

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

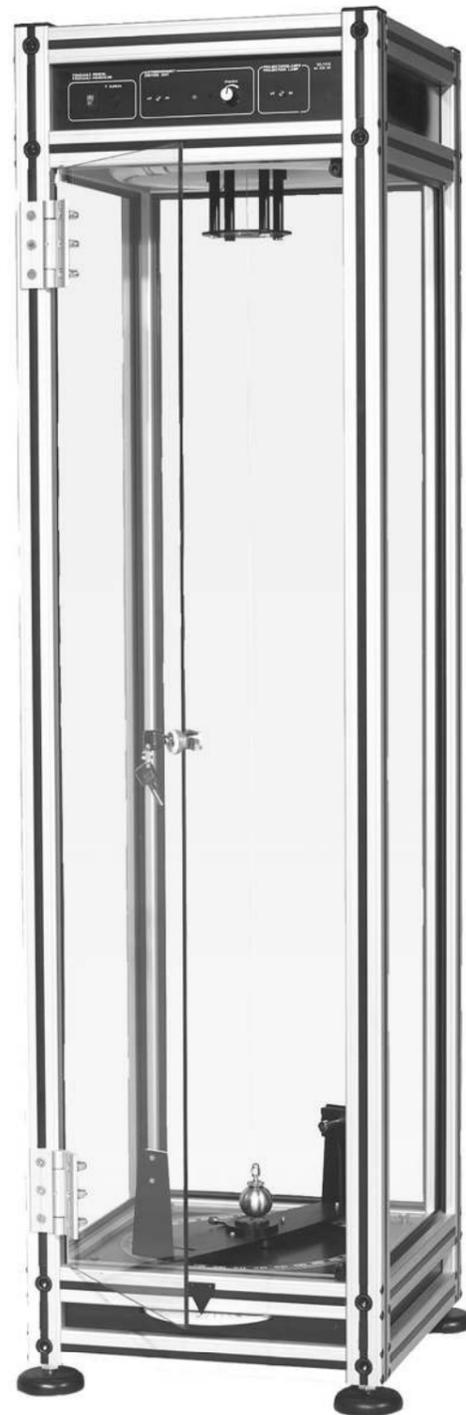
- Измерение зависимости направления колебаний от времени.
- Определение скорости вращения.
- Определение географической широты места проведения опыта.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Демонстрация вращения Земли с помощью маятника Фуко

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Маятник Фуко – это подвесной маятник с длинной нитью и тяжелым грузом, который можно использовать для демонстрации вращения Земли. В этом опыте используется маятник с длиной нити 1,2 метра. Направление его колебаний можно с высокой точностью определить по проекции тени маятника. При длительных периодах наблюдения затухание колебаний можно компенсировать с помощью настраиваемой электромагнитной системы, сообщающей маятнику дополнительный импульс.



НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Маятник Фуко (230 В, 50/60 Гц)	U8403000-230 или U8403000-115
1	Цифровой секундомер	U11902

2

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Маятник Фуко – это подвесной маятник с длинной нитью и тяжелым грузом, который можно использовать для демонстрации вращения Земли. Свое название этот маятник получил в честь *Жана Фуко*, который в 1851 году открыл, что направление колебания маятника с нитью длиной 2 м меняется со временем. Позже этот опыт был воспроизведен с использованием более длинных нитей и более тяжелых грузов маятников.

Поскольку Земля вращается вокруг своей оси, при использовании земной системы координат возникает сила, называемая силой Кориолиса, которая действует на движущийся маятник в направлении, перпендикулярном направлению колебания:

$$(1) \quad F = 2 \cdot m \cdot \Omega_0 \times v$$

m : масса грузика маятника
 Ω_0 : вектор угловой скорости Земли
 v : вектор скорости колебаний маятника

Это вызывает поворот плоскости колебаний с угловой частотой, зависящей от угла широты φ точки, в которой подвешен маятник: Поскольку маятник Фуко отклоняется лишь на небольшой угол α , можно считать, что грузик маятника движется только в горизонтальной плоскости, как показано на Рис. 1, и проходит между осью N, совпадающей с направлением на север, и осью E, совпадающей с направлением на восток. При наблюдении отслеживаются только отклонения по горизонтали, так как грузик маятника подвешен на нити. По этой причине имеет значение только вертикальная составляющая вектора Ω_0 :

$$(2) \quad \Omega(\varphi) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi$$

