

Marie Lachowicz
Ada Sierzputowska

Opis i model zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego

Celem naszego projektu jest opis i zaprezentowanie działania zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego oraz ukazanie wykorzystania go w obwodach elektrycznych w postaci fotokomórek. Program ma też za zadanie określić czy zaproponowane przez użytkownika połączenie (danego metalu i skierowanego nań promieniowania) doprowadzi do efektu fotoelektrycznego.

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne to zjawisko fizyczne polegające na emisji elektronów z powierzchni danego przedmiotu pod wpływem padającego na nie promieniowania elektromagnetycznego o odpowiedniej częstotliwości. Zgodnie ze wzorem ^[1] energia padająca kwantu promieniowania musi być wystarczająco duża, aby pokonać pracę wyjścia i - ewentualnie - powstałemu w ten sposób swobodnemu elektronowi nadać energię kinetyczną.

$$^{[1]} \quad h\nu = W + E_k, \text{ gdzie: } h - \text{stała Plancka } (h \approx 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})$$

ν - częstotliwość padającego na przedmiot promieniowania

W - praca wyjścia (najmniejsza energia, której potrzebuje elektron danego ciała, aby opuścić je i stał się elektronem swobodnym, tu: tzw. fotoelektronem)

E_k - możliwa maksymalna energia kinetyczna przekazana elektronowi po wybiciu

W zjawisku tym pojedynczy foton może wybić tylko jeden elektron z powierzchni przedmiotu, zatem cała energia jednego fotonu zostaje zużyta na tylko te dwa czynniki (pracę wyjścia i energię kinetyczną) - możemy stąd wywnioskować jaka jest możliwa maksymalna energia oraz maksymalna prędkość wybitego elektronu.

Najmniejszą częstotliwość wywołującą ten efekt dla danego przedmiotu nazywamy *częstotliwością graniczną* ν_0 . Jest to częstotliwość promieniowania, dla której energia kwantu będzie równa pracy wyjścia elektronu - w takim wypadku elektronowi nie zostanie nadana energia kinetyczna.

Najważniejszym zastosowaniem efektu fotoelektrycznego są *fotokomórki*, które dzięki temu zjawisku mogą zamknąć dany układ elektryczny (poprzez wystawienie go na działanie promieniowania o odpowiedniej częstotliwości).

Fotokomórka składa się w uproszczeniu z anody oraz fotokatody - tą stanowi napyłona na wewnętrznej ścianie bańki próżniowej warstwa metalu alkalicznego (najczęściej wykorzystuje się cez) o odpowiedniej wielkości pracy wyjścia. Z metalu pod wpływem promieniowania są emitowane elektrony, które uderzając w anodę (znajdującą się naprzeciwko fotokatody) zamykają obwód elektryczny. W efekcie w obwodzie popłynie tzw. fotoprąd.

Ważnym dla fotokomórki pojęciem jest napięcia hamowania U_h - jest to napięcie, dla którego fotoprąd będzie równy zeru i dla którego nawet najszybsze elektrony zostaną zahamowane. Jest ono niezależne od częstotliwości padającego promieniowania, ale zależne od jego częstotliwości ^[2]:

$$h\nu = W + E_k, \text{ gdzie } E_k = |e| U_h, \quad e - \text{ładunek elektronu } (e \approx -1.9 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

$$^{[2]} \quad h\nu = W + |e| U_h \Rightarrow U_h = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0), \text{ ponieważ } W = h\nu_0$$

Sam program będzie napisany w języku Python za pomocą oprogramowania Pycharm oraz Anaconda. Projekt zakłada użycie bibliotek wbudowanych, w tym NumPy - do tworzenia funkcji i przedstawienia danych, oraz matplotlib - do utworzenia wykresów i ukazania zależności fizycznych związanych z opisywanym zjawiskiem. Poza bibliotekami wbudowanymi program używać będzie także biblioteki Pillow (np. do wyświetlania grafik: Image lub do ich edycji: ImageDraw, ImageFont).

Poza wyjaśnieniem na czym polega samo zjawisko, program powinien wyświetlać bibliotekę danych, którą można wywołać. Dodatkowo projekt ma polegać na pokazaniu użytkownikowi czy efekt fotoelektryczny wystąpi dla konkretnych przedmiotów i podanej częstotliwości padającego na ten przedmiot promieniowania. Jeśli wystąpi efekt fotoelektryczny to wyświetla uzupełniające informacje. Możliwe alternatywy to:

- animacja zachodzącego zjawiska (z użyciem wbudowanej biblioteki Turtle)
- pokazanie zależności zachodzących w fotokomórce, np. zależność napięcia hamowania od częstotliwości.

