

The professional orientation activity of the teacher is studied. Professional orientation activity at school has significant opportunities and perspectives, is a necessary condition for preventing negative phenomena of the professional environment in the long run, an effective means of providing psychological and pedagogical assistance to young people, as well as being able to effectively implement psychological and pedagogical influences on the student's personality in order to form the appropriate orientations for the future, life and professional values.

Key words: *psychological and pedagogical support, psycho-diagnostics, career guidance, pedagogical skills, pedagogical support, system analysis, self-organization, self-determination.*

УДК 372.853

Андрій Рябко

Глухівський національний педагогічний
університет імені Олександра Довженка

ORCID ID 0000-0001-7728-6498

Роман Кухарчук

Глухівський національний педагогічний
університет імені Олександра Довженка

ORCID ID 0000-0002-7588-7406

DOI 10.24139/2312-5993/2018.01/065-075

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ФІЗИКИ

Мета статті – обґрунтування та опис методики лабораторних робіт із фізики з використанням сонячних полікристалічних модулів. Використовувалися методи: аналіз, співставлення й узагальнення даних, технічне моделювання, спостереження за навчальним процесом. У результаті дослідження встановлено, що з батареєю сонячних модулів можна виконати такі лабораторні дослідження: дослідження характеристик холостого ходу, отримання вольт-амперної і навантажувальної характеристики; вимірювання струму короткого замикання, максимальної потужності, вивчення послідовного й паралельного з'єднання. Перспективною є розробка методики вивчення фізичних основ роботи інших альтернативних джерел електричної енергії.

Ключові слова: *енергія, сонячний модуль, випромінювання, напівпровідник, електрон, дірка, струм, напруга, потужність.*

Постановка проблеми. Енергія є основною умовою соціально-економічного розвитку суспільства і служить наріжним каменем зусиль із підвищення якості нашого життя й задоволення запитів населення. Енергетичні потреби людства постійно зростають.

Сонце є дуже потужним джерелом енергії, його промені доставляють на Землю потужність $5 \cdot 10^6$ Вт. На кожний квадратний метр поверхні у верхніх шарах земної атмосфери припадає приблизно 1,36 кВт

променевої енергії. Інтенсивність сонячного світла на рівні моря в південних широтах може сягати 1 кВт/м^2 , а в нашій місцевості максимальна інтенсивність оцінюється в $0,7 \text{ кВт/м}^2$.

Фотоелектричні станції можуть забезпечувати до 16 % потреби в електричній енергії. Для всієї Європи покриття фасадів будівель і дахів фотоелектричними батареями створить велику потужність, яка для покрівель будинків при використанні існуючих технологій оцінюється в 500 ТВт. Світовий об'єм продаж сонячних батарей за останні 10 років щорічно збільшувався на 15 %, одночасно витрати зменшилися майже на 90 %. Ефективність тонкоплівкових сонячних батарей з 1978 року збільшилася на 500 %.

В умовах загострення екологічної кризи потреба в постійному творчому розпізнаванні, постановці й розв'язуванні як очевидних, так і складних і прихованих екологічних проблем на уроках фізики стрімко зростає. Ядро системи екологічної освіти та виховання учнів складають чотири взаємопов'язані компоненти: пізнавальний, ціннісний, нормативний та дієвий. Останній тісно пов'язаний із науково-технічною творчістю. Залучення учнів до діяльності з екологізації техніки та технології дозволяє долучити їх до участі в розвитку принципово нового напрямку науково-технічного прогресу, сприятиме ознайомленню учнів з сучасними технологіями.

Аналіз актуальних досліджень. Про сонячну енергетику та перспективи її розвитку ведуться суперечки й дискусії багато років. Переважна більшість авторів погоджуються з думкою, що фотоелектричні системи вже продемонстрували надійність і довговічність у сучасній енергетиці й у найближчому майбутньому потужність їх тільки зростатиме. Технології поновлюваних джерел енергії досліджувалися в роботах М. О. Дикого [4], Г. І. Денисенка, В. Е. Губіна [2], В. А. Гуртова [3] та ін. Зокрема, Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, І. В. Горічок розглядають перспективну технологію тонкоплівкових сонячних елементів на основі кадмій телуриду [5]. Методиці вивчення засобів енергозбереження присвячені роботи В. В. Стафієвської, А. М. Велентеєнко, А. Н. Гребенюка, М. С. Кириченко [1] та ін.

