

Методические указания

П.А. Ивлиев, Л.А. Лунева

Лабораторная работа Э-110

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

2023 год

Исследование магнитного поля Земли

1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является экспериментальное изучение характеристик магнитного поля Земли.

2. Задачи лабораторной работы

Задачи лабораторной работы – измерение горизонтальной составляющей магнитного поля, определение абсолютной величины и направления вектора магнитной индукции данной точке Земной поверхности.

3. Экспериментальное оборудование, приборы и принадлежности

Лабораторный стенд (рис.1) включает в себя датчик магнитного поля 1, датчик угла поворота 2, компас 3, пластиковую платформу 4 с двумя поворотными дисками 5,6, которые обеспечивают позиционирование датчика магнитного поля относительно вертикальной и горизонтальной оси. На горизонтальном диске предусмотрен специальный винт 7 для фиксации поворота датчика относительно вертикальной оси.

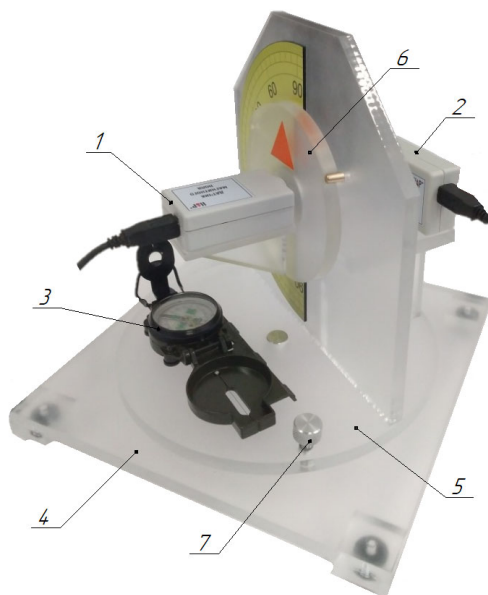


Рис. 1

К приборам и принадлежностям относятся компьютер с необходимым программным обеспечением и соединительные кабели для подключения датчиков к компьютеру.

4. Теоретическая часть

Земля представляет собой огромный шаровой магнит, магнитное поле которого обнаруживается в окружающем Землю пространстве и на ее поверхности. Силовые линии магнитного поля Земли выходят из Северного магнитного полюса и заканчиваются на Южном магнитном полюсе (см. Рис.2). На расстояниях от поверхности Земли < 6500 км геомагнитное поле подобно полю магнитного диполя, полюсы которого несколько не совпадают с географическими полюсами Земли. В настоящее время ось этого диполя образует с осью вращения Земли угол $11,5^\circ$, северный магнитный полюс находится около южного географического полюса, а южный магнитный полюс - вблизи северного географического полюса.

