

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшекласников  
по политехническим дисциплинам для учащихся 9-11 классов

Физическое направление

## **Эффект Холла - доказательство существования**

Макаров Сергей Дмитриевич,  
Мокеров Илья Александрович, Б  
МБОУ «СОШ №2», город Глазов

Тихонов Игорь Васильевич,  
учитель информатики высшей квалификационной категории,  
магистр педагогических наук

Пермь. 2022.



### Цели проекта:

- исследовать возможности добычи датчика Холла из использованной компьютерной техники для проведения экспериментов;
- изучить теоретические основы эффекта Холла как физического явления;
- изготовить натурную модель датчика Холла;
- доказать существование эффекта Холла;
- исследовать практические приложения датчика Холла;
- сформулировать наше предложение по практическому применению датчика Холла.

### Актуальность:

Датчик Холла имеет очень широкое применение в технике в настоящее время.

**Эффект Холла** — холловское напряжение пропорциональное магнитному полю и силе тока было обнаружено [Эдвином Холлом](#) в 1879 году.

Попытаемся путём теоретических рассуждений установить причины, вызывающие эффект Холла.

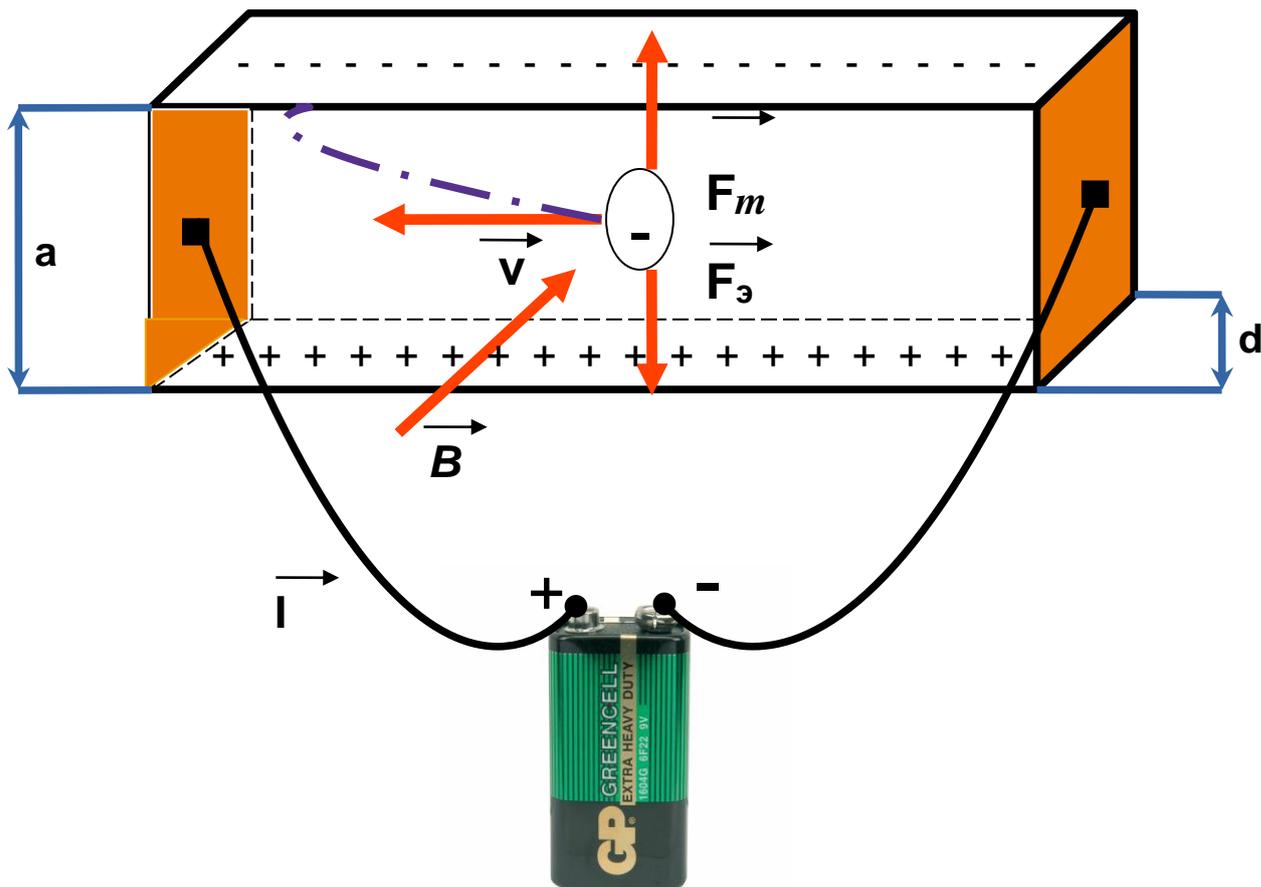


Рис.1 Принципиальная схема модели эффекта Холла

Представим, что перпендикулярно магнитному полю расположена тонкая пластина проводника длиной  $l$ , шириной  $a$ , толщиной  $d$  (рис.1).

