

Zapis równań przemian promieniotwórczych

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Zapis równań przemian promieniotwórczych

Czy to nie ciekawe?

Przemianami promieniotwórczymi nazywa się zazwyczaj przemiany masywnych jąder atomowych, w trakcie których z jąder jest emitowane promieniowanie alfa, beta i gamma. W przemianach tych zachowane są podstawowe zasady fizyki, także takie, z którymi nie mamy do czynienia w skali makroskopowej. Zasady te są uwzględniane przy zapisie równań opisujących przemiany.

Twoje cele

- dowiesz się, jakie są podstawowe przemiany promieniotwórcze,
- poznasz zasady zachowania, spełnione w przemianach promieniotwórczych,
- zrozumiesz sposób zapisu równań przemian jądrowych,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do zapisu równań przemian jądrowych,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz równania przemian promieniotwórczych.

Przeczytaj

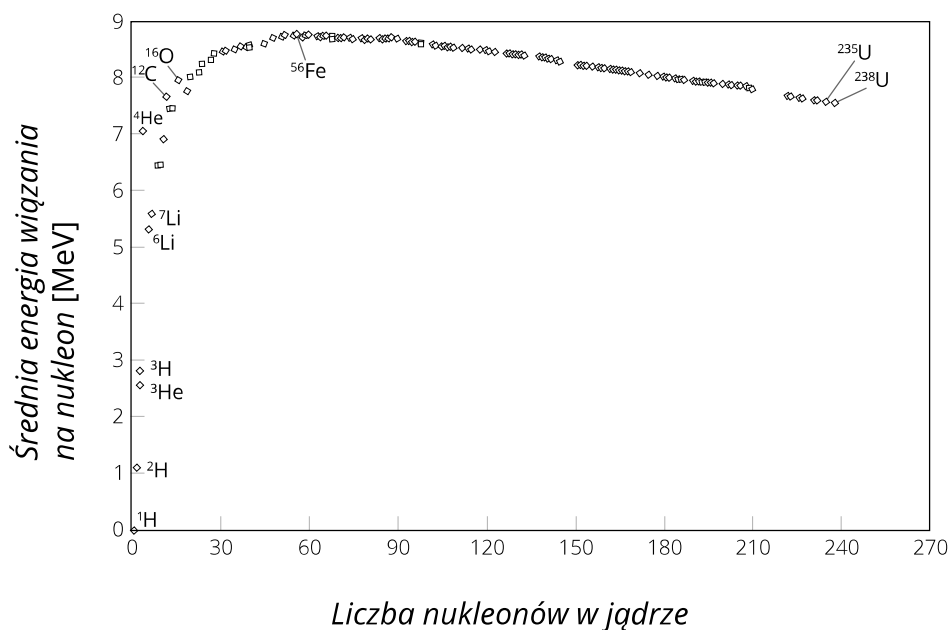
Warto przeczytać

Jądro atomowe symbolicznie zapisujemy w następujący sposób:



W zapisie tym X to symbol chemiczny pierwiastka, którego jądro opisujemy, Z – liczba atomowa równa liczbie protonów w jądrze, A – liczba masowa równa liczbie protonów i neutronów (które wspólnie nazywa się nukleonami) w jądrze.

Przemianami promieniotwórczymi nazywa się zazwyczaj naturalne rozpady masywnych jąder atomowych. Zachodzą one, ponieważ jądra, jak wszystkie układy fizyczne, dążą do stanu o jak najmniejszej energii. Dla jąder atomowych zmniejszenie energii opisuje się najczęściej energią wiązania przypadającą na jeden nukleon. Energia wiązania na nukleon jest równa energii, którą należałoby włożyć, aby oderwać nukleon z danego jądra. Warto zwrócić uwagę, że im większa energia wiązania, tym mniejsza energia jądra. Energię wiązania przypadającą na nukleon dla niektórych jąder przedstawia Rys. 1.