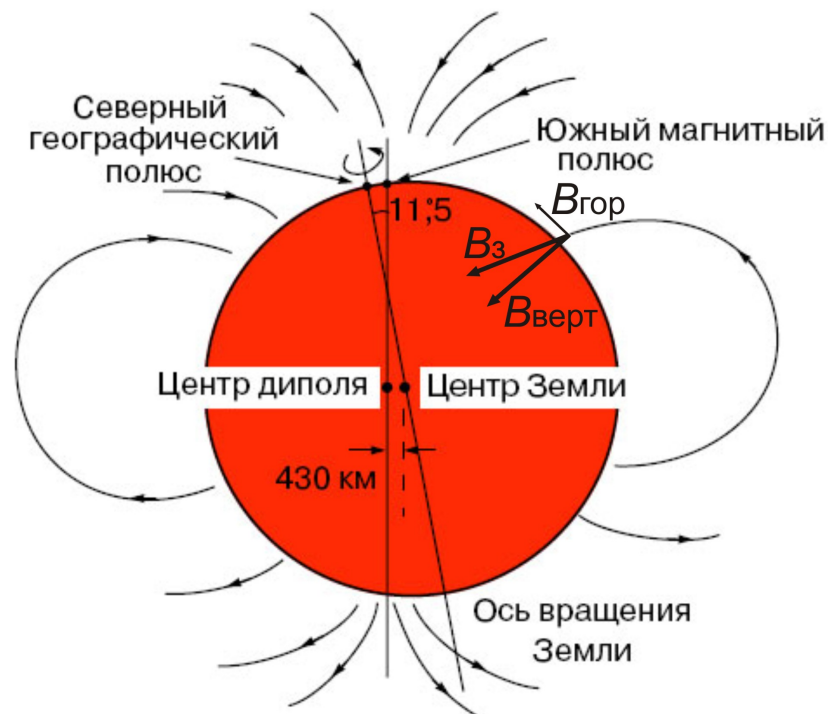


Рис. 2

Существование у Земли магнитного поля в основном связано со свойствами ее ядра обладающего свойствами жидкости с высокой электрической проводимостью и сходным по плотности с железом или железно-никелевым сплавом. В последнее время получила развитие гипотеза, связывающая возникновение магнитного поля Земли с протеканием токов в жидком металлическом ядре.

Вектор индукции магнитного поля Земли B_z можно разложить на горизонтальную $B_{гор}$ и вертикальную $B_{верт}$ составляющие. Угол β между B_z и $B_{гор}$ называется магнитным наклонением.

Если магнитную стрелку расположить на горизонтальной оси, то стрелка повернется вокруг нее и установится по направлению

касательной к силовой линии магнитного поля Земли, то есть вдоль вектора магнитной индукции в данной точке пространства. В результате, стрелка отклонится от горизонтальной плоскости, причем в северном полушарии в сторону Земли отклонится ее северный полюс, в южном полушарии - южный полюс. Угол наклона стрелки к плоскости горизонта увеличивается при переходе от экватора к полюсам. Магнитное поле Земли на экваторе направлено горизонтально, а у магнитных полюсов – вертикально.

Плоскость, проходящая через магнитную силовую линию и магнитные полюса, называется плоскостью магнитного меридиана. Линия пересечения этой плоскостью поверхности Земли называется магнитным меридианом. Магнитный меридиан не совпадает с географическим меридианом, угол α между ними называется магнитным склонением.

Магнитное поле земли невелико, но очень медленно убывает с расстоянием (лишь вдвое на высоте 2000 км от поверхности Земли), оно оказывает значительное влияние на различного рода заряженные космические частицы, отклоняя их в окрестности Земли. Колоссальная протяженность магнитного поля Земли компенсирует его слабость.

На расстояниях, больших 6500 км от поверхности Земли, на геомагнитное поле заметное влияние оказывает Солнце, особенно в период своей активности. Под влиянием магнитного поля Солнца и солнечного ветра (т.е. потоков солнечной радиации) геомагнитное поле на стороне, обращенной к Солнцу, сжато, а на противоположной – ночной стороне – вытянуто в виде узкого «горлышка». Поэтому область, в которой сосредоточено магнитное поле Земли похожа на бутылку или колбу, обращенную дном к Солнцу (см. рис. 3). Она называется магнитосферой Земли. Расстояние от дна этой бутылки до Земли составляет около 80 тыс. км. В противоположном направлении геомагнитное поле простирается на миллионы км от Земли.

