

**ЕЛЕМЕНТИ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЕНЕРГЕТИЦІ ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ**

**Анотація.** У статті, на прикладі лабораторної роботи на тему: «Дослідження параметрів сонячних батарей», пропонується методика вивчення елементів сучасних енергозберігаючих технологій майбутніми вчителями трудового навчання. Для практичного виконання роботи розроблена спеціальна електротехнічна установка на дослідження характеристик сонячних батарей.

Виконання роботи здійснюється за такими етапами: ознайомлення з робочим завданням; опрацювання теоретичних відомостей; практична робота, яка полягає у дослідженні параметрів сонячних батарей; опрацювання даних вимірювань та побудова графіків; написання висновків.

При теоретичній підготовці до виконання роботи студенти знайомляться з будовою і принципом дії сонячних елементів і світлодіодних ламп, що базується на явищах внутрішнього фотоефекту і запірного шару на межі контакту напівпровідників різного типу провідності.

Практична частина роботи полягає в дослідженні залежності фото-ЕРС від освітленості поверхні батареї та побудови графіку такої залежності, а також виконанні послідовного і паралельного з'єднання окремих елементів.

Подібний зміст лабораторного заняття посильний і для учнів старшої школи. Явища, що лежать в основі принципу дії фотоелементів і світлодіодних ламп, відомі учням з уроків фізики – розділу «Електродинаміка».

**Annotation.** In the article, on the example of laboratory work on a theme: «Research of parameters of sunny batteries», methodology of study of elements of modern energykeeping technologies is offered by the future teachers of labour studies. For practical implementation of work the special electrical engineering setting is worked out on research of descriptions of sunny batteries.

Implementation of work comes true after such stages: acquaintance with a working task; working of theoretical information; practical work that consists in research of parameters of sunny batteries; working of these measuring and construction of charts; writing of conclusions.

At theoretical preparation to implementation of work students meet with a structure and principle of action of sunny elements and light-emitting-diode lamps, that is based on the phenomena of internal photoeffect and запірного layer on verge of contact of semiconductors of anything as to conductivity.

Practical part of work consists in research of dependence of electromotive force from luminosity of surface of battery and construction of chart of such dependence, and also implementation of successive and parallel connection of separate elements.

Like maintenance of laboratory employment is a messenger and for the students of senior school. Phenomena, that are the basis of principle the actions of photocells and light-emitting-diode lamps, known to the students from the lessons of physics - division «Electrodynamics».

Головним завданням школи, в самому загальному розумінні, є передача суспільного досвіду старшого покоління молодшому. Такий досвід, очевидно, має відображати найновіші досягнення цивілізації. На жаль, в освіті зміст навчання істотно відстає від досягнень науки і виробництва. Тому освітяни мають наполегливо працювати з метою максимального наближення змісту навчання до останніх наукових відкриттів, технологій тощо. Саме це відображено в шкільних навчальних програмах з трудового навчання, в яких зазначається, що запровадження у виробництво нової техніки й технологій, становлення й розвиток ринкових відносин і нових форм господарювання,

зростання обсягу знань про перетворення матеріалів, енергії та інформації в інтересах людини, про загальні принципи цих перетворень вимагають підвищення рівня технологічної культури підрастаючого покоління [5].

Нині однією з найголовніших проблем цивілізації є пошук нових джерел енергії і створення енергозберігаючих технологій. На жаль, у галузі енергозберігаючих технологій, як показують результати досліджень, учні не достатньо обізнані. При опитуванні старшокласників з'ясовано, що переважна більшість учнів слабо орієнтуються у поняттях: відновлювальні джерела енергії, світлодіодні та енергозберігаючі джерела світла, сонячні батареї тощо. А це свідчить саме про низький рівень технологічної культури.

Ми вважаємо, що вилучення з навчальної програми «Технології» модуля «Електротехнічні роботи» створив пробіл у цілісному сприйнятті поняття «сучасні технології». Очевидно, цей недолік має бути усуненим у варіативному модулі програм.

Варто зазначити, що у багатьох школах учителі неохоче використовують модуль «Електротехнічні роботи». Існує низка причин. Головними можна назвати такі, як недостатнє матеріально-технічне забезпечення та відсутність методичних розробок.

