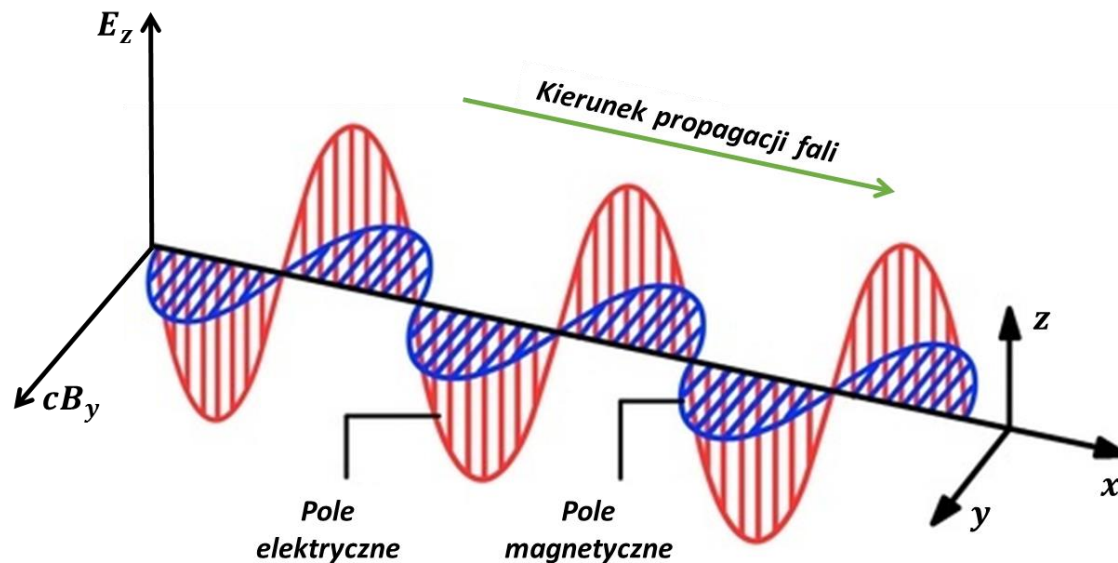


FALE ELEKTROMAGNETYCZNE

Fala elektromagnetyczna – rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego. Powstawanie fal EM wynika bezpośrednio z równań Maxwella.



Wektor indukcji magnetycznej \vec{B} jest w każdym miejscu prostopadły do wektora natężenia pola elektrycznego \vec{E} !

Wektory \vec{B} i \vec{E} są prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali!

POLARYZACJA

Polaryzacja – własność rozchodzącej się fali elektromagnetycznej opisująca zmianę w czasie kierunku i względnej amplitudy wektora natężenia pola elektrycznego.

Światło niespolaryzowane – w świetle naturalnym (emitowanym np. przez rozgrzane ciała, Słońce) czy z typowych źródeł światła (żarówki, świetlówki) wektor natężenia pola elektrycznego drga we wszystkich możliwych kierunkach prostopadłych do kierunku rozchodzenia się fali (płaszczyzna drgań wektora zorientowana zupełnie przypadkowo). Dzieje się tak, ponieważ emisja światła przez poszczególne atomy lub cząsteczki odbywa się niezależnie od siebie.



