

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет**

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ КАРЕТОК ФЛЕТЧЕРА
С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА CASSY**

**Методические указания
к лабораторной работе № 107
по дисциплине «Физика»**

Уфа 2009

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

Кафедра физики

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ КАРЕТОК ФЛЕТЧЕРА
С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА CASSY

Методические указания
к лабораторной работе № 107
по дисциплине «Физика»

Уфа 2009

Составители: Л.В. Рабчук,
Д.О. Бобков

УДК
ББК

Изучение законов сохранения импульса и энергии при столкновениях кареток Флетчера с помощью устройства CASSY: Методические указания к лабораторной работе № 107 по дисциплине «Физика» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Л.В. Рабчук, Д.О. Бобков. – Уфа, 2009. – 12 с.

Изучаются законы сохранения импульса и энергии на примере соударения двух тел, рассчитываются коэффициенты восстановления импульса и энергии.

Предназначены для студентов технических ВУЗов, выполняющих лабораторный практикум по разделу «Физические основы механики» дисциплины «Физика».

Табл. 2. Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук, проф. Газизов Р.К.,
канд. физ.-мат. наук, доцент Осипов В.С.

© Уфимский государственный
авиационный технический университет, 2009

Составители: РАБЧУК Людмила Васильевна,
БОБКОВ Дмитрий Олегович

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ КАРЕТОК ФЛЕТЧЕРА
С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА CASSY

Методические указания
к лабораторной работе № 107
по дисциплине «Физика»

Подписано в печать 2009. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Nimes New Roman Cyr.
Усл. печ. л. 1,1. Уч-изд.л. 0,9.

Тираж 200 экз. Заказ №

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

Содержание

1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть	4
2.1. Импульс. Энергия. Законы сохранения	4
2.2. Соударение тел.....	5
2.3. Центральный удар.....	6
3. Приборы и принадлежности	7
4. Требования по технике безопасности	8
5. Порядок выполнения работы.....	9
6. Требования к отчету	11
7. Контрольные вопросы	11
Список литературы	12

Лабораторная работа № 107

Изучение законов сохранения импульса и энергии при столкновениях кареток Флетчера с помощью устройства CASSY

1. Цель работы

Определение коэффициентов восстановления скорости и энергии при центральном ударе двух кареток.

2. Теоретическая часть

2.1. Импульс. Энергия. Законы сохранения

Совокупность тел, выделенных для рассмотрения, называют механической системой (системой). Систему тел, взаимодействующих между собой и не взаимодействующих с телами, не входящими в данную систему, называют замкнутой.

Векторную величину, равную произведению массы тела m на его скорость \vec{v} , называют импульсом тела

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Закон сохранения импульса гласит, что при любых процессах, происходящих в замкнутой системе, суммарный импульс тел системы остается неизменным

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}.$$

Одной из количественных мер движения и взаимодействия материи является энергия. В соответствии с различными формами движения материи выделяют разные виды энергии: механическую, внутреннюю, ядерную и другие. Под полной механической энергией понимают сумму кинетической и потенциальной энергии. Кинетическая энергия тела обусловлена его движением и зависит только от массы и скорости тела. Кинетическая энергия тела равна работе, которую способно совершить тело в процессе уменьшения своей скорости до нуля. Кинетическая энергия системы равна сумме кинетических энергий тел, входящих в эту систему. Потенциальная энергия определяется взаимным расположением тел и их частей и характером взаимодействия между ними.

Согласно закону сохранения энергии, полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют лишь консервативные силы, остается постоянной. Силу называют консервативной, если работа, совершаемая этой силой, зависит только от начального и конечного положения тела и не зависит от траектории, по которой оно двигалось. Если же работа, совершаемая силой, зависит от траектории перемещения тела из одной точки в другую, то такую силу называют диссипативной (или неконсервативной). Если в системе тел действуют диссипативные силы (например, силы трения, силы сопротивления), то для таких систем закон сохранения механической энергии не выполняется.

2.2. Соударение тел

В механике под ударом (соударением) понимают кратковременное взаимодействие двух или более тел, возникающее в результате их соприкосновения. Различают три вида удара: абсолютно упругий, абсолютно неупругий, неупругий удар.

Абсолютно упругим называют удар, при котором механическая энергия не переходит в немеханические виды энергии. При таком ударе кинетическая энергия частично или полностью переходит в потенциальную энергию упругой деформации. Затем потенциальная энергия упругой деформации снова переходит в кинетическую энергию, тела возвращаются к первоначальной форме, отталкивая друг друга, и разлетаются со скоростями, модуль и направление которых определяются законом сохранения импульса и законом сохранения механической энергии. Идеально упругих ударов в природе не существует, так как всегда часть энергии затрачивается на необратимую деформацию тел и увеличение их внутренней энергии. Однако, для некоторых тел, например, стальных шаров, потерями механической энергии можно пренебречь вследствие их малости.

