

## Cechy promieniowania alfa

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## 0901 Cechy promieniowania alfa

### Czy to nie ciekawe?

Umieszczając bryłkę uranu w komorze Wilsona, czyli zamkniętym pojemniku wypełnionym przechłodzonymi oparami izopropylenu, zauważysz cieniutkie ślady, wyskakujące z niej w każdym kierunku. Jakie cząstki powodują powstanie tych śladów oraz jakie są inne własności tych cząstek? O tym dowiesz się z tego materiału.

Po przeczytaniu informacji na temat promieniowania  $\alpha$  zachęcam Cię do zbudowania własnej komory Wilsona. Oprócz dwóch pojemników, czarnej, metalowej płyty, grubego filcu i mocnej lampy będziesz potrzebować alkoholu izopropylowego oraz suchego lodu. Nie są to rzeczy do znalezienia w domu, ale z pomocą nauczyciela lub opiekuna koła naukowego na pewno się uda.

#### Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, czym jest promieniowanie alfa,
- zrozumiesz zachowanie cząstki alfa w polu elektrycznym i magnetycznym,
- obliczysz prędkość przykładowej cząstki alfa,
- ustalisz, w jaki sposób cząstki alfa oddziałują z materią,
- poznasz zasadę działania najprostszego detektora promieniowania alfa.

# Przeczytaj

---

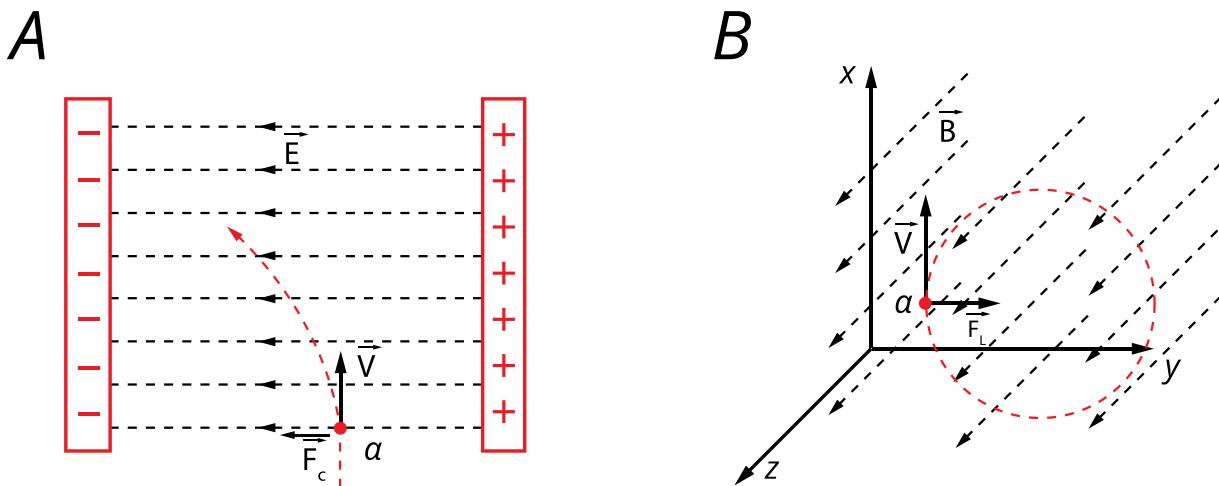
## Warto przeczytać

Promieniowaniem  $\alpha$  nazywamy jądra helu wyemitowane z niestabilnych jąder atomowych w wyniku przemiany  $\alpha$ . Cząstki  $\alpha$  składają się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Ich masa jest nieco mniejsza od masy nukleonów składowych i wynosi  $6,64 \cdot 10^{-27}$  kg. W przypadku mikroświata dużo wygodniej operuje się jednostką  $\text{MeV}/c^2$ . Masa cząstki  $\alpha$  wynosi  $3727 \text{ MeV}/c^2$ .