При подаче напряжения на противоположные грани пластинки электроны, двигаясь упорядоченно, будут отклоняться магнитным полем, показано пунктиром. В результате верхняя грань зарядится отрицательно, а нижняя – положительно. Таким образом, возникнет и станет расти поперечное электрическое поле. Этот рост прекратится, когда действующая на электроны сила Лоренца  $\mathbf{F}_M = e\mathbf{v}\mathbf{B}$  станет равна по модулю возникшей силе  $\mathbf{F}_Э = E\mathbf{e}$ . При достижении равенства сил по модулю электроны начнут двигаться прямолинейно, а между противоположными

гранями проводника сохранится разность потенциалов – *холловская разность потенциалов*  $U_H$ .

Как добыть датчик Холла? В наше время огромное количество бывшей в употреблении компьютерной техники можно обнаружить на свалках, накапливается она, находясь в бесхозном состоянии в кладовках. Поэтому датчик можно найти в сломанных компьютерах и в их периферийных устройствах, около вращающихся валов, а затем добыть и использовать для построения натурной модели датчика Холла.

**Возьмём дисковод для флоппи-дисков, а затем извлечём из него плату.**



Рис.2 Дисковод для флоппи-дисков

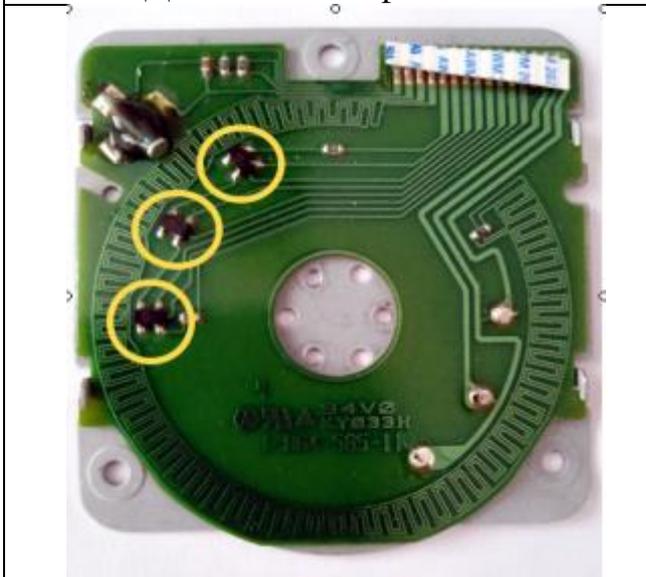


Рис.3 Плата дисковода для флоппи-диска

Датчики Холла отслеживают механические перемещения. Следовательно, искать их нужно около электродвигателей.

Датчик Холла, применяющийся в компьютерной технике, представляет собой чёрный **прямоугольничек** размером 1.5 X 3.0 мм с двумя парами коротких выводов.

На рис.2 датчик обведён окружностью жёлтого цвета. Всего их три.

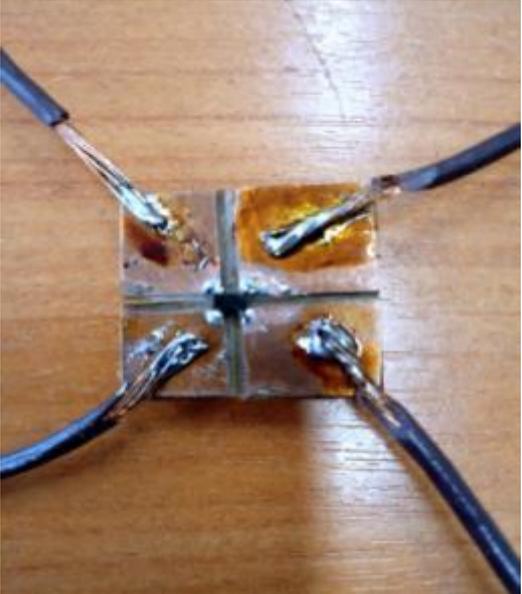
Чтобы выпаять датчик паяльником, надо:

- изготовить насадку из медной проволоки диаметром 2 мм;
- надеть её на паяльник;
- разогреть паяльник;
- приложить паяльник ко всем выводам сразу;
- спустя несколько секунд, датчик сдвигают в сторону.