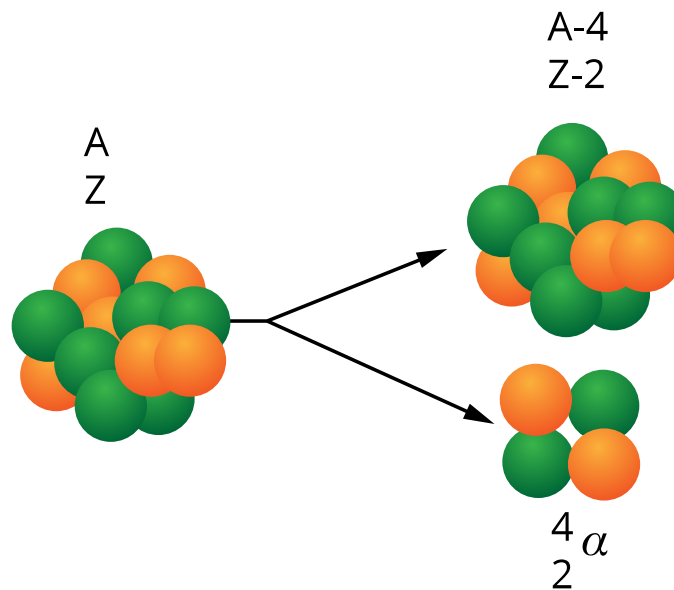
Rys. 1. Energia wiązania przypadająca na nukleon w jądrze w zależności od liczby nukleonów

Z wykresu widać, że największą energią wiązania mają jądra żelaza o liczbie masowej 56. Wynika z tego, że korzystne energetycznie jest łączenie się jąder lżejszych od żelaza – te reakcje nazywa się reakcjami syntezy jądrowej. Natomiast jądra masywne mogą zamieniać się w lżejsze. Takimi przemianami są przemiany promieniotwórcze α (alfa) i β^- (beta minus) oraz rozszczepienie jądra. W przemianach α i β^- z jąder emitowane są cząstki powodując

zmianę składu nukleonów w jądrze. Ponadto zachodzi jeszcze przemiana γ , przy której z jądra jest emitowany **foton gamma**.

Samorzutne przemiany α i β^- zachodzą zazwyczaj dla jąder masywniejszych niż jądro ołowiu $^{208}_{82}\text{Pb}$ – jest to jądro o największej liczbie atomowej, dla którego nie stwierdzono przemian promieniotwórczych.

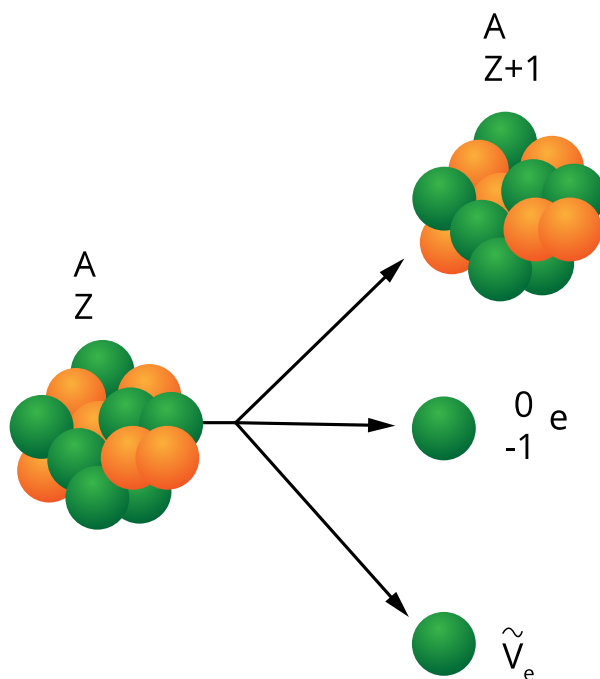
Przemiany α polegają na wyemitowaniu z jądra promieniotwórczego cząstki alfa – czyli jądra helu 4 (Rys. 2.).



Rys. 2. Schemat rozpadu alfa. Wyjściowe jądro, które można zapisać jako ^A_ZX emituje jądro helu ^4_2He , zamieniając się w jądro $^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$

Cząstkę alfa symbolicznie można zapisać jako $^4_2\alpha$, lub jako jądro helu 4, czyli ^4_2He . Więcej o przemianach alfa możesz przeczytać w e-materiale „Opisujemy rozpad alfa”.

Rozpad beta minus zachodzi dla jąder, które mają nadmiar neutronów. W takim przypadku dochodzi w jądrze do rozpadu neutronu na proton, elektron i antyneutrino, w wyniku czego, z jądra jest wyemitowany elektron i antyneutrino elektronowe – cząstka o bardzo małej masie i niemająca ładunku elektrycznego (Rys. 3.). Więcej o przemianach beta możesz przeczytać w e-materiale „Opisujemy rozpad beta-”.



Rys. 3. Schemat rozpadu beta minus. Wyjściowe jądro, ${}^A_Z X$ emituje elektron ${}^0_{-1} e$, zamieniając się w jądro ${}^A_{Z+1} Y$

Elektron w schemacie reakcji może być zapisany jako ${}^0_{-1} e$, lub jako promieniowanie beta minus ${}^0_{-1} \beta$.

