

(г. Таганрог, авиационный колледж им. В.М. Петлякова)

Для проведения опытов понадобится следующее оборудование: индикатор ЭМИ, собранный по приведенной схеме, лампочка на 220 В со шнуром и вилкой, эбонитовая палочка, кусок шерстяной ткани, штатив с лапкой, твердые диэлектрики (небольшие листы стекла, пластика, картона),

металлический стакан, демонстрационная линейка.

Я называю учащимся «главные» для данного урока узлы прибора (светодиод-индикатор, антенна) и показываю их.

## Эксперименты

**Опыт № 1**, демонстрирующий, что переменный ток порождает электромагнитное излучение.

*Подготовку к опыту* осуществляет учитель. Он располагает на расстоянии 20 - 25 см друг от друга индикатор ЭМИ и лампочку на подставке.

*Задание ученику*

1. Подключить лампочку к сети переменного тока.

*Наблюдаемый эффект.* При прохождении через лампочку переменного электрического тока индикатор обнаруживает ЭМИ: он загорается.

2. Выключить лампочку.

*Наблюдаемый эффект.* В случае отсутствия электрического тока в цепи светодиод индикатора не загорается, значит, ЭМИ нет.

**Педагог (далее -П).** Предлагаю объяснить увиденное и сделать вывод.

**Учащиеся (далее -Уч).** Вокруг проводника, через который течет переменный электрический ток, существует ЭМИ и, значит, электромагнитное поле (ЭМП). При отсутствии переменного тока электромагнитного излучения и поля нет.

**П.** В цепи горячей лампы течет переменный ток. Это означает, что в данной цепи свободные электроны совершают колебательное движение, меняя направление своего перемещения, т.е. они движутся с ускорением. Следовательно, мы приходим к выводу о том, что ускоренно движущиеся заряды создают ЭМИ и ЭМП.

Проверим это другим способом.

**Опыт № 2**, подтверждающий, что ускоренно движущиеся заряды создают электромагнитное излучение.

*Задания ученику*

1. Эбонитовую палочку потереть о шерстяную ткань.

2. Назвать наблюдаемый эффект и объяснить его. (На палочке возникнут отрицательные избыточные заряды.)

3. Палочку ускоренно перемещать около неподвижной антенны индикатора прибора.

*Наблюдаемый эффект.* Светодиод индикатора ЭМИ светится в течение всего времени ускоренного движения эбонитовой палочки.

**П.** К какому выводу мы приходим в данном случае?

**Уч.** Мы убедились в том, что ЭМИ возникает в результате ускоренного движения зарядов, находящихся на эбонитовой палочке.

**П.** Какими будут ваши *предположения о том, что мы увидим*, если заряженная эбонитовая палочка будет неподвижна относительно Земли, а индикатор ЭМИ будет в это время совершать ускоренное движение?

**Уч-1.** Заряд неподвижен, поэтому индикатор не сработает.

**Уч-2.** Я предполагаю, что индикатор сработает, так как движение тел относительно. Не имеет значения: заряд движется относительно индикатора или индикатор движется относительно заряда.

**П.** Проверим ваши предположения на опыте.

**Опыт № 3**, проверяющий высказанные гипотезы.

*Задания ученику*

1. Закрепить в штативе эбонитовую палочку и наэлектризовать ее.
2. Индикатор ЭМИ с ускорением перемещать относительно неподвижной заряженной палочки.

*Наблюдаемый эффект.* Индикатор фиксирует наличие ЭМИ.

**П.** Попрошу сделать вывод о верности или неверности гипотез.

**Уч.** Верным является второе предположение: индикатор зафиксировал наличие ЭМИ. Кроме того, данный опыт показал, что важно относительное движение индикатора и заряда.

**П.** Чтобы окончательно уяснить, при каких условиях возникает ЭМИ, выполним следующий опыт.

**Опыт № 4**, подтверждающий то, что неподвижные относительно антенны индикатора заряды электромагнитное излучение не создают.