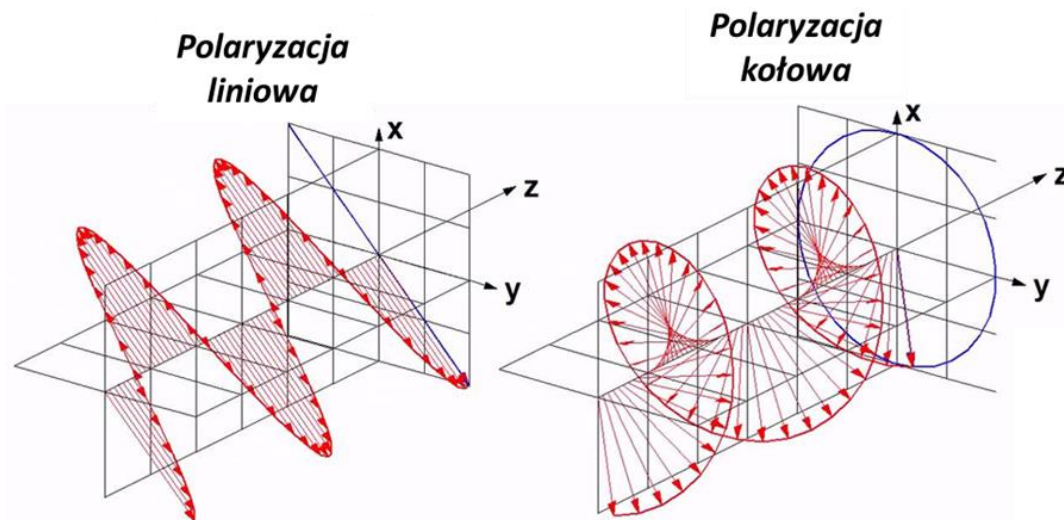
OPTYKA FALOWA 2

Polaryzacja liniowa:

– drgania wektora natężenia pola elektrycznego odbywają się w jednej płaszczyźnie, która zawiera kierunek rozchodzenia się fali.

Polaryzacja kołowa:

- rozchodzące się w przestrzeni pole elektryczne określane wzdłuż kierunku ruchu fali ma zawsze taką samą wartość, ale jego kierunek się zmienia;
- w ustalonym punkcie przestrzeni koniec wektora opisującego zaburzenie zatacza okrąg w czasie jednego okresu fali;
- falę spolaryzowaną kołowo można otrzymać przez złożenie dwóch fal o jednakowych amplitudach i częstotliwościach, rozchodzących się w tym samym kierunku, spolaryzowanych liniowo w kierunkach wzajemnie prostopadłych i przesuniętych w fazie o odpowiedni kąt.

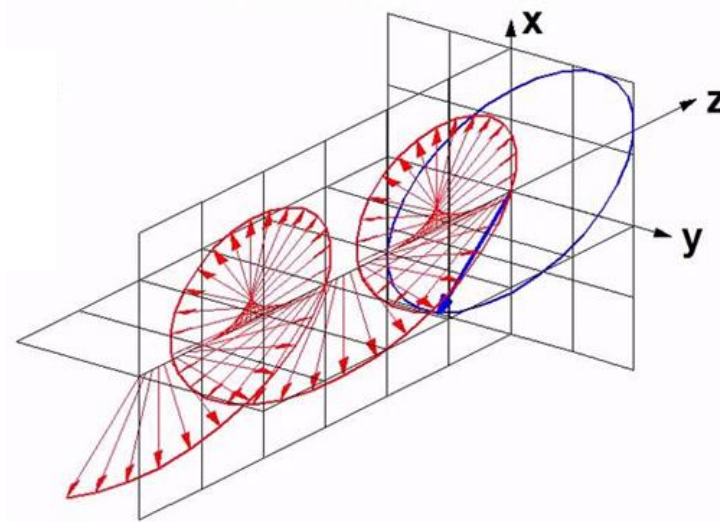


OPTYKA FALOWA 2

Polaryzacja eliptyczna:

- w ustalonym punkcie przestrzeni koniec wektora opisującego zaburzenie zatacza elipsę w czasie jednego okresu fali;
- falę spolaryzowaną eliptycznie można otrzymać przez złożenie fal o jednakowych częstotliwościach, rozchodzących się w tym samym kierunku, spolaryzowanych liniowo w kierunkach wzajemnie prostopadłych, przesuniętych w fazie o odpowiedni kąt, ale o różnych amplitudach;
- można ją również otrzymać przez złożenie fal o polaryzacji liniowej i kołowej.