Абсолютно неупругий удар характеризуется тем, что потенциальной энергии деформации не возникает, кинетическая энергия полностью или частично превращается во внутреннюю энергию тел. Столкнувшиеся тела после удара либо движутся вместе с одинаковой скоростью, либо покоятся. Примером такого удара служит удар шаров, изготовленных из пластилина. При абсолютно неупругом ударе выполняется закон сохранения суммарного

импульса тел, а закон сохранения механической энергии не выполняется.

При неупругом ударе часть кинетической энергии упругой деформации переходит в кинетическую энергию теплового движения молекул.

В реальности все удары являются либо абсолютно, либо частично неупругими.

2.3. Центральнй удар

Рассмотрим две каретки, движущиеся навстречу друг другу со скоростями v_1 и v_2 (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Движение кареток

Если каретки после удара движутся отдельно друг от друга со скоростями \vec{v}'_1 и \vec{v}'_2 , по закону сохранения импульса

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 . \quad (2.1)$$

Если после удара каретки движутся вместе как одно целое, то закон сохранения импульса запишется как

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v} , \quad (2.2)$$

где \vec{v} – скорость тел после удара.

Различают две характеристики соударения – коэффициент восстановления скорости и коэффициент восстановления энергии.

Коэффициент восстановления скорости K_C определяется как отношение относительной скорости тел после удара к относительной скорости тел до удара

$$K_C = \frac{v_{\text{отн}}'}{v_{\text{отн}}} = \left| \frac{\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1}{\vec{v}_2 - \vec{v}_1} \right| . \quad (2.3)$$

Для абсолютно упругого удара $K_C = 1$. При абсолютно неупругом ударе $K_C = 0$. В случае столкновения реальных тел столкновение не является абсолютно упругим, поэтому $K_C < 1$. Теория и опыт показывают, что коэффициент восстановления

скорости не зависит от масс и относительной скорости соударяющихся тел. Он зависит только от материала, из которого изготовлены соударяющиеся тела. При ударе тела о неподвижную преграду (плиту) коэффициент восстановления скорости для тел из дерева $K_C = 1/2$, из стали $\sim 5/9$, из слоновой кости $\sim 8/9$, из стекла $\sim 15/16$.

Коэффициент восстановления энергии $K_{\mathcal{E}}$ равен отношению кинетической энергии тел после удара к их кинетической энергии до удара

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{\frac{1}{2}m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2'^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2}. \quad (2.4)$$

3. Приборы и принадлежности

В состав установки входят: детектор CASSY (1), тайм-бокс или таймер (2), трек (3), 2 тележки (4) с дополнительными грузами, кольцо для столкновений (5), 2 фотосчетчика (6), 2 многожильных 6-контактных кабеля (7), ПК с установленной программой CASSY Lab.

Общий вид установки для исследования столкновения шаров представлен на рис. 3.1.

