



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино
Кафедра общенаучных дисциплин

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

«Изучение основного закона динамики поступательного движения»
по дисциплине
«Физика»

Выполнил студент группы ФКБ?-??-??
(учебная группа)

Аноним А.А.

Принял

Кандидат физико-математических наук

Белихов А.Б.

Лабораторные работы выполнены «?» ?? 2022г.

(подпись студента)

«Зачтено»
«??» ?? 2022г.

(подпись руководителя)

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНОГО ЗАКОНА ДИНАМИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Приборы и принадлежности: установка с блоком и грузами, секундомер, добавочные грузики.

I. Теоретическое введение

Первый закон динамики (закон инерции) отражает свойство материи быть в вечном движении: всякое тело сохраняет состояние прямолинейного равномерного движения (или покоя) до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить прежнее состояние.

Тело массы m , движущееся по инерции равномерно и прямолинейно, обладает постоянной скоростью v ($v \ll c$) и, следовательно, неизменным импульсом (количеством движения) mv . Опыты показывают, что если на данное тело действует в течение некоторого времени Δt другое тело, то при этом тело изменяет свою скорость v , следовательно, импульс. Это обстоятельство привело к образованию понятия силы (и импульса силы).

Силой F называется мера действия, производимого со стороны другого тела на данное и заключающегося в изменении v данного тела скорости.

Импульсом силы называется произведение силы на время ее действия ($F\Delta t$).

Изучение внешних воздействий на данное тело позволило Ньютону сформулировать основной закон динамики поступательного движения: изменение импульса тела равно импульсу силы и совершается вдоль прямой, по которой действует сила. Основной закон динамики можно записать следующим образом:

$$F\Delta t = \Delta(mv). \quad (1)$$

При скоростях движения, значительно меньших скорости света, масса тела не зависит от скорости. Учитывая это обстоятельство, а также то, что величина $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ есть среднее ускорение a , характеризующее изменение скорости при внешнем воздействии, можно основной закон динамики поступательного движения записать:

$$F = ma \quad (2)$$

Если на одно и то же тело массы m последовательно действует то сила F_1 , то сила F_2 , то ускорения a_1 и a_2 которые приобретает при этом тело, относятся друг к другу как действующие силы, то есть

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2} \quad (3)$$

В случаях, когда на тело массы m одновременно действует несколько сил, в уравнение (2) следует подставлять результирующую силу (то есть геометрическую сумму всех сил). Если результирующая сила действует на систему тел, перемещающихся с одним ускорением, то под массой m следует понимать сумму масс тел этой системы. В справедливости основного закона динамики (2) и его следствия (3) можно убедиться экспериментально.

II. Описание аппаратуры и метода измерений.

На стене монтирована длинная масштабная рейка в (рис. 4). У ее верхнего конца расположен легкий блок С, который вращается около горизонтальной оси с небольшим трением. Через блок перекинута нить с двумя одинаковыми цилиндрами. Каждый из них имеет массу m .

По металлическому прутку А может перемещаться плат форма D. Она закрепляется винтом Е в любом месте прутка. На описанной установке, аналогичной машине Атвуда, можно произвести изучение основного закона динамики поступательного движения.

Рассмотрим систему двух равных цилиндров на нити, перекинутой через блок, в равновесии.

Система, выведенная из равновесия легким толчком руки вскоре после толчка, останавливается. Замедленное движение системы обуславливается силой трения на осн блока.

Сила трения может быть компенсирована грузиком массы μ . Такой грузик приложен к прибору.

Рассматриваемую систему можно привести в равноускоренное движение следующим образом. На оба цилиндра наложим равные грузики (вес каждого из них P_2 , масса m_2). На правый цилиндр поместим еще два грузика: один из них компенсирует трение, второй (вес его P_1 , масса m_1) приводит систему в равноускоренное движение. Массу, равную $(2m + 2m_2 + m_1 + \mu)$

Равнодействующая сил, приложенных к системе, состоящей из цилиндров и грузов, равна P_1 и сообщает системе ускорение a_1 .