Процедура выпаивания очень кропотливая и требует большой осторожности, так как, сдвигая датчик, можно легко обломить его выводы. По отдельности их выпаивать нельзя, так как пока один

|   |  |
|---|--|
|   | выпаиваем, другой опять пристынет.   |
|  | <p>На рис.4 показан датчик Холла при сильном увеличении.</p> <p>Отчётливо виден прямоугольный корпус датчика и его четыре вывода. Он очень маленький и держать его нужно пинцетом. Припаивание датчика к пластинке происходит под увеличительным стеклом, при этом в паяльнике должно быть установлено тонкое медное жало.</p> |
| Рис.4 Датчик Холла  |  |

### Исследуем датчик Холла, расположив его на специальной плате

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Для исследования датчика Холла необходимо расположить его на квадратном кусочке фольгированного гетинакса. Холл проводил свои исследования с очень тонкими золотыми пластинками. В нашем распоряжении только медные. Итак.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вырежем из фольгированного гетинакса квадрат размером 20 x 20 мм;</li> <li>• Резаком прорежем взаимноперпендикулярные дорожки;</li> <li>• Облуживаем медную фольгу;</li> <li>• Припаиваем отрезки гибкого медного многожильного провода.</li> <li>• Припаиваем датчик в центре квадрата (каждый вывод на отдельный квадрат).</li> </ul> |
| Рис.5 Датчик на пластине из гетинакса  |  |

Датчик Холла внешне выглядит как небольшая прямоугольная пластинка с четырьмя короткими выводами. Какова физическая природа датчика? Какие выводы датчика являются токовыми, а какие напряжения?

## Определим материал, из которого изготовлен датчик.



Рис.6 Определение материала датчика

1. Переведём мультиметр в режим омметра;
2. Измерим сопротивления между двумя выводами датчика Холла;
3. Получим значения порядка нескольких сотен Ом.

**Вывод:** невозможно предположить, что небольшая пластинка металла обладает таким большим сопротивлением (333 Ом).

Следовательно, датчик Холла изготовлен из однородного материала – *полупроводника*.

## Измерение сопротивлений между выводами датчика Холла



## Диагональные выводы



Результаты эксперимента сведены в таблицу

| Пара выводов | Сопротивление, кОм |
|--------------|--------------------|
| 1-2          | 0.330              |
| 2-3          | 0.333              |
| 3-4          | 0.338              |
| 4-1          | 0.337              |
| 1-3          | 0.366              |
| 2-4          | 0.366              |

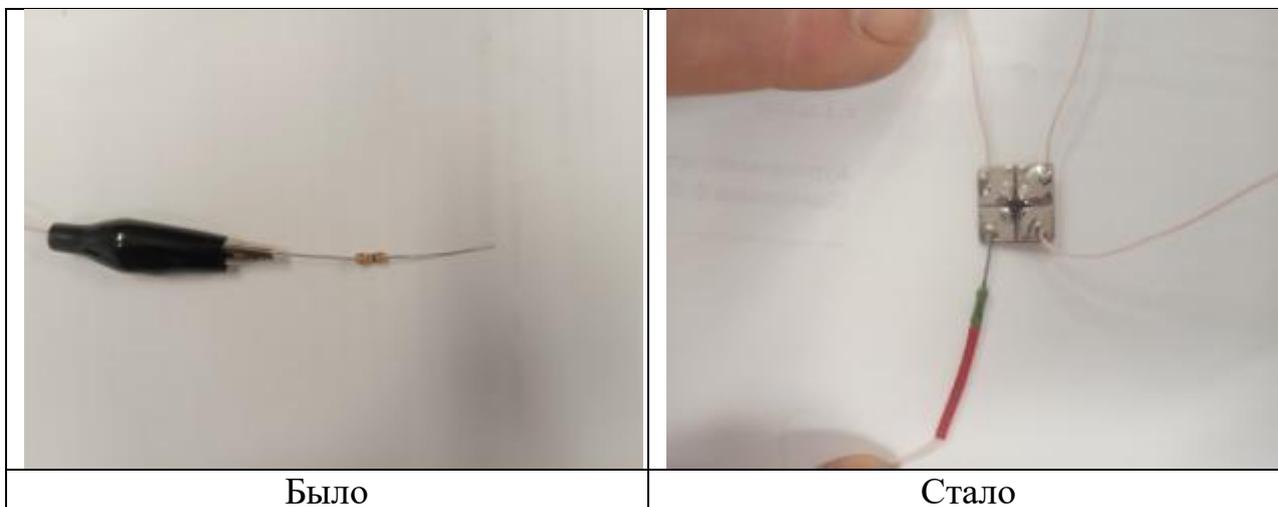
Из таблицы видно, что сопротивления между выводами 1-3 и 2-4 максимальны и одинаковы. Это возможно, если пластинка полупроводника имеет квадратную форму.