*Задание ученику*

Наэлектризованную эбонитовую палочку ускоренно поднести к неподвижной антенне индикатора и остановить ее.

*Наблюдаемый эффект.* Светодиод индикатора сначала фиксирует наличие ЭМИ. А потом, когда палочку остановили, гаснет, указывая на его отсутствие.

**П.** Постарайтесь объяснить наблюдаемый эффект.

**Уч.** Во время ускоренного движения палочки (а значит, и ее электронов) индикатор, как и прежде, обнаруживает наличие ЭМИ. При полной ее остановке (заряды в покое) светодиод гаснет. Следовательно, неподвижные заряды электромагнитное излучение не создают.

**Опыт № 5**, подтверждающий, что равномерно движущиеся заряды не создают ЭМИ.

*Задание ученику*

Наэлектризованную палочку пронести с постоянной скоростью мимо антенны индикатора.

*Наблюдаемый эффект.* Индикатор не срабатывает.

**П.** Какое объяснение вы дадите данному опыту?

**Уч.** Равномерное перемещение палочки вызывает равномерное движение зарядов в ней, т.е. постоянный электрический ток. Он, как было видно, не создает электромагнитное излучение.

**П.** Итак, ЭМИ и ЭМП создают ускоренно движущиеся заряды и переменный ток, который протекает по проводнику.

Запишите и суммируйте в таблице (табл. 1) выводы, сделанные в этой

части урока.

Таблица 1

### Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение СОЗДАЮТ	Электромагнитное излучение НЕ СОЗДАЮТ
1.	1.
2.	2.

Теперь выполним опыты для того, чтобы обнаружить свойства электромагнитного излучения.

**Опыт № 6**, подтверждающий, что ЭМИ существует в точках пространства вокруг провода с переменным электрическим током.

#### *Задания ученику*

1. Обнести индикатор вокруг шнура горячей электрической лампочки.
2. Отодвинуть индикатор от шнура и снова обнести вокруг него.
3. Увеличить еще (но не слишком сильно) расстояние индикатора от шнура лампочки и повторить пункт 2 задания.
4. Значительно увеличить расстояние индикатора от шнура лампочки и повторить пункт 2 задания.

**Наблюдаемые эффекты.** Индикатор срабатывает, обнаруживая ЭМИ в разных точках около шнура и на различных расстояниях от него.

На отдаленном расстоянии от шнура индикатор не срабатывает и не выявляет наличия там электромагнитного излучения.

**П.** Какой на основании этого можно сделать вывод?

**Уч.** ЭМИ существует во всех точках, расположенных вокруг шнура с переменным электрическим током, но вблизи этого шнура или на некотором расстоянии от него.

**П.** Сейчас попытаемся установить влияние среды на распространение ЭМИ.

**Опыт № 7**, обнаруживающий, что ЭМИ проникает сквозь некоторые среды.

#### *Задания ученику*

1. Индикатор расположить на таком расстоянии от провода с переменным током, чтобы он только-только перестал фиксировать ЭМИ. Измерить это расстояние линейкой.
2. Индикатор поднести к скрытой электрической проводке в классе, идущей к розетке для питания лампы. Лампу включить.
3. Начать медленно удалять индикатор от стены. Измерить расстояние, на котором погаснет лампочка светодиода.
4. Сравнить результаты первой и второй частей опыта (результаты, полученные в пунктах 1, 2—3).

*Наблюдаемый эффект.* Во втором случае (при наличии штукатурки на стене как среды) светодиод индикатора гаснет на расстоянии, которое меньше, чем в первом случае.

**П.** Какие выводы можно сделать на основании этих наблюдений?

**Уч-1.** Электромагнитное излучение проникает сквозь среду - штукатурку.

**Уч-2.** Среда частично поглощает ЭМИ.

**П.** Проведем теперь еще ряд аналогичных демонстраций.

**Опыт № 8**, выясняющий, способно ли ЭМИ проходить через стекло, картон, пластик.

*Задания ученику*

1. Придумать, как осуществить опыты для решения поставленных задач.
2. Выполнить намеченные эксперименты.
3. Сделать выводы.