W **przemianie gamma** obie liczby: atomowa i masowa pozostają niezmiennione, zmienia się natomiast energia wzbudzenia jądra.

We wszystkich przemianach jądrowych zachowane są podstawowe prawa fizyki:

- zasada zachowania ładunku elektrycznego,
- zasada zachowania pędu,
- zasada zachowania momentu pędu,

ale nie są zachowane oddzielnie energia i masa, a jest zachowana energia i masa łącznie, przy przeliczeniu jednej na drugą zgodnie ze wzorem Einsteina $E = mc^2$ gdzie m – masa, E – odpowiadająca jej energia.

Ponadto w reakcjach jądrowych zachowane są liczby barionowa i leptonowa.

Cząstki elementarne budujące materię można podzielić na dwie grupy:

Bariony to masywne cząstki oddziałujące silnie (jest to oddziaływanie, dzięki któremu istnieje jądro atomowe). Barionami są protony i neutrony. Cząstkom tym przypisuje się liczbę barionową 1, a liczbę leptonową 0.

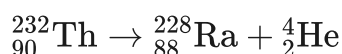
Leptony są to cząstki nieoddziałujące silnie, w większości lżejsze od barionów. Do leptonów zalicza się między innymi elektrony i neutrina elektrone. Cząstkom tym przypisuje się liczbę leptonową 1, a barionową 0.

Każda z wymienionych cząstek ma swoją **antycząstkę**, której jako odpowiednią liczbę przypisujemy wartość -1 . I tak antyproton ma liczbę barionową -1 , a antyelektron, nazywany także pozytonem, liczbę leptonową -1 .

Przy zapisie symbolicznym jąder atomowych i cząstek: ${}^A_Z\text{X}$, liczbę atomową Z możemy utożsamić z ładunkiem elektrycznym jądra. Natomiast liczba masowa jest równa liczbie barionowej jądra lub cząstki. Dlatego, na przykład, elektron zapisuje się ${}^0_{-1}e$, a jego antycząstkę – pozyton: 0_1e .

Przykładowe zapisy przemian jądrowych

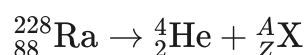
Rozpad alfa jądra toru 232:



Po obu stronach równania musi być jednakowa suma liczb atomowych (zasada zachowania ładunku elektrycznego) i suma liczb masowych (zasada zachowania liczby barionowej), nie zapisuje się zazwyczaj bezpośrednio liczby leptonowej.

Jeżeli wiemy, że dane jądro ulega rozpadowi alfa, to łatwo możemy ustalić, na jakie jądro się rozpadnie. Na przykład ustalmy, jakie jądro powstanie w wyniku rozpadu alfa jądra radu 228?

Rozpad ten możemy zapisać:



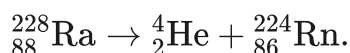
Ponieważ liczba barionowa (masowa) musi być zachowana w rozpadzie, to

$$228 = 4 + A \iff A = 224$$

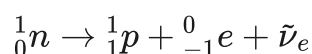
Z zachowania ładunku elektrycznego wynika:

$$88 = 2 + Z \iff Z = 86.$$

Zatem powstałe jądro zapiszemy: ${}^{224}_{86}\text{X}$. Sprawdzając w układzie okresowym możemy stwierdzić, że liczbę atomową 86 ma radon i kompletna reakcja wygląda następująco:



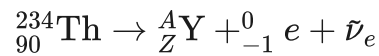
Rozpad beta minus, to rozpad neutronu w jądrze atomowym lub neutronu swobodnego:



Cząstka $\tilde{\nu}_e$ to antyneutrino elektronowe, antycząstka **neutrino** elektronowego o liczbie leptonowej -1 , barionowej 0 i niemająca ładunku elektrycznego. Jego obecność w rozpadzie

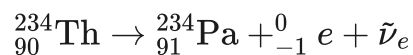
jest konieczna ze względu na zachowanie liczby leptonowej. Łącznie z liczbą leptonową elektronu o wartości 1 po prawej stronie otrzymujemy liczbę leptonową 0, tak jak po lewej.

Jak zapiszemy rozpad beta dla konkretnego przypadku, na przykład dla jądra Th 234? Wiemy, że w rozpadzie powstanie elektron i antyneutrino elektronowe i nowe jądro ${}^A_Z\text{Y}$

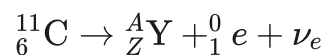


Jak widać z zachowania ładunku, powstałe jądro musi mieć liczbę atomową $90 + 1 = 91$. Jest to jądro protaktynu.