Отсюда следует, что любая пара чётных или нечётных выводов может использоваться в качестве *токовых* или *потенциальных*.

### Доказательство существования эффекта Холла.

Во время эксперимента, доказывающего существование эффекта Холла, мы допустили серьёзную ошибку. К токовым выводам мы забыли подключить сопротивление в 1кОм, а также использовали источник тока (батарейку) с ЭДС, равной 9 В вместо положенных 4.5 В. Все эти нарушения привели к тому, что токовая диагональ датчика Холла вышла из строя. В рабочем состоянии остались только потенциальные выводы.

Нам пришлось заново переделывать датчик Холла. На этот раз мы нашли медные проводки меньшего диаметра. Потенциальные контакты чёрного цвета, а токовые – красного, чтобы исключить визуальную ошибку при подключении. А самое главное, впаяли сопротивление в 1кОм в токовую цепь. Добыли источник тока с ЭДС, равной 4.5 В (батарею).



И вот, что у нас получилось. А теперь самое главное.



Видим, что после того, как поднесли магнит к датчику, напряжение на его потенциальных выводах стало равно **68 мВ**. Следовательно, холловское напряжение существует.

#### Практические приложения датчика Холла.

В автомобилях датчик Холла подвергается воздействию высоких температур и повышенных вибраций, контролируя направление и скорость движения. Вследствие *бесконтактности* датчик может работать бесконечно долго.



**Датчики Холла** используются для: 1) измерения скорости вращения колес и валов, 2) синхронизации зажигания двигателя внутреннего сгорания, 3) в тахометрах, 4) антиблокировки тормозных систем.



Рис. Вентилятор двигателя с датчиком Холла  
Электродвигатель робота пылесоса содержит датчики Холла, которые определяют количество оборотов, направление, скорость вращения каждого колеса робота



Рис. Робот-пылесос

В крышке ноутбука находится магнит. При закрытии крышки датчик попадает в магнитное поле. Посылается сигнал на выключение.

