

Работа 1.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ПО ВРЕМЕНИ ПАДЕНИЯ ТЕЛА

Оборудование: установка, счетчик-секундомер, линейка, транспортир.

Введение

Под действием силы тяжести всякое тело падает на Землю с ускорением g — *ускорением свободного падения*.

Движение называют *свободным*, когда его траектория и скорость ничем не ограничиваются. Свободным падением будет движение тела в безвоздушном пространстве под действием силы тяжести. Свободное падение не обязательно должно быть движением вниз. Если начальная скорость тела направлена вверх, то при свободном падении тело некоторое время будет двигаться вверх (при этом скорость его уменьшается), и только после достижения наибольшей высоты начнет падать.

Численно ускорение свободного падения равно силе притяжения, которая действует в поле тяготения на единичную массу, т.е. равно *напряженности поля земного тяготения*.

Ускорение g определяется только полем земного тяготения в данной точке, поэтому оно не зависит от формы, размеров, массы тела, его скорости.

Поскольку на разных географических широтах сила тяжести одного и того же тела разная, то ускорение свободного падения g меняется в зависимости от широты места. На полюсах, где линейная скорость вращения точек Земли, а значит, и центробежная сила инерции $F_{ин}$ равны нулю, сила тяжести $P_{п}$ максимальна и равна силе притяжения $F_{т}$:

$$P_{п} = F_{т} = \gamma \frac{m M_{з}}{R_{з}^2} .$$

На полюсе ускорение свободного падения $g = 9,832 \text{ м/с}^2$. На экваторе, где центробежная сила инерции направлена в сторону, противоположную силе притяжения, сила тяжести принимает минимальное значение $P_{э} = F_{т} - F_{ин}$ и

ускорение свободного падения $g = 9,781 \text{ м/с}^2$. Ускорение свободного падения на широте $\varphi = 45^\circ$ называется *нормальным*, оно равно $9,807 \text{ м/с}^2$.

Все перечисленные значения ускорения свободного падения относятся к определению этой величины над уровнем моря. Из равенства инертной массы тела, которая входит в уравнение динамики, и его гравитационной массы в законе всемирного тяготения следует, что с увеличением высоты подъема над поверхностью Земли ускорение свободного падения изменяется по закону

$$g = g_0 \left(\frac{R_3}{R_3 + h} \right)^2$$

где g – ускорение свободного падения на высоте h над поверхностью Земли; g_0 – на поверхности Земли.

Описание метода и установки

Падение тяжелого обтекаемого тела с небольших высот можно считать практически свободным, так как в этом случае можно пренебречь сопротивлением воздуха, а ускорение свободного падения принять постоянным. Если тело отпустить с некоторой высоты H , то в соответствии с законом равноускоренного движения

$$H = gt^2 / 2, \quad (1)$$

где t – время падения тела.

Из уравнения (1) получаем выражение для определения ускорения свободного падения:

$$g = 2H / t^2. \quad (2)$$

Непосредственно измерить время с достаточной степенью точности трудно, так как для небольших высот оно мало. Поэтому в данной работе для измерения времени падения применен косвенный метод, основанный на определении угла поворота диска, вращающегося с постоянной угловой скоростью.

Установка состоит из диска 4, приводимого во вращение электродвигателем, заключенным в корпус 5 (рис. 1.28, а). На корпусе установлен штатив 3 с электромагнитом 1, который удерживает тело 2 обтекаемой формы, представляющее собой стержень с острием на одном конце

и стабилизатором на другом. К нижней поверхности диска прикреплен постоянный магнит 7, а на корпусе находится датчик с магнитоуправляемыми контактами, называемый герконом. Контакты размыкаются при прохождении над ними магнита, что дает возможность управлять установкой и считать обороты диска с помощью электронного счетчика.

Пуск и останов диска производятся тумблером 8, а тумблер 9 служит для включения счета оборотов и отключения электромагнита (рис. 1.28, б). Если на диске зафиксировать точку, над которой находится тело в момент выключения электромагнита (начало падения), то при постоянной угловой скорости диска ω за время t падения тела эта точка повернется на угол $\varphi' = \omega t$.

Так как угол φ в данной работе измеряется в градусах, полученное его значение необходимо перевести в радианы по формуле $\varphi' = \pi\varphi/180$.

Выразив угловую скорость через число N оборотов, совершенных диском за время τ ($\omega = 2\pi N/\tau$), определим время падения тела: $t = \tau\varphi/(360N)$.

Подставив значение t в формулу (2), получим:

$$g = 259\,200N^2H/(\varphi^2\tau^2). \quad (3)$$

Порядок выполнения работы

1. Закрепите электромагнит на определенной высоте. Тумблером 9 замкните цепь электромагнита и подвесьте тело. Измерьте расстояние H от острья до поверхности диска. (Тумблер 8 выключен, диск неподвижен.)

2. Тумблер 9 переведите в нейтральное положение («Пуск»). Медленно поворачивая диск рукой, установите момент размыкания контактов датчика при прохождении над ним магнита, т.е. момент начала падения тела — начало отсчета угла. Карандашом отметьте след, оставленный на неподвижном диске острием упавшего тела.

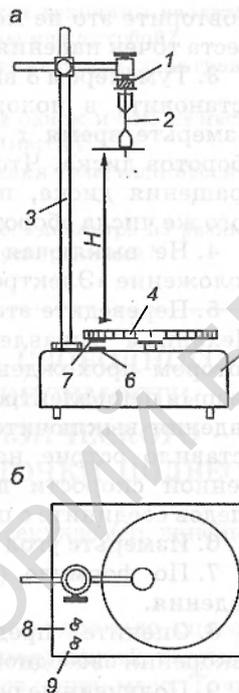


Рис. 1.28

Повторите это не менее трех раз. Центр геометрического места точек падения соедините с центром диска.

3. Тумблером 8 включите электродвигатель. Тумблер 9 установите в положение «Счет» и включите счетчик. Измерьте время τ , за которое совершается N полных оборотов диска. Чтобы убедиться в постоянстве скорости вращения диска, повторите измерение времени τ для того же числа оборотов.

4. Не выключая двигатель, установите тумблер 9 в положение «Электромагнит» и подвесьте тело.

5. Переведите этот тумблер в нейтральное положение. Механизм управления приводится в состояние, при котором прохождение магнита мимо геркона вызывает разрыв цепи электромагнита и падение груза. Сразу после падения выключите двигатель. Отметьте след, который оставило острие на диске. Повторите опыт при неизменной скорости вращения диска, центр полученных следов соедините с центром диска.

6. Измерьте угол φ между полученными прямыми.

7. По формуле (3) вычислите ускорение свободного падения.

8. Оцените предельную погрешность определения ускорения свободного падения g .

9. Полученные результаты запишите в таблицу:

$H, \text{ м}$	N	$\tau, \text{ с}$	$\varphi, \text{ град}$	$g \pm \Delta g, \text{ м/с}^2$
----------------	-----	-------------------	-------------------------	---------------------------------

Задания для УИР

1. Проанализируйте причины расхождения экспериментальных результатов с табличными. Как можно повысить точность определения g ?

2. Проведите опыты с наибольшей возможной для данной установки точностью.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое движение называется свободным?
2. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Какова его математическая запись в векторной форме?
3. Каков физический смысл гравитационной постоянной? Как ее можно определить?
4. Как определить силу взаимного притяжения двух тел, имеющих произвольные размеры и форму?
5. Какие опыты показывают, что инертная и гравитационная массы пропорциональны друг другу?