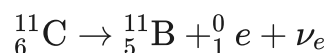
Zatem reakcja będzie wyglądać następująco:



W podobny sposób możemy przewidywać produkty rozpadu beta plus, polegającym na rozpadzie w jądrze protonu na neutron i antyelektron, czyli pozyton. Rozpad ten zachodzi dla jąder z nadmiarem protonów i nie zachodzi dla protonów swobodnych – protony są, zgodnie z dzisiejszym stanem wiedzy, cząstkami trwałymi. Ponieważ pozyton ma liczbę leptonową -1 , to w rozpadzie musi powstać także cząstka o liczbie leptonowej 1 . Tą cząstką jest **neutrino** elektronowe ν_e . Przykładową reakcję rozpadu węgla ${}^{11}_6\text{C}$ zapiszemy:



Jak łatwo zauważyć, powstałe jądro Y musi mieć liczbę masową $A = 11$, a atomową $Z = 6 - 1 = 5$. Po sprawdzeniu w układzie okresowym zauważamy, że powstałym jądrem Y jest bor i ostateczne równanie reakcji ma postać:



Słowniczek

Fotony gamma

(*ang.: gamma photons*) – wysokoenergetyczne fotony promieniowania elektromagnetycznego, o długości fali poniżej 0,1 nm. Towarzyszą zazwyczaj przemianom jądrowym.

Neutrino

(*ang.: neutrino*) – cząstka elementarna należąca do leptonów. Jest fermionem o spinie równym $\frac{1}{2}$ i zerowym ładunku elektrycznym. Neutrino są cząstkami podstawowymi w modelu standardowym. Doświadczenia przeprowadzone w ostatnich latach wskazują, że neutrino mają bliską zera, ale niezerową, masę spoczynkową (Wikipedia)

Antycząstki

(*ang.: antiparticles*) – cząstki elementarne różniące się od odpowiadających im cząstek odwrotnym znakiem wszystkich liczb kwantowych (np.: ładunku elektrycznego, liczby barionowej, leptonowej, składowej izospinu, momentu magnetycznego), mające zaś taką samą masę i czas życia.

