

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ КАК МЕРА ДВИЖЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

© Турьшев М.В., Кучин В.А., Шелихов В.В., 2010

ООО «ВЕЛМА»

Полярная ул.54, корп. 4,г. Москва, 127282, Россия

E-mail: turyshev@nm.ru

Изложены результаты экспериментальной работы, которая показала, что импульс (количество движения mv) переданный телам не сохраняется по величине и не имеет корреляции с их действием на другие тела. В то же время действие тел на другие тела прямо пропорционально их кинетической энергии. Единственной мерой механического движения является кинетическая энергия.

Results of experimental work, which has shown are stated, that the pulse (momentum mv) transferred to bodies is not kept on size and has no correlation with their action on other bodies. At the same time, action of bodies on other bodies in direct ratio their kinetic energy. A unique measure of mechanical movement is kinetic energy.

В настоящее время самый «старый» и хорошо исследованный раздел физики – механика требует нового подхода к пониманию природы механических явлений. Результаты новых опытов, проведенных в этой области [1–4] привели нас к переосмыслению одного из основных положений механики и физики – это меры движения.

Долгое время среди ученых-физиков шла бурная дискуссия, что является «мерой движения»: импульс (mv) или кинетическая энергия ($\frac{mv^2}{2}$). Данная работа посвящена экспериментальному решению выше-приведенной дилеммы. Для её решения экспериментально измеряли разницу величин импульсов двух тел, имеющих равные массы, когда одновременно на них действуют равные силы за равный промежуток времени. С этой целью были изготовлены две равные по массе тележки, с установленными на них опорами с подшипниками, в которых были установлены оси сплошного и полого цилиндров, имеющие равные массы (по 0,970 кг) и диаметры. Общий вес тележек вместе с цилиндрами составлял по 1,120 кг. Они имели возможность свободно вращаться или их можно было механически фиксировать от вращения (см. Фото 1, А).

Полная кинематическая схема опытов представлена на Рис. 1. В исходном положении обе тележки длиной по 0,200 м, устанавливали на одном крае стола (длина 1,6 м), где они крепились за стальные цилиндры с помощью электромагнита. На равных расстояниях от них устанавливались тела-мишени 1 и 2 (Фото 1,Б), равные по размерам и массе (по 0,42 кг). На другом краю стола крепились два легких пластиковых ролика с канавкой на торце.

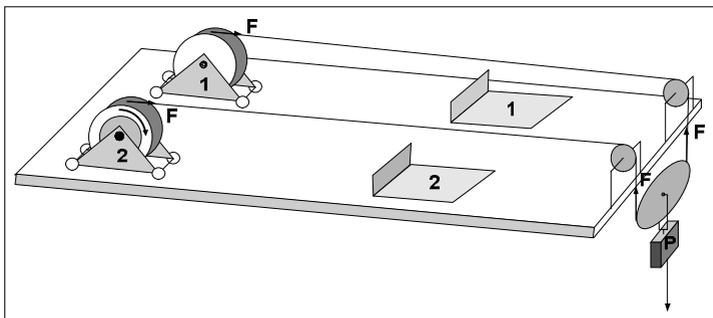
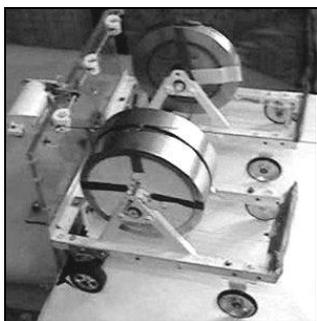
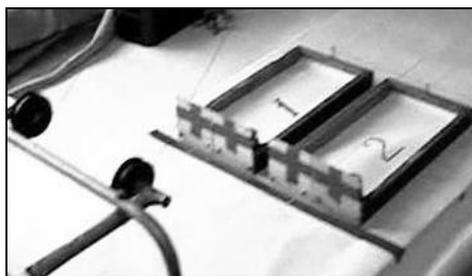


Рис. 1. Кинематическая схема опытов №1 и №2.



А



Б

Фото 1. Тележки с цилиндрами (А) и тела-мишени (Б).

