

## РАБОТА № 3а

### ИЗУЧЕНИЕ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА

**Цель работы:** Проверить прямую пропорциональную зависимость ускорения  $a$ , сообщаемого телу от силы  $F$ , и обратную пропорциональную зависимость от общей массы системы тел.

#### Методика выполнения работы

Работа выполняется на машине Атвуда, устройство которой описано в работе № 2. Для движения грузов при наличии перегруза (без учета движения блока 2) ускорение

$$a = mg / (2M + m),$$

где  $M$  – масса одного из грузов,  $m$  – масса перегруза. Эффективная сила здесь, создающая ускорение – это сила тяжести перегруза.

При учете движения блока 2 массы  $m'$  необходимо ввести эквивалентную массу блока, равную  $m'/2$ .

Тогда

$$a = mg / (2M + m + m'/2).$$

Проверка второго закона Ньютона в данной работе сводится к установлению:

1. зависимости ускорения  $a$  от силы тяжести перегруза при постоянной массе движущихся тел:

$$a \sim mg;$$

2. зависимости ускорения  $a$  от массы движущихся тел при постоянной силе:

$$a \sim \frac{1}{M_{\text{ОБЦ}}} = \frac{1}{(2M + m + m'/2)}.$$

Приборы и принадлежности	Технические характеристики
Машина Атвуда со стойкой, двумя грузами и перегрузком	
Миллисекундомер	
Источник питания	

#### Задание 1. Исследование зависимости ускорения грузов от силы тяжести, действующей на перегрузы

1. Установите на миллисекундомере режим измерения времени движения грузов по указанию преподавателя.
2. Отрегулируйте положение машины Атвуда, чтобы груз падал в центр чашки.
3. Положите на правый груз три перегрузка равной массы, установите груз на высоте  $h = 50\text{см}$  и зажмите электромагнитом нить.
4. Включите секундомер. При этом электромагнит отпускает леску и грузы начинают двигаться. Запишите время движения грузов в 1-ю колонку таблицы 3.1. Прделайте измерения три раза.
5. Переложите самый легкий перегрузок на левый груз. Повторите измерения п. 4 и запишите результат во 2-ю колонку таблицы 3.1.

6. Поменяйте местами легкий и средний перегрузок. Повторите измерения п. 4 и запишите результат в 3-ю колонку таблицы 3.1.

7. Рассчитайте зависимость  $a(F) = F/(2M + m'/2 + m_1 + m_2 + m_3)$  и постройте ее график.

8. Рассчитайте ускорения, с которыми двигались грузы и нанесите их на график  $a(F)$ , где  $F = mg$ .

$h = 50\text{см}$  Таблица 3.1

$m = m_1 + m_2 + m_3 =$			$m = m_1 + m_2 - m_3 =$			$m = m_1 - m_2 + m_3 =$		
$\tau_1, \text{с}$	1		$\tau_2, \text{с}$	1		$\tau_3, \text{с}$	1	
	2			2			2	
	3			3			3	
$\langle \tau_1 \rangle \pm \Delta\tau_1$			$\langle \tau_2 \rangle \pm \Delta\tau_2$			$\langle \tau_3 \rangle \pm \Delta\tau_3$		
$\langle a_1 \rangle \pm \Delta a_1$			$\langle a_2 \rangle \pm \Delta a_2$			$\langle a_3 \rangle \pm \Delta a_3$		

### Расчетные формулы

$$\langle h \rangle = |z_1 - z_2|; \Delta h = \Delta z \sqrt{2}; \Delta z = \Delta z_{\text{ПРИБОРН}};$$

$$\langle \tau \rangle = \frac{\tau_{\text{МАКС}} + \tau_{\text{МИН}}}{2}; \Delta \tau = \frac{\tau_{\text{МАКС}} - \tau_{\text{МИН}}}{2} \text{ или } \Delta \tau_{\text{ПРИБОРН}};$$

$$\langle a \rangle = 2 \langle h \rangle / \langle \tau \rangle^2; \Delta a = \langle a \rangle \sqrt{E_h^2 + (2E_\tau)^2}.$$

### Задание 2. Исследование зависимости ускорения грузов от общей массы

1. Свинтите с грузов нижние половины, оставив неизменным положение перегрузков, как в п.6 задания 1. Прodelайте измерения времени согласно п. 4 задания 1. Результаты запишите в таблицу 3.2.

2. Привинтите к грузам нижние половины и сверху положите добавочные грузы каждый массой  $m = 41,9\text{г}$ . Снова прodelайте измерения времени согласно п. 4 задания 1. Результаты запишите.

3. Полностью заполните таблицу 3.2, используя для этого последнюю серию измерений таблицы 3.1.

4. Рассчитайте зависимость  $a(1/M) = F/M$  при  $F = (m_1 - m_2 + m_3)g$  и постройте ее график.

5. Вычислите ускорение  $a(1/M_{\text{ОБЩ}})$  и нанесите его значение на график зависимости  $a(1/M)$ .

Таблица 3.2.

$m = m_1 - m_2 + m_3 =$		$h = 50\text{см}$
$M_{\text{ОБЩ}} =$	$M_{\text{ОБЩ}} =$	$M_{\text{ОБЩ}} =$

$1/M_{\text{ОБЩ}} =$			$1/M_{\text{ОБЩ}} =$			$1/M_{\text{ОБЩ}} =$		
$\tau_{1,c}$	1		$\tau_{2,c}$	1		$\tau_{3,c}$	1	
	2			2			2	
	3			3			3	
$\langle \tau_1 \rangle \pm \Delta\tau_1$			$\langle \tau_2 \rangle \pm \Delta\tau_2$			$\langle \tau_3 \rangle \pm \Delta\tau_3$		
$\langle a_1 \rangle \pm \Delta a_1$			$\langle a_2 \rangle \pm \Delta a_2$			$\langle a_3 \rangle \pm \Delta a_3$		

### *Расчетные формулы*

$$M_{\text{ОБЩ}} = 2M + m'/2 + m_1 + m_2 + m_3;$$

$\langle h \rangle$ ,  $\Delta h$ ,  $\langle \tau \rangle$ ,  $\Delta\tau$ ,  $\langle a \rangle$ ,  $\Delta a$  – как и для таблицы 3.1.

6. Напишите заключение к работе.

### *Контрольные вопросы*

1. В чем заключается принцип действия машины Атвуда?
2. Как учитывается сила трения в блоке?
3. Какая сила двигает грузы с перегрузом?

### *Литература*

И.К. Кикоин, А.К. Кикоин. Физика-9, М.: Просвещение, 2000, гл.4, §§ 19-24; гл.5 §§ 26, 28, 29, 38, задача 2.