Мета статті – обґрунтування та опис методики лабораторних робіт із фізики із використанням сонячних полікристалічних модулів.

Методи дослідження. Використовувалися методи теоретичного та експериментального дослідження: аналіз, співставлення й узагальнення даних, одержаних у процесі вивчення методичної і технічної літератури, технічне моделювання, спостереження за навчальним процесом з фізики.

Виклад основного матеріалу. Сонячна батарея – це напівпровідниковий прилад, що перетворює енергію сонячного випромінювання в електричну енергію. Основою сонячної батареї є *p-n*-перехід з омичними контактами. Якщо енергія квантів світла більше ширини забороненої зони напівпровідникового *p-n*-переходу, то під дією

світла генеруються електрон-діркові пари. Вони розділяються полем потенційного бар'єру в області переходу й рухаються в n- і р-ділянки, де вони є основними носіями. У результаті виникає надлишок електронів в n-ділянці та дірок в р-ділянці й ці області набувають відповідно негативного і позитивного зарядів. За відсутності зовнішнього електричного кола, накопичення зарядів викликає пониження і навіть зникнення потенційного бар'єру. Як наслідок, розділення пар припиняється. Наступає стан рівноваги – насичення. Напругу, яка виникає в такому стані на р-n-переході називають напругою розмикання або холостого ходу. Якщо підключити до приладу зовнішнє коло, можна відбирати електроенергію.

Більшість фотоелементів це кремнієві напівпровідникові фотодіоди (рис. 1). На рис. 1 цифрами зображено: 1 – контакт від лицьової поверхні попереднього елемента; 2 – додатковий потенційний бар'єр р+–Si товщиною 0,2 мкм; 3 – шар р–Si товщиною 250÷400 мкм; 4 – шар n-Si товщиною 0,2÷1,0 мкм; 5 – покриття проти відбиття світла; 6 – лицьовий контакт; 7 – дріт до тильного контакту наступного елемента; 8 – металевий контакт з тильного боку.

На основі полікристалічних сонячних модулів УН 40×40-4А/В40-Р можна виготовити батарею і дослідити її роботу. Характеристики модуля: напруга холостого ходу 2,4 В; струм короткого замикання 44 мА; потужність 0,08 Вт (рис. 1).

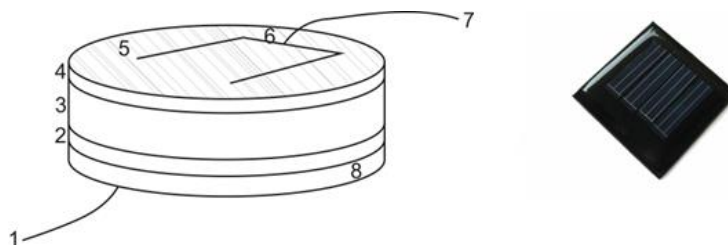


Рис. 1. Типова структура сонячного елемента з р-n-переходом (скляна і пластикова кришка елемента і фільтр між елементом і кришкою не зображені) та сонячний модуль УН 40×40-4А/В40-Р

Розглянемо детально методику проведення лабораторних робіт із використанням сонячних модулів.

Експериментальна установка для вивчення холостого ходу сонячного елемента (рис. 2) містить: сонячний модуль 1, амперметр і вольтметр для визначення сили струму і напруги; 2 – люксметр для визначення освітленості поверхні сонячного модуля; 3 – джерело світла, яке імітує сонячне випромінювання; 4 – реостат, за допомогою якого регулюється навантаження в електричному ланцюзі.