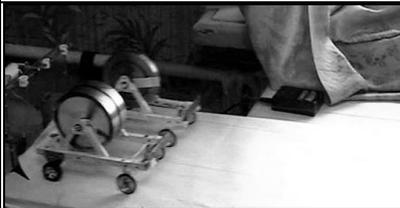
Далее, в серии опытов №1 гибкий малорастяжимый шнур крепили одним из его концов к верхней части сплошного цилиндра тележки 1, который механически фиксировали от возможного вращения. Затем шнур протягивали через ролик, оставляя небольшую петлю. Другой конец шнура наматывали на полый цилиндр тележки 2 (5 витков), так чтобы при полной

его размотке он слетал с цилиндра, и прекращалось действие сил разгоняющих тележки. Полый цилиндр на тележке 2 мог свободно вращаться вокруг своей оси. В петлю шнура, расположенную между роликами, подвешивали еще один легкий ролик и к его оси вращения крепили груз P , равный $0,3$ кг (Рис. 1). Это позволяло создать равное натяжение шнура (соответственно, равные силы F действующие на тележки).

Для серии опытов №2 кинематическая схема оставалась прежней, но полый цилиндр тележки №2 механически фиксировали от возможного вращения и крепили к нему конец шнура без намотки. В то же время на сплошной цилиндр на тележке №1, который свободно вращался, наматывали 7 витков шнура.

На серии фотографий (Фото 2 – Фото 8) показана последовательность движения тележек под действием равных сил F в опыте №1. В момент, когда действие сил закончилось (Фото 6) можно отчетливо видеть как тележка 1 (цилиндр не вращается) опередила тележку 2 (цилиндр вращается) почти на $0,20$ м, что свидетельствует о приобретении тележками разных по величине скоростей. После соударения и полной остановки тележек так же имеется разница в величинах перемещения мишеней (Фото 8).

Аналогичная ситуация наблюдается для серии опытов №2 (Фото 9 – Фото 13) с той лишь разницей, что тележка 1 (сплошной цилиндр вращается) поменялась ролью с тележкой 2 (полый цилиндр не вращается). В данном случае разница приобретенных скоростей тележек и величин смещения мишеней меньше, чем в предыдущем опыте (Фото 11 и Фото 13).

<p>Серия фотографий опыта №1 (Фото 2 – Фото 8) получена из видеозаписи.</p>	<p>Серия фотографий опыта №2 (Фото 9 – Фото 13) получена из видеозаписи.</p>
	
<p>Фото 2</p>	<p>Фото 9</p>



Φοτο 3



Φοτο 4



Φοτο 5



Φοτο 6



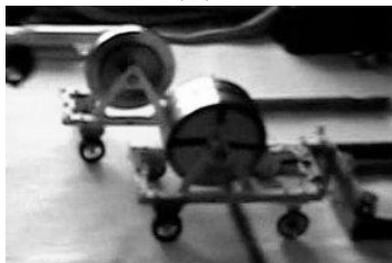
Φοτο 7



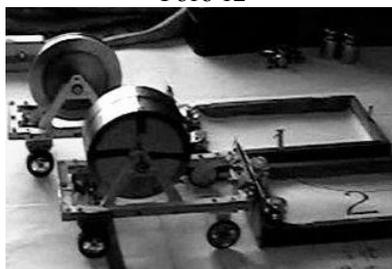
Φοτο 10



Φοτο 11



Φοτο 12



Φοτο 13

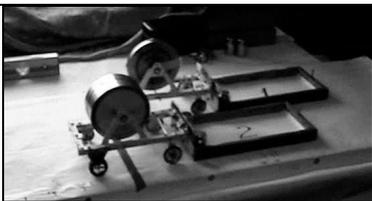


Фото 8

Работа, совершаемая падающим грузом, расходовалась на увеличение кинетической энергии тележек:

- у тележки без вращения цилиндра увеличивалась только кинетическая энергия ее поступательного движения;
- у тележки с вращающимся цилиндром *одновременно* увеличивалась кинетическая энергия вращения цилиндра и поступательная энергия тележки с цилиндром в целом.