Перша причина частково усувається використанням комп'ютерних програм та розробкою власних пристроїв, установок тощо, завдяки яким можна проводити лабораторні заняття, здійснювати демонстрації. Наприклад, при викладанні загальної електротехніки майбутнім учителям технологій, нами використовується програма Electronics Workbench. Завдяки цій програмі студенти виконують більшість лабораторних робіт з розділу електричні кола.

Для ознайомлення студентів з сучасними технологіями в галузі електроенергетики можна запропонувати виконання лабораторної роботи на тему: «Дослідження параметрів сонячних батарей».

Рівень складності виконання розробленої лабораторної роботи посилює і для учнів старших класів, які мають достатню підготовку з фізики (розділ «Електромагнітні явища» — 9 клас та «Електродинаміка» і «Атомна та ядерна фізика» — 11 клас). Звичайно, при необхідності окремі питання можна спростити. Наведемо зміст цієї лабораторної роботи.

**Тема:** Дослідження параметрів сонячних батарей.

**Мета:** Виміряти параметри сонячних батарей при послідовному і паралельному їх з'єднанні, побудувати характеристику залежності ЕРС від освітленості.

**Робоче завдання**

1. Дослідити параметри сонячних батарей, залежність е.р.с. сонячної батареї від освітленості її поверхні та побудувати графік такої залежності.

**Програма підготовки до виконання завдання**

1. Опрацювати теоретичні відомості за навчальними підручниками (посібниками з фізики), теоретичними відомостями цієї роботи, іншими інформаційними ресурсами.

2. Виконати письмово такі завдання:

- 2.1. Дати визначення поняття фотоелектрична комірка та пояснити принцип її дії.
- 2.2. Перерахувати втрати в сонячному елементі.
- 2.3. Сонячні панелі та їх застосування.
- 2.4. Перерахувати матеріали з яких виготовляють сонячні панелі.
- 2.5. Який оптимальний температурний режим сонячних батарей?

**Теоретичні відомості**

«Сонячні батареї» — умовна назва пристроїв, які перетворюють променеву енергію Сонця в електричну енергію.

Принцип дії сонячних батарей базується на явищі внутрішнього фотоелектричного ефекту та явищі утворення запірного шару на межі з'єднання напівпровідникових матеріалів з різною провідністю (*p-n* перехід).

Внутрішній фотоелектричний ефект виникає у напівпровідниках та діелектриках. Це явище можна пояснити на основі зонної теорії електропровідності. Так, для напівпровідників із власною електропровідністю, під дією світла можливий перехід електрона з валентної зони в зону провідності (рис. 1), що призводить до збільшення концентрації електронів у провідному та «дірок» у валентному шарах.

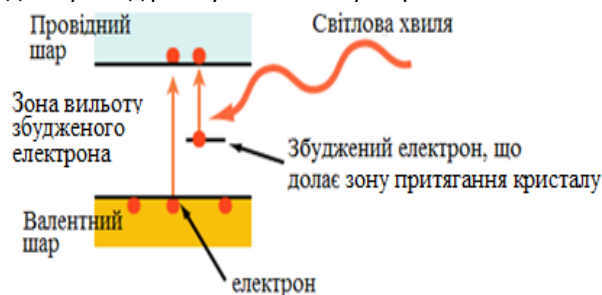


Рис. 1. Схема пояснення механізму утворення внутрішнього фотоелектричного ефекту

Для напівпровідників *p*-типу під дією світла відбувається перехід електрона з донорного рівня в зону провідності; у напівпровідниках *n*-типу під дією світла електрон переходить із валентної зони на акцепторний рівень, що призводить до збільшення концентрації дірок у валентній зоні. У всіх наведених випадках у напівпровідниках під дією світла збільшується концентрація носіїв струму, тобто зростає їх електропровідність [1, с. 243].

Перерозподіл електронів напівпровідника за енергетичними станами під дією світла може призвести також до зміни внутрішнього електричного поля в кристалі. Це є причиною виникнення електрорушійної сили (фото-ерс) на межі контакту двох напівпровідників з різними типами домішкової провідності (*p-n* перехід) або на межі контакту напівпровідника і металу (вентильний фотоэффект).

Відзначені явища покладено в основу принципу дії так званих фотоелектричних комірок. Фотоелектрична комірка (сонячна комірка, сонячний елемент, фотогальванічний елемент, фотоелектричний перетворювач (ФЕП), фотоелемент) - це електричний пристрій, який діє як перетворювач частини світлової енергії (як правило, видимих і інфрачервоних електромагнітних хвиль) в електричну.

