

### **Розділ III**

себе і товаришів? Для яких хімічних реакцій це правило стає особливо актуальним?

➤ У чому полягає небезпека враження людини електричним струмом? Які дії електричного струму потрібно враховувати при цьому?

➤ Найпоширенішу хворобу хребта – радикуліт, ще називають “розплатою” людини за прямоходіння, на відміну від пересування мавпи. Чому? Відповідь: Під час прямоходіння змінюється напрям дії сили земного тяжіння відносно хребта. Міжхребцеві хрящеві диски зазнають порівняно більшого тиску і деформації. Остання з часом перестає бути пружною. (Фізика, біологія).

**Задачі з природничих дисциплін з використанням знань предметів гуманітарного циклу** (історичного змісту, з використанням літературних творів, економічного змісту, на прикладах образотворчого мистецтва та ін.), що досить добре описані у науково-методичній літературі.

В лабораторних роботах та фронтальному експерименті можливі вимірювання товщини волосини, тиску людину на горизонтальну опору, силу м'язів, швидкості механічної реакції з допомогою вимикача, рН слини, знаходження “сліпої плями” ока людини, вимірювання шкірно-гальванічної реакції, вимірювання електричного опору людини та ін.

Задачі і лабораторні роботи з гуманітарним змістом повинні знайти своє місце у змісті навчання кожної навчальної природничої дисципліни у загально-освітньому навчальному закладі. У випадку комплексного оператора розв'язку задачі (що складається з кількох моделей – фізичної, хімічної, географічної і т.д.) – у змісті дисципліни, розв'язуюча модель якої відіграє провідну роль, або спеціальному інтегрованому спецкурсі, варіант якого розроблений нами.

#### **Список використаних джерел**

1. *Кравченко В.* Задачі з гуманітарним змістом // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 4. – С. 16-17.
2. *Лернер И.Я.* Процесс обучения и его закономерности. – М.: Знание, 1980. – 80 с.
3. *Шановалова Л.* Формування фізичних понять у процесі розв'язування задач міжпредметного змісту / Педагогічні науки. Зб. наук. праць. – Випуск 15. – Ч.1. Херсон: ХДПУ, 2000. – С. 184-189.

УДК 535.215+53[07]

*Губанова А.О., Криськов Ц.А., Левицький С.М., Лисий І.В., Полянчук Н.Л.*  
(Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет)

### **ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ ДЛЯ ПОЯСНЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВПРОВІДНИКІВ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ**

Робота присвячена розробці ілюстративних дослідів, які можна використати в школі при вивченні напівпровідників. Зокрема, розглянута залеж-

ність опору напівпровідника від температури та впливу освітлення. Досліди корисні при вивченні внутрішнього фотоелефекту.

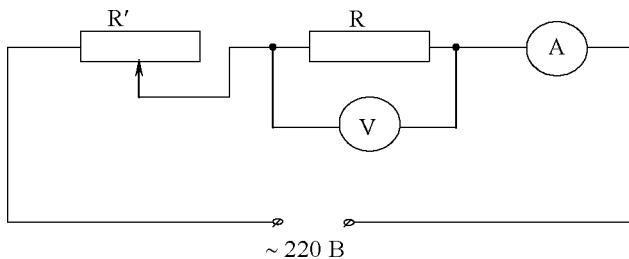
The problems of illustrative material for the characteristic of semiconductor materials are worked out in this paper. We observe the resistivity of silicon samples with increasing the temperature and with lighting. Our work is the good suggestion to implement in the schools.

Описано розробки дослідів, за допомогою яких ілюструємо властивості напівпровідника (кремнію), тобто ми спостерігаємо зміну опору зразків під дією світла та температури. Зразками були пластинки чистого нелегованого кремнію та легованого бором.

В роботі ми дослідили, як змінюються властивості напівпровідників під дією на них світла та температури.

Для кращого засвоєння матеріалу в школі, в роботі представлені розробки дослідів, які за своєю суттю є нескладними, що дозволяє застосовувати їх для пояснення властивостей напівпровідників.

Для ілюстрації залежності опору напівпровідника від температури, зберемо схему, яка зображена на мал. 1.



**Мал. 1. Електрична схема для проведення спостереження за зміною опору зразка**

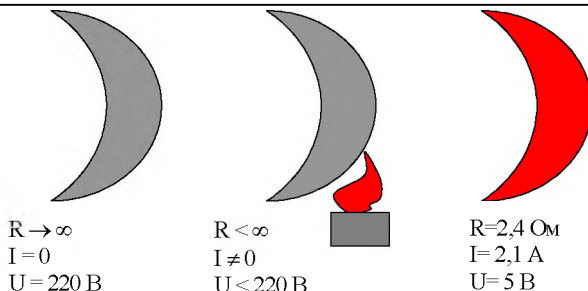
Необхідні прилади і матеріали: вольтметр; амперметр; реостат ( $R'$ ); джерело змінного струму (220В); спиртівка; зразок високоомного кремнію ( $R$ ).