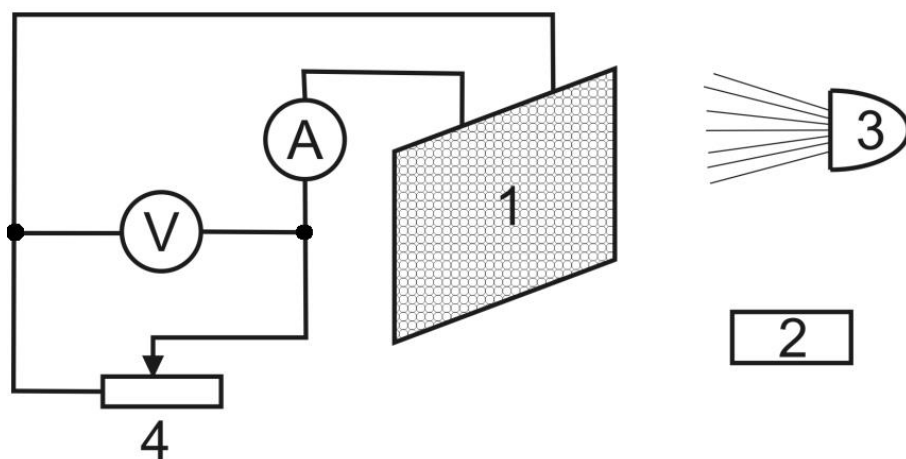


Рис. 2. Схема експериментальної установки

Порядок виконання роботи наступний:

1. Упевнитися, що навантаження до сонячного модуля не підключене.
2. Установити джерело світла на пряме випромінювання на поверхню сонячного модуля (нульова позначка на лімбі джерела).
3. Увімкнути джерело світла.
4. Люксометром виміряти освітленість E в центрі (E_u) та в чотирьох крайніх точках поверхні (E_1, E_2, E_3, E_4) сонячного модуля й обчислити її середнє значення ($E_{сер}$).
5. За показами вольтметра визначити, чи створює сонячний елемент $ЕРС$.
6. Виконати аналогічні вимірювання при кутовому падінні випромінювання на поверхню модуля, повертаючи джерело світла на 10, 20, 30, 40, 50 градусів за лімбом.
7. Обчислити густину потоку випромінювання W (енергетичну освітленість), використовуючи співвідношення між лк і $Вт/м^2$ для білого світла, $W = 4,6 \cdot 10^{-3} E_{сер}$.
8. Всі результати занести до таблиці 1.
9. Побудувати графік залежності $ЕРС$ сонячного модуля від густини потоку випромінювання W , яке падає на його поверхню.

Таблиця 1

Характеристика холостого ходу сонячного елемента

Кут падіння променів, градусів	E_u , лк	E_1 , лк	E_2 , лк	E_3 , лк	E_4 , лк	$E_{сер}$, лк	$ЕРС$, В	W , $Вт/м^2$
0								
10								
20								
30								
40								
50								

Для вимірювання вольт-амперної характеристики й вивчення фотоелектричні властивості р-n-переходу необхідно пояснити спочатку принцип роботи фотоелемента.

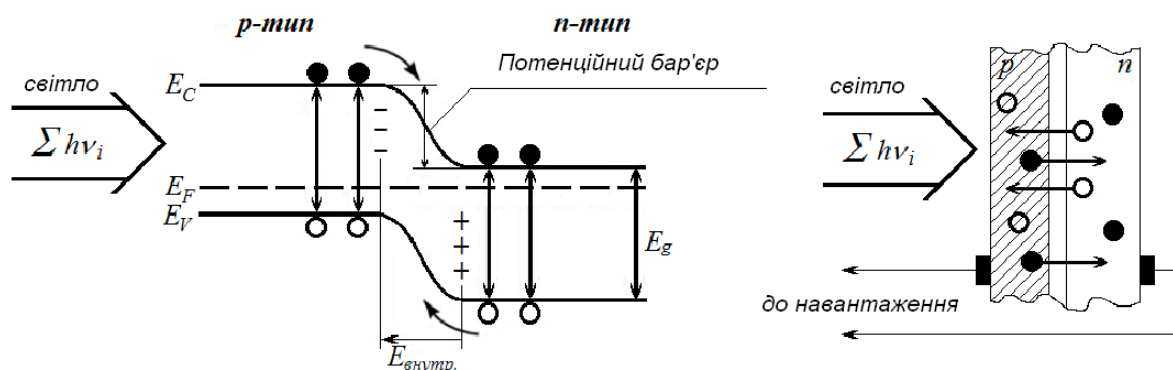


Рис. 3. Діаграма енергетичних рівнів і структура сонячної батареї

Для сонячних батарей бажано використовувати матеріали з шириною забороненої зони $1,0 \div 2,2$ еВ. Матеріали повинні бути з носіями, які мають довгий час життя й малу швидкість поверхневої рекомбінації. Кристалічний кремній – не найкращий матеріал для цього, але велика кількість сировини і технологічний досвід роблять його зручним матеріалом для широкого використання. Широко використовуються аморфний кремній і відповідні р-n-переходи на базі α -Si і α -SiC.