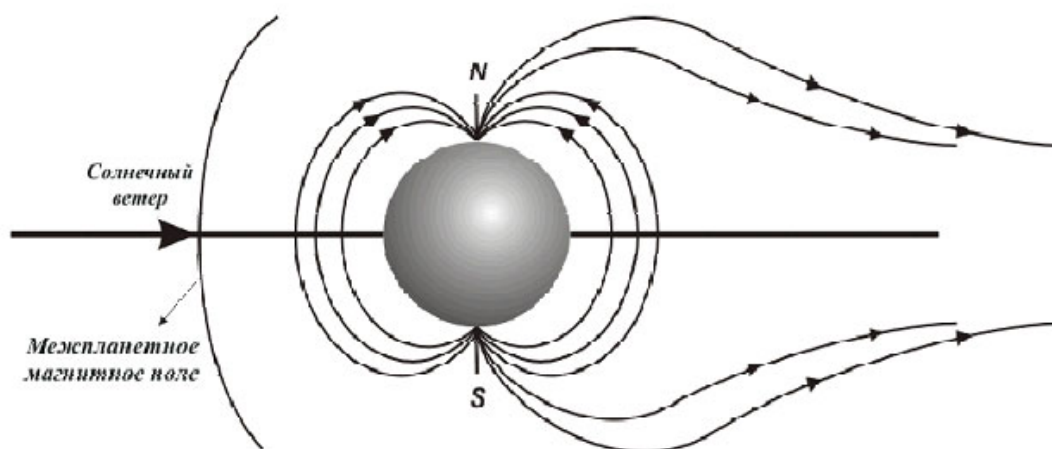



Рис. 3

Напряженность геомагнитного поля на поверхности Земли убывает от магнитных полюсов к магнитному экватору.

Величина горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли НГ зависит от широты местности, времени, магнитных аномалий.

5. Порядок проведения лабораторной работы

1. Запустите программу практикума по физике и выберите сценарий «Исследование магнитного поля Земли» (кнопка )
2. Вначале следует ориентировать горизонтальную ось вращения датчика магнитного поля вдоль магнитного меридиана. Для этого установите компас вплотную к вертикальной вращающейся панели, на которой закреплены датчики. Вращая панель вокруг вертикальной оси, добейтесь, чтобы она была ориентирована вдоль направления «Восток – Запад» (см. рис. 4). Зафиксируйте это положение панели относительно вертикальной оси, зажав специальный винт на горизонтальном диске.

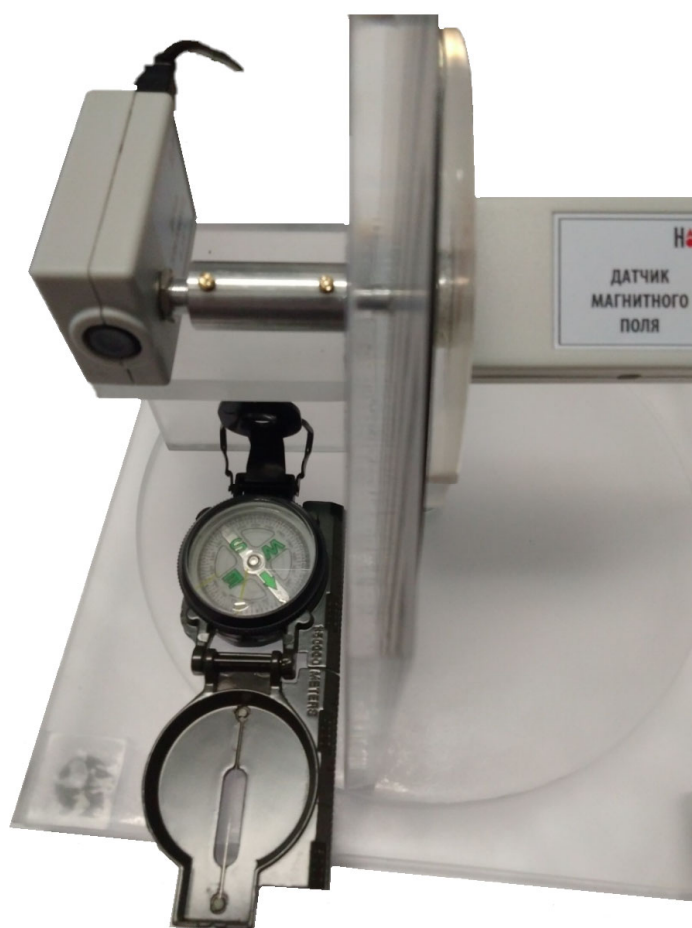






Рис. 4

ВНИМАНИЕ! После закрепления горизонтального диска не забудьте убрать компас подальше от установки. В противном случае создаваемое

его магнитной стрелкой магнитное поле будет вносить ошибки в дальнейшие измерения.