Принцип дії фотоелементів здійснюється на напівпровідниковому *p-n* переході. Тобто, при поглинанні фотона в області, яка прилягає до *p-n* переходу, створюється пара носіїв заряду: електрон і «дірка». Одна із цих часток є неосновним зарядом і з великою ймовірністю проникає крізь перехід. У результаті чого заряди, створені завдяки поглинанню енергії фотона, розділяються в просторі й не можуть рекомбінувати. Як наслідок порушується рівновага густини зарядів (рис. 2). При під'єднанні елемента до зовнішнього навантаження у колі протікає струм [1, с. 244].

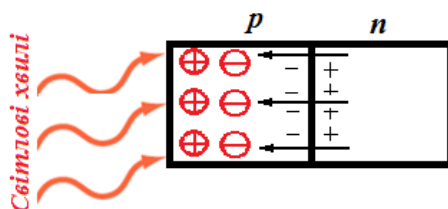


Рис. 2. Схематичне зображення процесу утворення фото-ерс

Певна кількість фотоелектричних комірок, відповідним чином з'єднаних між собою, загорнутих в пластик або скло, скріплених алюмінієвою рамкою для жорсткого зв'язку і захисту - називаються сонячною панеллю.

Напруга холостого ходу, яка генерується одним елементом при номінальній освітленості, становить близько 0,6 В. Ця величина не залежить від розмірів елемента та його надлишкової освітленості (понад номінальне значення). Щоб підвищити вихідну напругу сонячні елементи з'єднують послідовно, утворюючи панель. Недоліком такого з'єднання є зменшення їх надійності, оскільки в разі виходу з ладу одного елемента (або просто потрапляння його в тінь) зменшується струм у цілій батареї в цілому.

Фотоелементи виготовляють з різноманітних напівпровідникових матеріалів. В даний час використовується для фотоелектричних сонячних елементів такі матеріали: монокристалічний кремній, полікристалічний кремній, аморфний кремній, телурид кадмію, арсенід галію, сульфат кадмію та ін. Процес виготовлення фотоелемента близький до процесів виготовлення інших напівпровідникових приладів.

У космічних апаратах використовують переважно багатоперехідні сонячні елементи або гетерофотоелементи. Такий елемент складається з декількох *p-n* переходів (AlGaAs-GaAs), кожен з яких поглинає світло певного спектру. Такі сонячні елементи мають найвищу ефективність — близько 35 %. Складність технології їх виготовлення, а отже висока собівартість, перешкоджає широкому промислому їх виробництву.

Сонячні панелі, до недавнього часу, використовували переважно в автономних системах, які, зазвичай, тривалий період часу не вимагають обслуговування оператором (автоматичні прилади радіонавігації, космічні апарати та ін.), а також використовувались для електропостачання у віддалених районах Землі або на орбітальних станціях, супутниках і ін. Тобто у випадках, коли неможливо використовувати електромережу. Мініатюрні сонячні панелі вмонтовують у калькулятори від яких заряджаються вбудовані акумулятори, а також для живлення радіотелефонів, зарядних пристроїв, насосів тощо.

Останнім часом сонячні панелі широко використовують в побуті, при виготовленні дахів будівель, оздоблюють балкони та ін. Широко використовують потужні сонячні електростанції, що займають великі площі сонячних панелей. Наприклад, у Вінницькій області такі електростанції розташовані у с. Вендичани (Мог.-Подільський район), у Літинському районі та ін., а в 2017 році урядом України планується будівництво потужних сонячних електростанцій у забрудненій Чорнобильській зоні та інших регіонах України. Провідним виробником сонячних батарей у нашій країні є ВАТ «Квазар».

#### Методичні рекомендації до виконання завдань

##### 1. Вивчення дослідної установки і спостереження її роботи (рис. 3).

1.1. Розглянути всі елементи установки і пояснити їх призначення. Відшукати ці елементи на електричній схемі.

1.2. Увімкнути тумблери  $K_1$  і  $K_2$ , накрити активні елементи сонячної батареї темним папером. Подивитись, що відбувається з світлодіодною лампочкою. Пояснити, яке явище при цьому відбувається.

1.3. Відкрити активні елементи батарей. Подивитись, що відбувається з світлодіодною лампочкою. Пояснити це явище.