После разгона равными силами (и за равное время), тележки приобретали *не равные* скорости и соответственно *не равные* импульсы (т.к. их массы были равными). Далее, двигаясь по инерции, они соударялись с телами-мишенями (равными по массе и размерам) и перемещали их на разные расстояния l_1 и l_2 , соответственно (Фото 8 и Фото 13). В этих случаях работы сил трения $F_{тр}$ системы «тележка+мишень» будут равны:

$$A_1 = F_{тр} l_1 \text{ и } A_2 = F_{тр} l_2. \quad (1)$$

Поскольку силы трения для тел-мишеней были равны, то перемещения мишеней l_1 и l_2 пропорциональны работам сил трения A_1 и A_2 , соответственно, или изменению кинетических энергий поступательного движения тележек $\Delta E_{пост1}^{кин}$ и $\Delta E_{пост2}^{кин}$:

$$A_1 = F_{тр} l_1 = \Delta E_{пост1}^{кин} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A_2 = F_{тр} l_2 = \Delta E_{пост2}^{кин} = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где v_1 – скорость тележки 1, $\Delta E_{пост1}^{кин}$ – изменение кинетической энергии поступательного движения тележки 1, v_2 – скорость тележки 2, $\Delta E_{пост2}^{кин}$ –

изменение кинетической энергии поступательного движения тележки 2, m – масса тележки с цилиндром.

Отсюда находим отношение перемещений тел-мишеней из (2):
$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$
 (т.к. массы тележек равны).

Тогда отношение скоростей тележек равно:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2}}. \quad (3)$$

и соответственно импульсов поступательно двигавшихся тележек:

$$\frac{mv_1}{mv_2} = \frac{\sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2}}. \quad (4)$$

Из (4) ясно видно, что *количество движения (импульс)*, приобретенные тележками *не равны* между собой, то есть *не сохраняется значение величин*, т.к. перемещения тел-мишеней $l_1 \neq l_2$ не равны между собой в проведенных сериях опытов №1 и №2.

В серии опытов №1 мишень 1 смещалась в среднем на расстояние l_1 равное 0,105 м, а мишень 2 – на расстояние l_2 равное 0,210 м. Тогда, в соответствии с выражением (4) в опыте №1 отношение значений величин импульсов тележек равно: $\frac{mv_1}{mv_2} = \frac{\sqrt{0,105}}{\sqrt{0,210}} = 0,707$. Если значение вели-

чины импульса тележки 1 (где цилиндр не вращался) принять за 100%, тогда значение величины импульса тележки 2 будет равна 70,7% от значения величины импульса тележки 1. Таким образом, в данной серии опытов *значения величин изменения импульса* тележек составляет 29,3%.

В серии опытов №2 мишень 1 смещалась в среднем на расстояние l_1 равное 0,090 м, а мишень 2 – на расстояние l_2 равное 0,145 м. Отношение значений величин импульсов тележек равно: $\frac{mv_1}{mv_2} = \frac{\sqrt{0,090}}{\sqrt{0,145}} = 0,788$.

В серии опытов №2 *изменение значений величин импульсов* тележек составляет 21,2%.

В обеих сериях опытов после сдвига мишеней тележками и полной их остановки механически не фиксированный цилиндр продолжал быст-

рое вращение в течение длительного времени. Это означает, что часть работы совершенной падающим грузом была затрачена ещё и на приобретение цилиндром кинетической энергии вращения. Другими словами работа, совершенная падающим грузом затрачивалась для тележки с неподвижным цилиндром на увеличение ее кинетической энергии *только поступательного движения* и для другой тележки с вращающимся цилиндром на одновременное увеличение кинетической энергии *поступательного движения тележки с цилиндром и вращательного движения цилиндра*.

В теоретической механике часто рассматривают два случая преобразования механического движения:

«1. механическое движение переносится из одной механической системы в другую в качестве механического движения;

2. механическое движение превращается в другую форму движения материи (в форму потенциальной энергии, теплоты, электричества и т.д.)» [7]. По логике современной механики в первом случае, когда преобразование механического движения происходит без перехода в иную форму движения (например, поступательное движение превращается во вращательное), то мерой движения является *вектор количества движения*, а мерой действия силы – *вектор импульса силы*. В то же время по той же логике (пункт 2) при превращении механического движения в другую форму движения, мера механического движения – *кинетическая энергия* тела или системы тел, а мера действия сил – *работа сил*.