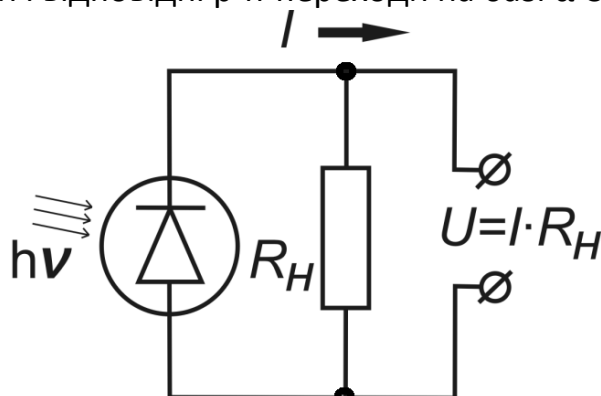


Рис. 4. Опір навантаження

При освітленні сонячного елемента на базі р-n-переходу в останньому виникає зворотний фотострум I_ϕ від електроду з великим негативним зарядом (катода) до електроду з великим позитивним зарядом (анода) через опір навантаження R_H , на якому падає напруга навантаження $U = I \cdot R_H$ (рис. 4).

Прямий струм через р-n-перехід у режимі розімкнутого зовнішнього кола (без навантаження R_H):

$$J_T = J_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{AeU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (1)$$

Тоді сумарний струм при відключеному навантаженні буде

$$J_H = J_T - J_\phi = J_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{AeU}{kT}\right) - 1 \right) - J_\phi \quad (2)$$

оскільки внутрішній струм р-п-перехода і фотострум мають протилежні знаки.

У режимі холостого ходу, коли навантаження відсутнє і коло розірване $J_H = 0$

$$U \equiv U_{xx} = \frac{kT}{Ae} \cdot \ln\left(\frac{J_\phi}{J_0} + 1\right) \quad (3)$$

де k – стала Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/кг = $0,86 \cdot 10^{-4}$ еВ/К), e – елементарний заряд ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

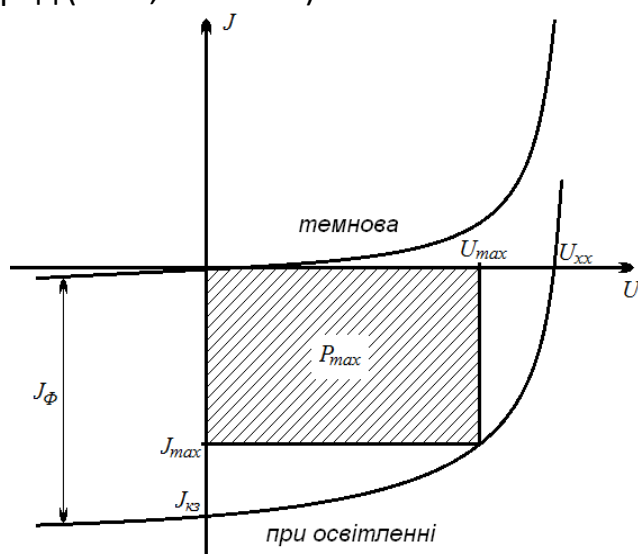


Рис. 5. ВАХ сонячного елемента в темряві і при освітленні. U_{xx} – напруга холостого ходу (розмикання), J_{kz} – струм короткого замикання контактів у колі без участі опору навантаження; J_ϕ – зворотний фотострум

Якщо зняти ВАХ сонячної батареї в темновому режимі і при освітленні, то отримаємо два графіки залежності струму від напруги (рис. 5).

За відсутності зовнішньої напруги активний режим ВАХ сонячного елемента відповідатиме негативній області струму й позитивній області напруги. Указані характеристичні точки напруги холостого ходу U_{xx} , струму короткого замикання J_{kz} і значення зворотного фотоструму J_ϕ .