Тогда уравнение движения колеблющегося маятника Фуко принимает вид:

$$(3) \quad \frac{d^2\alpha}{dt^2} \cdot e_p + 2 \cdot \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot \frac{d\alpha}{dt} \cdot e_v + \frac{g}{L} \cdot \alpha \cdot e_p = 0$$

L : длина маятника, g : ускорение свободного падения

e_p : горизонтальный единичный вектор, параллельный текущему направлению колебания

e_v : горизонтальный единичный вектор, перпендикулярный текущему направлению колебания

Решение этого уравнения можно разделить на решение для угла отклонения α и решение для поворота единичного вектора e_p , параллельного текущему направлению колебаний:

$$(4a) \quad \alpha(t) = \cos(\omega \cdot t + \beta) \quad \text{где} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$(4b) \quad e_p(t) = e_E \cdot \cos(\psi(t)) + e_N \cdot \sin(\psi(t))$$

где $\psi(t) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot t + \psi_0$: направление колебания

e_E : горизонтальный единичный вектор, совпадающий с направлением на восток

e_N : горизонтальный единичный вектор, совпадающий с направлением на север

Следовательно, плоскость колебания со временем поворачивается с частотой, которая определяется выражением (2). В северном полушарии поворот происходит по часовой стрелке, а в южном полушарии – против часовой стрелки. Наибольшая скорость поворота будет на полюсах, а на экваторе поворот наблюдаться не будет.

В этом опыте используется маятник с длиной нити 1,2 метра. Чтобы колебания не становились эллиптическими, нить маятника имеет возможность взаимодействовать с так называемым «кольцом Харона» при каждом колебании. Направление колебания можно отслеживать по проекции тени нити на угловую шкалу, с которой можно снимать показание угла с высокой точностью. Поворот плоскости колебаний станет заметен уже через несколько минут. При длительных периодах наблюдения затухание колебаний можно компенсировать с помощью настраиваемой электромагнитной системы, сообщающей маятнику дополнительный импульс.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Угол плоскости колебаний ψ линейно пропорционален времени, см. Рис. 2. Искомое значение $\Omega(\varphi)$ представляет собой наклон прямых линий, проходящих через точки измерения.

Значение географической широты в градусах можно рассчитать, преобразовав выражение (2):

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \arcsin\left(\frac{86400 \text{ s}}{360 \text{ grd}} \cdot \Omega(\varphi)\right)$$

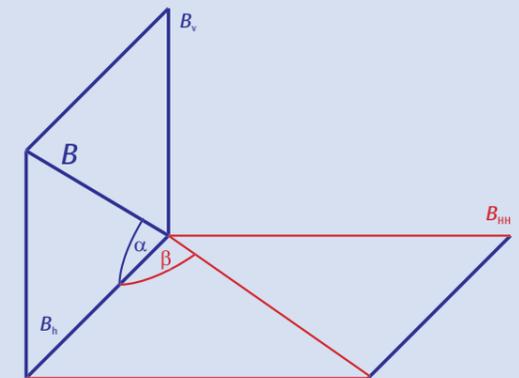


Рис. 1: Маятник Фуко в неподвижной земной системе координат

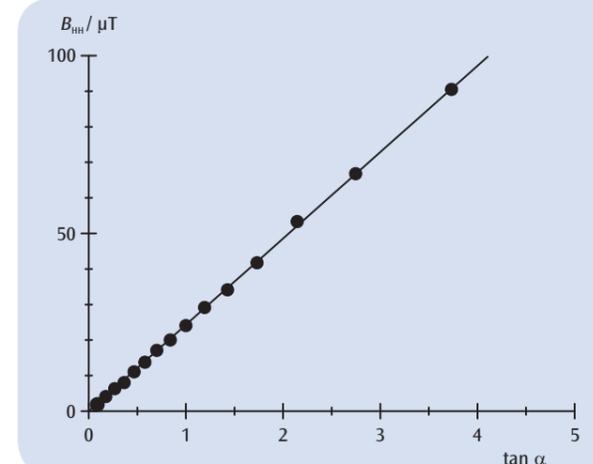


Рис. 2: Кривая измерений, полученная на широте $\varphi = 50^\circ$