Лабораторная работа по физике

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ И УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА»

100 Общие сведения

Еще в глубокой древности было замечено, что планеты среди звезд описывают сложнейшие траектории. Для объяснения петлеобразного движения планет древнегреческий ученый К. Птолемей (2 в.н.э.), считая Землю расположенной в центре Вселенной, предложил, что каждая из планет движется по малому круг (эпициклу), центр которого движется по большому кругу, и в центре его находится Земля. Эта концепция получила название птоломеевой геоцентрической системы мира и господствовала почти полторы тысячи лет.

В начале XVI в. польский астроном Н. Коперник (1473-1543) обосновал гелиоцентрическую систему, согласно которой движение небесных тел объясняется движением Земли и других планет вокруг Солнца при суточном вращении Земли.

К началу XVII столетия большинство ученых убедились в справедливости гелиоцентрической системы мира. Немецкий астроном И. Кеплер (1546-1601), сформулировал законы движения планет:

1. Планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

2. Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает одинаковые площади.

3. Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит.

Впоследствии английский ученый И. Ньютон (1643-1727), изучая движение небесных тел, открыл всеобщий закон - закон всемирного тяготения: между любыми двумя материальными точками действует сила взаимного притяжения прямопропорциональная произведению масс данных точек m1 и m2 , и обратно пропорциональная расстоянию r между ними:

гравитационный ускорение сила тяжести

 . (100.1)

Эта сила называется гравитационной или силой всемирного тяготения, коэффициент пропорциональности G - гравитационная постоянная.

Закон всемирного тяготения установлен для тел, принимаемых за материальные точки, т.е. для таких тел, размеры которых малы по сравнению c расстоянием между ними. Если же размеры взаимодействующих тел сравнимы с расстоянием между ними, то данные тела следует разбить на точечные элементы, подсчитать по формуле (100.1) силы притяжения между попарно взятыми элементами, а затем геометрически их сложить (проинтегрировать).

Впервые экспериментальное доказательство закона всемирного тяготения для земных тел, а также количественное определение гравитационной постоянной проведено английским физиком Г. Кавендишем (1731-1810). Эксперимент производился с помощью крутильных весов, состоящих из двух коромысел А и С. Легкое коромысло А с двумя одинаковыми шариками массой m=729г подвешивается на упругой нити В. На другом коромысле С укреплены на той же высоте массивные шары массой М=58кг. Поворачивая коромысло с тяжелыми шарами вокруг вертикальной оси, можно менять расстояние между легкими и тяжелыми шарами. Под действием пары сил, приложенных к шарам массой m со стороны шаров массой М, легкое коромысло А поворачивается в горизонтальной плоскости, закручивая нить подвеса В до тех пор, пока момент силы упругости не уравновесит момент сил тяготения. Зная упругие свойства нити, по измеренному углу поворота можно найти возникающие силы притяжения, а так как масса шаров известна то и вычислить значение гравитационной постоянной.

Сила всемирного тяготения служит мерой гравитационного взаимодействия - одного из четырех основных фундаментальных взаимодействий. Для гравитационного взаимодействия присуща универсальность, проявляется всегда как притяжение между всеми известными материальными объектами. Гравитационное взаимодействие осуществляется посредством гравитационного поля как формы существования материи. В классической физике гравитационное взаимодействие описывается законом всемирного тяготения, в общей теории относительности гравитационное поле, создаваемое массами, связывается с кривизной пространственного континуума. Гравитация вызывает “искривление” пространства и замедление хода времени, что сказывается на всех происходящих процессах.

Основное свойство гравитационного поля заключается в том, что на всякое тело массой m внесенное в поле, действует сила тяготения,

, (100.2)

где g - ускорение свободного падения. С другой стороны, если тело массой m находится в гравитационном поле Земли, масса которой М, то согласно (100.1) сила тяготения

, (100.3)

где R - расстояние между телом и центром земли.

Формула (100.3) приближенная, так как при ее записи предполагалось, что вся масса Земли сосредоточена в ее центре. Под действием сил гравитационного поля Земли математический маятник совершает гармонические колебания. Период малых колебаний математического маятника

 (100.4)

где  - длина маятника.

