

SCENARIUSZ LEKCJI

OPRACOWANY W RAMACH PROJEKTU:
INFORMATYKA – MÓJ SPOSÓB NA POZNANIE I OPISANIE ŚWIATA.
PROGRAM NAUCZANIA INFORMATYKI
Z ELEMENTAMI PRZEDMIOTÓW MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH

Autorzy scenariusza: [Marek Gałaszewski](#), [Mirosław Bogdan](#)

TEMAT LEKCJI:

**Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne, wyznaczanie stałej Plancka.
Arkusz kalkulacyjny jako narzędzie do rozwiązywania problemów
fizycznych.**

Streszczenie

Zagadnienia do omówienia w trakcie lekcji:

- Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne
- Własności fotonów (prędkość, energia, masa, pęd)
- Własności fotokomórki, charakterystyka prądowo-napięciowa, napięcie hamowania
- Prawo Einsteina, stała Plancka, praca wyjścia
- Analiza równania Prawa Einsteina pod kątem współczynnika kierunkowego (h) i wyrazu wolnego (W)
- Adresowanie względne i bezwzględne w arkuszu kalkulacyjnym
- Reprezentacja danych na wykresie

Czas realizacji

2 x 45 minut

Podstawa programowa

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne i pojęcie stałej Plancka znajdują się w podstawie programowej fizyki na poziomie rozszerzonym. Stosowanie podejścia algorytmicznego do modelowania i rozwiązywania sytuacji problemowych oraz wykorzystywanie arkusza do zapisywania algorytmów występuje w podstawie programowej informatyki głównie na poziomie rozszerzonym.

Cele kształcenia – wymagania ogólne:

Etap edukacyjny: IV, przedmiot: informatyka (poziom rozszerzony)

- III. Rozwiązywanie problemów i podejmowanie decyzji z wykorzystaniem komputera, z zastosowaniem podejścia algorytmicznego.

Etap edukacyjny: IV, przedmiot: fizyka (poziom rozszerzony)

- I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
- III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.
- IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.
- V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe:

Etap edukacyjny: IV, przedmiot: informatyka (poziom podstawowy)

- 4. Opracowywanie informacji za pomocą komputera, w tym: rysunków, tekstów, danych liczbowych, animacji, prezentacji multimedialnych i filmów. Uczeń:
 - 4) wykorzystuje arkusz kalkulacyjny do obrazowania zależności funkcyjnych i do zapisywania algorytmów.

Etap edukacyjny: IV, przedmiot: fizyka (poziom rozszerzony)

- 11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Uczeń:
 - 1) opisuje założenia kwantowego modelu światła;
 - 2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, wyjaśnia zasadę działania fotokomórki.

Cel

Poznanie istoty i własności zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego.

Stosowanie zdobytej wiedzy w rozwiązywaniu zadań teoretycznych i praktycznych.

Wykorzystywanie własności funkcji liniowej w fizyce i informatyce – interpretacja współczynników tej funkcji. Stosowanie różnych sposobów adresowania komórek w arkuszu. Dobór odpowiedniego typu wykresu i przedstawianie danych na wykresie.

Słowa kluczowe

formuła, adres względny, bezwzględny i mieszany, wykres punktowy, linia trendu, zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne, fotokomórka, foton, kwant energii, stała Plancka, praca wyjścia, napięcie hamowania, charakterystyka prądowo napięciowa

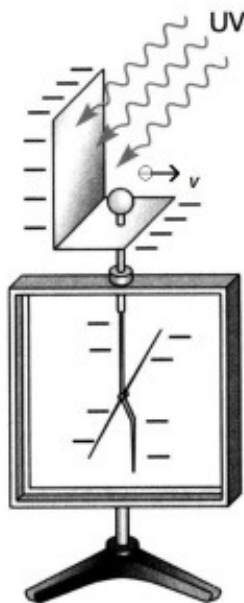
Co przygotować?

- płytka cynkowa na izolowanej podstawie, elektroskop, laska ebonitowa, sukno do pocierania laski, lampa kwarcowa, fotokomórka
- dane pomiarowe zaczerpnięte z Internetu (np. www.sprawko.pl)
- plik z arkuszem do rozwiązywania (**stala_plancka_dane.xlsx**)
- wydrukowane zadania (**karta_pracy_stala_plancka.doc**)
- komputery z arkuszem kalkulacyjnym (np. MS Excel)

