

Соколова Г.О, Гончаренко Т.Л. Дослідження напруженості гравітаційного поля Землі / Соколова Г.О, Гончаренко Т.Л. // Пошук молодих. Випуск 16: Зб. матеріалів Всеукр. студ. наук.-практ. конференція [“STEM–освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах”], (Херсон, 20-21 квітня 2017р.)/ Укладач: В.Д. Шарко. – Херсон: ПП Вишемирський В.С. - 2017. – С.146-148

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ

Соколова Г.О., Гончаренко Т.Л.

Херсонський державний університет

Вивчення гравітаційного поля Землі є дуже важливим. Гравітаційне поле є видом існування матерії, через яку передається взаємодія між тілами. Це поле існує у просторі і часі об’єктивно і може діяти на наші органи відчуття, проявляється за дією на тіла (наприклад, покази терезів є результатом дії притягання тіл гравітаційним полем Землі).

Основними параметрами гравітаційного поля є напруженість і потенціал. Саме напруженість гравітаційного поля визначає прискорення вільного падіння – фізичну величину, що широко використовується в фізиці та астрономії, та має важливе теоретичне й прикладне значення в геофізиці, геодезії, геології та космонавтиці.

Мета даної статті: розрахувати значення модулю напруженості гравітаційного поля Землі для координат м. Херсон, вимірявши прискорення вільного падіння в трьох його точках.

До завдань, які необхідно було розв’язати, увійшли: :

- аналіз літератури з теми дослідження, визначення поняття «гравітаційне поле Землі» та його параметрів;
- вивчення можливих методів вимірювання прискорення вільного падіння, їх апробація в лабораторних умовах та визначення найточнішого;
- експериментальне вимірювання прискорення вільного падіння в трьох точках м. Херсон за допомогою математичного маятника та аналіз отриманих результатів.

Аналіз літератури з теми дослідження [//////] дозволив визначити, що: гравітаційна взаємодія між тілами здійснюється за допомогою поля тяжіння

чи гравітаційного поля; поле тяжіння проявляє себе в тому, що на тіло масою m , розміщене в будь-якій точці поля, діє сила гравітаційної взаємодії. Так, поле тіла M діє на тіло масою m з силою

$$\vec{F} = -\gamma \frac{Mm}{R^3} \vec{R}, \quad (1)$$

де \vec{R} – радіус-вектор, проведений від центра мас M у точку розміщення тіла масою m , яке вважають точковим. Величина (2)

$$\frac{\vec{F}}{m} = -\gamma \frac{M}{R^3} \vec{R}, \quad (2)$$

є однозначною характеристикою поля тяжіння, оскільки вона не залежить від маси тіла m , на яке вона діє, а визначається масою M тіла, що створює поле, і радіусом-вектором \vec{R} точки поля. Величину (2) називають *напруженістю поля тяжіння*

$$\vec{G} = -\gamma \frac{M}{R^3} \vec{R}. \quad (3)$$

Звідси видно, що напруженість є силовою характеристикою поля тяжіння. Вона чисельно дорівнює силі, яка діє на одиницю маси точкового тіла, внесеного в дану точку поля. Напруженість – величина векторна, напрям якої збігається з напрямом вектора сили тяжіння.

З формул (2), (3), та з другого закону динаміки випливає, що напруженість поля тяжіння чисельно дорівнює прискоренню тіла, якого воно набуває під дією сили тяжіння. Так, для точок біля поверхні Землі напруженість поля дорівнює прискоренню вільного падіння, проте за своїм фізичним змістом це зовсім різні фізичні величини. Якщо напруженість поля характеризує стан простору в даній точці, то сила та прискорення з'являється тільки тоді, коли в даній точці знаходиться пробне (інше) тіло.

$$\vec{g} = \vec{G} = -\gamma \frac{M}{R_3^3} \vec{R}_3, \quad (4)$$

де R_3 - радіус Землі.

З формули (4) випливає, що прискорення вільного падіння тіл не залежить від їхньої маси [1]. Для проведення розрахунків, згідно з рішенням третьої Генеральної конференції з мір та ваг у 1901 році, було прийняте стандартне значення прискорення вільного падіння, визначене експериментально для географічної широти 45° , біля земної поверхні, яке дорівнює $9,80665 \frac{m}{c^2}$ [2], [3]. Проте, прискорення вільного падіння не однакове скрізь на Землі, відхилення від стандартної величини обумовлено низкою причин: обертанням Землі (внаслідок обертання Землі, за рахунок дії доцентрової сили, прискорення вільного падіння тіла на полюсах вище, ніж на екваторі); формою Землі (земля не ідеальна сфера, а має сплюснуту на полюсах форму – форму геоїда); висотою над рівнем моря; неоднорідністю Землі [4].

Аналіз наукової літератури дозволив визначити декілька методів вимірювання прискорення вільного падіння, в яких використовуються: балістичний гравіметр, обертовий диск, маятник з біфілярним підвісом, математичний маятник, фізичний маятник та ін.

У своїй роботі ми експериментально визначили прискорення вільного падіння двома методами: 1) за допомогою математичного маятника [6]; 2) за допомогою маятника з біфілярним підвісом [5].

Табличне значення прискорення вільного падіння м. Херсон на широті $46^\circ 38'$ і висоті над рівнем моря 48 м $g = 9,8075 \frac{m}{c^2}$ [4].

Результати експериментального визначення g наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати експериментального визначення прискорення вільного падіння для м. Херсон

Місце, в якому проводилися дослід	Установка, за допомогою якої проводився дослід	Значення $g, \frac{m}{c^2}$	Абсолютна похибка $\Delta g, \frac{m}{c^2}$	Відносна похибка $\epsilon, \%$
ХДУ, вул. Університетська	Маятник з біфілярним підвісом	9,7145	0,0495	0,51
ХДУ, вул. Університетська	Математичний маятник	9,4741	0,0454	0,48
Вул. Чорноморська	Математичний маятник	9,4880	0,2172	2,29

Вул. Лавренюва	Математичний маятник	9,4713	0,2168	2,29
----------------	----------------------	--------	--------	------

З таблиці видно, що найбільш точним та найближчим до табличного значення [2] виявилось значення отримане за допомогою маятника з біфілярним підвісом, $g = (9,7145 \pm 0,0495) \frac{m}{c^2}$, виміряне в аудиторії ХДУ.

Відхилення від стандартної величини може бути обумовлено такими причинами: неоднаковою висотою над рівнем моря точок, в яких проводилося вимірювання; неоднорідністю Землі у цих точках міста; неточністю роботи секундоміра в установці; неточністю методу дослідження. Отримані результати потребують додаткових досліджень.

Література:

1. Загальний курс фізики: Навч. Посібник для студентів вищих техн. і пед. закладів освіти/І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П. Луцик; За ред. І.М. Кучерука. — К.: Техніка, 1999
2. Физические величины: Справочник/А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. — М.; Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
3. Фридман А. Э. Основы метрологии. Современный курс./ А. Э. Фридман— С.-Пб.: НПО «Профессионал», 2008. – 284 с.
4. Прискорення вільного падіння [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B2%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F.
- 5.Бабенко М.О., Коробова І.В. Лабораторні роботи з механіки. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. – 84 с.
6. Общий физический практикум. Механика: учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов / Л.Г. Деденко, Д.Ф. Киселев, В.К. Петерсон, А.И. Слепков ; под ред.: А.Н. Матвеева, Д.Ф. Киселева. - М. : Изд-во МГУ, 1991. - 270 с.

