



Temat: POMIARY PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO
FIZYKA – ZAKRES ROZSZERZONY

Streszczenie

Lekcja poświęcona jest promieniowaniu jonizującemu oraz zjawisku promieniotwórczości. Zasadniczą częścią lekcji są zajęcia praktyczne z wykorzystaniem liczników promieniowania jonizującego. W ramach lekcji uczniowie, posługując się licznikami Geigera-Müllera, mierzą promieniowanie pochodzące od przedmiotów domowego użytku lub źródeł naturalnych oraz badają rozchodzenie się promieniowania w przestrzeni. Dodatkowo, z pomocą liczników promieniowania kosmicznego Cosmic Watch, rejestrują promieniowanie kosmiczne (miony) docierające z różnych kierunków.

Cele ogólne

1. Poszerzenie wiedzy na temat promieniowania jonizującego i jego własności.
2. Rozwijanie umiejętności obserwowania zjawisk fizycznych, formułowania hipotez, weryfikowania ich, uogólniania spostrzeżeń.
3. Rozwijanie postawy badawczej.
4. Rozwijanie umiejętności posługiwania się przyrządami pomiarowymi.

Cele szczegółowe

1. Utrwalenie podstawowych wiadomości dotyczących promieniotwórczości i promieniowania jonizującego.
2. Omówienie podstawowych wiadomości o mionach i promieniowaniu kosmicznym.
3. Zrozumienie podstaw działania detektorów Geigera-Müllera i detektorów scyntylacyjnych, a także zapoznanie z możliwościami i ograniczeniami tych urządzeń.
4. Nabywanie umiejętności naukowej analizy zjawisk fizycznych – powtarzanie pomiarów, określanie niepewności pomiarowych, odczytywanie zależności z wykresu, porównywanie otrzymanych wyników do przewidywań teoretycznych.
5. Kształtowanie umiejętności odróżniania faktycznego stanu badanej rzeczywistości od stanu określanego przez zastosowane przyrządy pomiarowe – budowanie świadomości ograniczeń poznawczych eksperymentatora wynikających z ograniczeń dostępnych metod badawczych.

Metody i sposoby realizacji celów

- podająca – pogadanka, elementy wykładu;
- praktyczna – ćwiczenia laboratoryjne, obserwacja.

Czas realizacji

2 lekcje (2 · 45 minut) odbywające się tego samego dnia, jedna po drugiej



Harmonogram lekcji

Lekcja 1

Lp.	Tematyka	Czas (min)
	Sprawy organizacyjne (sprawdzenie listy obecności, zapisanie tematu lekcji itp.)	5
1	Przedstawienie planu zajęć.	2
2	Uruchomienie pary liczników Cosmic Watch.	1
3	Przypomnienie wiadomości nt. promieniowania jonizującego.	4
4	Omówienie zasady działania licznika Cosmic Watch.	5
5	Rozdanie liczników Geigera-Müllera oraz kart pracy.	2
6	Omówienie zasady działania licznika Geigera-Müllera oraz obsługi rozdanych liczników.	5
7	Zmierzenie poziomu promieniowania tła.	8
8	Zmierzenie poziomu promieniowania wybranego eksponatu promieniotwórczego.	11
9	Odczytanie wskazań liczników Cosmic Watch.	1
10	Obrócenie liczników Cosmic Watch.	1

Lekcja 2

Lp.	Tematyka	Czas (min)
	Sprawy organizacyjne (sprawdzenie listy obecności, zapisanie tematu lekcji itp.)	5
11	Omówienie kwestii rozchodzenia się promieniowania w przestrzeni.	8
12	Pomiar zależności natężenia promieniowania od odległości.	13
13	Sporządzenie i omówienie wykresu.	6
14	Omówienie wskazań liczników Cosmic Watch.	8
15	Podsumowanie	5



Szczegółowy opis poszczególnych etapów lekcji

Lekcja 1

1. Przedstawienie planu zajęć.

Nauczyciel przedstawia tematykę zajęć, informuje uczniów, że lekcje odbędą się z pomocą liczników Cosmic Watch oraz liczników Geigera-Müllera. Następnie nauczyciel prezentuje uczniom wspomniane liczniki. Uczniowie dowiadują się, że liczniki Cosmic Watch posłużą do pomiaru promieniowania kosmicznego oraz że zostaną one uruchomione na początku pierwszej lekcji, na końcu pierwszej lekcji zostaną skierowane w inną stronę, a omówienie zebranych przez nie danych nastąpi dopiero w końcowym etapie drugiej lekcji. Nauczyciel poinformuje uczniów również o tym, że znaczna część obu lekcji poświęcona będzie pomiarom z wykorzystaniem liczników Geigera-Müllera i wtedy zajęcia przyjmą formę warsztatów.