Wymagania programu:

- Wymagania funkcjonalne

Program powinien wyświetlać informację dotyczącą tego na czym polega jego działanie oraz jakie wartości zmiennych może przyjmować od użytkownika. Następnie po pobraniu danych od użytkownika powinien sprawdzić czy są one poprawne (czy są to dane dobrego typu i czy są z odpowiedniego zakresu). Jeśli nie, to program powinien wyświetlić błąd i powrócić do zapytania. Jeśli dane są poprawne, powinien przetworzyć je zgodnie z podanym wyżej wzorem ^[1]. Program sprawdza czy zachodzi efekt fotoelektryczny dla podanych zmiennych, jaką maksymalną energię kinetyczną może mieć wybity elektron, z jaką maksymalną prędkością może się poruszać oraz zwraca częstotliwość graniczną dla danego przedmiotu.

- Wymagania niefunkcjonalne

Z uwagi na brak skomplikowanych obliczeń i użycie bibliotek NumPy i matplotlib program będzie wydajny. Obliczenia opierają się na liczbach zaokrąglonych do drugiego miejsca po przecinku. Program wyświetla błędy gdy użytkownik próbuje wpisać zmienne innego typu. Program jest łatwy w obsłudze, ponieważ zapewnia wiedzę potrzebną do uzupełnienia zmiennych.

Harmonogram pracy:

Tydzień 1: Napisanie opisu zjawiska fotoelektrycznego oraz zasady działania fotokomórki oraz krótkiego opisu odnośnie tego co robi program (w osobnym pliku), napisanie funkcji wyświetlającej oba te opisy w formie krótkiego wprowadzenia wyświetlanego przez program w nowym oknie

Tydzień 2: Dodanie wzorów, schematu fotokomórki oraz grafiki przedstawiającej fotokomórkę (w postaci zdjęć), napisanie funkcji, która na koniec programu miałaby wyświetlać bibliografię na zapytanie użytkownika (bibliografia będzie na bieżąco uzupełniana)

Tydzień 3: Stworzenie biblioteki zawierającej prace wyjścia różnych metali, stworzenie biblioteki określającej zakres częstotliwości dla danego promieniowania, wstępne napisanie funkcji zwracającej użytkownikowi informacje nt. zachodzenia zjawiska, napisanie funkcji, która na zapytanie użytkownika wyświetli dane z odpowiedniej biblioteki

Tydzień 4: Dodanie opcji wylosowania metalu oraz rodzaju promieniowania na zapytanie użytkownika, dodanie możliwości wylosowania promieniowania z konkretnego przedziału (np. z przedziału dot. ultrafioletu), sprawdzenie bibliotek oraz opisów, wykorzystanie biblioteki matplotlib - dodanie wykresów energii kinetycznej od częstotliwości oraz napięcia hamowania od częstotliwości

Tydzień 5: Sprawdzenie działania funkcji, w razie potrzeby poprawki, uzupełnienie brakujących informacji, przedstawienie wykresów w jednym oknie, uporządkowanie funkcji, usunięcie niepotrzebnych fragmentów kodu, ewentualna animacja zjawiska

Cotygodniowe zmiany umieszczane będą w repozytorium na githubie:

<https://github.com/mariatlach/Projekt-Modelowanie.git>

Bibliografia:

- dane wykorzystane do stworzenia bibliotek (dla powtarzających się danych użyto zaokrąglonej średniej wartości):

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/photoelec.html>

<http://if.pk.edu.pl/tabele/PrWyj.htm>

https://belfer.net.pl/wp-content/uploads/2019/02/Tabela_Fizyka_Praca-wyjscia.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_spectrum

<https://epodreczniki.pl/a/podzial-fal-elektromagnetycznych-oraz-ich-zastosowanie/DjHMWAXOt>

- grafika:

<https://eszkola.pl/fizyka/fotokomorka-4243.html> (schemat fotokomórki)

<https://www.leroymerlin.pl/zabezpieczenie-domu/alarmy-monitoring/inteligentny-dom/fotokomorka-ph200-nice-home.p469415.l2318.html> (przykładowa fotokomórka)

- dodatkowe biblioteki Python:

<https://pypi.org/project/Pillow/> (Pillow - dodawanie oraz edycja grafiki)