

Прилагане на графичен метод при изучаване на фотоефекта в средното училище

Христина ПЕТРОВА

Физико-технологичен факултет,
Пловдивски университет “П. Хилендарски”,
4000 Пловдив ул. Цар Асен 24

Абстракт. Както и в други случаи основните закономерности на фотоефекта се разбират по-добре, когато се използва графичното им представяне. Важно е учениците да интерпретират графиките коректно, защото те съдържат най-съществената информация. В статията са представени възможностите на графичния метод при изучаване на основните величини и закономерности при фотоефекта. Акцентира се на графичната интерпретация на физичните закономерности и на решаване на графични задачи.

ВЪВЕДЕНИЕ

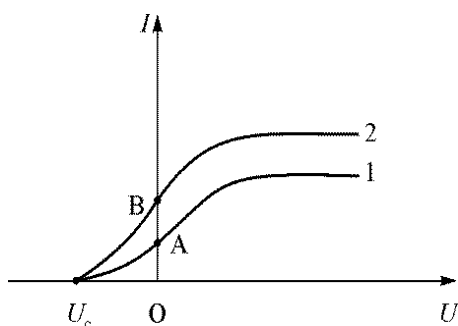
Графичните знания и графичните умения са важен елемент от общата професионална образованост и култура на всеки човек. Те са необходими както при възприемане на информацията, така и при представянето ѝ. В международните нормативни документи за развитие на европейските образователни системи графичните умения се приемат като част от ключовите компетентности на учениците [1]. Те играят важна роля в обучението като инструмент на познание, като фактор за изграждане на графичната култура на учениците и на положителна мотивация за учене.

Графичните умения се формират особено ефективно в обучението по математика и физика. Физичният закон може да бъде представен с думи, с формула, с таблица и с графика. Графичното представяне е най-нагледно, достъпно и информативно.

Интересът към проблематиката на графичния метод в обучението по физика се свързва с многофункционалната му изява. Тя включва: съчетаване на графичния метод и физичния учебен експеримент [2, 3], графичният метод като метод за изследване на природни явления [4], графична интерполация и екстраполация, графичен метод за решаване на физични задачи [5], формиране на основни физични понятия [6, 7], осъществяване на междупредметна връзка физика–математика [8] и др.

ПРИЛАГАНЕ НА ГРАФИЧНИЯ МЕТОД ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НА ФОТОЕФЕКТА

Законите на фотоэффекта са установени чрез експерименти с вакуумна фотоклетка. Първият закон на фотоэффекта акцентира на това, че при осветяване на фотокатода със светлина с определена дължина на вълната, токът на насищане е пропорционален на интензитета на монохроматичната светлина. С цел по-задълбочено осмисляне на тази закономерност и на величините, свързани с нея, на учениците може да се предложи графиката на Фиг. 1, като се направи съответния физичен анализ. Той може да бъде представен по следния начин.



Фиг. 1. Волт-амперна характеристика на вакуумна фотоклетка.

На Фиг. 1 е показана зависимостта на фототока от напрежението за фотоклетка при по-малък и по-голям интензитет на светлината при постоянна честота. Стойността на спирачното напрежение е една и съща за двата интензитета. Спирачното напрежение не зависи от интензитета на светлината, т.е. максималната енергия на фотоелектроните е постоянна.

Точките A и B показват, че ток тече и когато напрежението е равно на нула поради кинетичната енергия на електроните. Фотоелектроните излизат от катода с начална енергия. Токът се дължи на електроните, които са насочени към анода.

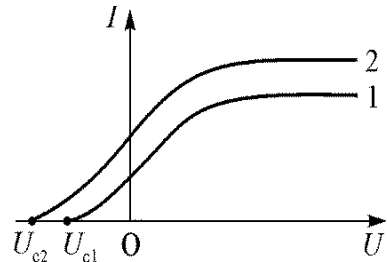
Ако на анода се подаде отрицателно напрежение спрямо катода и постепенно се увеличава, токът намалява до нула плавно, постепенно. Това означава, че фотоелектроните излизат с различна енергия от катода. При напрежение, равно на спирачното напрежение, фототокът става равен на нула, т.е. токът спира, когато и най-бързите електрони бъдат върнати от полето.

Ако на катода се подаде положително напрежение, токът постепенно нараства за сметка на електроните, които първоначално не са насочени към анода.