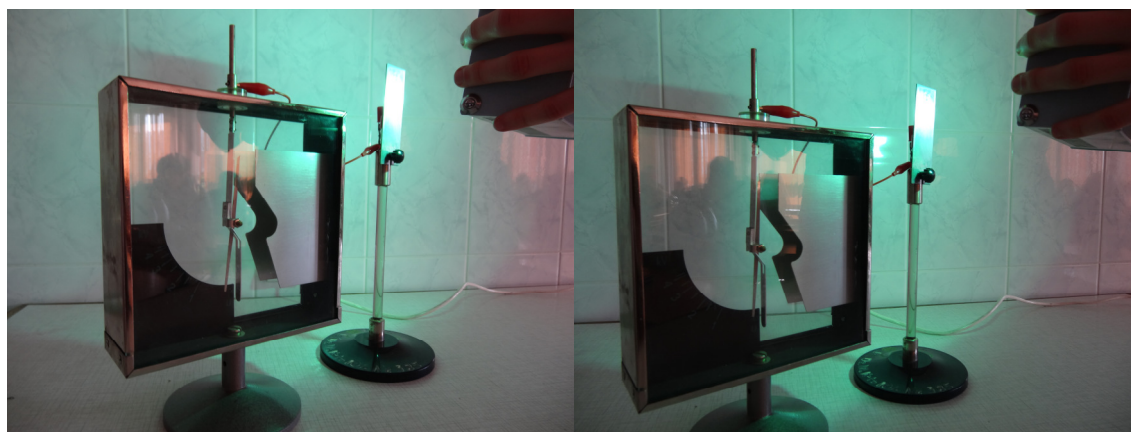
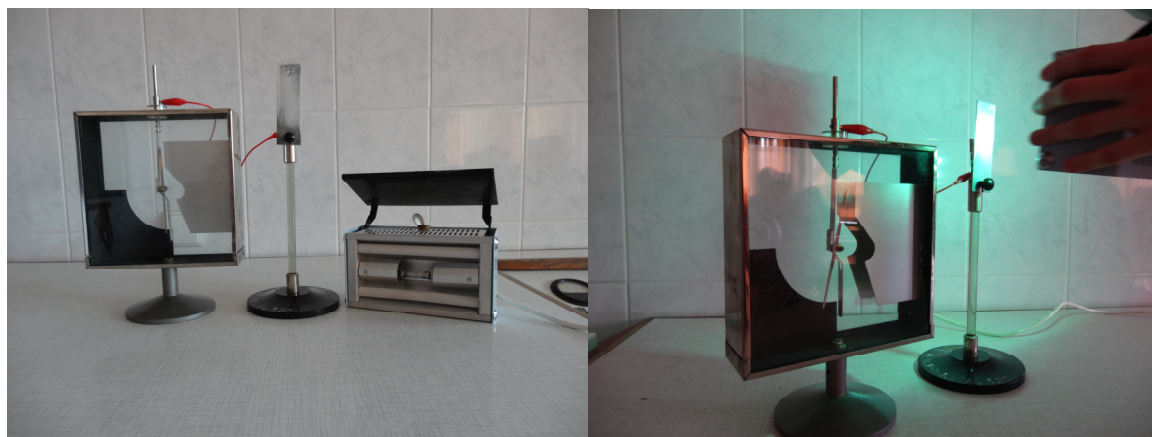
Przebieg zajęć:

1. Wprowadzenie (10 minut)

Nauczyciel zapoznaje z tematem zajęć. Następnie wykorzystując płytkę cynkową na izolowanej podstawie, elektroskop, laskę ebonitową, sukno do pocierania laski, lampę kwarcową oraz fotokomórkę demonstruje zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne oraz działanie fotokomórki.



Rozładowywanie układu płytka cynkowa – elektroskop poprzez padające promieniowanie UV pochodzące z lampy kwarcowej:



Padające światło z lampki emituje elektrony w fotokomórce przez co fotokomórka posiada znikomy opór elektryczny, brak takiego światła skutkuje bardzo dużym oporem fotokomórki:





2. Rozwinięcie tematu (35 minut)

Nauczyciel wskazuje potrzebę wprowadzenia korpuskularnego podejścia do światła.
Omawia:

- własności fotonów:
 - prędkość fotonu

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

- energia fotonu

$$E = h\nu$$

- masa fotonu

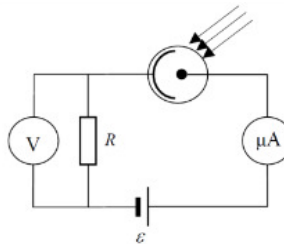
$$E = mc^2 \wedge E = h\nu \Rightarrow m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

- pęd fotonu

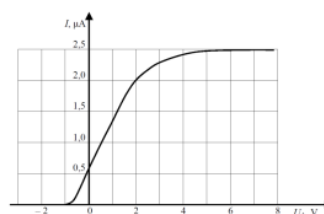
$$p = mc = \frac{h}{\lambda}$$

- własności fotokomórki:

- schemat:



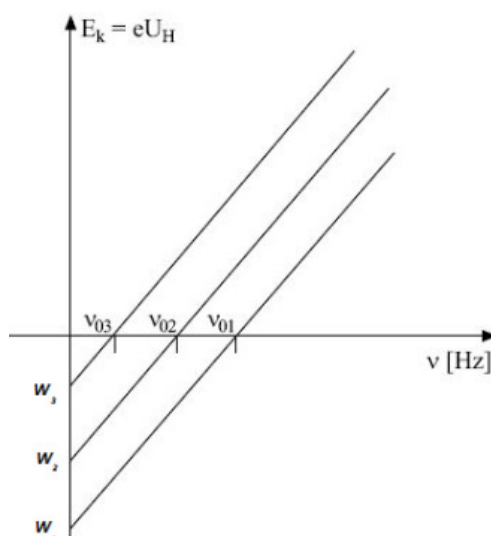
- charakterystyka prądowo - napięciowa:



- sposób w jaki zjawisko to wyjaśnił Albert Einstein – prawo Einsteina:

- $E_k = h\nu - W$

- napięcie hamowania – wielkość pozwalająca wyznaczyć energię kinetyczną fotoelektronu $E_k = eU_h$ oraz zależność $E_k(\nu)$



- analizę równania $E_k = h\nu - W$ oraz $E_k = eU_h$,
- zadania do samodzielnego wykonania.

3. Praca indywidualna lub w zespołach (45 minut)

Uczniowie kopiują plik arkusza z danymi z zasobów serwera (stala_plancka_dane.xlsx) oraz otrzymują wydrukowaną kartę pracy (karta_pracy_stala_plancka.docx).

Zawartość pliku „stala_plancka_dane.xlsx”:

długość fali promieniowania λ [m]	napięcie hamowania U [V]
4,34E-07	0,55
4,05E-07	0,73
3,65E-07	1,09
3,13E-07	1,67
2,54E-07	2,57

Rozwiązują zadania:

Zadanie 1.

Na podstawie wartości zmierzonych dla zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego dla litu wyznacz stałą Plancka i pracę wyjścia dla tego pierwiastka. Otrzymane wartości porównaj z wartościami z tablic. Do tego celu wykorzystaj arkusz kalkulacyjny.

- Na podstawie wartości długości fal λ oblicz ich częstotliwości ν .
- Na podstawie napięć hamowania U_h oblicz energie kinetyczne fotoelektronów E_k w dżulach.
- Sporządź wykres punktowy $E_k(\nu)$.
- Do wykresu dodaj linię trendu wraz z równaniem.
- Na podstawie równania dołączonego do linii trendu odczytaj wartość stałej Plancka oraz wartość pracy wyjścia.
- Porównaj odczytane wartości z ww. równania z wartościami zamieszczonym w tablicach fizycznych.
- Określ błędy względne procentowe tych wielkości.

Uczniowie wykorzystują w rozwiązaniu wiedzę dotyczącą różnych sposobów adresowania komórek w arkuszu (względne, bezwzględne) oraz umiejętność tworzenia wykresów (tu: punktowy) z linią trendu.

Wstawiamy kolumnę „częstotliwość” pomiędzy kolumnami „długość fali” oraz „napięcie hamowania” a po tej ostatniej kolumnę „energia fotoelektryczna”. Wprowadzamy wartości dla ładunku elementarnego oraz prędkości światła.

Wprowadzamy formułę do kolumny B dla częstotliwości: $\nu = c / \lambda$ ($=\$F\$3/A2$). Kopiujemy formułę do 6 wiersza włącznie.

	A	B	C
1	długość fali promieniowania λ [m]	częstotliwość ν [Hz]	napięcie hamowania U [V]
2	4,34E-07	$=\$F\$3/A2$	0,55
3	4,05E-07	7,41E+14	0,73

Następnie wprowadzamy formułę do kolumny D dla energii fotoelektrycznej:

$E = U * e$ ($=C2*\$F\2). Kopiujemy formułę.