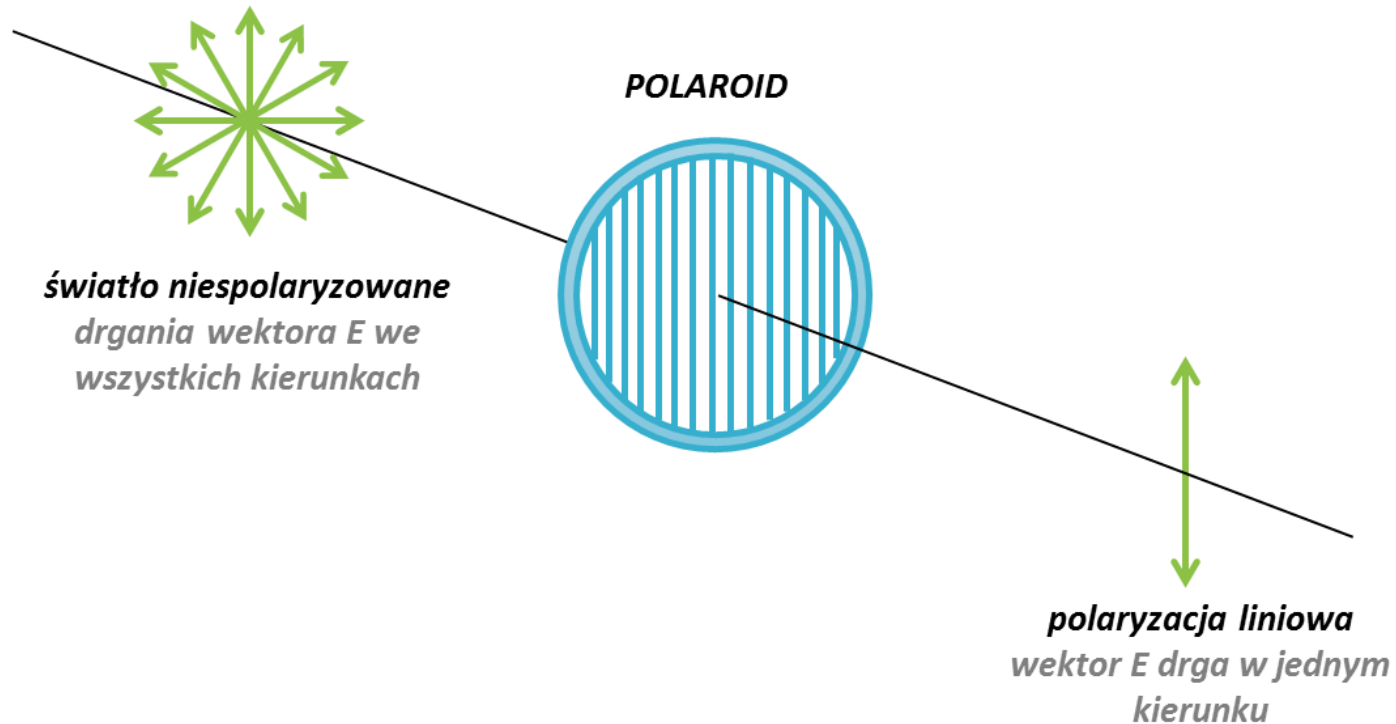
Polaryzacja eliptyczna



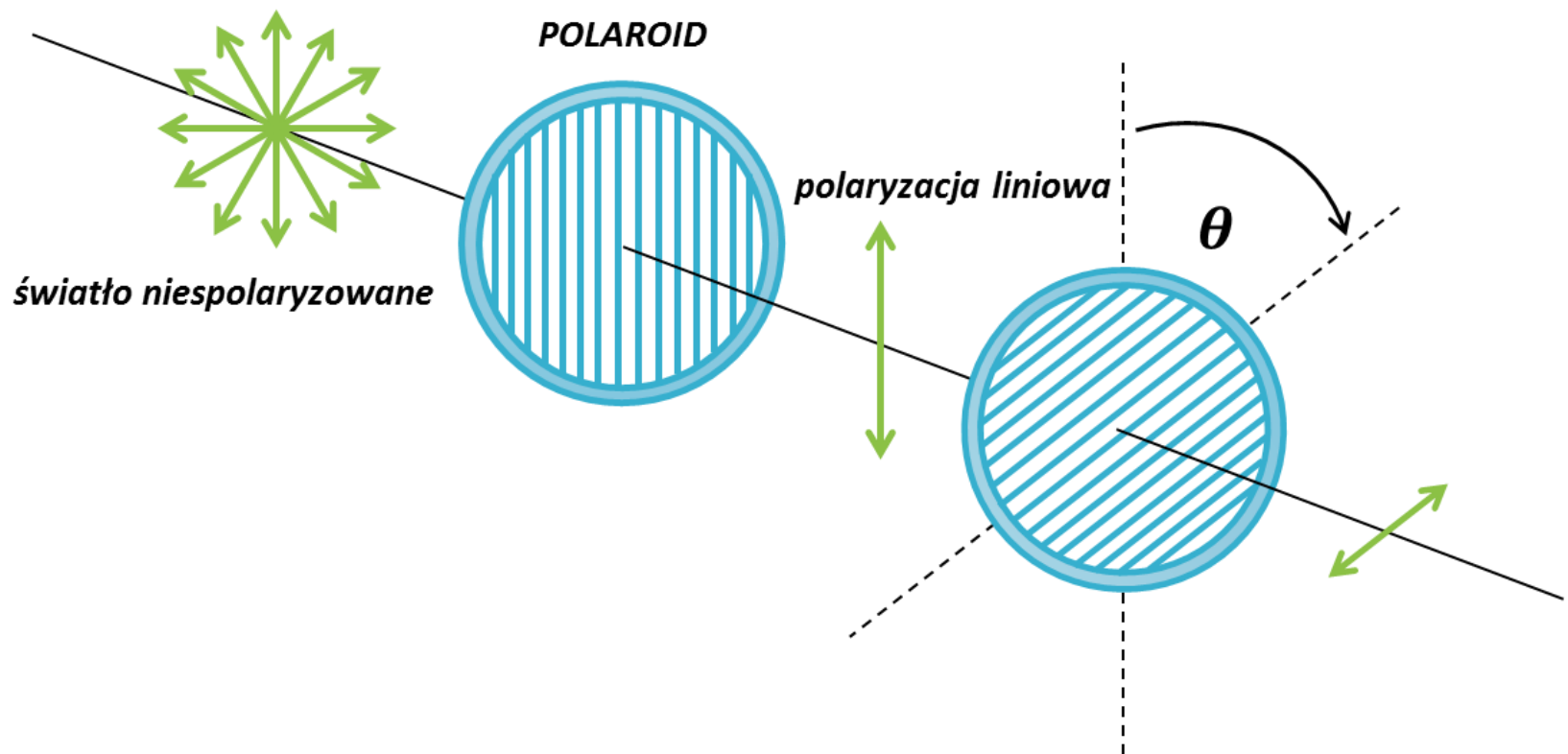
Polaryzacja liniowa i kołowa są szczególnym przypadkiem polaryzacji eliptycznej!

METODY POLARYZACJI ŚWIATŁA – POLAROIDY

Płytki polaryzujące = polaroidy – płytka lub błona, w której cząsteczki ułożone są tak, że tworzą strukturę łańcuchową, która po zabiegach mechanicznych i chemicznych, przepuszcza jedynie składową wektora równoległą do wyróżnionego kierunku w płytce.



PRAWO MALUSA



PRAWO MALUSA

Prawo Malusa – natężenie światła spolaryzowanego liniowo po przejściu przez idealny polaryzator optyczny jest równe iloczynowi natężenia światła padającego i kwadratu cosinusa kąta między płaszczyzną polaryzacji światła padającego a płaszczyzną polaryzacji światła po przejściu przez polaryzator.