**Опыт № 9**, демонстрирующий зависимость интенсивности ЭМИ от величины ускорения, с которым движутся заряженные частицы.

*Опыт проводит учитель.* Расположенную на одном и том же расстоянии от индикатора наэлектризованную эбонитовую палочку дважды приводим в колебательное движение, но с разными частотами. Для этого один конец палочки сжимаем пальцами руки, а другой (свободный) конец заставляем совершать колебательное движение. Учащимся предварительно сообщают: ускорение, с которым движется свободный конец палочки, зависит от частоты колебания.

*Наблюдаемый эффект.* Чем больше ускорение палочки, тем ярче горит индикатор.

**П.** Сделайте выводы из эксперимента.

**Уч.** Интенсивность ЭМИ (и, следовательно, ЭМП) зависит от величины ускорения, с которым движутся заряженные частицы: чем больше ускорение, тем интенсивность излучения больше.

**Опыт № 10**, демонстрирующий свойства металла экранировать ЭМИ.

*Задания ученику*

1. На стеклянный баллон включенной электролампы надеть металлический стакан (например, внешний сосуд калориметра). Поднести к лампе индикатор.

2. Снять стакан и вновь поднести к лампе индикатор.

*Наблюдаемый эффект.* Индикатор не фиксирует ЭМИ в первом случае и фиксирует во втором.

**П.** К какому выводу мы приходим?

**Уч.** Металлический стакан не пропускает электромагнитное излучение, т.е. является для него преградой, экраном.

**П.** Подведем итоги исследований, проведенных во второй части урока. О каких свойствах электромагнитного излучения мы узнали? Запишем

результаты в таблицу 2.

Таблица 2

### Свойства электромагнитного излучения

Свойство	№ доказывающего опыта

Практика свидетельствует о том, что постановка описанных выше опытов интересна учащимся и способствует лучшему пониманию ими изучаемого материала. К тому же на уроке они принимают активное участие в осуществлении экспериментов, в их обсуждении и подведении итогов. Сами же опыты отличаются простотой и доступны для постановки почти в любой школе.

## Лабораторная работа

### «Определение жесткости пружины на основе закона сохранения механической энергии»

**Цель работы:** найти жесткость пружины, опираясь на закон сохранения энергии.

**Оборудование и средства измерения:** самодельная установка, собранная из пружины, направляющего стержня, стальной шайбы (цилиндра) с отверстием; миллиметровая линейка с пределом измерения 0 – 30 см, фиксатор.

**Подготовка.** Перед работой я предлагаю учащимся повторить информацию, содержащуюся в одной из книг:

*Касьянов В.А.* Физика-10. - М.: Дрофа, 2000. - § 23, 31, 32.

*Пинский А.Л., Граковский Г.Ю.* Физика. - М.: Форум-ИНФА-М, 2002. - Гл. 2, § 2.3 (4), 2.10, 2.11.

*Власова И.Г.* Физика. Пособие для поступающих в вузы. - М.: Эксмо, 2003. - § 2.8, 3.7.

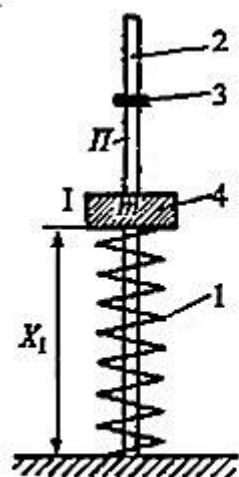


Рис. 1

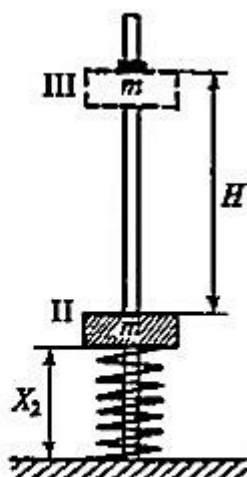


Рис. 2.

### Описание установки и теория вопроса

Закон сохранения механической энергии применяем на установке, устройство которой ясно из рисунка 1.