Поскольку в опытах равные по значению величины импульса, переданные телам, *не сохраняются*, то мерой механической формы движения может быть *только кинетическая энергия*, а мерой действия силы – *только работа сил*.

О том, что может быть мерой движения кинетическая энергия $\frac{mv^2}{2}$ или количество движения (импульс) в смысле выраженной формулой – mv , спор длится уже более трёх веков. Решить эту проблему можно ещё одним способом – сравнением результатов действия одних тел на другие тела:

1. когда двум телам разной массы передаются *равные* по значению импульсы, а при этом они приобретают *не равные* между собой по значению величины кинетических энергий и далее движутся поступательно и сталкиваются с телами-мишенями, имеющими равные массы и размеры;

2. когда двум телам разной массы передают *равные* по значению кинетические энергии, а при этом они приобретают *не равные* между собой по значению величины импульсов и далее движутся поступательно и

сталкиваются с двумя телами-мишенями, имеющими равные массы и размеры.

В первой серии опытов (опыт №3) использовались две равные по массе тележки (по 0,125 кг), на которые крепились гири разной массы и два одинаковых тела-мишени по 0,465 кг (Фото 14).

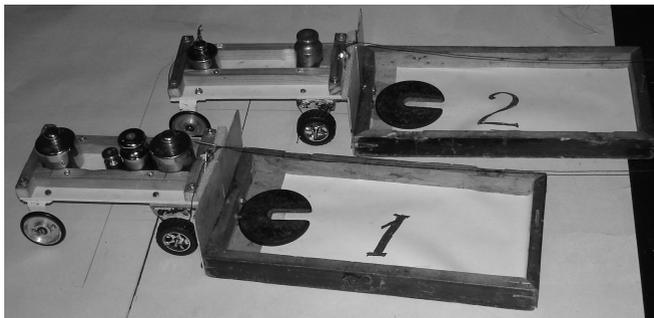


Фото 14

Полная кинематическая схема серии опытов №3 представлена на Рис. 2. В исходном положении обе тележки устанавливали на одном крае стола длиной более 1,0 м, где они фиксировались с помощью бруса. На равных расстояниях от них устанавливались тела-мишени 1 и 2 (Фото 14). На другом краю стола крепились два легких пластиковых блока (массой менее 5 Г).

Далее, гибкий малорастяжимый шнур крепили одним из его концов к корпусу тележки 1. Затем шнур протягивали через блоки, оставляя небольшую петлю для легкого шкива (массой 4 Г), на ось которого подвешивали груз P , равный 0,2 кг (Рис. 2). Это позволяло создавать равное натяжение шнура и на тележки действовали равные силы F . Груз P посредством шнура перемещал обе тележки с силой F в течение промежутка времени t и далее останавливался, достигнув, пола. Таким образом, тележки с гирями, имеющие разные массы (в опыте №3: $m_1 = 0,640\text{кг}$,

$m_2 = 0,320\text{кг}$ и $\frac{m_1}{m_2} = 2$), приобретали *равные* по значению импульсы:

$m_1 v_1 = m_2 v_2 = Ft$ и *не равные* кинетические энергии: $\frac{m_1 v_1^2}{2} \neq \frac{m_2 v_2^2}{2}$ (т.к.

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} = 2$). Далее, двигаясь по инерции короткое время, они соударя-

лись с тела-мишени 1 и 2 и перемещали их на разные (в среднем) расстояния: $l_1 \approx 0,105\text{м}$ и $l_2 \approx 0,170\text{м}$, соответственно (см. серию фотографий опытов №3).

