

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 141. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ПЛОСКОСТИ

Введение

Закон сохранения импульса. В инерциальной системе отсчета импульс замкнутой системы остается постоянным. Математически это утверждение можно выразить одним из следующих способов:

$$\mathbf{P} = \sum \mathbf{p}_i = \text{const} \text{ (для замкнутой системы)}, \quad (1a)$$

или

$$d\mathbf{P} = d\sum \mathbf{p}_i = \sum \mathbf{f}_i dt = \mathbf{F}_{\text{out}} dt = 0, \quad (1б)$$

где \mathbf{P} – полный импульс системы материальных точек, каждая из которых обладает некоторым импульсом \mathbf{p}_i , \mathbf{f}_i – равнодействующие всех сил, приложенных к i -ой точке, \mathbf{F}_{out} – сумма всех внешних сил, действующих на все материальные точки системы. При этом полагают, что и \mathbf{P} и \mathbf{F}_{out} есть векторы, приложенные к центру масс (центру инерции) системы.

Замкнутой называется механическая система, ни на одно тело которой не действуют внешние силы.

Явление удара

Ударом называется столкновение тел, при котором за малый промежуток времени происходит значительное изменение скоростей тел. Промежуток времени, в течение которого длится удар, обычно составляет 10^{-3} – 10^{-6} с, а развивающиеся на площадках контакта соударяющихся тел силы (называемые ударными или мгновенными) весьма велики по сравнению с внешними действующими на тела силами.

Для системы соударяющихся тел мгновенные силы являются внутренними силами. Импульсы этих сил за время удара называются мгновенными импульсами. Как правило, они во много раз больше импульсов всех внешних сил, приложенных к системе за тот же промежуток времени. Поэтому **в процессе удара влиянием внешних сил можно пренебречь и считать, что система соударяющихся тел является замкнутой. Это обстоятельство с одной стороны позволяет использовать законы сохранения для экспериментального исследования особенностей явления удара, а с другой - осуществить проверку справедливости законов сохранения импульса и момента импульса.**

Классификация ударов

Удар называется **центральный**, если в момент удара центры инерции сталкивающихся тел находятся на линии удара. Удар называется **прямым**, если скорости центров инерции сталкивающихся тел перед ударом направле-

ны параллельно линии удара. В противном случае, удар называется **косым**. При этом, **линией удара** называется общая нормаль, проведенная к поверхностям двух соударяющихся тел в месте их соприкосновения при ударе.

Удар двух тел называется **абсолютно упругим**, если после этого удара механическая энергия системы остается такой же как и до удара. Абсолютно упругий удар – идеализация, несуществующая в природе.

Удар двух тел называется **абсолютно неупругим**, если после удара оба тела движутся, как одно целое. В отличие от абсолютно упругого, абсолютно неупругий удар встречается часто.

Законы сохранения импульса и момента импульса выполняется для любых типов ударов.

Приступая к работе необходимо

Знать определения

вектора и составляющей вектора;
координат вектора;
проекции вектора на направление;
радиус-вектора, скорости, ускорения;
системы координат и системы отсчета;
инерциальной и неинерциальной систем отсчёта;
массы тела;
силы;
импульса системы материальных точек;
кинетической энергии системы материальных точек;
центра масс.

Знать

формулировку и границы применения закона сохранения импульса;
формулировку и границы применения закона сохранения механической энергии.

Уметь

измерять расстояния с помощью линейки и рулетки;
горизонтировать установку по жидкостному уровню;
определять массу взвешиванием;
оценивать случайные погрешности прямых и косвенных измерений.

Цель работы

Экспериментальная проверка закона сохранения импульса для разных типов соударений тел на воздушной подушке.