Хоризонталният участък на линиите 1 и 2 съответства на тока на насищане. При определено напрежение всички електрони, отделени от повърхността на катода достигат анода. Броят на избитите електрони е пропорционален на броя на фотоните. Токът на насищане зависи само от интензитета на падащата светлина. Токът е по-голям, когато интензитетът е по-голям, което означава, че повече фотоелектрони са освободени от повърхността на метала.

На учениците може да се предложи да решат следната графична задача.

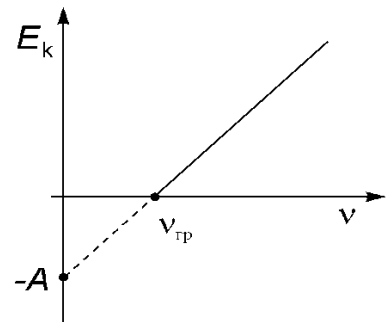
Задача 1: Фигура 2 представя две волт-амперни характеристики на вакуумна фотоклетка при две различни осветености на фотокатода. Сравнете честотата, интензитета на облъчващата светлина и максималната кинетична енергия на фотоелектроните. Обосновете отговора си.



Фиг. 2. Волт-амперни характеристики на фотоклетка.

Вторият закон на фотоэффекта също може да се представи графично (Фиг. 3). Акцентира се на физическия смисъл на пресечната точка на графиката с абсцисната ос и на пресечната точка на продължението на графиката с ординатната ос. По този начин учениците усвояват две важни величини, характеризиращи фотоэффекта – червена граница на фотоэффекта и отделителна работа за веществото на фотокатода.

Фиг. 3. Зависимост на кинетичната енергия на фотоелектроните от честотата.



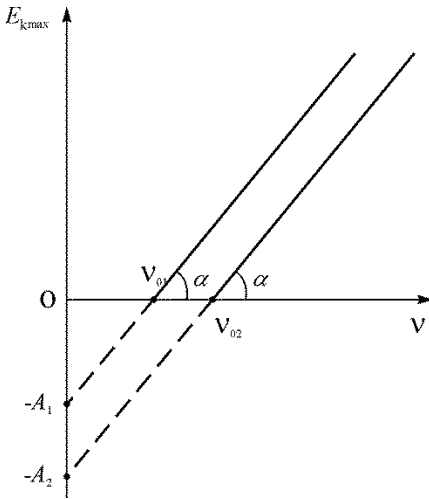
Пресечната точка на графиката с абсцисната ос съответства на граничната честота, под която фотоэффект не се наблюдава. Отрязъкът от оста на енергията определя отделителната работа. До този извод се сти-

га при следните преобразования:

$$E_{k\max} = h\nu - A; \quad (1)$$

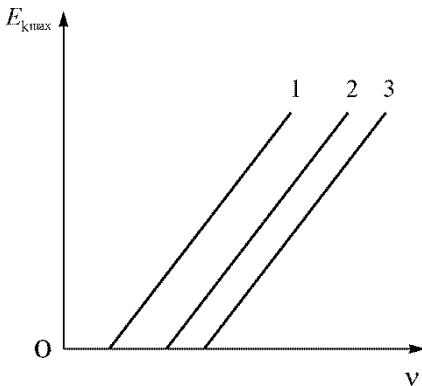
$$\text{когато } \nu = 0 \Rightarrow E_{k\max} = -A. \quad (2)$$

Учителят може да представи графично и да анализира изменението на максималната кинетична енергия с честотата за два различни метала (Фиг. 4).



Фиг. 4. Зависимост на максималната кинетична енергия на фотоелектроните от честотата на светлината за два различни метала.

На учениците може да се предложи следната графична задача.



Фиг. 5. Графика на зависимостта на максималната кинетична енергия на фотоелектроните от честотата за кобалт, калций и натрий.

Задача 2: Фигура 5 представя зависимостта на максималната кинетична енергия на фотоелектроните от честотата при облъчване със светлина на металите: мед, калций и селен. Отделителните им работи са съответно: кобалт (5 eV), калций (2,9 eV) и натрий (2,28 eV). Определете коя линия на кой метал съответства. Обосновайте отговора си.