Потужність, яка виділяється при навантаженні R_H :

$$P = I \cdot U = \left(J_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{AeU}{kT}\right) - 1 \right) + J_\phi \right) \cdot U \quad (4)$$

На рис. 6 потужність P відповідає площі прямокутника з деякими значеннями J і U . У крайніх точках U_{xx} , J_{kz} потужність $P = 0$, отже, крива

потужності $P(J, U)$, яку задано рівнянням (4) матиме максимум у залежності від струму або напруги. Інакше кажучи,

$$\left(\frac{dP}{dU} \right) \Big|_{J=J_{max}, U=U_{xx}} = 0 \quad (5)$$

Розв'язок цього рівняння

$$J_{max} = -\frac{J_\phi}{1 + \frac{1}{A \cdot U_{max}}} \approx -J_{кз} \cdot \left(1 - \frac{1}{A \cdot U_{max}} \right)$$

$$U_{max} = \frac{kT}{e} \cdot \ln \left(\frac{\frac{J_\phi}{J_0} + 1}{1 + A \cdot U_{max}} \right) \approx U_{xx} - \frac{kT}{e} \cdot \ln(1 + A \cdot U_{max}) \quad (6)$$

$$P_{max} \approx J_{кз} \cdot \left[U_{xx} - \frac{kT}{e} \cdot \ln(1 + A \cdot U_{max}) - \frac{kT}{e} \right] \quad (7)$$

Аналіз системи рівнянь і графік ВАХ дозволяють встановити обмеження параметрів: $J_{max} < J_{кз}$, $U_{max} < U_{xx}$, $P_{max} < J_{кз} \cdot U_{xx}$. Відповідно до цього, $P_{max} \approx (0,7 \div 0,8) \cdot J_{кз} \cdot U_{xx}$.

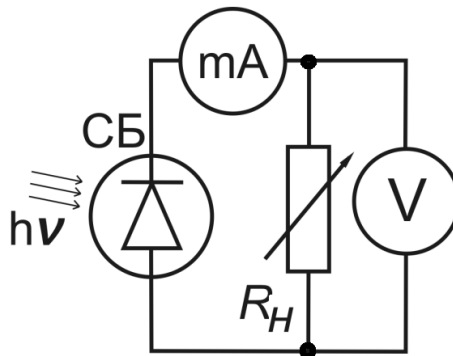


Рис. 6. Схема експериментальної установки

На рис. 6: СБ – сонячна батарея; R_H – змінний опір навантаження магазин опорів вимірювальний Р33 з межею вимірювання до 99999,9 Ом; mA – міліамперметр, V – вольтметр.

Порядок виконання роботи наступний:

1. Установити навантаження $R_H = 5$ Ом.
2. Включити освітлення сонячної батареї.
3. За допомогою магазину опорів Р-33 установити величину струму $J_{max} = 25$ mA, який близький до значення струму короткого замикання $J_{кз}$.
4. Виміряти величину падіння напруги на опорі навантаження за допомогою мілівольметра (V), заздалегідь визначити ціну поділки (вольт/под) для межі вимірювання 30 В.

5. Занести до таблиці значення R_H , мА, V.

6. Визначити струм через опір R_H як відношення падіння напруги до величині опору.

7. Збільшуючи опір навантаження, підвищувати падіння напруги R_H на $\Delta U = 1$ мВ. Занести до таблиці значення показів приладів згідно з п. 5.

8. Проводити вимірювання доти, доки зміни показів V не припиняться.

9. Збільшуючи опір R, зменшувати покази мА з кроком $\Delta I = 1$ мА, записувати покази R, V, та мА доти, доки покази міліамперметра не стануть близькі до нуля. Значення падіння напруги в цьому випадку відповідає U_{max} і близьке до напруги холостого ходу.

10. Побудувати вольт-амперну характеристику при освітленні сонячного елемента.

11. Для 5–6 значень напруги на R_H для опорів $R_1 = 0,1$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 10$ Ом розрахувати за законом Ома силу струму й побудувати на ВАХ прямі навантажень.

12. За U_{max} і I_{max} обчислити P_{max} .

Фотоелектричні елементи часто об'єднують у послідовно-паралельні з'єднання, підвищуючи таким чином вихідну потужність. Якщо кілька фотоелементів (або паралельних з'єднань кількох фотоелементів) з'єднуються в ланцюг послідовно, то їхня вихідна напруга збільшується. При послідовному з'єднанні сонячних елементів всі елементи йдуть ланцюжком і з'єднуються з сусідніми протилежними полюсами. Наприклад, щоб отримати на виході напругу 220 В достатньо з'єднати паралельно 10 сонячних елементів з вихідною напругою 24 В або 20 – з напругою 12 В.