При кімнатній температурі опір зразка власної провідності  $R=455\text{ кОм}$ , струм через зразок не іде ( $I=0$ ). При незначному короткочасному нагріванні зразка (піднесення спиртівки), в колі починає з'являтися струм ( $I\neq 0$ ), при цьому напруга на зразку зменшується і опір  $R$  також зменшується. Це свідчить про те, що з'явилися електрони в зоні провідності чистого кремнію. Під дією великої напруги (220В) електрони починають рухатися з великим прискоренням всередині зразка (всередині зони провідності).

Напрявлений рух електронів супроводжується тим, що при стиканні з електронами, які рухаються у валентній зоні і мають малу енергію, частину енергії "швидкі" електрони віддають "повільним". Останні переходять у зону провідності і приймають участь у створенні електричного струму.

Кількість електронів в зоні провідності стає настільки великою, що напівпровідник ми можемо вже назвати провідником.

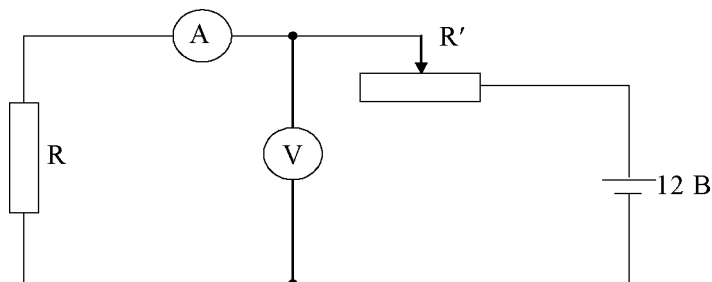
Пройдення струму в напівпровіднику приводить до його нагрівання і зразок стає червоним, як зображено на мал. 2.



**Мал. 2. Зображення зміни забарвлення кремнію під час проходження електричного струму**

Зміна опору напівпровідника при нагріванні свідчить про те, що в високоомному кремнії ширина забороненої зони невелика

$$E_{зab} < 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$



**Мал. 3. Електрична схема дослідження фотоопору пластинки кремнію**

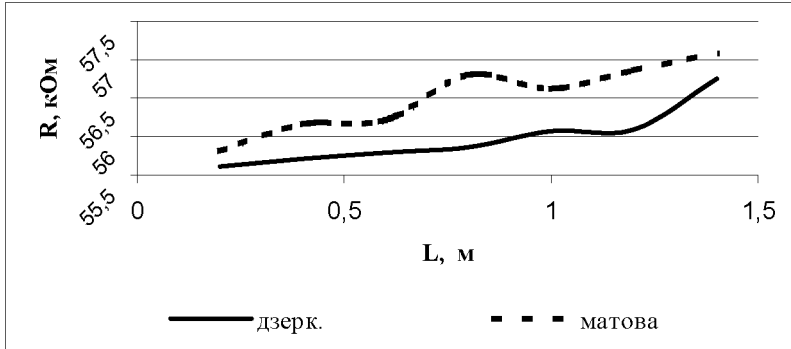
Електрони, що знаходяться у валентній зоні, можуть також взаємодіяти з світлом. Для цього необхідно освітити поверхню напівпровідника. Для того, щоб зафіксувати таке явище, необхідно дуже потужне джерело світла (лампа потужністю 100 Вт), або велику площу напівпровідника.

Для ілюстрації внутрішнього фотоефекту – зміни опору напівпровідника при його освітленні, було використано пластинку кремнію діркової провідності (КДП) великої площі ( $\approx 10 \text{ см}^2$ ), вирізану з монокристалу, одна сторона якої дзеркальна, а друга – матова (схема приведена на мал. 3.).

Перш за все, ми знаходимо значення темного опору пластинки (тобто опір пластинки без дії світла на пластинку)  $R=57 \text{ кОм}$ .

При освітленні кремнієвої пластинки визначаємо залежність опору пластинки ( $R$ ) від відстані ( $L$ ) пластинки до джерела світла (тобто  $R(L)$ ). Даний дослід ми проводимо для дзеркальної та матової сторін пластинки. По отриманих результатах будуємо графік  $R(L)$  (мал. 4.).