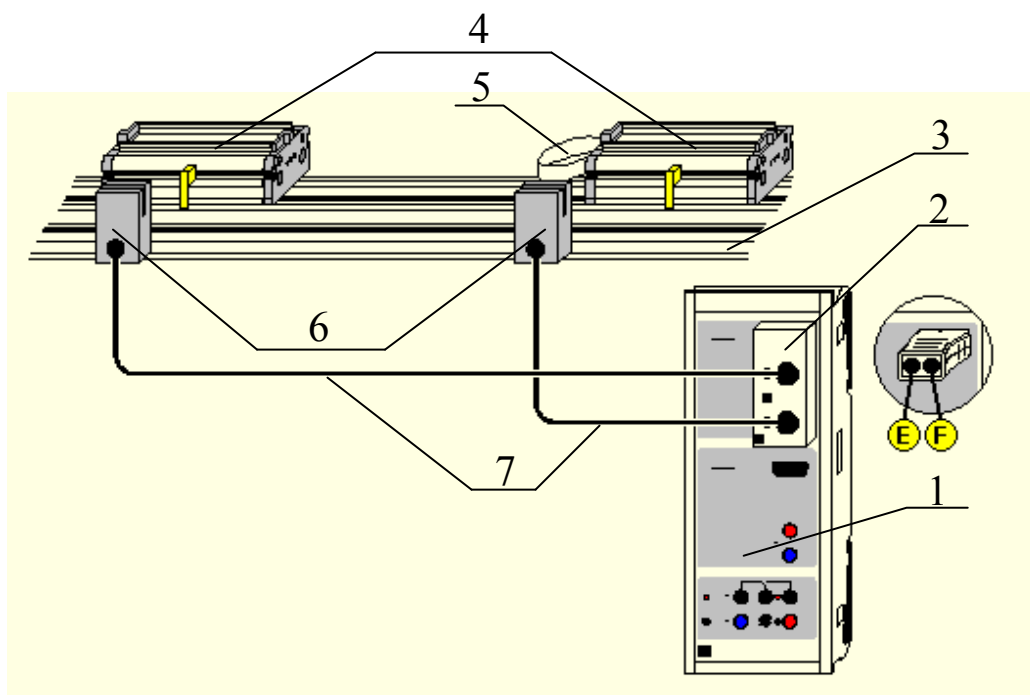


Рис. 3.1. Установка для изучения соударения тел

Горизонтальное расположение платформы с треком (3), можно регулировать с помощью опор. К платформе крепятся два фотосчетчика со световыми воротами (6), которые подключают на входы E и F тайм-бокса (2). Световые ворота располагают так, чтобы столкновение тележек (кареток Флетчера) происходило между ними. Флажки на тележках должны пересечь лучи света при прохождении своих ворот (рис. 3.2), поэтому каретки на треке устанавливают таким образом, чтобы световые ворота были расположены со стороны движения каждой из кареток.

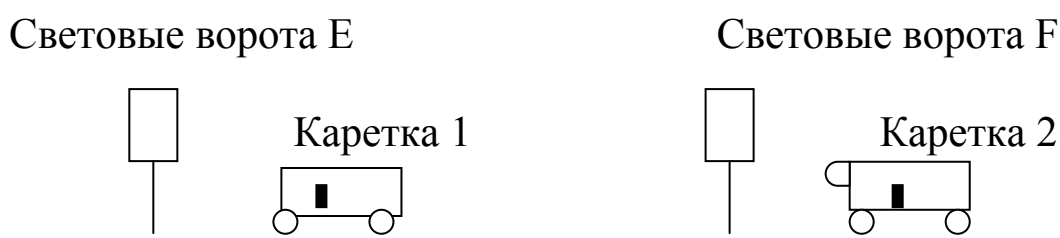


Рис. 3.2. Расположение световых ворот и кареток

Скорость тележек до и после столкновения измеряют по времени затемнения на обоих световых воротах. Всего в работе может быть реализовано 3 различных варианта первоначального расположения кареток:

- обе тележки за воротами;
- левая тележка между воротами, правая за воротами;
- правая тележка между воротами, левая за воротами.

4. Требования по технике безопасности

4.1. Прежде чем приступить к работе, внимательно ознакомьтесь с заданием и лабораторной установкой.

4.2. Проверьте заземление лабораторной установки (компьютера) и изоляцию токоведущих проводов. Немедленно сообщите преподавателю или лаборанту о замеченных неисправностях.

4.3. Не оставляйте без присмотра лабораторную установку.

4.4. По окончании работы приведите в порядок свое рабочее место, отключите компьютер.

5. Порядок выполнения работы

5.1. Расположить каретки на треке. Для упругого удара на каретке 2 установить кольцо (для неупругого удара – кольцо снять). Включить компьютер. Выполнить команду «ПУСК», затем «CASSY Lab». Нажать “?” или F1. Появится окно «CASSY Lab». Нажать «Примеры экспериментов».

5.2. При появлении надписи «Experiment examples» нажать «Physics». При появлении надписи «Experiment examples physics» нажать «Conservation of momentum and energy (collision)». Появится надпись «Conservation of momentum and energy (collision)». Найти пункт «Carrying out the experiment» и нажать кнопку «Load settings» слева от надписи.

5.3. Ввести массы m_1 и m_2 (выбрать $m_1 \neq m_2$, по указанию преподавателя). Для установки массы m_1 навести курсор в поле ввода на m_1 , щелкнуть правой кнопкой мыши и в появившемся окне ввести числовое значение параметра (в кг). Масса каретки без груза равна 400 г. Нажать кнопку «Заккрыть». Аналогично ввести числовое значение массы m_2 .

5.4. Настроить один из параметров измерений до столкновения по отношению к воротам E и F (v_1 , v_2 , v_1' или v_2'). Для этого навести курсор на одно из окон v_1 , v_2 , v_1' или v_2' в поле ввода и нажать 1 раз правой кнопкой мыши. Появится окно «Установки измерительного канала». Выбрать в нем вариант движения тел:

- тела движутся навстречу;
- тело 1 покоится;
- тело 2 покоится.