Якщо кілька фотоелементів (або послідовних з'єднань кількох фотоелементів) приєднуються паралельно, то максимальна сила струму всіх з'єднаних у ланцюг елементів еквівалентна добутку максимально можливої сили струму одного елемента (або їх комбінації) на кількість елементів (або їх комбінацій). При цьому в ідеальному випадку максимальна потужність послідовно-паралельного з'єднання однакових елементів еквівалентна добутку максимальної потужності кожного елемента на кількість елементів. Іншими словами, максимальна потужність P_{max} такого з'єднання еквівалентна добутку $U_{вих}$ і I_{max} всього з'єднання.

У дійсності потужність отриманої таким чином сонячної батареї буде менше потужності суми потужностей складових її модулів на величину втрат на *неузгодженість*, тобто втрат, які викликані різницею характеристик однотипних модулів. Тому важливо ретельно підбирати модулі до сонячної батареї, щоб звести до мінімуму втрати потужності на неузгодженість. При паралельному з'єднанні всі елементи з'єднані паралельно однотипними полюсами. Хоча подібне з'єднання вимагає

використання додаткового перетворювача напруги, воно дозволяє отримати значно більшу електричну потужність і стабільність в роботі.

Порядок виконання роботи наступний:

1. Вивчення способу з'єднання сонячних батарей.

Вивчити різні способи з'єднання сонячних батарей, використовуючи короткі теоретичні відомості та додаткову літературу. Визначити переваги та недоліки кожного з них, а також область застосування.

2. Проведення експерименту при послідовному з'єднанні сонячних батарей.

2.1. Скласти схему з послідовним з'єднанням батарей.

2.2. Зняти покази приладів для побудови вольт-амперної характеристики при послідовному з'єднанні. Результати вимірювань занести до таблиці.

3. Проведення експерименту при паралельному з'єднанні сонячних батарей.

3.1. Зібрати схему з паралельним з'єднанням батарей. Використовували 4 сонячних модуля УН 40×40-4А/В40-Р та конденсатор на 200 мкФ.

3.2. Зняти покази для побудови вольт-амперної характеристики при паралельному з'єднанні. Результати вимірювань занести до таблиці.

4. Виконати порівняльний аналіз способів підключення та висновки за результатами виконання лабораторної роботи.

5. У загальній системі координат побудувати вольт-амперні характеристики при послідовному й паралельному з'єднанні та зробити висновки.

6. Складання звіту. Звіт по даній лабораторній роботі повинен містити:

а) назву роботи та її мету; б) принципові електричні схеми; в) ВАХ сонячних батарей при послідовному і паралельному з'єднанні; г) висновки.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. У статті представлена методика проведення лабораторних робіт з фізики із використанням сонячних модулів. З батареєю сонячних модулів можна виконати такі лабораторні дослідження: а) дослідження характеристик холостого ходу сонячного елемента – вивчення залежності електрорушійної сили ε модуля від густини потоку випромінювання W , який падає на поверхню модуля; побудова графіка залежності $\varepsilon(W)$; б) експериментально отримати вольт-амперну й навантажувальну характеристики сонячного модуля; виміряти струм короткого замикання, напругу холостого ходу, максимальну потужність; побудувати графіки залежностей $P=f(I)$, $U=f(I)$ при даній густині потоку випромінювання; в) вивчення роботи при послідовному і паралельному з'єднанні батареї сонячних модулів, порівняльний аналіз способів підключення, побудова вольт-амперної характеристики при послідовному й паралельному з'єднанні модулів у спільній системі координат. Виготовлення і

дослідження роботи сонячної батареї сприятиме ознайомленню учнів із сучасними екологічними енергетичними технологіями.

Перспективними, на наш погляд, є розробка методики вивчення фізичних основ роботи інших альтернативних джерел електричної енергії, сучасних засобів акумуляції й перетворення електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1Гребенюк, А. Н. (2013). *Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Солнечная энергетика»*. Днепропетровск: НГУ (Hrebenuk, A. N. (2013). *Methodological instructions to perform laboratory work on the discipline "Solar energy"*. Dnepropetrovsk: NSU).

2Губин, В. Е. (2002). *Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике*. Томск: НТЛ (Hubin, V. E. (2002). *Low-waste and resource-saving technologies in power engineering*. Tomsk: NTL).

3Гуртов, В. А. (2008). *Твердотельная электроника*. Москва: Техносфера (Hurtov, V. A. (2008). *Solid State Electronics*. Moscow: Technosphere).

