

Закон сохранения импульса при неупругих столкновениях на демонстрационной дорожке со счетчиком 4-4



Физика

Механика

Энергосбережение и импульс



Уровень сложности

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

20 Минут



Время выполнения

10 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f69da79954d540003218051>

PHYWE

Общая информация

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Если в закрытой системе два тела сталкиваются неупруго, то общий импульс p системы сохраняется. После столкновения оба тела движутся вместе с импульсом, который соответствует сумме отдельных импульсов до удара.

С другой стороны, кинетическая энергия всей системы уменьшается, так как часть кинетической энергии преобразуется в энергию деформации при неупругом ударе.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

предварительные знания



Принцип



Учащиеся должны рассмотреть законы сохранения импульса и энергии при неупругом столкновении.

Если две тележки сталкиваются неупруго, то они движутся вместе с одинаковой скоростью и в одном направлении. Импульс системы тележек соответствует сумме отдельных импульсов до удара:

$$p_1 + p_2 = p'$$

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель



Задачи



После неупрого столкновения кинетическая энергия системы уменьшается из-за деформации пластилина между двумя тележками.

Тем не менее, энергия всей системы остается прежней, с учетом энергии деформации ΔE :

$$E_{kin} = E'_{kin} + \Delta E .$$

1. Определение импульсов до и после неупрого столкновения двух движущихся тележек с противоположными направлениями движения.
2. Определение кинетической энергии до и после неупрого столкновения двух движущихся тележек с противоположными направлениями движения.

Инструкции по технике безопасности



К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Материал

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Демонстрационная дорожка трек, алюминиевая, длина 1,5 м	11305-00	1
2	Тележка с малым коэффициентом трения, с сапфирными подвесками	11306-00	2
3	Запирающая пластина для тележки, ширина 100 мм	11308-00	2
4	Игла со штекером	11202-06	2
5	Трубка со штекером	11202-05	2
6	Пластилин, 10 брусков	03935-03	1
7	Гиря для тележки, 400 г	11306-10	2
8	Гиря, 10 г, черная	02205-01	4
9	Гиря, 50 г, черная	02206-01	3
10	Запирающий держатель насадка для демонстрационной дорожки	11305-12	1
11	Пусковая система для демонстрационной дорожки	11309-00	1
12	Магнит со штекером	11202-14	1
13	Световой барьер, компактный	11207-20	2
14	Держатель для светового барьера	11307-00	2
15	Таймер 4-4	13604-99	1
16	Соединительный проводник, 1000 мм, красный	07363-01	2
17	Соединительный проводник, 1000 мм, желтый	07363-02	2
18	Соединительный проводник, 1000 мм, синий	07363-04	2
19	Портативные весы, OHAUS CR2200	48914-00	1

PHYWE

Подготовка и выполнение работы

Подготовка (1/4)

PHYWE

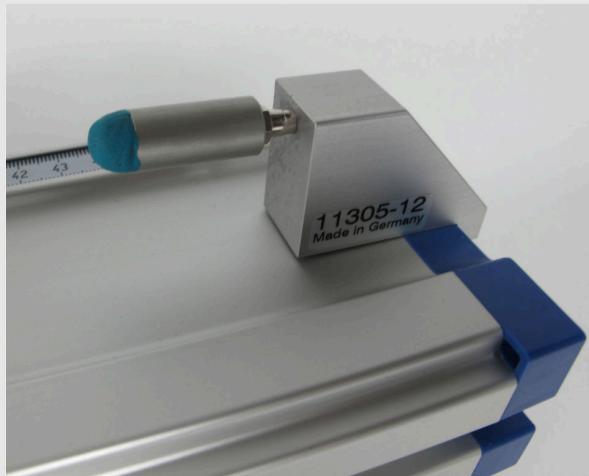
Пусковое устройство

1. Проезжая часть дорожки должна быть выровнена по горизонтали как можно точнее с помощью трех регулировочных винтов на ножках.

2. Пусковое устройство должно быть установлено на левом конце дорожки.