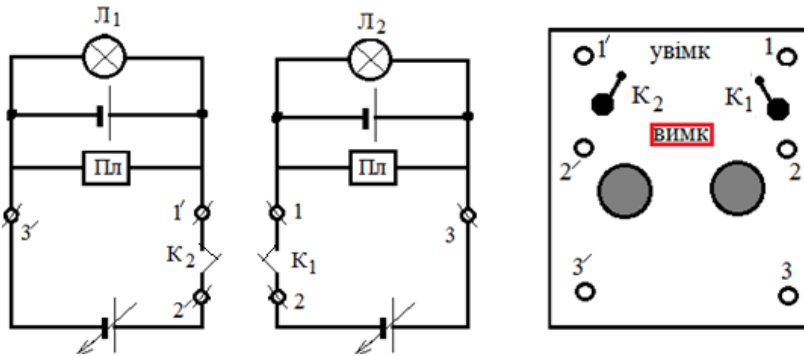
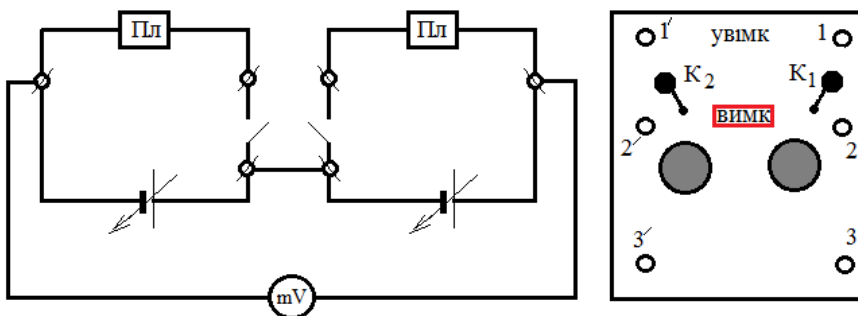


Рис. 3. Схема для вивчення дослідної установки

## 2. Послідовне з'єднання сонячних батарей (рис. 4).

2.1. Вимкнути тумблери  $K_1$  і  $K_2$ . Виміряти ЕРС на окремих сонячних батареях ( $E_1$  та  $E_2$ ). Для цього приєднати мілівольтметр по черзі до клем 3-2 та 3'-2', дані вимірювань занести до таблиці 1.

2.2. З'єднати перемичкою клему 2-2' між собою. Приєднати до клем 3-3' мілівольтметр, виміряти сумарну ЕРС, дані занести до таблиці 1.



Таблиця 1

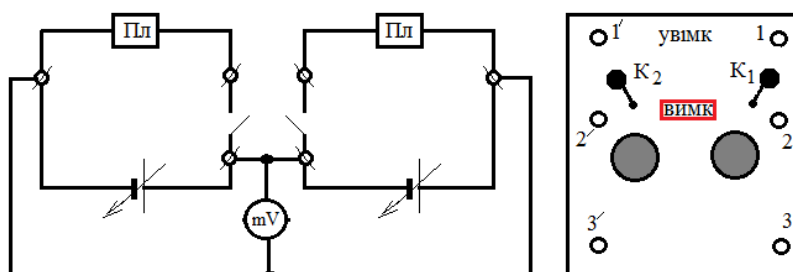
$E_1$	$E_2$	$E$

Рис. 4. Схема для дослідження послідовного з'єднання сонячних батарей

## 3. Паралельне з'єднання сонячних батарей (рис. 5).

3.1. Вимкнути тумблери  $K_1$  і  $K_2$ . Виміряти ЕРС на окремих сонячних батареях ( $E_1$  та  $E_2$ ). Для цього приєднати мілівольтметр по черзі до клем 3-2 та 3'-2', дані вимірювань занести до таблиці 2.

3.2. З'єднати перемичкою клему 2-2' між собою. Приєднати до клем 2'-3' мілівольтметр, виміряти сумарну ЕРС ( $E$ ), дані занести до таблиці 2.



Таблиця 2

$E_1$	$E_2$	$E$

Рис. 5. Схема для дослідження паралельного з'єднання сонячних батарей

## 4. Визначення потужності світлодіодної лампи (рис. 6).

4.1. Зняти перемичку 2-2'. Вимкнути тумблери. Міліамперметр приєднати до клем 1-2. Виміряти споживаний струм, дані вимірювань занести до таблиці 3.

4.2. Виміряти спад напруги на лампі. Для цього приєднати мілівольтметр до клем 3-2 і його покази занести до таблиці.