4Дикий, М. О. (1993). *Поновлювані джерела енергії*. Київ: Вища школа (Dykyi, M. O. (1993). *Renewable energy sources*. Kyiv: Higher school).

5Фреїк, Д. М. Фотоелектричні перетворювачі сонячного випромінювання на основі кадмій телуриду ІІ. *Фізика і хімія твердого тіла*, 3, 744–758 (Freiik, D. M. (2012). Photovoltaic converters of solar radiation on the basis of cadmium Telluride II. *Physics and chemistry of the solid state*, 3, 744–758).

РЕЗЮМЕ

Рябко Андрей, Кухарчук Роман. Использование солнечных модулей в физическом лабораторном практикуме.

Цель статьи – обоснование и описание методики лабораторных работ по физике с использованием солнечных поликристаллических модулей. Использовались методы: анализ, сопоставление и обобщение данных, техническое моделирование, наблюдение за учебным процессом. В результате исследования установлено, что с батареями солнечных модулей можно выполнить следующие лабораторные опыты: исследование характеристик холостого хода, получение вольт-амперной и нагрузочной характеристик; измерение силы тока короткого замыкания, максимальной мощности, изучения последовательного и параллельного соединения. Перспективной является разработка методики изучения физических основ работы альтернативных источников электрической энергии.

Ключевые слова: энергия, солнечный модуль, излучение, полупроводник, электрон, дырка, ток, напряжение, мощность.

SUMMARY

Riabko Andrii, Kukharchuk Roman. Use of solar modules in physical laboratory practice.

Introduction. The purpose of the article is to substantiate and describe the methodology of laboratory work in physics using solar polycrystalline modules.

Research methods. The methods of theoretical and experimental research were used. They are analysis, comparison and generalization of data obtained in the process of studying methodological and technical literature, technical modeling, observation of the learning process in physics.

Results. As a result of the research it has been established that the following laboratory experiments can be performed with a solar modules battery: studying the idle speed of the solar cell – the dependence studying of the electromotive force of the module ϵ on the radiation flux density W , which falls on the surface of the module; construction of the dependency graph $\epsilon(W)$; to obtain the solar module voltage-ampere and load characteristics experimentally; to measure short circuit current, idle voltage, maximum power; to construct dependencies graphs $P = f(I)$, $U = f(I)$ at a given radiation flux density; the work study in the series and parallel connection of the solar modules battery, a comparative analysis of the connection methods, the voltage-ampere characteristic construction for the sequential and parallel connection of the modules in a common coordinate system. The practical value of the research is to develop and test methodological recommendations for the solar module batteries manufacture and laboratory experiments.

Prospects of further research. In our opinion, the development of a methodology for studying the physical work foundations of other alternative electric energy sources, modern means of accumulation and electricity conversion is perspective. It has been found out that with the battery of solar modules, you can perform the following laboratory experiments: studying the characteristics of idling, receiving the voltage-ampere and load characteristics; measuring current short circuit, maximum power, study of the serial and parallel connection. Making the solar battery and researching its work will help students to familiarize with modern environmental energy technologies. The development of a methodology for studying the physical work foundations of other alternative electric energy sources is promising.

Key words: energy, solar module, radiation, semiconductor, electron, hole, current, voltage, power.

УДК 801.7

Алевтина Сперанская

Институт иностранных языков

Университет Ланьчжоу, Китай

ORCID ID 0000-0002-0712-1337

DOI 10.24139/2312-5993/2018.01/075-086

ЭТНОЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ СЛОВА КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЯЗЫКОВОЙ ЛИЧНОСТИ

У статті розглядається один зі способів цілеспрямованого впливу на вербально-семантичний рівень мовної особистості. Пропонований у статті етнолінгвістичний підхід включає звернення до таких навчально-методичних дій: робота зі значенням слова (етимологія і тлумачення за різними лексикографічними джерелами); вивчення функціонування слова у фольклорному тексті; спостереження за повсякденною практикою: звички, звичаї, свята та обряди, у коло яких залучено лексему, що вивчається; спостереження над синтагматичними зв'язками слова (сполучуваність лексики за обраними джерелами й результати асоціативного експерименту). Такий підхід дозволяє поглибити вербально-асоціативні мережі, що не може не позначитися на розвиткові мовної особистості.

Ключові слова: етнолінгвістика, мовна особистість, вербально-семантичний рівень, картина світу, менталітет, спецсеминар, навчання.