3. Теперь следует ориентировать датчик относительно горизонтальной оси так, чтобы его ось чувствительности оказалась в горизонтальной плоскости. Для этого поверните вертикальный диск, на котором закреплён датчик так, чтобы жёлтая стрелка на нём совместилась с отметкой 0° на транспорте.
4. В установленном положении показания датчика должны быть нулевыми, т.к. его ось чувствительности перпендикулярна вектору индукции магнитного поля Земли. В окне регистрации индукции магнитного поля нажмите кнопку  для «установки нуля» в калибровке датчика магнитного поля.
5. В окнах регистрации магнитного поля и угла поворота датчика нажмите кнопки , чтобы зафиксировать на экране момент начала измерений. Запустите измерения, нажав кнопку . Освободите винт крепления датчика относительно вертикальной оси и медленно поверните относительно неё панель, на которой закреплён датчик на 1 оборот.

ВНИМАНИЕ! При повороте панели старайтесь не изменить положение датчика относительно горизонтальной оси.

6. Остановите измерения, нажав кнопку . Установите жёлтый вертикальный маркер (левая кнопка мыши) в максимум на графике. В верхней части окна отобразится соответствующее значение индукции магнитного поля. Аналогичным образом определите модуль индукции магнитного поля в минимуме на графике. Определите величину индукции горизонтальной составляющей $B_{\text{гор}}$ магнитного поля Земли как среднее арифметическое модулей измеренных значений индукции в минимуме и максимуме.
7. Запустите измерения. Медленно поворачивая относительно вертикальной оси панель с датчиком, найдите положение, в котором измеряемое значение индукции магнитного поля максимально – это положение в котором ось чувствительности датчика совпадает с направлением магнитного меридиана. Остановите измерения. Зафиксируйте это положение панели относительно вертикальной оси, зажав специальный винт на горизонтальном диске.
8. Поверните датчик магнитного поля вдоль горизонтальной оси против часовой стрелки до предела. Запустите измерения и медленно поверните датчик по часовой стрелке до предела. Остановите измерения. При прохождении оси чувствительности датчика в плоскости магнитного меридиана через направление вектора полного магнитного поля земли на графике появляется максимум и минимум, а при прохождении через направление перпендикулярное вектору магнитного поля земли график

проходит через ноль. Установите на графике вертикальный маркер в точке максимума, а затем в точке минимума и в точке перехода графика через ноль. По результатам этих измерений определите абсолютную величину вектора индукции магнитного поля Земли B_3 , угол наклонения β и величину вертикальной составляющей $B_{\text{ВЕРТ}}$ магнитного поля Земли.

6. Указания по технике безопасности

1. Перед выполнением работы получите инструктаж у лаборанта.
2. Соблюдайте общие правила техники безопасности работы в лаборатории "Физика".

7. Контрольные вопросы

1. Что является источником магнитного поля?
2. Что является источником магнитного поля Земли?
3. Какими характеристиками описываются магнитные поля?
4. Изобразить силовые магнитные линии для прямого проводника с током и для катушки.
5. Что такое магнитный полюс Земли? Нарисовать силовые магнитные линии Земли. Отличается ли магнитный полюс Земли от географического?
6. Какие значения может принимать индукция магнитного поля Земли?
7. Что такое магнитное наклонение и склонение?
8. Как поведет себя магнитная стрелка компаса на одном из магнитных полюсов Земли?
9. Опишите принцип действия данной установки.
10. Что представляет собой магнитная стрелка компаса?
11. Оцените точность измерений магнитного поля Земли.
12. Придумайте еще какой-нибудь метод для определения магнитного поля Земли.