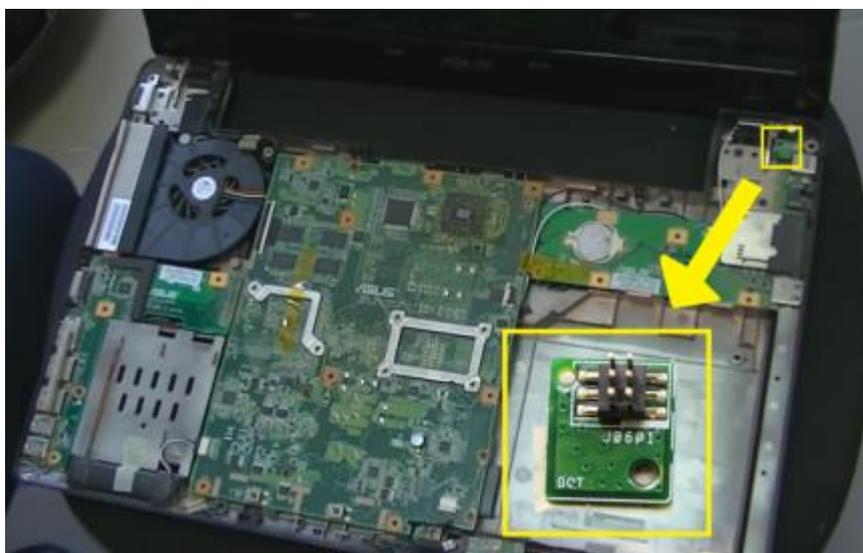


Рис. Ноутбук

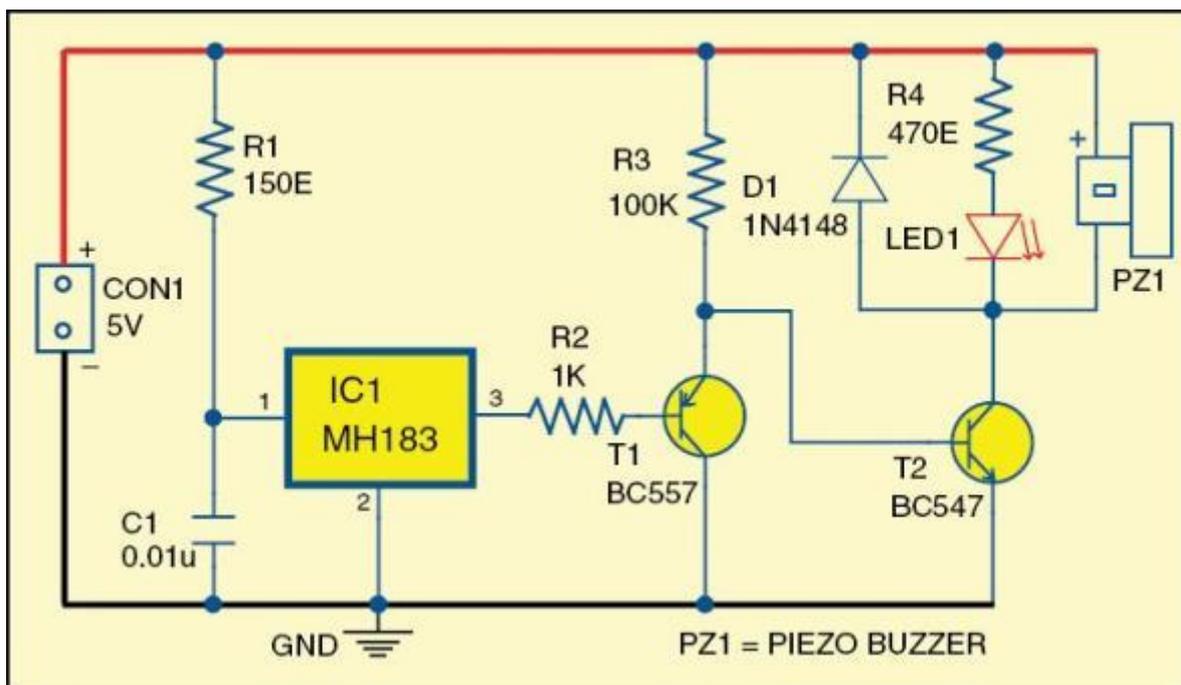
## Заключение

Знакомясь с информацией о физических свойствах эффекта Холла, приложениями датчика Холла в технике и быту, нам захотелось самим найти приложение датчику Холла.

Для начала сделать что-то несложное, но в тоже время полезное.

### **Сигнализация открытия двери с использованием датчика Холла.**

Эта простая сигнализация открытия двери с использованием датчика Холла издает звук, когда кто-то открывает дверь. Схема может быть установлена в мастерской, офисе или дома в целях безопасности.



Для создания схемы понадобятся:

#### Полупроводники:

1. Датчик Холла (**IC1**)
2. **pnp** транзистор (**T1**)
3. **npn** транзистор (**T2**)
4. светодиод 5мм (**LED1**)
5. сигнальный диод (**D1**)

#### Резисторы:

1. резистор (**R1**) 150 Ом
2. резистор(**R2**) 1кОм
3. резистор(**R3**) 100кОм
4. резистор(**R4**) 470Ом

**Конденсатор:** C1 – керамический диск 0,01мкФ

#### Разное:

1. **PZ1** – звонок
2. **CON1** – двухконтактный разъём (регулируемый источник питания 5В).

## Список литературы

- **В.В.Майер, Е.И.Вараксина, И.А.Васильев, Учебное исследование датчика Холла, извлечённого из устаревшего компьютера // Учебная физика. – 2018. - №3. - С. 18 – 32.**
- <http://www.mlab.org.ua/articles/sensors/99-sensors-inductive-holl.html> (дата обращения 8.11.21)
- <http://electricalschool.info/electronica/1557-primeneniye-datchikov-kholla.html> (дата обращения 8.11.21)
- <https://oovna.ru/primeneniye-datchikov-holla/> (дата обращения 8.11.21)
- <https://www.joyta.ru/11202-modul-na-osnove-datchika-xolla/> (дата обращения 14.11.21)
- <https://legoteacher.ru/vidy-datchikov/datchik-holla/> (дата обращения 16.11.21)
- [https://iclebo.com.ru/index.php?\\_route\\_=blog/how\\_it\\_works](https://iclebo.com.ru/index.php?_route_=blog/how_it_works) (дата обращения 20.11.21)