	A	B	C	D
1	długość fali promieniowania λ [m]	częstotliwość ν [Hz]	napięcie hamowania U [V]	energia fotoelektryczna E[J]
2	4,34E-07	6,91E+14	0,55	$=C2*\$F\2
3	4,05E-07	7,41E+14	0,73	1,17E-19

Ostateczne rozwiązanie:

długość fali promieniowania λ [m]	częstotliwość ν [Hz]	napięcie hamowania U [V]	energia fotoelektryczna E [J]		
4,34E-07	6,91E+14	0,55	8,80E-20	ładunek elementarny	1,60E-19
4,05E-07	7,41E+14	0,73	1,17E-19	prędkość światła	3,00E+08
3,65E-07	8,22E+14	1,09	1,74E-19		
3,13E-07	9,60E+14	1,67	2,67E-19		
2,54E-07	1,18E+15	2,57	4,11E-19		

Na podstawie kolumn B i D (częstotliwość oraz energia fotoelektryczna) tworzymy wykres punktowy. Dodajemy linię trendu (typ liniowy, prognoza do tyłu: 7,0E14). Zaznaczamy opcję „Wyświetl równanie na wykresie”.

Formatowanie linii trendu

OPCJE LINII TRENDU



☒ Liniowy



☐ Logarytmiczny



☐ Wielomianowy

Kolejność

2



☐ Potęgowy



☐ Średnia ruchoma

Okres

2

Nazwa linii trendu

☒ Automatyczna

Liniowy (energia fotoelektryczna E [J])

☐ Niestandardowa

Prognoza

☐ Do przodu

0,0

okresy

☐ Do tyłu

7,0E14

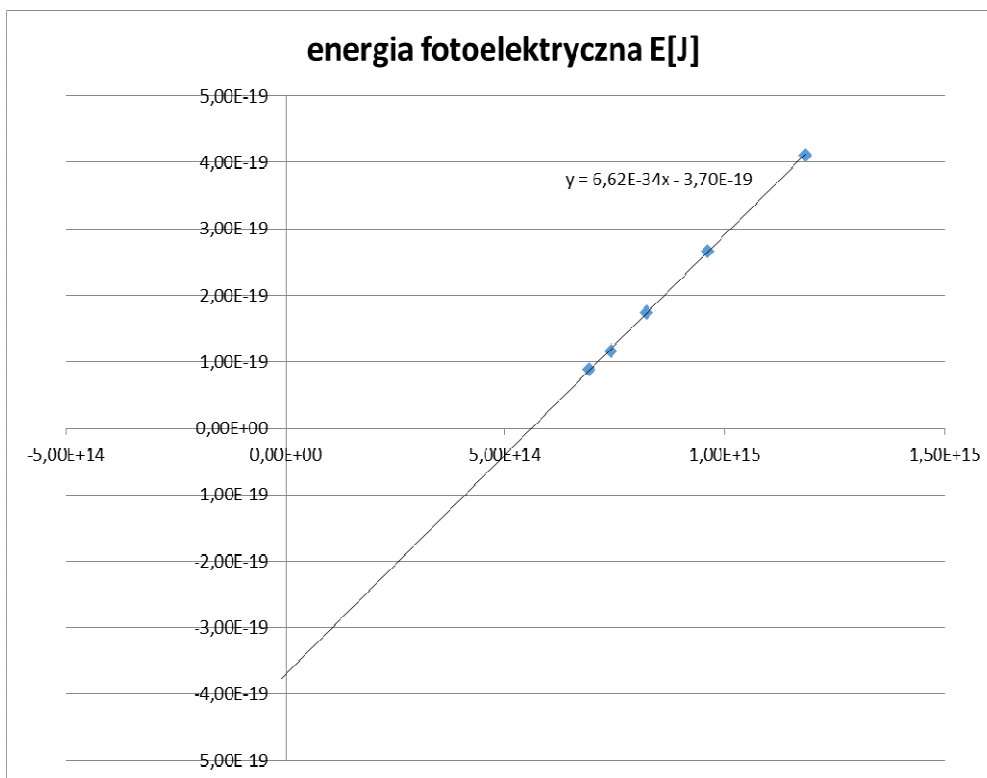
okresy

☐ Ustaw przecięcie

0,0

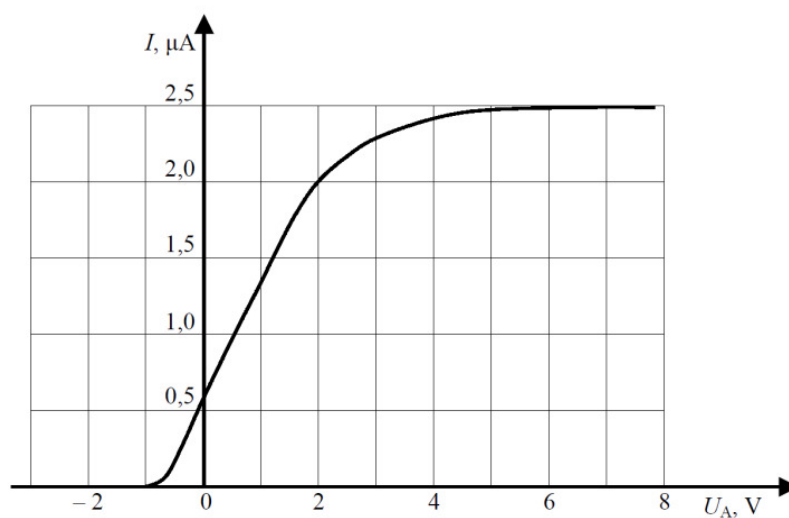
☒ Wyświetl równanie na wykresie

Efekt końcowy:



Zadanie 2.

