Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

{Факультет информационных технологий и прикладной математики

Кафедра вычислительной математики и программирования}

**Отчёт по лабораторной работе**

**по курсу «Физика»**

**lll Семестр**

**Задание 5а**

**Изучение неупругого удара шаров**

|  |  |
| --- | --- |
| Студент: | Аксенов А.Е. |
| Группа: | М8О-108Б-18 |
| Преподаватель: | Черепанов В.В. |
|  |  |
| Оценка: |  |
| Дата: | 2020 |

Москва, 2020 г.

**Цель работы:**

Проверка законов сохранения импульса и энергии, определение потерь энергии на неупругую деформацию при неупругом ударе.

**Конспект**

**Методика измерений**

Будем рассматривать соударение двух неупругих шаров, движущихся вдоль прямой, соединяющей их центры. Такой удар называется центральным. При ударе шары деформируются. Часть энергии, которой они обладали, переходит в энергию деформации. При неупругом ударе кинетическая энергия тел полностью или частично переходит во внутреннюю. Тела после удара либо покоятся, либо движутся вместе с одинаковой скоростью как единое целое. При абсолютно неупругом ударе закон сохранения импульса выполняется, а закон сохранения механической энергии - нет. В этом случае можно говорить о выполнении закона сохранении в более широком смысле - о сохранении суммарной энергии (механической и внутренней).

Запишем закон сохранения импульса:

*m11 + m22 = (m1 + m2)* (1)

и закон сохранения энергии:

*+ = +*  (2)

где m1, m2 - массы соударяющихся шаров; *,*  - скорости их до удара: *v* - скорость шаров после удара; *Е* - энергия деформации.

*=* , (3)

где – кинетическая энергия первого шара.

*=* 2, (4)

где L – длина нити; – угол отклонения.

*v = 2* , (5)

При m1 = m2 = m

= 2. (6)

Иначе

= 2 - 2. (7)

Доля энергии системы, потерянной при неупругой деформации:

δ = = 1 – 2 . (8)

#### Экспериментальная установка

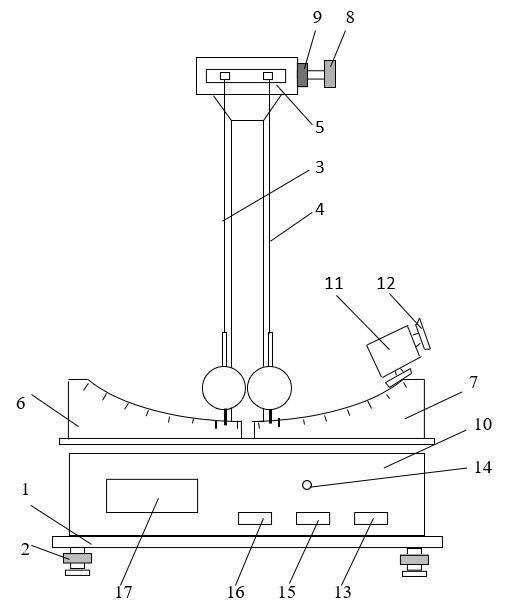


Рис. 1

На рисунке 1 изображён общий вид экспериментальной установки. Она состоит из основания 1 с регулируемыми опорами 2, двух маятников 3 и 4 с механизмом изменения межцентрового расстояния 5, двух шкал 6, 7; электромагнита 11 и микросекундомера 10. Маятники представляют собой шары, подвешенные на нитях к вертикальной стойке. Нити двойные и имеют зажимы для регулировки и фиксации их длины.

Механизм изменения межцентрового расстояния шаров приводится в действие ручкой 8 и фиксируется гайкой 9.

Две шкалы служат для определения начальных углов и углов отклонения шаров от положения равновесия после удара. Шкалы можно перемещать и фиксировать в выбранном положении при помощи винтов. Максимальный отсчет по каждой шкале составляет 15.

Электромагнит предназначен для удержания подведенного к нему шара в отклоненном положении. Регулировка усилия притяжения шара осуществляется винтом 12. Положение электромагнита должно быть отрегулировано так, чтобы его ось совпадала с центром подведенного к нему шара и чтобы он правильно ориентировал шар в плоскости шкалы.

С помощью регулировочных опор 2 устанавливается вертикальное положение маятников в соответствии с уровнем. В исходном состоянии шары должны касаться друг друга, стрелки шаров должны находиться в параллельной вертикальной плоскости со шкалами.

Микросекундомер служит для измерения времени соударения шаров (в этой работе не используется).

На передней панели установки находятся: кнопка “Сеть” (13) для включения питания электромагнита (220В); кнопка “Пуск” (16) для отключения электромагнита.