Спостерігається також різниця зміни опору, якщо освітлювати різні сторони зразка. Така різниця може бути пояснена різними умовами поглинання світла. Матова поверхня більше розсіює падаюче світло.



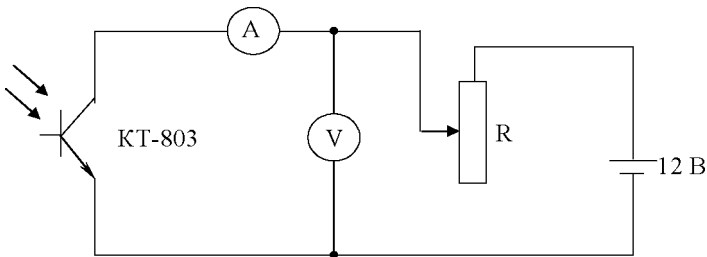
Мал. 4. Графік залежності  $R(L)$

Таким чином проілюструємо:

1. Наявність переходу електронів в зону провідності зразка при поглинанні квантів світла.
2. Залежність фотоопору від відстані, яка узгоджується з законом Столетова для фотоэффекту.

З графіку ми можемо говорити про те, що опір при освітленні матової сторони пластинки змінюється повільніше, ніж при освітленні дзеркальної сторони.

Пропонуємо досить простий дослід для ілюстрації впливу освітлення на властивості n-p-n переходу. Зміни характеристик транзистора пов'язані з внутрішнім фотоэффектом. Для проведення даного дослідження необхідні прилади: кремнієвий транзистор КТ-803, з якого знято металеву кришку; джерело постійного струму 12 В; реостат 5000 Ом; мікроамперметр; вольтметр; лампа розжарення; кварцова лампа.



Мал. 5. Електрична схема дослідження впливу освітленості на властивості транзистора

Перехід n-p-n зручний для проведення аналогії з вакуумним триодом: емітер – катод; база – сітка; колектор відіграє роль анода.

При освітленні n-p-n переходу світлом різних джерел, при сталих інших елементах схеми, та при зміні відстані від транзистора до джерела світла результуючий струм через транзистор змінюється.

### **Розділ III**

---

Вважаємо, що зміна струму пов'язана зі зміною концентрації носіїв електричного струму всередині напівпровідників, що утворюють n-p-n-перехід. Така зміна концентрації і носить назву внутрішнього фото ефекту.

Дослід може бути використаний при поясненні відповідного матеріалу у класах з поглибленим вивченням фізики та на факультативних заняттях.

#### **Список використаних джерел**

1. *Солимар Л., Уоли Д.* Лекции по электрическим свойствам материалов. – М.: Мир, 1991.
2. *Фриш Э.С., Тиморева А.В.* Курс общей физики. (том II) – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.
3. *Электрорадиоматериалы* /Под. ред. Б.М.Тареева. – М.: Высшая школа, 1978.
4. *Губанова А.О., Левицкий С.М., Полянчук Н.Л.* Розробка експериментів для ілюстрації електричних та фотоелектричних властивостей напівпровідників у загальноосвітній школі. //Всеукраїнська науково-практична конференція “Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти”. Тези доповідей. – Львів. – 2002.

**УДК 535.215+53(16)**

**Губанова А.О., Криськов Ц.А., Лисий І.В., Левицкий С.М., Полянчук Н.Л.**  
(*Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет*)

---

### **ІЛЮСТРАЦІЯ СТАТИСТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОНІВ ЗА ЕНЕРГІЯМИ ПРИ ТЕРМОЕМИСІЇ**

---

У роботі вивчається залежність анодного струму у вакуумному триоді від запираючої напруги та температури катода. З цієї залежності розраховується частка електронів, що припадає на одиничний інтервал зміни енергії і будується графік розподілу Максвелла при певній температурі катода. Спостерігається зростання найбільш імовірної енергії термоелектронів при збільшенні струму розжарення катода.

In the work the relation of a plate current in the vacuum triode from a cut-off voltage and temperature of the cathode is studied. From this relation calculated a part of electrons, which one is necessary per unit of energy, is plotted the chart distributions of the Maxwell at definite temperature. Ascending the most interquartile energy is watched at increase of a filament current of the cathode.

У даній роботі пропонується використання явища термоелектронної емісії у вакуумному триоді для ілюстрації наявності статистичного розподілу термоелектронів за енергіями згідно формули Максвелла для газових систем.

Вважаємо, що при значенні, близькому до струму насичення, всі електрони, що вийшли з катода, створюють анодний струм. Для експерименту використана електрична схема, зображена на мал. 1.