Решаемые задачи

- ✓ приобрести навыки обработки и анализа треков;
- ✓ пронаблюдать упругое и абсолютно неупругое столкновения тел и зафиксировать их траектории.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности:

- ✓ Экспериментальный стол (1) со стеклянной поверхностью и резиновыми ограничивающими лентами (2) (см рисунки)
- ✓ Регулировочные винты, для регулировки горизонтального положения поверхности стола (3).
- ✓ Выемка для рулона металлизированной бумаги (4)
- ✓ Переключатель выбора частоты 10/50 Hz (5) импульсов, подаваемых на пишущие электроды (13)
- ✓ Выключатель электропитания установки с лампочкой индикации (6)
- ✓ Гнездо(7) для кронштейна (8) подвода электропитания к шайбам (9)
- ✓ Удерживающая полоска для металлизированной бумаги, обеспечивающая электрический контакт(10).
- ✓ Ключ-переключатель(11), который нужно удерживать для записи траектории шайбы пишущими электродами (13)
- ✓ Рулон металлизированной бумаги для записи траекторий (12)
- ✓ Провода для подвода электропитания (14) к шайбам (9)
- ✓ Шайба (9) с вентилятором для создания воздушной подушки и центральным пишущим электродом (на дне шайбы). Гнездо(15) для подключения кабеля электропитания(14) шайбы. Гнездо для подключения дополнительного пишущего электрода (16). Выключатель вентилятора (17). Выключатель центрального пишущего электрода(18).
- ✓ Кольца(19), надеваемые на шайбы для увеличения массы. Масса кольца 500 ± 1 г.
- ✓ Пружинные эластичные кольца (22) с держателем(21) для дополнительного бокового электрода(13).