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

Gdzie:

I – wypadkowe natężenie światła,

I_0 – natężenie światła padającego,

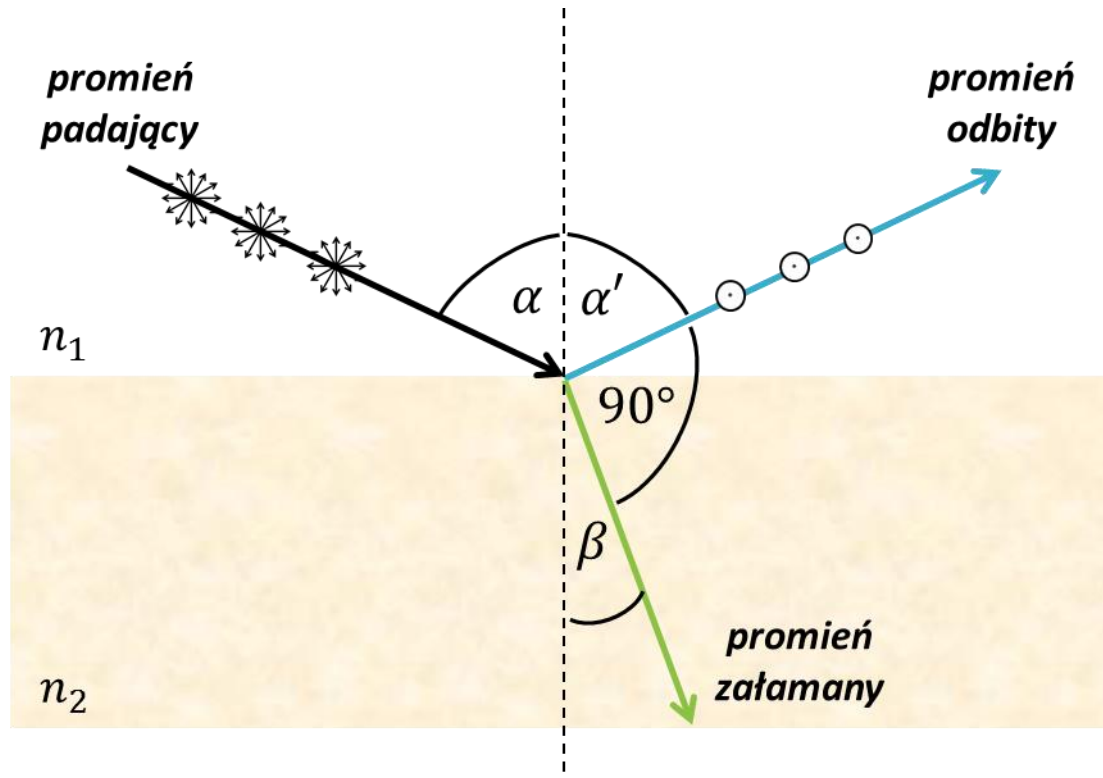
θ – kąt między płaszczyzną polaryzacji światła padającego i płaszczyzną polaryzacji polaryzatora.

Natężenie światła będzie maksymalne dla kąta $\theta = 0^\circ$!

Natężenie światła będzie zerowe dla kąta $\theta = 90^\circ$!

METODY POLARYZACJI ŚWIATŁA – POLARYZACJA PRZEZ ODBICIE

Padając na granice ośrodków światło ulega odbiciu i załamaniu. Wiązka odbita i załamana są częściowo spolaryzowane. Całkowitą polaryzację liniową można uzyskać, gdy promień odbity i załamany utworzą ze sobą kąt prosty.



Kąt Brewstera – kąt padania dla którego promień odbity i załamany tworzą kąt prosty.