Ze względu na dodatni ładunek protonu ładunek cząstki  $\alpha$  jest dodatni i wynosi  $q = +2 \cdot e$ , gdzie literka  $e$  oznacza ładunek elementarny wynoszący  $1,602 \cdot 10^{-19}$  C.

Niezerowy ładunek cząstki  $\alpha$  ( $q$ ) sprawia, że jej tor jest odchylany w polu elektrycznym i magnetycznym. W polu elektrycznym działa na nią siła Coulomba  $\vec{F}_C = q\vec{E}$ , odchylająca tor cząstki w kierunku zgodnym z kierunkiem wektora natężenia pole elektrycznego  $\vec{E}$ , co zostało pokazane w części A Rys. 1.

W polu magnetycznym na cząstkę  $\alpha$  działa siła Lorentza  $\vec{F}_L$ , której kierunek określa iloczyn wektorowy wektorów prędkości cząstki  $\vec{v}$  i indukcji pola magnetycznego  $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ . Siła Lorentza jest skierowana prostopadle do wektora prędkości cząstki  $\alpha$ , pełni więc rolę siły dośrodkowej. Zachowanie cząstki  $\alpha$  w polu magnetycznym prezentuje część B Rys. 1.



Rys. 1. Zachowanie cząstki  $\alpha$  w polu elektrycznym (część A) oraz magnetycznym (część B)

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Energia kinetyczna cząstek  $\alpha$  po wyemitowaniu z jądra przyjmuje wartości kilku megaelektronowoltów (MeV). Co to oznacza? Pamiętając, że masa cząstki wynosi ok.  $3727 \text{ MeV}/c^2$ , zauważmy, że energia kinetyczna jest dużo, dużo mniejsza od energii spoczynkowej. Stąd płynie natychmiast wniosek, że są to cząstki klasyczne, a ich prędkości są dużo niższe od prędkości światła.

Obliczmy, ile dokładnie wynosi prędkość przykładowej cząstki  $\alpha$  o energii 5 MeV. Już wiemy, że możemy stosować klasyczny wzór na energię kinetyczną:  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ .

Prędkość cząstki wyznacza się więc wzorem:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}}$$

Podstawiając dane liczbowe otrzymujemy:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \text{ MeV}}{3727 \frac{\text{MeV}}{c^2}}}$$

Ostatecznie prędkość cząstek  $\alpha$  wynosi ok. 15 000 km/s.

Promieniowanie  $\alpha$  jest czasem określane promieniowaniem jonizującym. Oznacza to, że cząstki jonizują ośrodek, w którym się przemieszczają. Mechanizm jonizacji polega na tym, że cząstki  $\alpha$  przekazują część swojej energii elektronom, wyrывая je

z atomów. Proces ten przebiega bardzo intensywnie, cząstki  $\alpha$  bardzo szybko tracą energię i są zatrzymywane. Zasięg cząstek o energii 5 MeV w powietrzu wynosi ok. 3,5 cm. Oznacza to, że cząstka poruszająca się początkowo z prędkością 15 000 km/s zostaje zupełnie zatrzymana w kilku centymetrach powietrza. W materiałach o większej gęstości zasięg cząstek  $\alpha$  jest jeszcze mniejszy. Większość z nich jest zatrzymywanych przez kartkę papieru lub naskórek. Z tego względu promieniowanie  $\alpha$  określane jest jako mało przenikliwe.

