

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени М. В. Ломоносова**

---

**Физический факультет**

**кафедра общей физики и физики конденсированного состояния**

**Методическая разработка**

**по общему физическому практикуму**

**Лаб. работа № 3**

**ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО  
ПАДЕНИЯ  
С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА АТВУДА**

**Описание составил профессор Суриков В.В.**

**Москва - 2012**

Подготовил методическое пособие к изданию доц. Авксентьев Ю.И.

## ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА АТВУДА.

**Цель работы:** В работе определяется ускорение свободного падения  $g$  с помощью прибора Атвуда.

Прибор Атвуда предназначен для изучения прямолинейного равноускоренного движения. Принцип работы прибора основан на использовании законов свободного падения тела.

### ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА

Через ролик, смонтированный на подшипнике таким образом, чтобы он мог вращаться с возможно малым сопротивлением, проходит нитка с двумя одинаковыми грузиками массой  $M$  каждый (см. рис.1). Если на правый груз  $M$ , находящийся в верхнем положении, положить небольшой грузик массой  $m$ , то система грузов  $(2M + m)$  получит ускорение под влиянием силы  $F = mg$  и, передвигаясь ускоренно, пройдет путь  $S_1$ .

На кольце, обозначенном на рисунке буквой  $K$ , дополнительный грузик будет отцеплен и грузы пройдут, теперь уже двигаясь равномерно, путь  $S_2$ .

Предполагая, что сила трения массы ролика и нити пренебрежимо малы, а нить нерастяжима по формуле

$$E = \frac{2M + m^2}{m} \cdot \frac{S_2}{2S_1 \cdot t^2}. \quad (1)$$

где  $t$  - время (в секундах), в течение которого грузы пройдут путь  $S_2$ . Измерение времени производится миллисекундомером, расположенным в основании прибора. Лицевая панель миллисекундомера также изображена на рис. 1.

## ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

**ВКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА В СЕТЬ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ИЛИ ЛАБОРАНТОМ! ПРОСЬБА ПРИБОР ПО СТОЛУ НЕ ДВИГАТЬ**

Нажать клавишу СЕТЬ миллисекундомера. При этом производится автоматический сброс показаний прибора (все индикаторы высвечивают цифру ноль) и загораются лампочки фотоэлектрических датчиков в начале и конце пути  $S_2$ .

На правый груз  $M$  положить один из трех дополнительных грузиков  $m_1$  (с меньшей массой). Левый груз  $M$  должен занимать нижнее положение (на опоре).

Проверить согласование нижней грани правого груза  $M$  с чертой, нанесенной на верхнем кронштейне.

Измерить с помощью миллиметровой шкалы на колонке заданные пути равноускоренного  $S_1$  и равномерного  $S_2$  движений груза  $M$ .

Нажать клавишу ПУСК. При этом электромагнит отпускает грузы и они начинают движение. На табло секундомера пока нули. Секундомер запускается с помощью фотоэлектрического датчика (у кольца  $K$ ) в момент отцепления грузика  $m_1$ . Секундомер прекращает отсчет времени с помощью нижнего фотоэлектрического датчика. Прочитать и записать измеренное значение времени движения большого груза  $M$  на пути  $S_2$ . Нажать клавишу СБРОС. Цифровые индикаторы должны высветить нули.

Измерение повторить не менее 5 раз, обращая особое внимание на полный покой грузов в момент запуска. Определить среднее значение времени движения большого грузика  $M$  на пути  $S_2$  по формуле

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2)$$

где  $n$  - количество выполненных измерений,  $t_i$  - время  $i$ -того измерения.

По формуле (I) вычислить  $g_1$ , используя  $t_{\text{ср}}$ . Определить относительную погрешность измерений  $g_1$  по формуле

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{|g_1 - g_0|}{g} \cdot 100\% \quad (3)$$

где  $g_0 = 981,56 \text{ см/с}^2$  - ускорение свободного падения на широте Москвы;  $g_1$  - ускорение свободного падения в опытах с массой  $m_1$ .

Данный прибор Атвуда обеспечивает определение  $g$  с погрешностью не более 15 %. Если у Вас получилась ошибка больше 15 %, измерения прекратить и обратиться за помощью к преподавателю или лаборанту. Если ошибка получилась менее 15 %, измерения продолжить с грузиками массами  $m_1$  и  $m_2$ .

Массы грузиков  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  указаны на самих грузиках с точностью  $\pm 0,01 \text{ г}$ .

Массу  $M$  необходимо определить взвешиванием обоих грузов  $M$  вместе с нитью (при расчетах массой нити пренебречь) с точностью до 0,1 г.

Погрешность измерения пути  $S$  не более  $\pm 1 \text{ мм}$ .

Погрешность измерения времени не более 0,02 %.

С помощью дифференциального метода нахождения ошибок косвенных измерений можно получить выражение для расчета относительной ошибки

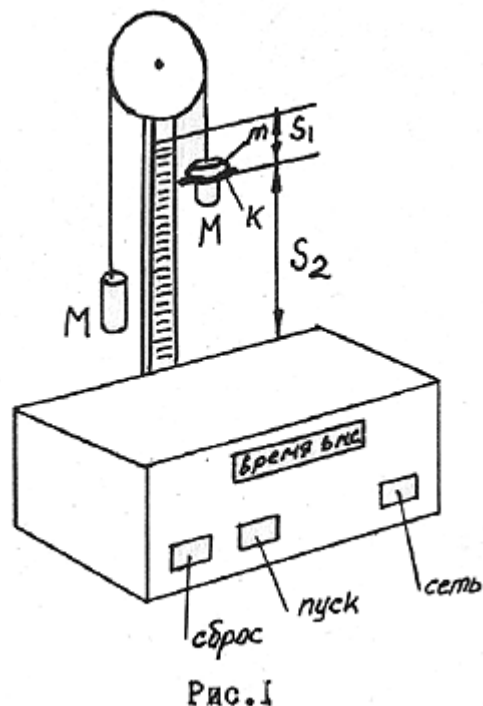


Рис. I

определения  $g$  по формуле (I):

$$\frac{\Delta g}{g} = \pm \left[ \frac{m \Delta M + M \Delta m}{m(2M + m)} + 2 \frac{\Delta S_2}{S_2} + \frac{\Delta S_1}{S_1} + 2 \frac{\Delta t}{t} \right] \quad (4)$$

Погрешность в 15 % обусловлена обычными для задач с блоками приближениями: пренебрегали силами трения, массой блока, нить считалась невесомой и нерастяжимой и т.д. Но при выполнении задачи нужно учитывать эти факторы, стремясь уменьшить их влияние. Это можно сделать, следя за тем, чтобы плоскость блока была строго вертикальной, движение воздуха должно быть минимальным, запуск производить очень плавно и только в момент полного покоя обоих грузов  $M$ .

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Белов Д.В. «Механика», изд. Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова 1998, глава II – Динамика материальной точки, §§ 6-10.
- 2 Савельев И.В. Курс физики. М.: Изд-во Наука, 1989. §§ 8,12,37.
3. Савельев И. В. «Курс общей физики» в 5-и книгах.  
Книга I «Механика» 1998 г.,  
гл. 2, Динамика материальной точки,  
§ 2.11 Сила тяжести и вес,  
гл. 7 Гравитация,  
§7.1 Закон всемирного тяготения.