- 4.3. Аналогічні виміри здійснити для іншої лампи. Значення  $U'$ (мВ),  $I'$ (мА) занести до тієї ж таблиці.  
4.4. Розрахувати споживану лампами потужність за виразом:  $P = I \cdot U$ .

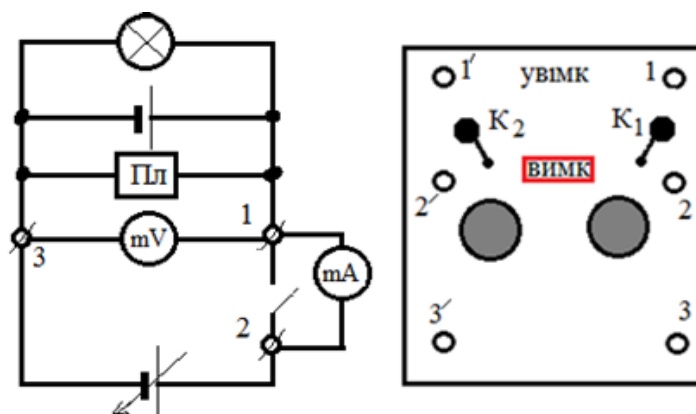


Рис. 6. Схема установки для дослідження потужності живлення світлодіодної лампи

Таблиця 3

U(мВ)	I(мА)	P(мВт)	U'(мВ)	I'(мА)	P'(мВт)

#### 5. Дослідження залежності ЕРС сонячної батареї від освітленості її поверхні.

- 5.1. Від'єднати мілівольтметр та вимкнути тумблери  $K_1$  і  $K_2$  (рис. 6).  
5.2. Під'єднати мілівольтметр до клем 3-2 ( $3'/2'$ ). Виміряти ЕРС  $E_1$  та  $E_2$  при різних значеннях світлових потоків.  
5.3. Освітленість поверхні активного елементу батарей вимірювати за допомогою люксметра. Дані вимірювань занести до таблиці 4.  
5.4. Побудувати графіки залежностей  $E - f(\varepsilon)$ .

Таблиця 4

№	$\varepsilon$ (лк)	$E_1$ (В)	$\varepsilon$ (лк)	$E_2$ (мВ)

#### Контрольні запитання

1. Що називають сонячною батареєю?
2. На яких законах базується принцип дії напівпровідникового світлодіода.
3. В чому полягає дослід Столетова?
4. Які носії заряду у напівпровідникових матеріалах є основними, а які донорними?
5. Що таке запірний шар? Як він виникає?
6. Що називають фотоелектричною коміркою? Принцип її дії.
7. Що називають панеллю сонячної батареї?
8. Які матеріали використовують для виготовлення сонячних батарей?

Виконання лабораторних робіт з курсу «Загальна електротехніка» студентами, які навчаються за напрямками підготовки – фізика або технологічна освіта, сприяє ознайомленню з найсучаснішими технологіями одержання та використання електроенергії. Звичайно, подібну лабораторну роботу майбутні вчителі зможуть використати під час занять у старшій школі, а в спрощеному варіанті і в дев'ятих класах.

#### Література:

1. Бушок Г.Ф. Курс фізики: Навч. посіб. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. У 3 кн. кн. 3/ Г.Ф. Бушок, Є.Ф. Венгер. — К.: Вища шк., 2003. — 311 с.
2. Кучерук І.М. Загальний курс фізики: У 3 т.: Навч. пос. для студ. вищ. техн. і пед. навч. закл. освіти І.М. Кучерук, І.Т.Горбачук / За ред. І.М. Кучерука. — К.: Техніка, 1999. Т.3. Оптика. Квантова фізика. — 520 с.
3. Москатов Е. А. Источники питания. - Киев.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2011. — 208 с, ил. ISBN 978-5-7931-0846-1 («КОРОНА-ВЕК») ISBN 978-966-8806-71-1 («МК-Пресс»)
4. Мачулін В., Литовченко В., Стріха М. Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України // Вісник Національної академії наук України. Загальнонауковий та громадсько-політичний журнал. — 2011. — №5.
5. Єрохов В.Ю. Поверхнева функціональна мультитекстура для фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Научный журнал. — Харьков: Технологический центр, 2009. — № 3/7 (39).

**Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців:  
методологія, теорія, досвід, проблеми** *Випуск 47*

---

6. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. Академічний рівень. — 2015.
7. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.