2. Uruchomienie pary liczników Cosmic Watch.

Nauczyciel ustawia dwa liczniki Cosmic Watch jeden na drugim (w układzie zwanym dalej *pionowym*) i uruchamia je tak, aby pracowały w koincydencji. W tym trybie pracy jeden z liczników, określany jako „slave”, zlicza cząstki promieniowania tylko w sytuacjach, w których jednocześnie promieniowanie rejestruje drugi z liczników. Omówienie tego uczniom nastąpi jednak później.

3. Przypomnienie wiadomości nt. promieniowania jonizującego.

Lekcja przeznaczona jest dla uczniów, którzy wiedzą już, czym jest promieniowanie jonizujące oraz promieniotwórczość, znają własności (w tym przenikliwość) i procesy powstawania promieniowania alfa, beta i gamma, znają takie pojęcia jak izotop i okres połowicznego zaniku. W ramach tej lekcji nauczyciel przypomina uczniom wspomniane wyżej zagadnienia, wprowadza/przypomina pojęcie promieniowania kosmicznego, mówi o jego składzie i podaje podstawowe informacje dotyczące mionów.

4. Omówienie zasady działania licznika Cosmic Watch.

Nauczyciel opisuje ideę działania licznika scyntylicyjnego i rolę obecnego w nim fotopowielacza krzemowego. Zwraca uwagę na informacje przedstawiane na wyświetlaczu Cosmic Watch (głównie na czas pomiaru i liczbę zliczeń) oraz na błyski diody LED. Wyjaśnia zasadę pracy w koincydencji i tłumaczy, dlaczego została tu zastosowana (jest potrzebna, by odróżnić miony od fotonów gama). Przypomina uczniom, że omówienie zbieranych danych nastąpi w końcowym etapie drugiej lekcji. Liczniki mogą zostać ustawione na jednej z ławek uczniów, a siedzący przy niej uczniowie mogą być później zaangażowani w odczytywanie wskazań z wyświetlacza.

5. Rozdanie liczników Geigera-Müllera oraz kart pracy.

Nauczyciel rozdaje uczniom liczniki Geigera-Müllera. W zależności od liczby dostępnych liczników prosi klasę o pogrupowanie się w kilkusobowe zespoły (najlepiej liczące od 2



do 3 osób). Uczniowie otrzymują również karty pracy (dostępne w załączniku nr 1).

6. Omówienie zasady działania licznika Geigera-Müllera oraz obsługi rozdanych liczników.

Nauczyciel przedstawia ideę działania detektora Geigera-Müllera, wskazuje miejsce, w którym znajduje się detektor w rozdanych licznikach, wyjaśnia również, jakie informacje przedstawiane są na wyświetlaczu.

7. Zmierzenie poziomu promieniowania tła.

Uczniowie trzykrotnie mierzą poziom promieniowania tła, po czym obliczają wartość średnią i wyznaczają jej niepewność. Nauczyciel zwraca uwagę na losowość badanego zjawiska.

8. Zmierzenie poziomu promieniowania wybranego eksponatu promieniotwórczego.

Uczniowie trzykrotnie mierzą poziom promieniowania wybranego eksponatu, po czym obliczają wartość średnią, następnie odejmują od niej średni poziom promieniowania tła. Na końcu wyznaczają niepewność tak otrzymanej wartości. Polecane eksponaty promieniotwórcze: saletra potasowa, granit, torowana elektroda spawalnicza, koszulka żarowa z dodatkiem toru, a także, o ile dostępne: zegarek z farbą radową, ruda uranu, szkło uranowe.

9. Odczytanie wskaźnika licznika Cosmic Watch.

Uczniowie siedzący w pobliżu liczników Cosmic Watch odczytują z licznika „slave” i zapisują następujące wartości:

- całkowity czas pomiaru,
- liczbę zliczeń (dodatkowo można porównać tę liczbę z wartością wskazywaną przez drugi z liczników).