Zdolność promieniowania  $\alpha$  do jonizacji jest wykorzystywana do jego detekcji. Jednym z najstarszych i najprostszych detektorów jest [komora Wilsona](#). Komora umożliwia obserwację śladów cząstek  $\alpha$  poruszających się w gazie. Komora wypełniana jest parą przesyconą, czyli taką, dla której przekroczony został punkt nasycenia, po którym gaz powinien ulec skropleniu. Jednakże jeśli jest on idealnie czysty, do skropleniu nie dochodzi. Aby para uległa skropleniu potrzebne są tzw. centra kondensacyjne w postaci pyłów lub jonów. W komorze Wilsona centrami kondensacyjnymi są jony powstałe w wyniku oddziaływania promieniowania  $\alpha$  z gazem. Wskutek jonizacji ośrodka wzdłuż torów cząstek  $\alpha$  powstają jony, na których para ulega skropleniu. Powstałe w ten sposób krople cieczy są widoczne gołym okiem, mogą być też fotografowane. Długość powstałego toru zależy od ciśnienia gazu oraz energii cząstek  $\alpha$ . Im większa energia kinetyczna cząstek  $\alpha$ , tym ich tory są dłuższe.

Poniższy film obrazuje działanie przykładowej komory Wilsona.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1Ea8VSOw>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki - Koło Naukowe Fizyków.

Na filmie widoczna jest szyba komory Wilsona. Za szybą w komorze znajduje się w niej przesycony gaz, który w takim stężeniu powinien ulec skropleniu. Nie przechodzi on jednak w stan ciekły ponieważ jest czysty, a zatem nie zawiera żadnych pyłów ani jonów, które dałyby początek procesowi skraplania. W miarę upływu czasu na szybie pojawiają się jasne smugi i krople cieczy. Przypomina to widok okna podczas pochmurnego i deszczowego dnia. Jasne smugi są efektem oddziaływania gazy z promieniowaniem alfa. Cząstki gazu oddziałujące z promieniowaniem alfa ulegają jonizacji i dają początek procesowi skraplania. W ten sposób na szybie powstają widoczne krople cieczy.

---

## Słowniczek

### **Jonizacja**

(ang. ionisation) – zjawisko odrywania elektronu lub kilku elektronów z atomu lub cząsteczki, w wyniku czego powstaje jon.

### **Komora Wilsona**

(ang. Wilson cloud chamber) – detektor promieniowania jonizującego wykorzystujący przechłodzoną parę do wytworzenia i obserwacji śladów cząstek.

# Grafika interaktywna

---

## Cechy promieniowania alfa

Grafika interaktywna prezentuje zasięg cząstki  $\alpha$  o energii 5 MeV wyznaczony dla różnych materiałów. Grubości zostały wyznaczone w oparciu o zasięgi umieszczone w bazie ASTAR.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

### Polecenie 1




Zapoznaj się z zasięgiem cząstki  $\alpha$  w różnych materiałach. Który z nich zastosowałbyś do skonstruowania osłony radiologicznej chroniącej przed promieniowaniem alfa?

### Polecenie 2

Sprawdź, jaką grubość ma papier, który używasz na co dzień, np. do drukowania. Czy chroni on przed promieniami  $\alpha$ ?

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5

Zaproponuj osłonę radiologiczną służącą do ochrony przed promieniowaniem  $\alpha$  wyemitowanym z jądra  $^{226}\text{Ra}$ . Izotop  $^{226}\text{Ra}$  jest  $\alpha$ -promieniotwórczy. W ok 94% przypadkach rozpadów emitowana jest tylko jedna cząstka  $\alpha$  o energii 4,8 MeV. Pozostałe 6% rozpadów możesz w tym zadaniu zaniedbać.