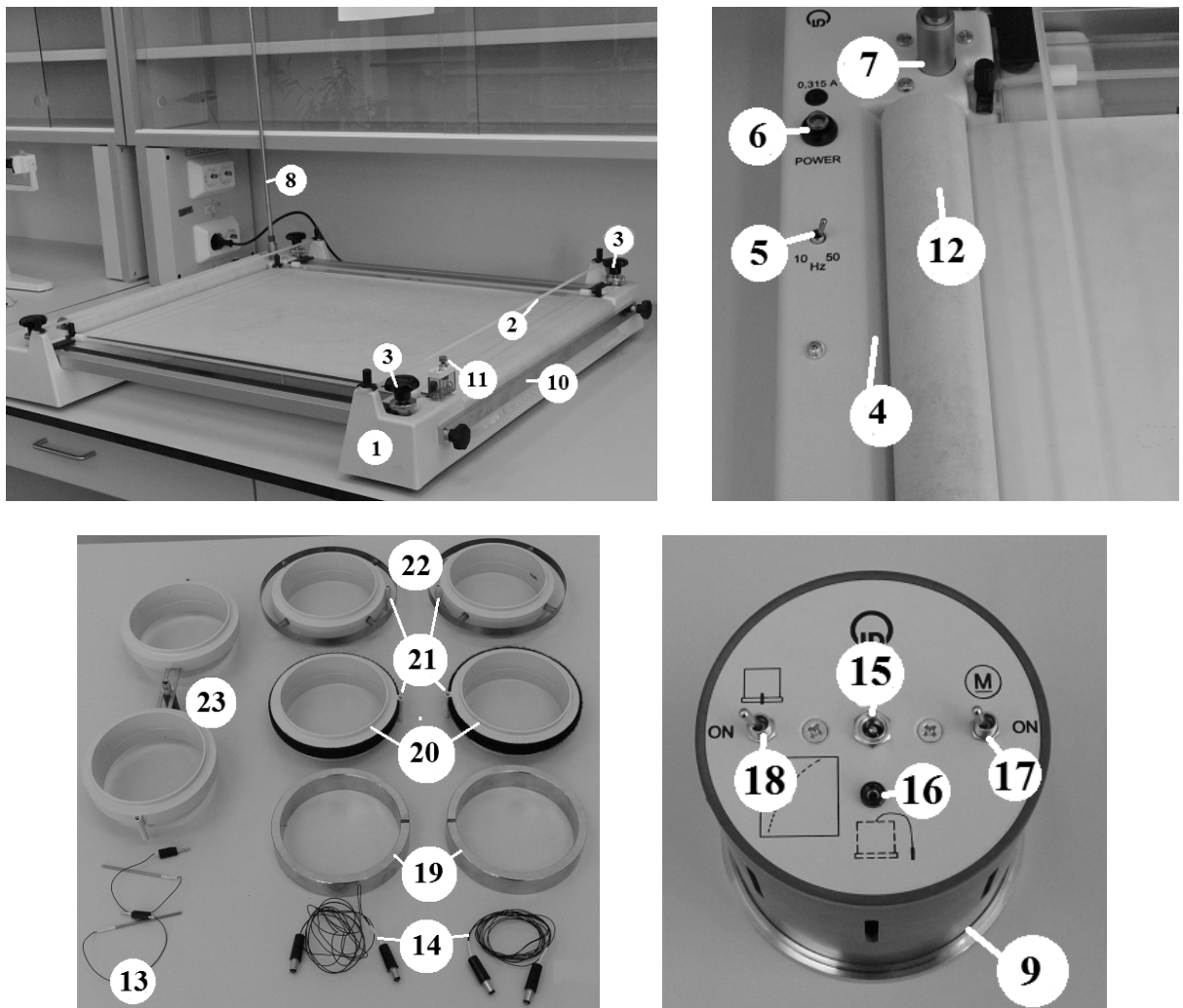


Рис. 1 Основные элементы экспериментальной установки

- ✓ Кольца с “липучками” (20) с держателем для дополнительного бокового электрода (21).

В данной установке две шайбы двигаются по горизонтальной поверхности специального стола. Расположенный в каждой шайбе вентилятор создаёт воздушный поток, выходящий через отверстие на дне шайбы и приподнимающий её на воздушной подушке. Таким образом, сила трения существенно уменьшается. Пишущие электроды в шайбах оставляют на специальной металлизированной бумаге отметки с заданной частотой (10/50 Гц). Анализируя эти треки, можно получить информацию не только о траектории, но и о скорости движения электродов.

Порядок выполнения работы

Подготовка установки для проведения экспериментов.

1. Протрите стеклянную поверхность стола и основание шайб и подождите, пока они высохнут.

2. Поместите рулон записывающей бумаги (12) в специальную выемку (4), натяните её на стеклянной поверхности и закрепите с противоположной стороны удерживающей полоской (10).
3. Поместите шайбы на бумагу. Для каждой шайбы вставьте провод электропитания (14) одним концом в гнездо кронштейна (8), а другим – в гнездо на шайбе (15).
4. Нажмите кнопку выключателя электропитания всей установки (6). Поместите одну шайбу в центр стола и включите её вентилятор кнопкой (17). Подкручивая регулирующие винты (3) добейтесь того, чтобы шайба не соскальзывала. Выключите вентилятор шайбы.
5. Установите переключатель частоты (5) в положение 50 Hz. **Внимание!** Если скорости движения тел будет недостаточно, чтобы прочертить пунктирную линию, то установите переключатель частоты (5) в положение 10 Hz.

Упражнение 1. Упругое столкновение тел

6. Измерьте массы шайб и колец на весах.
7. Наденьте эластичные кольца на каждую из шайб сверху. Проследите, чтобы штырьки шайб попали в выемки на нижних частях колец. Наденьте сверху дополнительно массивные кольца (19) на каждую из шайб. Проследите за тем, чтобы они легли на кольца без перекоса.
8. Включите вентиляторы на шайбах. Слегка толкнув шайбы руками, приведите их в движение и наблюдайте столкновение. Подберите такие начальные значения и направления скоростей шайб, чтобы точка столкновения находилась ближе к середине стола и прямолинейные участки движения были достаточно длинными.
9. Включите центральный пирующий электрод (18) на каждой шайбе. Приведите их в движение по намеченной в п.7 траектории, нажимая при этом ключ (11). Подпишите карандашом или цветным маркером на бумаге начало и конец траектории каждой шайбы, а также место их соударения. Это необходимо, чтобы вы имели возможность различать все траектории. Обязательно зафиксируйте частоту, установленную переключателем (5).
10. Выключите вентиляторы на шайбах и снимите все насадки.

