в отношении 3:1. Определите положение ЦТ экспериментально. Для закрепления отвеса на проволоке и самой проволоки на оси вращения ее концам придана форма кольца. В качестве отчета по результатам измерений представьте рисунок с соблюдением пропорций.

2.4. Теоретический расчет. Для изогнутой проволоки произведите теоретический расчет положения ЦТ с использованием правила моментов. Сравните полученный результат с полученным в эксперименте. Проверьте результаты эксперимента и теоретических расчетов графическим методом. Результаты представьте в письменной форме.

**Контрольные вопросы**.

1. Что такое **центр тяжести** тела? Для чего его ввели в механику?
2. Назовите **виды равновесия** твердых тел в поле силы тяжести.
3. Что такое **момент силы**? Как он направлен? Какими единицами измеряется?
4. Запишите **уравнения равновесия** твёрдого тела.
5. Можно ли встать со стула, не наклоняясь вперед? Проверьте на собственном опыте.
6. Встав спиной вплотную к стене, попробуйте достать руками пятки своих ног и вновь выпрямиться. Почему сделать это не удается?
7. Что в ложке тяжелее, «держало» или «черпало»?
8. Сидеть – лучше, чем стоять; лежать – лучше, чем сидеть; ….. Почему?
9. Гоночным автомобилем «Формула 1» водитель управляет лежа. Почему?
10. Однородное по толщине бревно, как и доска, плавает «лежа». Почему не «стоя»?
11. Назовите два основных способа увеличения устойчивости тела, имеющего площадь опоры.

**Лабораторная работа №6**

**Момент инерции**

Цель работы: Углубить представление об инертности тел во вращательном движении, о моменте инерции, как количественной мере этого свойства тела. Проверить на опытах зависимость момента инерции от массы и характера ее распределения вдоль радиуса вращения.

Оборудование: Штатив; набор проволок диаметром 0.4 – 0.6 мм и длиной до 50 см; отрезки проволоки длиной 20-30 см; 3-4 шарика с отверстиями; линейка ученическая; секундомер;

**1. Теоретическая часть**

Для материальной точки массой ***m***, вращающейся по окружности радиусом ***r*** момент инерции определяется по формуле ***J=mr2***. Для протяженных тел правильной формы его величину вычисляют с применением теоремы Гюйгенса-Штейнера или методов дифференцирования и интегрирования.

Рис.1. Моменты инерции некоторых тел для указанных осей вращения.

Диск (цилиндр) ***J=mr2/2***. Стержень ***J=ml2/12.*** Пластина размером ***аxb*** ***J=m(a+b)2/12.***

Обруч ***J=mr2.*** Диск ***J=mr2/4***

Если закрепить тело на упругом подвесе и, придав ему начальное угловое смещение, отпустить, то оно начнет совершать ***крутильные колебания*** вокруг подвеса, как оси вращения. Период таких колебаний зависит от момента инерции ***J*** и модуля упругости кручения ***D*** подвеса:

***T=2π√(J/D),***  (1) откуда ***J=T2D/4 π2.*** (2)

Последней формулой можно пользоваться для сравнения моментов инерции разных тел. Чтобы получить численные значения моментов инерции произвольных тел необходимо предварительно вычислить момент инерции используемой в работе прямой шинки. Для этого воспользуемся формулой ***J0=ml2/12***, и известными массой ( ***m=*** г) и длиной (***l=*** см). В последующем опыт проводят с одним и тем же подвесом (D=const), поэтому можно пользоваться соотношением

***J=Jo(T/To)2***, (3) где ***Jo=*** г∙см2.

1. **Экспериментальная часть**

Задание 1. Зависимость момента инерции от массы тела.

Подвес – медная проволока диаметром 0.4 мм и длиной 30-40 см. Исследуемое тело - медная шинка длиной 30 см. Закрепите подвес как можно ближе к центру тяжести шинки. Запустите крутильный маятник, определите время ***t*** полных десяти колебаний и вычислите период ***Tо=t/10.***

Прикрепите (скотчем) к первой вторую медную шинку такой же длины и вновь определите период колебаний ***Т2***. По формуле (3) вычислите момент инерции ***J2***.Найдите отношение моментов ***J2/Jо*** сравните с отношением масс ***m2/mo=2***. Сделайте вывод о виде зависимости момента инерции тела от его массы.

Задание 2. Зависимость момента инерции тела от распределения его массы.

Изогнув шинку так, как показано на рисунке, измените распределение массы вдоль ее радиуса вращения. Определите период колебаний такой шинки и, сравнив его с периодом колебаний прямой шинки, сделайте вывод о том, как зависит момент инерции тела от распределения его массы.

Примечание: В первом случае расстояние от оси вращения до центров тяжести левой и правой половин шинки равно ј ее длины; во втором – зависит от угла изгиба. Рассчитайте эти расстояния самостоятельно для углов 60 и 30 градусов и свяжите эти размеры с моментами инерции.

Задание 3. Зависимость момента инерции тела от положения в нем оси вращения.

Объект исследования - металлическое кольцо. Вначале закрепите его так, чтобы ось вращения совпадала с осью кольца (см. рис.) и определите период колебаний. Затем измените точку крепления так, чтобы ось вращения лежала в плоскости кольца, и вновь определите период колебаний. Сравните полученные значения и сформулируйте ответ на вопрос, поставленный в задании.

Задание 4-а. Адитивность момента инерции.

Соберите (при помощи скотча) составное тело из кольца и прямой шинки. Определите период колебаний и, сравнив с периодом колебаний прямой шинки, определите момент инерции составного тела. Сравните полученный результат с моментами инерции шинки и кольца. Сделайте вывод из полученных результатов.

Задание 4-б. Закрепляя на прямой шинке шарики одинаковой массы симметрично относительно ее центра тяжести, проверьте, выполняется ли закон сложения моментов импульса системы тел.

Задание 5. Момент импульса вращательного движения. Опыты с гироскопом и на скамье Жуковского. (Проводятся в форме демонстраций с пояснениями)

**Контрольные вопросы**

1. Что является **мерой инертности** в поступательном движении? В колебательном? Во вращательном?
2. Как рассчитывается **момент инерции** материальной точки?
3. Как записывается **второй закон динамики** для вращательного движения?
4. Что такое **момент силы**? Как он направлен?
5. Какие величины используют для описания вращательного движения?
6. Что такое **период колебаний**? Каковы единицы его измерения?
7. Как момент инерции зависит от массы тела?
8. Как распределение массы тела вдоль радиуса вращения влияет на момент инерции?
9. Сколько моментов инерции у обруча? у стержня? у цилиндра?
10. Как спортсмен, прыгая с трамплина в воду, управляет скоростью своего вращения?
11. Что собой представляют гиродины космического корабля? Как они действуют?
12. От чего и как зависит кинетическая энергия вращающегося тела?

1. [↑](#footnote-ref-1)
2. 1.2. Примечание: Конец наклонной плоскости можно немного загнуть так, чтобы влет тела происходил горизонтально. Это облегчает дальнейшие расчеты. [↑](#footnote-ref-2)
3. Полученный ряд числовых значений укладывается в простую закономерность: А1/А2 = А2/А3 = А3/А4 = ….. = λ, где λ – декремент затухания. [↑](#footnote-ref-3)