В этом случае работы совершаемые тележками по перемещению блоков были равны:

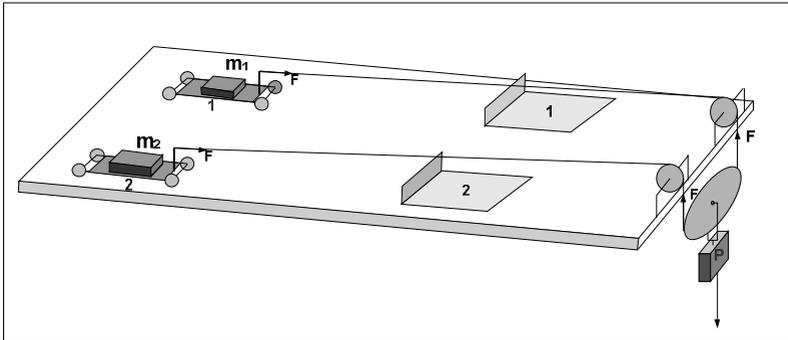


Рис. 2. Кинематическая схема опытов № 3.

$$A_1 = F_{тр} l_1 \text{ и } A_2 = F_{тр} l_2 . \quad (1)$$

Поскольку силы трения $F_{тр}$ для тел-мишеней равны по величине, то перемещения тел-мишеней l_1 и l_2 пропорциональны работам сил трения A_1 и A_2 или изменению кинетических энергий тележек $\Delta E_{кин1}$ и $\Delta E_{кин2}$:

$$A_1 = F_{тр} l_1 = \Delta E_{кин1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \text{ и}$$

$$A_2 = F_{тр} l_2 = \Delta E_{кин2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} , \quad (2)$$

где v_1 – скорость тележки 1 перед столкновением с блоком 1,

$\Delta E_{кин1}$ – изменение кинетической энергии тележки 1,

v_2 – скорость тележки 2 перед столкновением с блоком 2,

$\Delta E_{кин2}$ – изменение кинетической энергии тележки 2,

m_1 и m_2 – массы тележек с гирями.

В результате действия тележек на тела-мишени отношение значений величин их перемещений равно отношению кинетических энергий тележек:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\Delta E_{кин1}}{\Delta E_{кин2}} = \frac{m_1 v_1^2}{m_2 v_2^2}, \quad (3)$$

но не равно отношению импульсов тележек:

$$\frac{l_1}{l_2} \neq \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2} = 1. \quad (4)$$

Кинематическая схема другой серии опытов (опыт №4) приведена на Рис. 3. Она отличается от кинематической схемы серии опытов №3, тем, что на каждую тележку отдельно действует груз P (0,100 кгГ) через блок. Оба груза P и тележки совместно перемещаются на равные расстояния.