5.5. Выполнить команду $\rightarrow 0 \leftarrow$. Провести эксперимент (привести обе каретки или одну из них в движение). На экране в окнах скоростей v_1 , v_2 , v_1' или v_2' появятся их измеренные значения.

5.6. Если необходимо повторить измерения, то для этого нажать «Конец столкновения», затем $\rightarrow 0 \leftarrow$. Заккрыть окно «Установки измерительного канала».

5.7. Нажать клавишу F9 – снятие и запись результата. Программа вычислит импульсы и энергии тел.

5.8. Для просмотра числовых значений импульсов тел до и после столкновения необходимо нажать в главном окне «Impuls» (высвечиваются окна с параметрами p_1 и p_2 – импульсы первой и

второй каретки до удара, p_1' и p_2' – импульсы кареток после удара, p и p' – импульсы системы до и после соударения). Результаты измерений занести в табл. 1.

5.9. Для просмотра числовых значений энергии нажать в главном окне «Energie» (высвечиваются окна с параметрами E_1 и E_2 – энергии кареток до соударения, E_1' и E_2' – энергии после соударения, E и E' – энергии системы до и после удара, ΔE – потеря энергии при ударе). Результаты измерений занести в табл. 1.

5.11. Для просмотра числовых значений импульсов соударяющихся тел до и после удара можно также выбрать закладку «Gesamtimpuls», просмотра значений энергии тел до и после удара – закладку «Gesamtenergie», потери энергии при ударе – закладку «Energieverlust».

5.12. Рассчитать коэффициенты восстановления скорости и энергии. Полученные результаты внести в табл. 1.

Таблица 1

m_1 , кг	m_2 , кг	v_1 , м/с	v_2 , м/с	v_1' , м/с	v_2' , м/с	p , кг·м/с	p' , кг·м/с	K_C	E , Дж	E' , Дж	K_E

5.13. Проанализировать полученные результаты. Сделать заключение о выполнении или невыполнении законов сохранения импульса и энергии при соударениях тел.

5.14. Провести эксперимент для упругого удара при трех указанных выше вариантах движения тел по п.п. 5.4-5.13.

5.15. Снять кольцо с каретки 2 и провести эксперимент для неупругого удара. Рассмотреть три варианта движения тел:

- тела движутся навстречу;
- тело 1 покоится;
- тело 2 покоится.

В табл. 2 занести результаты измерений и рассчитанные значения коэффициентов восстановления скорости и энергии.

5.16. Закрывать окна настройки. Закрывать программу, нажав × в правом верхнем углу монитора. При предложении сохранить измерение, выбрать «НЕТ», компьютер закроет программу.

Таблица 2

$m_1,$ кг	$m_2,$ кг	$v_1,$ м/с	$v_2,$ м/с	$v,$ м/с	$p,$ кг·м/с	$p',$ кг·м/с	K_C	$E,$ Дж	$E',$ Дж	$K_{\text{Э}}$

6. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) сведения о лабораторной работе (номер лабораторной работы, название лабораторной работы, цель работы, перечень приборов и принадлежностей);
- 2) методику эксперимента (схему установки, краткую теорию, основные формулы для выполнения расчетов);
- 3) результаты измерений и расчетов представить в виде таблицы с указанием в графах физических величин, единиц их измерения; привести формулы с результатами измерений и вычислений;
- 4) выводы (обобщение того, что сделано в работе, заключение о выполнении или нарушении законов сохранения, предложения по усовершенствованию лабораторной установки и по проведению работы).

7. Контрольные вопросы

1. Что понимают под импульсом тела?
2. Что такое энергия? Какие виды энергии вы знаете?
3. Что называют кинетической энергией тела?
4. Как формулируются законы сохранения импульса и энергии?
5. Что такое удар? Какой удар называют абсолютно упругим (неупругим)?
6. Какие законы сохранения можно использовать при абсолютно упругом и абсолютно неупругом ударе?
7. Что понимают под коэффициентом восстановления скорости?

8. Что понимают под коэффициентом восстановления энергии?
9. Что представляет собой экспериментальная установка для изучения законов соударения тел и как с ее помощью определяют коэффициенты восстановления скорости и энергии?

Список литературы

1. *Савельев И.В.* Курс общей физики. – М.: Наука, 2007.
2. *Трофимова Т.И.* Курс физики. – М.: Academia, 2008.
3. *Детлаф А.А., Яворский Б.М.* Курс физики. – М.: Academia, 2007.