Ćwiczenie 6



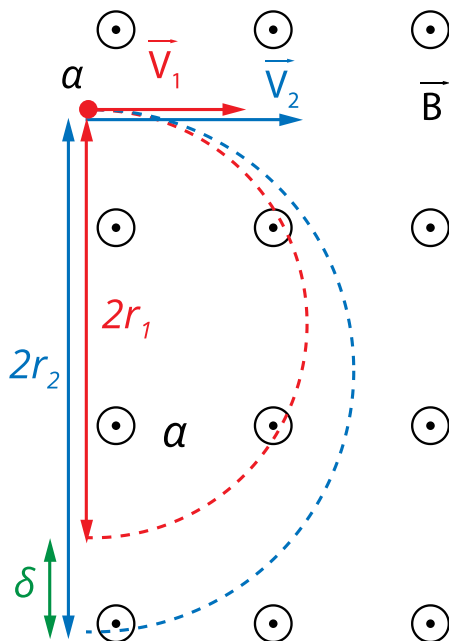
Ćwiczenie 7



### Ćwiczenie 8



Wyobraź sobie, że masz za zadanie skonstruować separator rozdzielający cząstki  $\alpha$  o różnej energii (tzw. filtr prędkości), wykorzystujący jednorodne pole magnetyczne (patrz rysunek poniżej). Oblicz wartość wektora indukcji magnetycznej  $\vec{B}$  pola magnetycznego, którego należałoby użyć, aby rozdzielić dwie wiązki  $\alpha$  o energii  $E_1 = 2$  MeV i  $E_2 = 2,5$  MeV na odległość  $\delta = 10$  cm. Wynik podaj z dokładnością do 2 cyfr znaczących.



# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Aleksandra Fijałkowska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Cechy promieniowania alfa</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa programowa:**

**Cele kształcenia – wymagania ogólne**

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

**Zakres podstawowy**

**Treści nauczania – wymagania szczegółowe**

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

XI. Fizyka jądrowa. Uczeń:

3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta.

**Zakres rozszerzony**

**Treści nauczania – wymagania szczegółowe**

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa. Uczeń:

9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta ( $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ).

<p><b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b></p>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<p><b>Cele operacyjne:</b></p>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wyjaśnia, czym jest promieniowanie alfa, z czego składa się cząstka alfa, jaka jest jej masa i ładunek,</li> <li>2. analizuje zachowanie cząstki alfa w polu elektrycznym i magnetycznym,</li> <li>3. tłumaczy, w jaki sposób cząstki alfa oddziałują z materią.</li> </ol>
<p><b>Strategie nauczania:</b></p>	<p>formative feedback</p>
<p><b>Metody nauczania:</b></p>	<p>wykład informacyjny</p>
<p><b>Formy zajęć:</b></p>	<p>praca zespołowa</p>
<p><b>Środki dydaktyczne:</b></p>	<p>tablica, komputer z rzutnikiem lub tablety</p>
<p><b>Materiały pomocnicze:</b></p>	<p>-</p>
<p><b>PRZEBIEG LEKCJI</b></p>	
<p><b>Faza wprowadzająca:</b></p>	
<p>Nauczyciel przypomina uczniom, czym jest rozpad alfa, czyli przemiana jądrowa prowadząca do emisji cząstki alfa, czyli jądra helu.</p>	
<p><b>Faza realizacyjna:</b></p>	

Nauczyciel wprowadza podstawowe własności cząstek alfa: ich budowę, masę i ładunek oraz typowe energie kinetyczne.

Uczniowie zastanawiają się, jak cząstka alfa zachowuje się przechodząc przez pole elektryczne i magnetyczne oraz rozwiązują zadanie 7 z zestawu ćwiczeń.

Nauczyciel informuje uczniów o sposobie, w jaki cząstki alfa oddziałują z materią. Uczniowie zapoznają się z załączoną grafiką interaktywną przedstawiającą zasięgi cząstki alfa w różnych materiałach.

**Faza podsumowująca:**

Uczniowie proponują, w jaki sposób można osłaniać źródła promieniowania alfa, tak aby te nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia, zgodnie z zadaniem 5.

Nauczyciel ocenia pracę uczniów dając im informację zwrotną odnośnie ich wiedzy.

**Praca domowa:**

Nauczyciel zadaje uczniom zadanie 6 i 8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki metodyczne  
opisujące różne zastosowania  
danego multimedium**

Multimedium można wykorzystać po lekcji w celu utrwalenia wiadomości.