Установка состоит из пружины 1 и приспособления П, содержащего направляющий стержень (велосипедную спицу) 2 с фиксатором 3 (из резиновой

ленты) и стальную шайбу (плоский цилиндр) 4, которая может свободно скользить вдоль спицы.

При надавливании рукой на шайбу (цилиндр) пружина деформируется и «запасается» потенциальной энергией  $\Pi_1$  (рис. 2)

$$\Pi_1 = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2} \quad (1)$$

Освободив груз от действия внешней силы, увидим, что пружина распрямляется и цилиндр начинает движение вверх, он при этом приобретает и кинетическую, и потенциальную энергии. В итоге цилиндр поднимется на высоту  $H$  и останавливается (см. рис. 2), запасаясь потенциальной энергией  $\Pi_2$  в поле гравитации; кинетическая энергия его  $W_k$  на максимальной высоте подъема равна нулю:  $W_k = 0$ .

$$\Pi_2 = mgH \quad (2)$$

Считаем, что **вся** потенциальная энергия упруго деформированной пружины передается шайбе (цилиндру) 4 при ее отпуске. Силы сопротивления движению шайбы не учитываем. Тогда на основе закона сохранения энергии

$$\Pi_1 = \Pi_2 \quad \text{или}$$

$$\frac{k \Delta x^2}{2} = mgH \quad (3)$$

Из равенства (3) найдем жесткость пружины  $k$ :

$$k = \frac{2mgH}{\Delta x^2} \quad (4)$$

где  $m$  - масса шайбы (цилиндра),  
 $g$  - ускорение свободного падения,  
 $H$  - высота подъема шайбы,  
 $\Delta x^2$  — деформация пружины.

## Выполнение работы

### Вариант I

(для сильных в физике учащихся)

1. Продумать, как определить значение
  - деформации пружины,
  - массу шайбы.
2. Составить описание предстоящего хода работы.

3. Придумать форму таблицы для записи результатов эксперимента.
4. Прodelать опыт.
5. Внести в таблицу данные опыта.
6. Произвести вычисления.

### Вариант II

(для слабоуспевающих учеников)

1. Подготовьте таблицы 1 и 2 для занесения результатов, определяемых в процессе эксперимента, и вычислений в ходе работы.

Таблица 1

#### Результаты измерений и из справочника

$x_1$ , м	$x_2$ , м	$D$ , м	$h$ , м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$H$ , м

Таблица 2

#### Результаты вычислений

$\Delta x$ , м	$m$ , кг	$k$ , Н/м

2. Соберите установку по рисунку 1.
3. Измерьте длину пружины  $x_1$  до ее деформации рукой, т.е. в «свободном» состоянии.
4. Пружину максимально сожмите и измерьте ее длину в деформированном состоянии -  $x_2$ .
5. Вычислите деформацию пружины -  $\Delta x$ .

$$x_1 - x_2 = \Delta x$$

6. Пружину отпустите и произведите «выброс» шайбы вверх.
7. Измерьте наибольшую высоту ( $H$ ), на которую поднялась шайба (см. рис. 2).
8. Определите диаметр ( $D$ ) и высоту  $h$  шайбы (цилиндра).
9. Вычислите массу шайбы, зная, что она стальная:

$$m = \rho V$$

Так как

$$V = Sh, \quad S = \pi r^2 = \pi \frac{D^2}{4}, \text{ то}$$



$$m = \frac{\rho \pi D^2 h}{4},$$

где  $\rho$  - плотность стали,  $\pi = 3,14$ .

10. Вычислите жесткость пружины по формуле (4).

11. Все замеры и результаты вычислений занесите в таблицы.

#### **Дополнительные задания для желающих**

1. Вычислите начальную скорость подъема шайбы (цилиндра).

2. Сравните энергию, которую получила шайба, с ее энергией на максимальной высоте. Сделайте вывод и объясните его.

***Работа опубликована в научно-методическом журнале «Физика в школе»,  
№8, 2001 год, с. 61-67.***