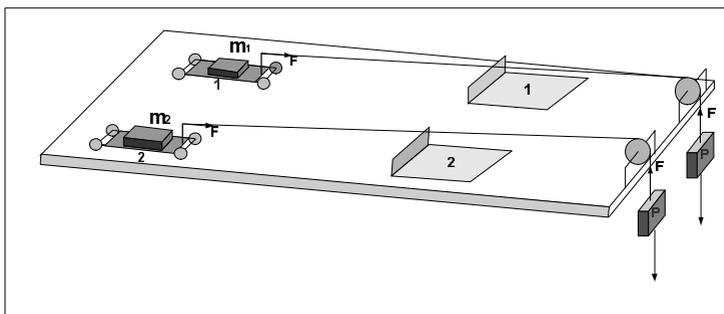
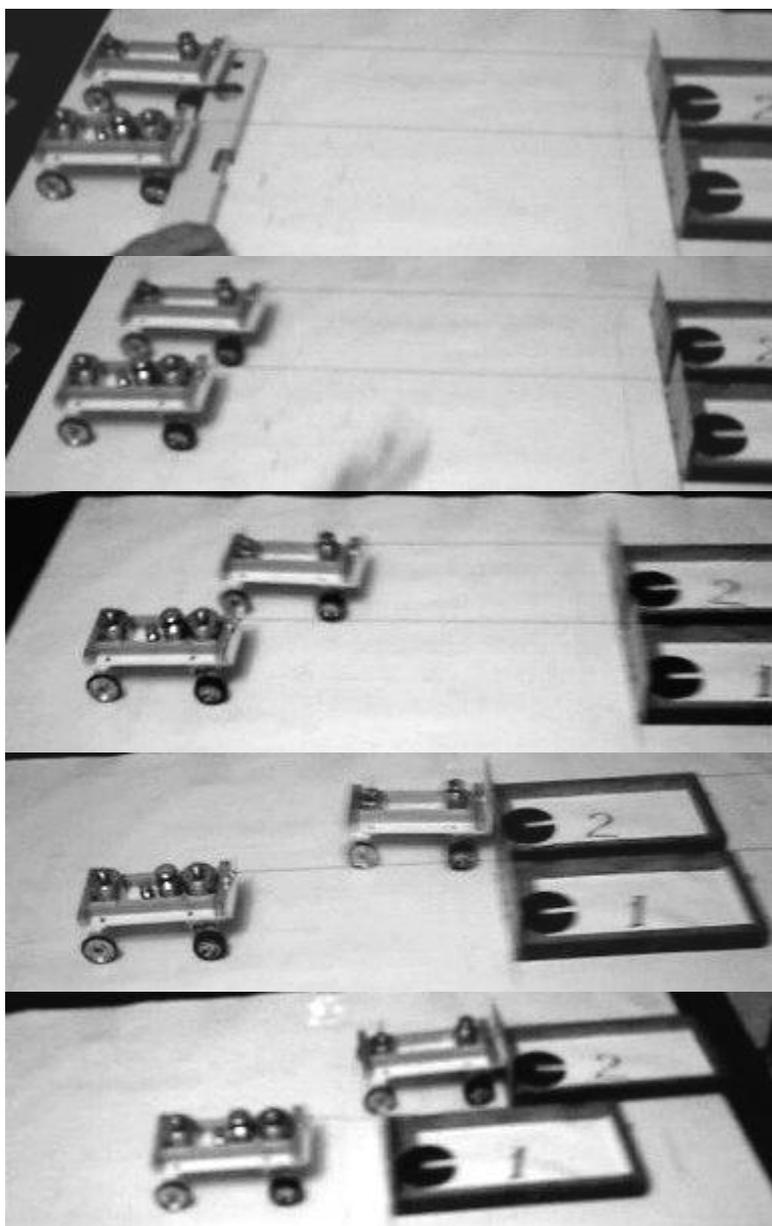
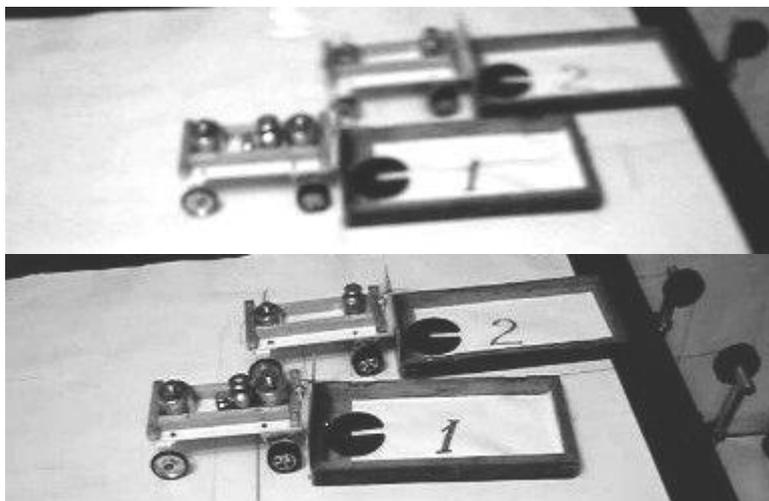


Рис. 3. Кинематическая схема опытов № 4.

Тележки с гирями, имеющие разные массы ($m_1 = 0,465 \text{ кгГ}$ и $m_2 = 0,930 \text{ кгГ}$), приобретали за счет действия грузов P примерно равные по величине кинетические энергии ($E_{кин1} \approx E_{кин2}$). В то же время значение величин импульсов переданные тележкам были не равны ($m_1 v_1 \neq m_2 v_2$). В серии опытов № 4 выполнялось отношение:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 2.$$