Katoda fotokomórki oświetlana jest wiązką światła laserowego o długości fali 330 nm. Charakterystykę prądowo-napięciową tej fotokomórki przedstawiono poniżej na wykresie.





Korzystając z wykresu oblicz (w dżulach) pracę wyjścia elektronów z katody fotokomórki.

Rozwiązanie:

Dane:

$$\lambda = 330 \text{ nm}$$

$$U_h = 1 \text{ V (odczytane z wykresu)}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Szukane:

W

Wychodząc z prawa Einsteina:

$$E_k = h \frac{c}{\lambda} - W$$

Stąd:

$$W = h \frac{c}{\lambda} - E_k,$$

$$E_k = eU_h$$

$$E_k = eU_h$$

$$E_k = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_f = h \frac{c}{\lambda}$$

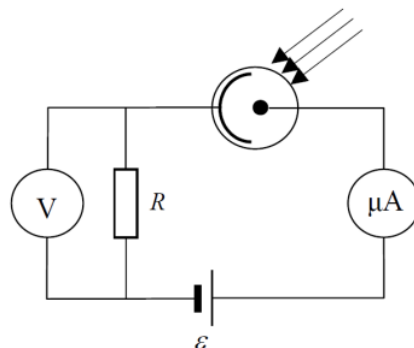
$$E_f = 6,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Ostatecznie: } W = 4,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Odp: Praca wyjścia wynosi $W = 4,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Zadanie 3.

Fotokomórkę włączono w przedstawiony na rysunku obwód prądu elektrycznego.



Woltomierz, mierzący napięcie na zaciskach opornika, wskazał wartość 4V, a amperomierz 2μA. Oba przyrządy są idealne (tzn. opór woltomierza jest nieskończenie duży, a opór amperomierza zerowy). Oblicz opór opornika oraz siłę elektromotoryczną źródła prądu. Opór wewnętrzny źródła prądu jest mały więc go pomiń.



Rozwiązanie:

Dane:

$$U=4V$$

$$I=2\mu A$$

$$U_1=2V \text{ (} U_1 \text{ na fotokomórce dla } I=2\mu A \text{)}$$

Szukane:

$$R$$

$$E$$

Z prawa Ohma mamy:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R=2M\Omega$$

Natomiast z II prawa Kirchhoffa:

$$E-U_1-U=0V$$

Stąd:

$$E=U_1+U \text{ czyli}$$

$$E=6V$$

Odp: Siła elektromotoryczna źródła prądu wynosi 6V, opór opornika $2M\Omega$.

Sprawdzenie wiedzy

Zadanie 4.

Katoda fotokomórki oświetlona jest światłem monochromatycznym o długości fali λ_0 . Jeżeli napięcie między anodą i katodą osiągnie $U_0 = -4V$, to zanika prąd w obwodzie. Jeżeli zmienimy długość fali światła padającego na fotoelement na $\lambda=1,5\lambda_0$, to prąd zanika przy napięciu $U_1 = -2V$. Oblicz pracę wyjścia elektronów z katody.

Zadanie 5.

Na powierzchnię metalu, dla którego praca wyjścia wynosi $W=1,8eV$, pada:

- 500 fotonów o energii 2eV każdy,
- 1000 identycznych fotonów o energii 1,7eV każdy.

Oblicz, ile elektronów zostanie wybitych w każdym z podanych przypadków oraz jaka będzie energia kinetyczna każdego z nich. Odpowiedź krótko uzasadnij.

Ocenianie

- ocena arkusza utworzonego przez uczniów w trakcie lekcji; należy zwrócić uwagę na poprawność obliczeń (70%), umiejętność sformatowanie tabeli i wykresu (30%)

- poprawność wykonania zadań 2 i 3
- poprawność wykonania zadań 4 i 5 (praca domowa)

Dostępne pliki

1. stala_plancka_dane.xlsx
2. karta_pracy_stala_plancka.docx (do wydruku – po 1 egzemplarzu dla każdego z uczniów)
3. stala_plancka.pptx