Упражнение 2. Абсолютно неупругое столкновение тел.

11. На обе шайбы наденьте кольца на “липучках” (20). Проследите, чтобы штырьки шайб попали в выемки на нижних частях колец. Наденьте сверху дополнительно массивные кольца (19) на каждую из шайб. Проследите за тем, чтобы они легли на кольца без перекоса.
12. Повторите пп. 8-9.
13. Выключите вентиляторы на шайбах и снимите все насадки.

Окончание эксперимента

14. Отсоедините все провода от шайб, достаньте дополнительные электроды из держателя. Уберите дополнительные электроды в пакетик.
15. Снимите все кольца и аккуратно сложите их в коробку.
16. Выключите электропитания установки (6).
17. Отрежьте ножницами кусок металлизированной бумаги, на котором зафиксированы все ваши траектории.

Обработка и представление результатов

18. Проанализируйте каждое событие столкновения. Определите скорости движения тел до и после столкновения. Для этого на прямолинейном участке трека длины L посчитайте количество штрихов N . Величина скорости движения вычисляется по формуле

$$v = \frac{L}{N} \cdot f,$$

где f – частота ударений электрода, устанавливаемая переключателем (5).

19. Произвольно, из соображений удобства, выберите прямоугольную систему координат и найдите проекции скоростей на оси X , Y .
20. Заполните следующую таблицу, занося в неё данные для каждого столкновения из упражнений 1 и 2:

	Номер эксперимента	1	2	3	...
	Тип соударения				
	M_1 (полная масса 1-го тела)				
	M_2 (полная масса 2-го тела)				
До столкновения	V_{1x}, V_{1y} (проекция скоростей 1-го тела)				
	V_{2x}, V_{2y} (проекция скоростей 2-го тела)				
	p_{1x}, p_{1y} (импульс 1-го тела)				
	p_{2x}, p_{2y} (импульс 2-го тела)				
	p_x, p_y , где $\mathbf{P} = \mathbf{P}_1 + \mathbf{P}_2$				
	$E_{кин}$				
После столкновения	V_{1x}, V_{1y}				
	V_{2x}, V_{2y}				
	p_{1x}, p_{1y}				
	p_{2x}, p_{2y}				
	p_x, p_y , где $\mathbf{P} = \mathbf{P}_1 + \mathbf{P}_2$				
	$E_{кин}$				

21. Обратите внимание на то, как изменяется полный импульс и полная кинетическая энергия всей системы в результате соударения? Объясните получившиеся результаты.
22. Сделайте выводы о законе сохранения импульса и законе сохранения энергии.

Казанский (Поволжский) федеральный университет

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО МЕХАНИКЕ**

КАЗАНЬ 2014

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ

(Учебно-методическое пособие
для студентов естественнонаучных направлений обучения)

авторы пособия:

доцент кафедры общей физики *Скворцов А.И.*
доцент кафедры общей физики *Налётов В.В.*
доцент кафедры общей физики *Мухамедшин И.Р.*
доцент кафедры общей физики *Недопекин О.В.*
ассистент кафедры общей физики *Лысогогорский Ю.В.*
ассистент кафедры общей физики *Ирисова И.А.*
инженер кафедры общей физики *Староверов А.Е.*

Рецензент:

профессор кафедры общей физики КФУ *Фишман А.И.*,

В пособии описана методика постановки работ общего физического практикума по разделу механика курса общей физики. Пособие предназначено для студентов всех естественнонаучных направлений обучения.

© Институт физики Казанского университета.