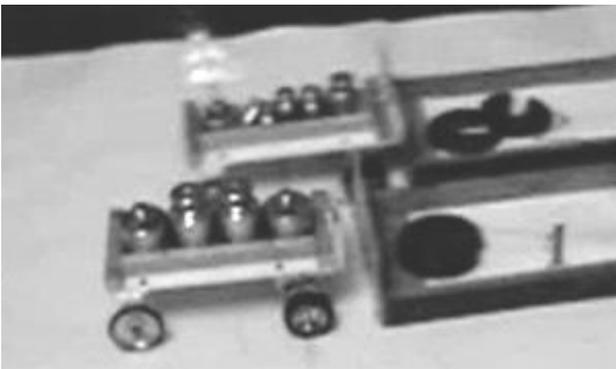
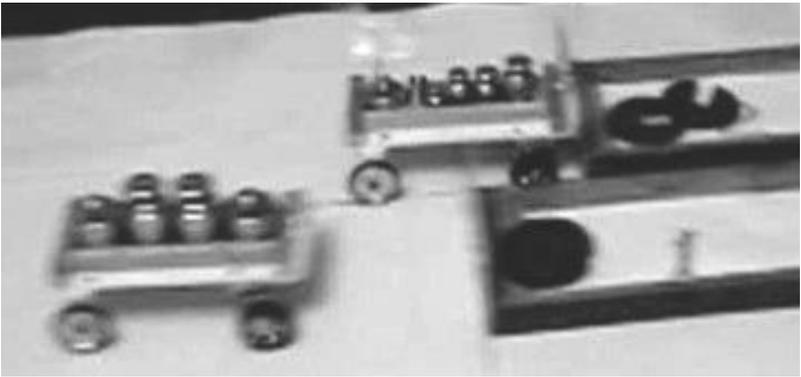


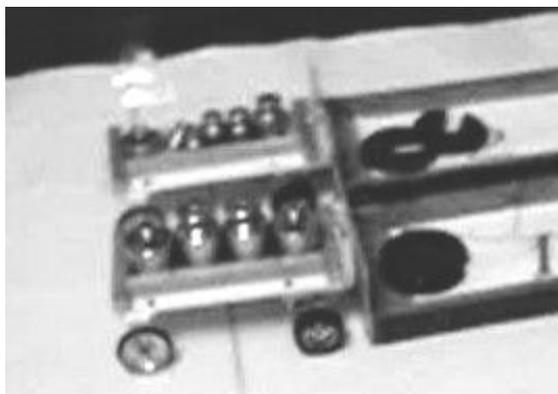
Серия фотографий опыта №3, полученная из видеозаписи (тележки приобрели равные по величине импульсы, но разные по величине кинетические энергии).

При равных значениях величин кинетических энергий тележек и не равных значениях величин импульсов они производят равное действие на тела-мишени 1 и 2 как показано на серии фотографий опыта №4. Многократное повторение опытов №3 и №4 убедительно доказало, что действие тел друг на друга пропорционально значениям их кинетической энергии, которая и является истинной мерой движения.

Значения величин импульсов не имеют корреляции с тем действием, которое производят тела друг на друга, в то время как значения величин их кинетических энергий пропорциональны такому действию.







Серия фотографий опыта №4, полученная из видеозаписи (тележки приобрели равные по величине кинетические энергии, но не равные по величине импульсы).

Исходя из опытных данных полученных в данной и предыдущих работах [5, 6] можно утверждать, что *импульс (или количество движения) не сохраняется в механических процессах и не может быть использован как мера механического движения*. Единственной мерой механического движения является *кинетическая энергия*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелихов В.В., Чичерин В.Г., Кучин В.А. «О краевых условиях на свободных от удара торцах стержней при соударении». – В кн.: «Вопросы механики твердого и деформируемого тела». – Москва, Наука, 1987. стр. 105–110.
2. Авторское свидетельство №1795146 от 09.01.90г.
3. Витко А.В., Полет в аспектах науки,– М., МАИ, 1998. 448 с.
4. Сазонов А.Ф., Физика без парадоксов, «Феникс», Дубна, 2002.
5. Турышев М.В./ К вопросу о законе сохранения импульса. ООО «ВЕЛМА». – Москва, 2007, –49 с. – ил. 23 –.рус. – Деп. в ВИНТИ 12.03.07, №233–В2007.
6. Турышев М.В., О движении замкнутых систем, или при каких условиях не выполняется закон сохранения импульса. «Естественные и технические науки», №3(29), 2007, ISSN 1684–2626.
7. Яблонский А.А., Никифорова В.М., Курс теоретической механики. Изд. 8, «Лань», 1997, стр. 484–485.