Пожалуйста, обратите внимание, что для запуска тележки с начальным импульсом пусковое устройство должно быть смонтировано таким образом, чтобы тележка получала импульс от удара (пуансона).

Подготовка (2/4)



Трубка с пластилином прикрепляется к запирающему держателю-насадке

3. Трубка, заполненная пластилином, прикрепляется к запирающему держателю-насадке на правом конце демонстрационной дорожки, чтобы замедлить движение тележки без сильного удара.

4. Два вилочных световых барьера установлены на демонстрационной дорожке с держателями световых барьеров и расположены на расстоянии примерно 40 см и 100 см. Световой барьер, который находится ближе к пусковому устройству, называется световым барьером 1, другой - световым барьером 2.

Подготовка (3/4)



Подключение световых барьеров

5. Световой барьер 1 подключается к разъемам в поле "1", световой барьер 2 - к разъемам в поле "3" таймера. Желтые гнезда световых барьеров подключаются к желтым гнездам измерительного прибора, красные гнезда - к красным, а синие гнезда световых барьеров - к белым гнездам таймера.

6. Два ползунковых переключателя на таймере устанавливаются в правое положение - «задний (спадающий) фронт» (▼) для выбора фронта триггера.

Подготовка (4/4)

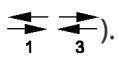


7. Две измерительные тележки размещаются на демонстрационной дорожке:

- Левая тележка, находящаяся ближе к пусковому устройству (тележка 1 со скоростью v_1), оснащена удерживающим магнитом с заглушкой в направлении пускового устройства стартера и пластиной с заглушкой в направлении движения.
- В торец правой тележки (тележка 2 со скоростью v_2) вилка с резинкой вставляется в направлении тележки 1, а игла с заглушкой обращена к торцевому держателю.
- На обеих тележках задерживающие пластины длиной ($b = 100$ мм) защелкиваются со стороны, на которой должны быть расположены вилочные световые барьеры.

Выполнение работы (1/4)



1 . Для выполнения всех измерений таймер необходимо переключить в режим 6 "Нажать" (). Активны только входы управления 1 и 3.

На каждом световом барьере измеряется до двух периодов затенения.

Время прерывания работы светового барьера 1 выводится на первых двух дисплеях, время прерывания работы светового барьера 2 - на двух задних дисплеях.

Первое прерывание светового барьера отображается на левом дисплее, второе - на правом дисплее

2. В начале измерения массы тележек должны определяться с помощью весов.

Грузики с прорезями в 1 г подходят для небольших коррекций (особенно, когда требуются массы одного и того же размера).

Выполнение работы (2/4)



3. Перед началом каждого эксперимента нажмите кнопку "Сброс", чтобы сбросить показания дисплея.
4. Измерительные тележки располагаются по разные стороны от световых барьеров. Тележка 1 ускоряется пусковым устройством, тележка 2 слегка толкается рукой. После неупругого столкновения обе тележки движутся вместе в одном направлении. Чтобы они не остановились в пределах световых барьеров из-за слишком низкого общего импульса, убедитесь, что первая тележка получает значительно более высокий начальный импульс. Поскольку удар должен происходить обязательно в пределах световых барьеров, возможно, придется запускать тележки с небольшим смещением во времени.
5. Для того, чтобы различать различные данные измерений тележек, время затенения перед ударом обозначают как t_1 и t_2 , а после столкновения: t_1 и t_2' .

Те же самые обозначения должны использоваться для рассчитанных скоростей и импульсов.

Выполнение работы (3/4)



5. После удара световой барьер прерывается обоими тележками в направлении движения. При этом фиксируется только время затенения задерживающей пластины первой тележки, поскольку время тележки было измерено до столкновения. Однако, поскольку обе тележки движутся с одинаковой скоростью, это время затенения применяется к обеим тележкам.
6. Скорости $v_i = b / t_i$ должны всегда определяться по времени затенения t_i , где $b = 100 \text{ мм}$ - длина задерживающей пластины тележки.

Поскольку скорости являются векторными величинами, необходимо учитывать знаки проекций величин. Все скорости, которые движутся в противоположном направлении скорости v_1 , имеют знак противоположный v_1 .