Уравнение (2) применительно к ускоренному движению рассматриваемой системы тел принимает вид:

$$P_1 = [2(m + m_2) + m_1 + \mu] \cdot a_1. \quad (4)$$

Если грузик P_2 переложить левого цилиндра на правый, то общая масса системы останется неизменной. Величина же равнодействующей силы увеличится и будет равна $(2P_2 + P_1)$.

В этом случае система получит ускорение a_2 . Основной закон динамики запишется:

$$2P_2 + P_1 = [2(m + m_2) + m_1 + \mu] \cdot a_2. \quad (5)$$

Деля (4) на (5) почленно, имеем

$$\frac{P_1}{2P_2 + P_1} = \frac{a_1}{a_2}. \quad (6)$$

Соотношение (6) представляет собою следствие основного закона динамики применительно к системе тел, движущихся равноускоренно под действием силы тяжести.

Ускорения a_1 и a_2 в равноускоренном движении можно рассчитывать из выражений

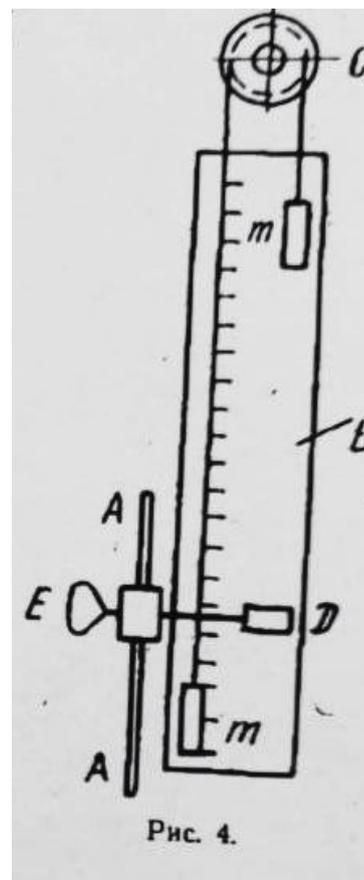


Рис. 4.

$$a_1 = \frac{2S}{t_1^2}; a_2 = \frac{2S}{t_2^2}. \quad (7)$$

где S- пройденный путь, а 4 и 12 время, необходимое на прохождение этого пути под действием грузиков P₁ и 2P₂+P₁.

Искомое отношение ускорений $n = \frac{a_1}{a_2}$ с учетом выражений (7) равно

$$n = \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \quad (8)$$

III. Порядок выполнения работы

1. Получают у лаборанта необходимые приборы.
2. Знакомятся с установкой, с методом перемещения платформы.
3. Платформу D (рис. 4) закрепляют в некотором положении.
4. Цилиндры нагружают грузиками P₂. На правый цилиндр, кроме того, помещают грузики P₁ и μ.
5. Определяют секундомером время t₂ прохождения пути под действием грузика P₁. Для этого располагают нижний торец правого цилиндра в нужном положении и освобождая его, пускают в ход секундомер. В момент удара цилиндра о платформу секундомер останавливают. Записывают в таблицу результаты пяти измерений времени.
6. Перемещают грузик P₂ с левого цилиндра на правый. Определяют пятикратно время t₂ прохождения того же пути под действием грузиков P₁+2P₂. Записывают результаты измерений t₂ в таблицу.

IV. Обработка результатов измерений

1. По средним значениям времени рассчитывают по формуле (8) отношение ускорений n, а также абсолютную погрешность измерения:

$$\Delta n = n \left[\frac{2 \Delta t_1}{t_{1cp}} + \frac{2 \Delta t_2}{t_{2cp}} \right] \quad (9)$$

где Δt₁ Δt₂ – случайные погрешности измерения времени. Они вычисляются методом Стьюдента и сравниваются с инструментальной погрешностью.