KĄT BREWSTERA

$$\frac{\sin \alpha}{\sin(180^\circ - \alpha - 90^\circ)} = \frac{n_2}{n_1}$$

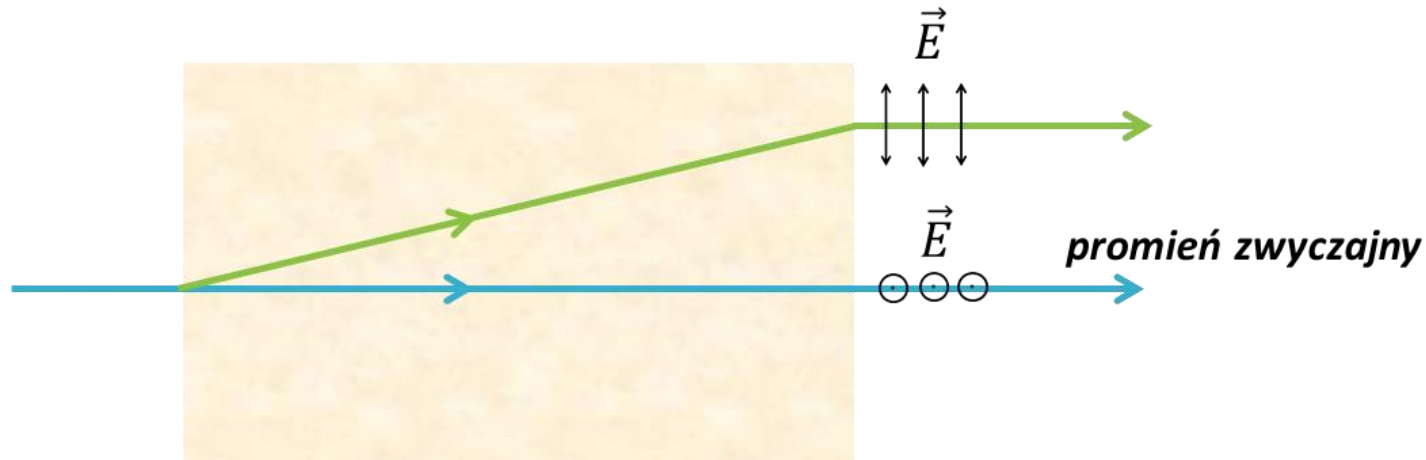
$$\frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

Tangens kąta Brewstera jest równy względnemu współczynnikowi załamania dla granicy ośrodków!

DWÓJŁOMNOŚĆ

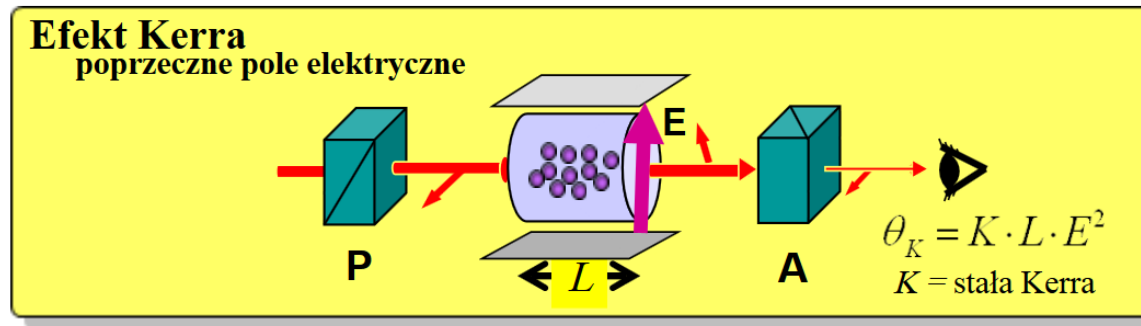
Dwójłomność – zdolność ośrodków optycznych do podwójnego załamывania światła (rozdwojenia promienia świetlnego).



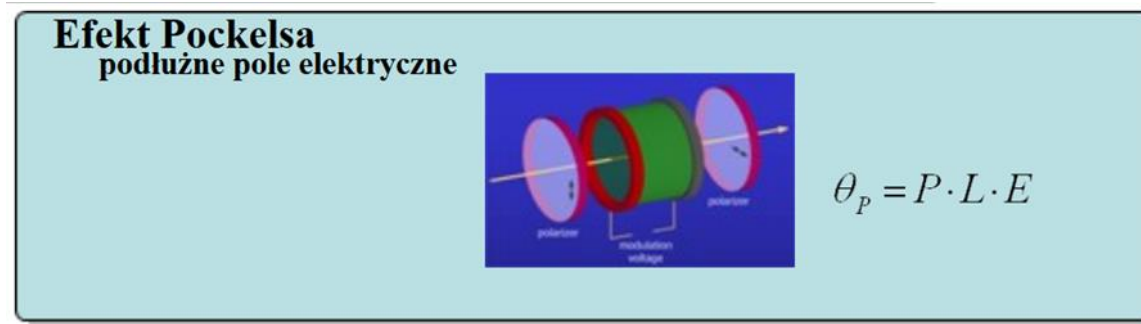
1. Promień nadzwyczajny nie spełnia prawa Snelliusa i nie musi leżeć w płaszczyźnie padania;
2. Może się załamać nawet wówczas, gdy promień pada prostopadle do powierzchni kryształu;
3. Zmiana kierunku promienia nadzwyczajnego, zależy od kierunku osi optycznej w kryształach.