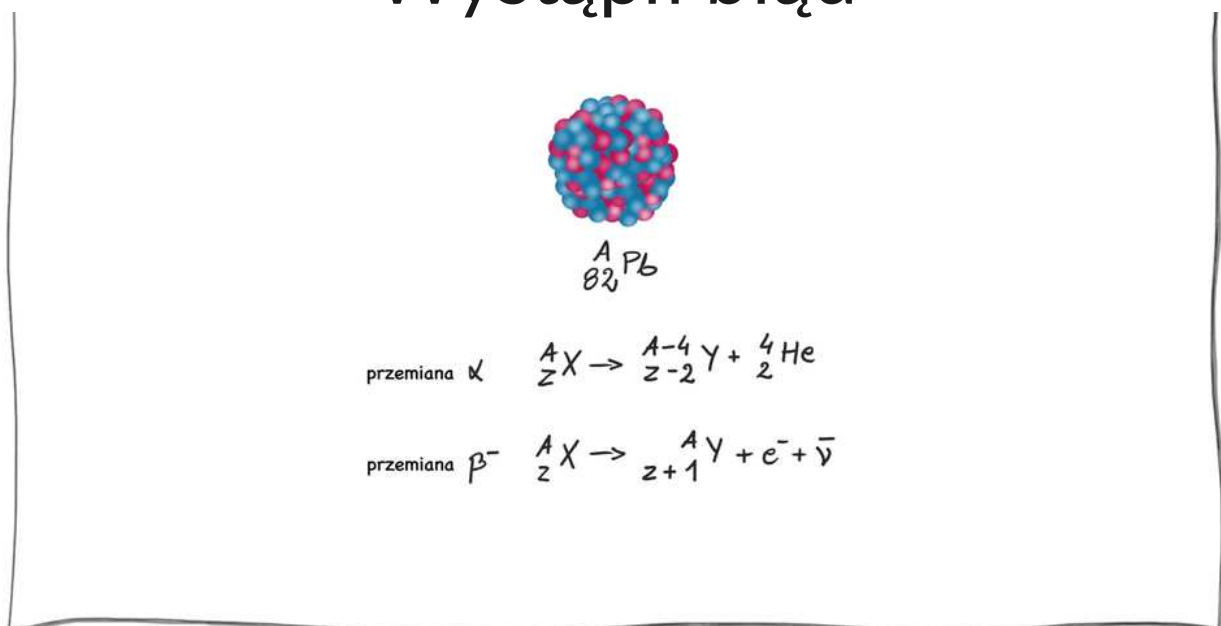
Film samouczek

Zasady zachowania w przemianach jądrowych

Szereg promieniotwórczy to szereg jąder promieniotwórczych, przekształcających się kolejno jedno w drugie na drodze rozpadów promieniotwórczych. Kolejno powstające jądra promieniotwórcze, wraz z wyjściowym jądrem o długim czasie życia – długim czasie połowicznego zaniku tworzą szereg kończący się jądrem trwałym. Jednym z szeregów promieniotwórczych jest szereg torowy, przedstawiony w samouczku.

Obejrzyj film, a następnie wykonaj polecenia.

Wystąpił błąd



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RqW8PE87d4cSR>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z treścią samouczka.

Polecenie 1

Polecenie 2

| Grupa | → 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ↓ Okres | Układ Okresowy Pierwiastków | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He |
| 2 | 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 3 | 11 Na | 12 Mg | | | | | | | | | | | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 4 | 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 5 | 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 6 | 55 Cs | 56 Ba | | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 7 | 87 Fr | 88 Ra | | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | 111 Rg | 112 Cn | 113 Nh | 114 Fl | 115 Mc | 116 Lv | 117 Ts | 118 Og |
| Lantanowce | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu | | | |
| Aktynowce | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr | | | |

Źródło: DePiep, dostępny w internecie: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_\(polyatomic\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_(polyatomic).svg)
[dostęp 10.07.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

| | |
|---|--|
| Imię i nazwisko autora: | Jarosław Krakowski |
| Przedmiot: | Fizyka |
| Temat zajęć: | Zasady zachowania w przemianach jądrowych |
| Grupa docelowa: | III etap edukacyjny, liceum, technikum, rozszerzenie zapisu podstawy programowej dla zakresu rozszerzonego. |
| Podstawa programowa: | <p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>XII. Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa.</p> <p>Uczeń:</p> <p>5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;</p> <p>6) zapisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku.</p> |
| Kształtowane kompetencje kluczowe: | <p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,• kompetencje cyfrowe,• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się. |

| | |
|--|--|
| Cele operacyjne: | <p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> wymieni podstawowe przemiany promieniotwórcze; poda zasady zachowania, spełnione w przemianach promieniotwórczych; wyjaśni sposób zapisu przemian jądrowych; zastosuje zdobytą wiedzę do zapisu równań przemian jądrowych; przeanalizuje i zinterpretuje równania przemian promieniotwórczych. |
| Strategie nauczania: | IBSE (Inquiry - Based Science Education - nauczanie/uczenie się przedmiotów przyrodniczych przez odkrywanie/dociekanie naukowe) |
| Metody nauczania: | wykład problemowy |
| Formy zajęć: | praca zespołowa, praca w grupach |
| Środki dydaktyczne: | grafika ilustrująca przemiany jądrowe i energię wiązania nukleonów w jądrze, zestawy zadań |
| Materiały pomocnicze: | dostęp do Internetu, rzutnik |
| PRZEBIEG LEKCJI | |
| Faza wprowadzająca: | |
| <p>Nauczyciel przypomina, jaka jest przyczyna zachodzenia przemian jądrowych. Uczniowie przy pomocy nauczyciela przypominają, jakie są podstawowe przemiany jądrowe.</p> | |
| Faza realizacyjna: | |
| <p>Uczniowie przy pomocy nauczyciela przypominają podstawowe zasady zachowania w fizyce i analizują ich zastosowanie w przemianach jądrowych, nauczyciel zwraca uwagę na zasadę zachowania energii i masy.</p> <p>Uczniowie zapisują równania przemian alfa i beta, zwracając uwagę na zasady zachowania.</p> <p>Uczniowie w grupach oglądają film samouczek i wykonują połączone z nim polecenia, doskonaląc umiejętność zapisywania równań przemian jądrowych.</p> | |
| Faza podsumowująca: | |
| <p>Uczniowie rozwiązują zadania: 1, 2, 7, 8. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów.</p> <p>Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.</p> | |

Praca domowa:

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości uczniowie rozwiązują zadania: 3, 4, 5, 6 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium można wykorzystać przy powtarzaniu wiadomości i na innych lekcjach na temat przemian jądrowych.