10. Obrócenie liczników.

W kolejnym kroku uczniowie obracają układ dwóch liczników o 90 stopni, z pozycji „jeden nad drugim” do pozycji „jeden za drugim” (w układzie zwanym dalej *poziomym*). Potem liczniki zostają zresetowane, w taki sposób, by nadal pracowały w koincydencji.

Lekcja 2

11. Omówienie kwestii rozchodzenia się promieniowania w przestrzeni.

Nauczyciel omawia przyczyny słabnięcia natężenia promieniowania ze wzrostem odległości od źródła. Omawia czynnik geometryczny, wyjaśnia, dlaczego w pewnych sytuacjach natężenie maleje z kwadratem wspomnianej odległości oraz dlaczego w przypadku analizowanym podczas lekcji (podłużne źródło ustawione równoległe do podłużnego detektora) spodziewana jest zależność:



$$n \sim \frac{1}{r}$$

(gdzie n to liczba zliczeń, a r – odległość detektora od źródła).

12. Pomiar zależności natężenia promieniowania od odległości.

Uczniowie, wykorzystując torowane elektrody spawalnicze, badają zależność liczby zliczeń promieniowania z elektrody od odległości elektrody od detektora. Sugerowane odległości to 20 mm, 40 mm, 60 mm, a w przypadku grubych elektrod – także 80 mm.

Jeśli warunki pozwalają, podobnie jak poprzednio – każdy pomiar wykonywany jest trzykrotnie, następnie obliczana jest średnia z trzech pomiarów, odejmowany średni poziom tła, a dla otrzymanej różnicy obliczana jest niepewność. W przypadku braku zapasu czasu można ograniczyć się do pojedynczych pomiarów oraz pominąć obliczanie niepewności pomiarowych.

UWAGA! Po rozpoczęciu pomiarów zależności natężenia promieniowania od odległości należy zwrócić uczniom uwagę na trwający pomiar licznikami Cosmic Watch. Uczniowie siedzący w pobliżu tych liczników powinni spisać liczbę zliczeń wskazywaną przez licznik „slave” dla czasu pomiaru takiego jak przy pomiarze w układzie *pionowym*. Jeśli aktualna lekcja poprzedzona była 10-minutową przerwą, to moment spisywania wskazań powinien wypadać w trakcie wykonywania opisywanych w niniejszym punkcie pomiarów zależności natężenia promieniowania od odległości. Gdy moment ten następuje, uczniowie odczytują i zapisują liczbę zliczeń dla licznika „slave”. Następnie kontynuują pracę z licznikami Geigera-Müllera.

13. Sporządzenie i omówienie wykresu.

Uczniowie sporządzają wykres zależności liczby zliczeń od odległości i nanoszą na wykres wskazania otrzymane dla pomiaru tej zależności. Warto zamiast odległości (r) umieścić na osi poziomej odwrotność odległości ($\frac{1}{r}$). Na takim wykresie zależność $n(\frac{1}{r})$ przyjmuje kształt prostej. Dzięki temu uczniowie będą w stanie wizualnie lub z pomocą linijki ocenić, czy ich punkty pomiarowe rzeczywiście położone są zgodnie z przewidywaniami teoretycznymi (w tej sytuacji - na jednej prostej). Na końcu nauczyciel omawia, dlaczego otrzymana zależność w pewnym stopniu odbiega od tej przewidywanej.

14. Omówienie wskazań liczników Cosmic Watch.

Nauczyciel wraz z uczniami dyskutuje na temat wyraźnej różnicy liczb zliczeń uzyskanych dla różnych położeń liczników Cosmic Watch. Wyjaśnia też, dlaczego dla układu *poziomego* otrzymana wartość jest wyraźnie większa od zera. Na koniec omawiane są pomysły na usprawnienie przeprowadzonego pomiaru.

15. Podsumowanie.

Nawiązanie do celów lekcji i rozmowa o tym, jak udało się je osiągnąć.



Załącznik nr 1 – karta pracy

Imię i nazwisko:

1. Pomiar tła promieniowania

- Ustawiamy detektor minimum metr od eksponatów, aby emitowane cząstki z eksponatów nie wpływały na odczyt wartości tła;
- Włączamy licznik;
- Przeprowadzamy 3 pomiary (N_1 ; N_2 ; N_3) dla czasu $t = 60$ sekund;
- Liczymy średnią całkowitą liczbę zliczeń $N_{sr} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}$;
- Obliczamy niepewność średnią pomiaru $\delta N_{sr} = \frac{\sqrt{N_1 + N_2 + N_3}}{3}$
- Uzupełniamy tabelę 1.