ZJAWISKA ELEKTROOPTYCZNE

Efekt Kerra – powstawanie optycznej dwójłomności wymuszonej w ośrodku pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

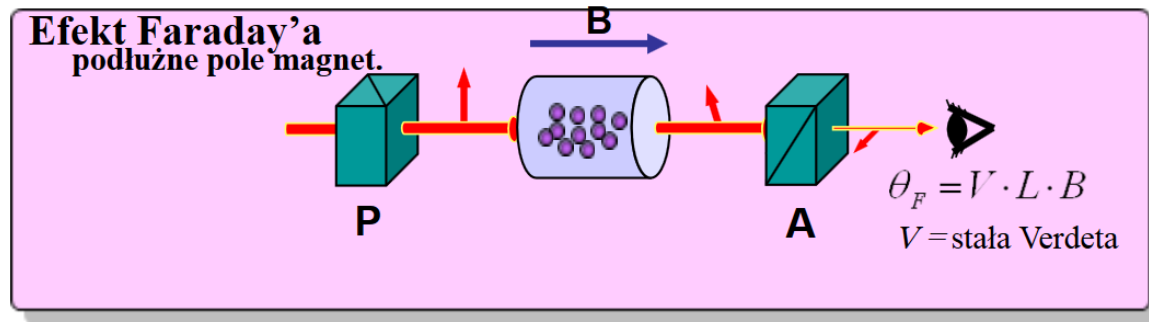


Efekt Pockelsa – zmiana współczynnika załamania kryształu pod wpływem zmian przyłożonego pola elektrycznego. Zmiana dwójłomności jest liniową funkcją natężenia pola elektrycznego. Występuje w kryształach piezoelektrycznych.



ZJAWISKA MAGNETOOPTYCZNE

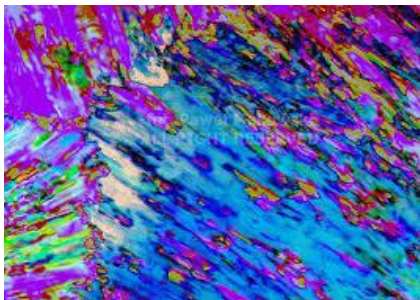
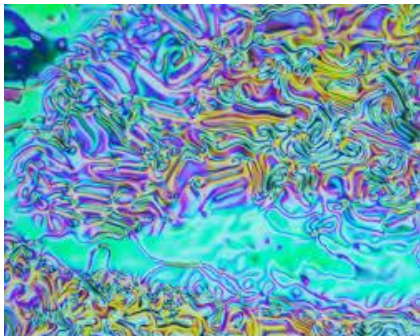
Efekt Faradaya – skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła spolaryzowanego liniowo, biegnącego w ośrodku umieszczonym w silnym polu magnetycznym.



Zjawisko Cottona-Moutona (Voighta) – zjawisko powstawania optycznej dwójłomności wymuszonej w ośrodku spowodowane zewnętrznym polem magnetycznym.