Съгласно уравнението на Айнщайн

$$\nu h = \frac{mv^2}{2} + A, \quad (3)$$

където νh е енергия на фотона; $\frac{1}{2}mv^2$ е максималната кинетична енергия на свободния електрон; A е отделителната работа,

$$\frac{mv^2}{2} = e U_{\text{сп}}, \quad (4)$$

$$e U_{\text{сп}} = \nu h - A, \quad (5)$$

$$U_{\text{сп}} = -\frac{A}{e} + \frac{h}{e} \nu. \quad (6)$$

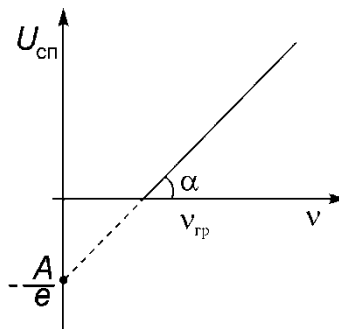
Зависимостта на спирачното напрежение от честотата е линейна. Графиката е права линия (Фиг. 6). Тя представя третия закон на фотоэффекта. Акцентира се на физическия смисъл на пресечната точка на графиката с абсцисната ос и на пресечната точка на продължението на графиката с ординатната ос. Пресечната точка на графиката с абсцисната ос съответства на граничната честота $\nu_{\text{гр}}$. Тя се определя при $U_{\text{сп}} = 0$ или $\nu_{\text{гр}} = A/h$. При честоти под граничната честота не се отделят електрони. Когато $\nu = 0$, $U_{\text{сп}} = -A/e$. Следователно отрязъкът от оста на спирачното напрежение съответства на отношението A/e със знак минус.

Графиката на Фиг. 6 дава възможност да се определи и константата на Планк по тангенса на ъгъла α (α е ъгълът между линията на графиката и абсцисната ос)

$$\text{tg } \alpha = \nu \frac{U_{\text{сп}} h}{e} = \text{const}, \quad (7)$$

където $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ С. Следователно

$$h = e \cdot \text{tg } \alpha. \quad (8)$$



Фиг. 6. Зависимост на спирачното напрежение от честотата на лъчението.

За установяване на линейната зависимост между спиращното напрежение и честотата и за определяне константата на Планк е необходимо да се построи графиката $U_{\text{сп}} = f(\nu)$ въз основа на експериментални резултати за няколко различни честоти на падащото лъчение [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният подход за изучаване на явлението фотоефект с графичен метод бе реализиран с ученици от десети клас в МГ “Акад. Кирил Попов” гр. Пловдив. При това бяха постигнати целите: формиране на трайни и задълбочени знания за фотоефект и закономерностите, свързани с него; развитие на графичните знания и графичните умения на учениците; повишаване на графичната им култура и създаване на интерес за работа с графики. Реализира се също и много добра нагледност на представите за явлението фотоефект. В този смисъл може да се каже, че прилагането на графичната интерпретация на физичните закономерности и решаването на графични задачи повишава качеството на обучението по физика.

Литература

- [1] Ключови компетентности. Европейска референтна рамка 2007 г. София: МОН.
- [2] John Feulner: Graphing with Computers in the Physics Lab. *The Physics Teacher* **29** (1991) 128.
- [3] D. Ivanov: Experimental Determination of Absolute Zero Temperature. *The Physics Teacher* **41** (2003) 172.
- [4] I. Salnik: The Graphical Method of Research Natural Phenomena in the School Physics Course. PhD Thesis, M.P. Dragomanov National Pedagogical University, Kiev (2000).
- [5] D.M. Desbian: Graph as Problem-Solving Tool in 1-d Kinematics. *The Physics Teacher* **46** (2008) 483.
- [6] J.C. Moore, J.C. Baker, L. Franzel, D. McMahon, D. Songer: Graphical Method for Determining Projectile Trajectory. *The Physics Teacher* **48** (2010) 612.
- [7] Marvin L. De Jong: Graphing electric potential. *The Physics Teacher* **31** (1993) 270.
- [8] D. Boykina, V. Milloushev, R. Mavrova: Some Applications of the Graphic Method. In: *Research and Education in Mathematics, Informatics and their Applications, Proceedings of the Anniversary International Conference REMIA* (2010).
- [9] Драгия Иванов: Лабораторни работи по физика за средното училище, част четвърта, Оптика и атомна физика. София (1992).