Tabela 1. Pomiar tła promieniowania

Czasu pomiaru t [sekundy]	N_1 [impulsy]	N_2 [impulsy]	N_3 [impulsy]	Średnia całkowita liczba zliczeń impulsów N_{sr} [impulsy]	Niepewność średniej pomiaru δN_{sr}

Tło promieniowania wynosi

Wnioski: Ukazanie losowości zjawiska promieniowania oraz tło naturalne.



2. Promieniotwórczość eksponatu

- Przyłożyć eksponat, odczekać 60 sekund i zapisać wartość całkowitej liczby zarejestrowanych impulsów N_1 ;
- Odczekać następne 60 sek i zapisać wartość N_2 ;
- Odczekać następne 60 sek i zapisać wartość N_3 ;
- Uzyskaną wartość \bar{N}_{t_0} z tabeli 1 należy odjąć od uzyskanej średniej liczby zliczeń dla każdego z eksponatów;
- Następnie oszacować niepewność pomiarową jako pierwiastek z całkowitej liczby impulsów podzielony przez liczbę pomiarów (trzy);
- Uzupełnić tabelę 2.

Tabela 2. Pomiary promieniotwórczości eksponatu.

Czas pomiaru t [sekundy]	N1 [impulsy]	N2 [impulsy]	N3 [impulsy]	N_{sr} średnia liczba zliczeń [impulsy]	$N = N_{sr} - \bar{N}_{t_0}$ Ilość promieniowania pochodzącego z eksponatu [impulsy]	σ_N niepewność pomiaru N
	Źródło promieniowania:					



3. Pomiar zależności natężenia promieniowania od odległości

- Należy ustawić eksponat równolegle względem okna detektora podczas pomiarów; Zmierzyć odległość r między eksponatem, a oknem detektora (**minimum 5 pomiarów**)
Ważne: podczas pomiarów z elektrodą musi znajdować się na środku wysokości tuby detektora oraz środku wysokości elektrody
- Uruchomić pomiar natężenia promieniowania emitowanego z eksponatu dla czasu $t = 60$ sekund;
- Zapisać wynik wartości na ekranie detektora „E” (całkowitej ilości impulsów N) po upływie $t = 60$ sekund;
- Obliczyć średnią ilości impulsów N_{sr} oraz średnia szybkość zliczeń na sekundę N_{sr}/t ;
- Należy odjąć wartość tła N_{tlo} od N_{sr} ;
- Obliczyć niepewność pomiarową;
- Sprawdzić zależność $N_{sr} - N_{tlo} \sim 1/r$;

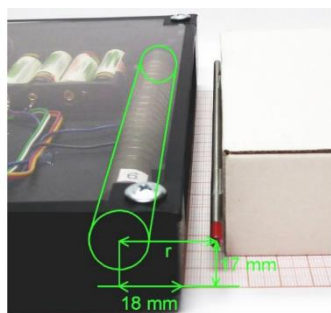


Tabela 3. Pomiar zależności natężenia promieniowania od odległości.

t czas pomiaru [sekundy]	r Odległość [cm]	N1 [impulsy]	N2 [impulsy]	N3 [impulsy]	N_{sr} średnia liczba impulsów dla danej wartości r [impulsy]	$N = \bar{N}_{sr} - \bar{N}_{tlo}$ ilość promieniowania pochodzącego z eksponatu [impulsy]	δ_N Niepewność pomiaru N

Do Tabeli 3. należy dołączyć wykres zależności $N(1/r)$



5. Pomiar promieniowania kosmicznego z różnych kierunków

- Uruchamiamy dwa liczniki CosmicWatch w trybie pracy w koincydencji i analizujemy wskazania licznika pracującego w roli „slave”.
- Ustawiamy liczniki jeden na drugim.
- Przeprowadzamy pomiar dla czasu t równego ok. 0,5 h.
- Następnie układ liczników obracamy o kąt 90° i przeprowadzamy pomiar dla identycznego czasu t jak poprzednio.
- Uzupełniamy tabelę 5.

Tabela 5. Pomiar zależności natężenia promieniowania od kąta.

t czas pomiaru	α Kąt padania promieni- owania [°]	N liczba zliczeń licznika „slave”
	0	
	90	