#### Порядок выполнения работы

Перед началом измерения взвесить шары на аналитических весах, установить прибор устойчиво и горизонтально и чтобы шары соприкасались, закрепить шкалы, включить установку в сеть, измерить длину нитей.

Упражнение 1.

1. Подвесить на нити два шара с покрытием из пластилина.
2. Отклонить первый шар до соприкосновения с электромагнитом. Шар будет удерживаться магнитом. Отметить показания по шкале (рис.1). Определить угол отклонения шара от начального положения (одно деление шкалы - ).
3. Проверить, находится ли второй шар в состоянии покоя в положении равновесия (если нужно – придержать рукой).
4. Нажать кнопку «Пуск». Произойдёт неупругий удар шаров.
5. Определить угол отклонения шаров после удара и записать в табл.1.
6. Используя формулу (6) или (7), рассчитать потери энергии при неупругом ударе – энергию деформации. Из формулы (8) найти .
7. Повторить п.п 1…5 три раза для каждого значения угла = , , . Результаты занести в табл.1.

Упражнение 2.

1. Заменить второй шар на металлический.
2. Повторить упражнение 1.
3. Рассчитать потери энергии на неупругую деформацию по формулам

(6) – (8) и занести в табл.2.

Материалы шаров: пластилин - пластилин

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | 01 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| №  п.п | град | Дж | - | град | Дж | - | град | Дж | - |
| 1 | 7,25 | 0,01347 | 0,53073 | 5,25 | 0,00568 | 0,44774 | 3 | 0,00126 | 0,27971 |
| 2 | 7 | 0,01375 | 0,56249 | 5,25 | 0,00568 | 0,44774 | 3 | 0,00126 | 0,27971 |
| 3 | 7 | 0,01375 | 0,56249 | 5 | 0,00588 | 0,49905 | 3 | 0,00126 | 0,27971 |
| среднее значение | 7,08 | 0,01366 | 0,55190 | 5,17 | 0,00575 | 0,46484 | 3 | 0,00126 | 0,27971 |

Таблица 1

Материалы шаров: пластилин - металл

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | 01 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| №  п.п | град | Дж | - | град | Дж | - | град | Дж | - |
| 1 | 8 | 0,00910 | 0,42878 | 6 | 0,00281 | 0,27883 | 3,5 | 0,00016 | 0,01968 |
| 2 | 8,25 | 0,00842 | 0,39258 | 6,25 | 0,00230 | 0,21754 | 3,5 | 0,00016 | 0,01968 |
| 3 | 8 | 0,00910 | 0,42878 | 6 | 0,00281 | 0,27883 | 3,5 | 0,00016 | 0,01968 |
| среднее значение | 8,25 | 0,00887 | 0,41671 | 6,08 | 0,00264 | 0,25840 | 3,5 | 0,00016 | 0,01968 |

Таблица 2

**Вывод**

Проверили законы сохранения импульса и энергии, вычислили потери энергии на неупругую деформацию при неупругом ударе.

#### Контрольные вопросы

#### *Почему в работе требуется, чтобы удар был центральным?*

Удар называется центральным, если скорости в момент столкновения направлены вдоль линии, соединяющей центры масс. Картина соударения при нецентральном ударе будет совсем иной.  Здесь во время удара имеет место как приближение центров шаров друг к другу вследствие их деформации, так и скольжение поверхности одного шара по поверхности другого. Кроме того, силы трения вызовут вращение шаров относительно их центров масс.

1. ***Чему равна потенциальная энергия упруго деформированного твердого тела?***

Потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе, которую оно бы совершило, переходя в недеформированное состояние

, где k – коэффициент жёсткости, x – абсолютная деформация тела.

1. ***Могут ли быть скорости шаров после абсолютно упругого удара одинаковыми?***

Нет, если считать изменение направления вектора скорости изменением скорости. Преобразуем законы сохранения импульса и энергии, которые выполняются в абсолютно упругом ударе:

*+ =*  *+*

после преобразования приходим к виду

Путём дальнейших преобразований получаем

Отсюда видим, что если , то , но в таком случае удара произойти не может.

1. ***Один шар движется, а другой неподвижен. Как изменится скорость первого шара после абсолютно упругого удара и после абсолютно неупругого удара, если массы шаров одинаковы? Если масса второго шара значительно больше, чем первого?***

Если массы шаров одинаковы, то после абсолютно упругого удара первый шар остановится, после абсолютно неупругого его скорость уменьшится вдвое. Если же масса второго шара значительно больше, то при абсолютно упругом ударе скорость первого шара сменит направление на противоположное и незначительно уменьшится. При абсолютно неупругом ударе скорость значительно уменьшится. Всё это верно для центрального удара шаров.