Выполнение работы (4/4)



7. Для того, чтобы различать различные данные измерений тележек время затенения до удара должно быть обозначено как t_1 и t_2 , а после столкновения с t' .

Одни и те же обозначения должны использоваться для вычисленных скоростей и импульсов.

8. Время измерения следует записывать и усреднять до пяти повторений.

Затем измерение повторяется как для разных масс автомобиля, так и для разных соотношений масс.

Оценка (1/6)



Наблюдения

Обе тележки сталкиваются и движутся вместе с одинаковой скоростью в одном направлении.

Оценка (2/6)

PHYWE

Пример измерения неупругого соударения

$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_2' = t_1', \text{с}$
0,4	0,4	0,162	0,591	0,447
0,8	0,4	0,237	0,664	0,461
0,4	0,55	0,162	0,593	0,598

Оценка (3/6)

PHYWE

Пример измерения неупругого соударения

v_1 м/с	v_2 м/с	$v_2' = v_1'$ м/с	p_1 кг · м/с	p_2 кг · м/с	$p = p_1 + p_2$ кг · м/с	p' кг · м/с
0,617	-0,169	0,224	0,247	-0,068	0,179	0,179
0,422	-0,151	0,217	0,338	-0,06	0,277	0,26
0,617	-0,169	0,167	0,247	-0,093	0,154	0,159

Оценка (4/6)

PHYWE

Пример измерения неупругого соударения

E_1 , кг · м ² /с ²	E_2 , кг · м ² /с ²	E_{kin} , кг · м ² /с ²	E'_{kin} , кг · м ² /с ²	ΔE , кг · м ² /с ²
0,076	0,006	0,082	0,02	0,062
0,071	0,005	0,076	0,028	0,048
0,076	0,008	0,084	0,013	0,071

Оценка (5/6)

PHYWE

- Для отдельных измерений, импульсы p_1 и p_2 до столкновения и $p' = (m_1 + m_2) \cdot v'$ после соударения рассчитываются по известным значениям масс тележек и скорости. После удара.

Поскольку тележки остаются вместе после неупругого столкновения, их можно рассматривать как тележку большей массы. Сравнение полных импульсов (см. Пример измерения) показывает, что закон сохранения количества движения применяется в пределах точности измерения:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'.$$

- Вычисляются инетические энергии E_1 и E_2 двух тележек до удара и энергию E'_{kin} совместного движения после столкновения. Сравнение $E_{kin} = E_1 + E_2$ с E'_{kin} показывает, что кинетическая энергия системы тележек после удара стала значительно меньше (см. также пример измерения). То есть, закон сохранения энергии, вроде бы, не выполняется:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \neq \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2.$$

Оценка (6/6)

PHYWE

3. Однако в закрытой системе энергия должна сохраняться и не может быть потеряна.

Причина в том, что при ударе энергия расходуется на деформацию пластилина.

Эта энергия деформации ΔE приводит к уменьшению кинетической энергии.

Таким образом, закон сохранения энергии выглядит следующим образом:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2 + \Delta E$$

Таким образом, потенциальная энергия деформации ΔE соответствует разнице между начальной кинетической энергией тел и оставшейся кинетической энергией после столкновения.

Примечания

PHYWE

1. Чтобы ускорить тележку 1 с помощью пускового устройства, пуансон вдавливается до фиксации. Поскольку пусковое устройство предусматривает три ступени разного размера, то необходимо обеспечить, чтобы для каждого эксперимента использовалось одинаковое запирающее устройство, которое передавало одинаковую силу при срабатывании пускового устройства.
2. Перед каждым измерением необходимо проверять правильность посадки обоих пластинок на тележках, поскольку они могут соскользнуть из-за резкого торможения.
3. Время от времени, при необходимости, следует переделывать пластилин, чтобы столкновение тележек всегда было как можно более амортизованным.
4. Тележки не движутся полностью без трения, у них есть остаточное трение, и общий импульс уменьшается примерно на 6 %. Это также вызывает потерю энергии, так что разница в кинетических энергиях до и после удара не полностью соответствует энергии деформации ΔE пластилина