Из формул (100.2) - (100.4) можно найти выражение для гравитационной постоянной

. (100.5)

Таким образом, измеряя период колебаний математического маятника и его длину, при известных значениях радиуса Земли и ее массы можно определить гравитационную постоянную - одну из фундаментальных физических постоянных. Рассмотренный метод определения гравитационной постоянной является приближенным, и формула (100.5) позволяет дать лишь приблизительную оценку величины G.

1. Цель работы

Изучение кинематики материальной точки; определение ускорения силы тяжести; овладение методами оценки погрешности.

(ЛИТЕРАТУРА)

1. Приборы и принадлежности.

Математический маятник, секундомер, линейка.

100.3 Описание установки и вывод рабочей формулы.

Для экспериментального определения ускорения силы тяжести разработано много методов, один из которых с помощью математического маятника.

Математический маятник представляет собой длинную нить с подвешенным на конце грузом.

Из (100.4) следует формула для расчета ускорения силы тяжести

 (100.6)

Для экспериментального определения g обычно измеряют периоды колебаний Т1 и Т2 математического маятника, соответствующие двум длинам нитей  и  . Ускорение силы тяжести g из (100.6) выражается через  и периоды Т1 и Т2 .

. (100.7),

где  -в случае невозможности определить длину нити маятника, можно определить как разность расстояний от пола до груза маятника.

.









100.4. Порядок выполнения работы

1. Установить максимальную длину математического маятника и измерить его длину от точки подвеса до центра тяжести подвешиваемого груза. Результаты занести в таблицу.

2. Отклонить груз на 3-4 градуса от положения равновесия, отпустить его, после нескольких колебаний включить секундомер и измерить время 30-50 колебаний. Опыт повторить не менее три раза, результаты занести в таблицу.

3. Изменить длину математического маятника, отклонить его и провести измерения, описанные выше в пунктах 1 и 2.

4. Рассчитать среднее время колебаний каждой серии.

5. Вычислить в каждой серии период колебаний математического маятника для используемого числа колебаний n

Т = tср/n .

6. Рассчитать L.

7. По формуле (100.7) рассчитать ускорение силы тяжести g для каждой пары измерений и рассчитать среднюю величину ускорения. Результаты занести в таблицу.

8. Для всех серий измерений определить по методу Стьюдента абсолютную погрешность t многократных измерений времени колебаний маятника.

9. Выбрать серию измерений с наименьшей величиной абсолютной погрешности t, данные которой будут использованы для оценки погрешности измерения периода колебаний математического маятника и расчета гравитационной постоянной.

10. Оценить абсолютную погрешность косвенных измерений периода колебаний математического маятника для выбранной серии измерений по формуле

.

Погрешность числа колебаний n принимают равной половине колебания (n=0,5).

12. Рассчитать абсолютную погрешность косвенных измерений ускорения силы тяжести g по формуле

,

где ; ;  - частные производные функции (100.7).

Принять  - погрешность однократного измерения длины маятника, численно равная цене деления измерительной линейки, а  и  рассчитать по формуле (8).

13. Результаты измерений представить в виде  м/c2 и сравнить с табличным.

Пример составления таблицы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| длинна маятника | L,  м  разность длин | n  колич. колебаний | t,  с  время колебаний | tср,  с  среднее время  колебаний | Тср,  с  средний период колебаний | g,  м/с  ускорение силы тяжести по первому  и второму опытам | g,  м/с  ускоре  ние силы тяжести  по второму  и  третьему опытам | g,  м/с  ускоре  ние силы тяжести  по первому  и третьему опытам | gср, м/с  среднее ускорение  силы тяжес  ти |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое птоломеева геоцентрическая система мира?

2. Сформулируйте законы Кеплера.

3. Как рассчитывается сила взаимного притяжения тел, размеры которых сравнимы с расстоянием между ними?

4. В чем заключается сущность эксперимента Кавендиша?

5. Каково различие представлений о гравитационном взаимодействии в классической физике и в общей теории относительности?

6. В чем проявляются гравитационные взаимодействия в мегамире?

7. Напишите выражение для силы, действующей на тело массой m в гравитационном поле Земли.

8. Обеспечивает ли высокую точность метод определения g с помощью математического маятника?

9. Объясните физический смысл ускорения силы тяжести.

10. Как влияет суточное вращение Земли на величину и направление ускорения свободного падения?

11. Как влияет сплюснутость Земли у полюсов на величину ускорения свободного падения?