2. Рассчитывают отношение n, результирующих сил, действующих на систему

$$n_1 = \frac{P_1}{P_1 + 2P_2} \quad (10)$$

а также абсолютную погрешность Δn₁:

$$\Delta n_1 = n_1 \times \left[\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_1 + 2 \times \Delta P_2}{P_1 + 2P_2} \right] \quad (11)$$

3. Сопоставляя n и n₁, убеждаются, что равенство n=n₁ не соблюдается; это обусловлено наличием погрешностей как при взвешивании грузов, так и при определении времени. Чтобы произвести оценку результата опыта, надо убедиться в том, что разность n и n₁ по абсолютной величине не выходит за пределы погрешностей, допущенных при их определениях. Так как Δ(n-n₁) < Δn+Δn₁, то результат опыта будет удовлетворительным, если

$$|n - n_1| < \Delta n + \Delta n_1 \quad (12)$$

Практическая работа.

Ход работы:

S=92.8 см						
$P_1=2.5$ г				$P_1+2P_2=5.5$ г		
№	t_1	$ \Delta t_1 $	$(\Delta t_1)^2$	t_2	$ \Delta t_2 $	$(\Delta t_2)^2$
	сек	сек	сек ²	сек	сек	сек ²
1	2.91	0.278	0.0773	2,17	0.022	0.0005
2	3.18	0.008	0.0001	2.15	0.042	0.0018
3	3.12	0.068	0.0046	2.27	0.078	0.0061
4	3.39	0.202	0.0408	2.25	0.038	0.0034
5	3.22	0.032	0.0010	2.24	0.048	0.0023
6	3.16	0.028	0.0008	2.11	0.082	0.0067
7	3.30	0.112	0.0125	2.14	0.052	0.0027
8	3.21	0.022	0.0005	2.26	0.068	0.0046
9	3.18	0.008	0.0001	2.21	0.018	0.0003
10	3.21	0.022	0.0005	2.12	0.072	0.0052
$t_{1cp}=3.634$		$\sum(\Delta t_1)^2=0.1382$		$t_{2cp}=2.363$		$\sum(\Delta t_2)^2=0.0336$

Рассчитаем по средним значениям времени отношение ускорений n:

$$n = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 ; n = \left(\frac{2,192}{3,188}\right)^2 = 0.47$$

Также найдем абсолютную погрешность измерения:

$$\Delta n = n * \left[\frac{2 \Delta t_1}{t_{1cp}} + \frac{2 \Delta t_2}{t_{2cp}} \right]$$

Рассчитаем Δt по формуле Стюдента:

$$\Delta n = 0,47 * \left[\frac{2 * 0,078}{3,188} + \frac{2 * 0,054}{2,192} \right] = 0,046$$

Рассчитаем отношение n_1 результирующих сил, действующих на систему:

$$n_1 = \frac{P_1}{P_1 + 2P_2} = \frac{2,5}{2,5 + 2 * 1,5} = 0,45$$

И также найдем абсолютную погрешность Δn_1 :

$$\Delta n_1 = n_1 * \left[\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_1 + 2 * \Delta P_2}{P_1 + 2P_2} \right]$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0,05$$

$$\Delta n_1 = 0,45 * \left[\frac{0,05}{2,5} + \frac{0,05 + 2 * 0,05}{2,5 + 2 * 1,5} \right] = 0,45 [0,02 + 0,0272727273] = 0,12$$

Так как $\Delta(n - n_1) = \Delta n + \Delta n_1$, результат опыта будет удовлетворительным, если

$$|n - n_1| < \Delta n + \Delta n_1$$

$$|0,47 - 0,45| < 0,046 + 0,021$$

$$\underline{0,02 < 0,067}$$

Выполняется.

Вывод: в данной лабораторной работе был экспериментально доказан основной закон динамики поступательного движения