CIEKŁE KRYSZTAŁY

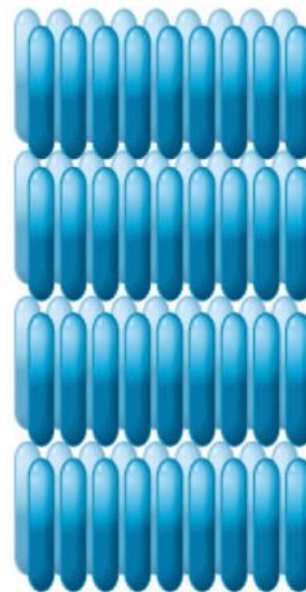
Ciekłe kryształy – substancje, najczęściej organiczne, w stanie łączącym w sobie własności charakterystyczne dla cieczy (płynność) i struktur krystalicznych (uporządkowanie dalekiego zasięgu). Uporządkowanie skutkuje anizotropią właściwości fizycznych, np. optycznych. Stan ciekłokrystaliczny występuje w pewnym zakresie temperatur (poniżej tego zakresu przechodzi w stan krystaliczny, powyżej w normalny stan ciekły).



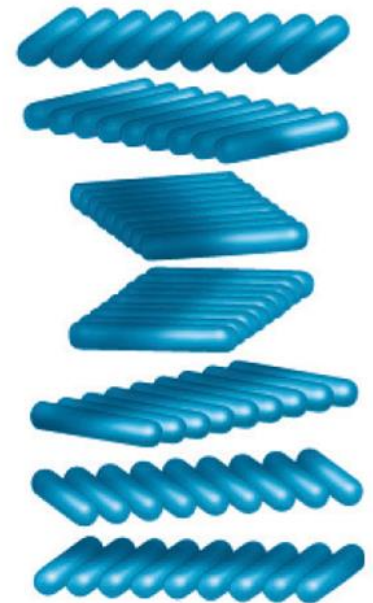
Smektyk



Nematyk



Cholesteryk



WYKORZYSTANIE CIEKŁYCH KRYSTAŁÓW

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne – urządzenie wyświetlające obraz, którego zasada działania oparta jest na zmianie polaryzacji światła na skutek zmian orientacji cząsteczek ciekłego kryształu pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego.

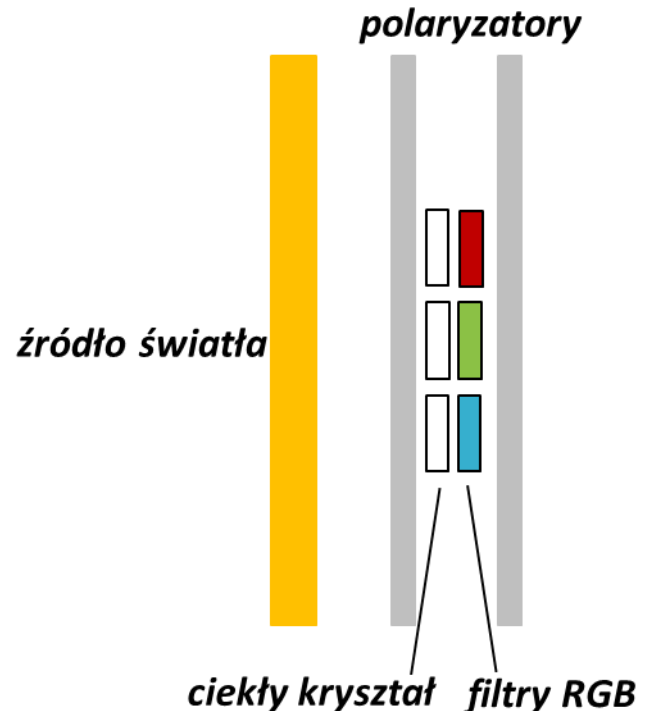
Masowe pamięci komputerowe – zapis informacji odbywa się przez generowanie zmian kierunku uporządkowania przez przyłożenie pola elektrycznego, a kasowanie poprzez proste ogrzewanie nośnika powyżej temperatury izotropizacji – tego rodzaju pamięci masowe, ze względu na komplikacje sprzętowe, przegrały jednak z płytami CD w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku.

Optoelektronika – ciekłe kryształy wykorzystywane jako bramki logiczne oraz generatory i analizatory wyższych harmoniczných światła, które wielokrotnie zwiększają przepustowość informacyjną światłowodów.

WYŚWIETLACZE CIEKŁOKRYSTALICZNE

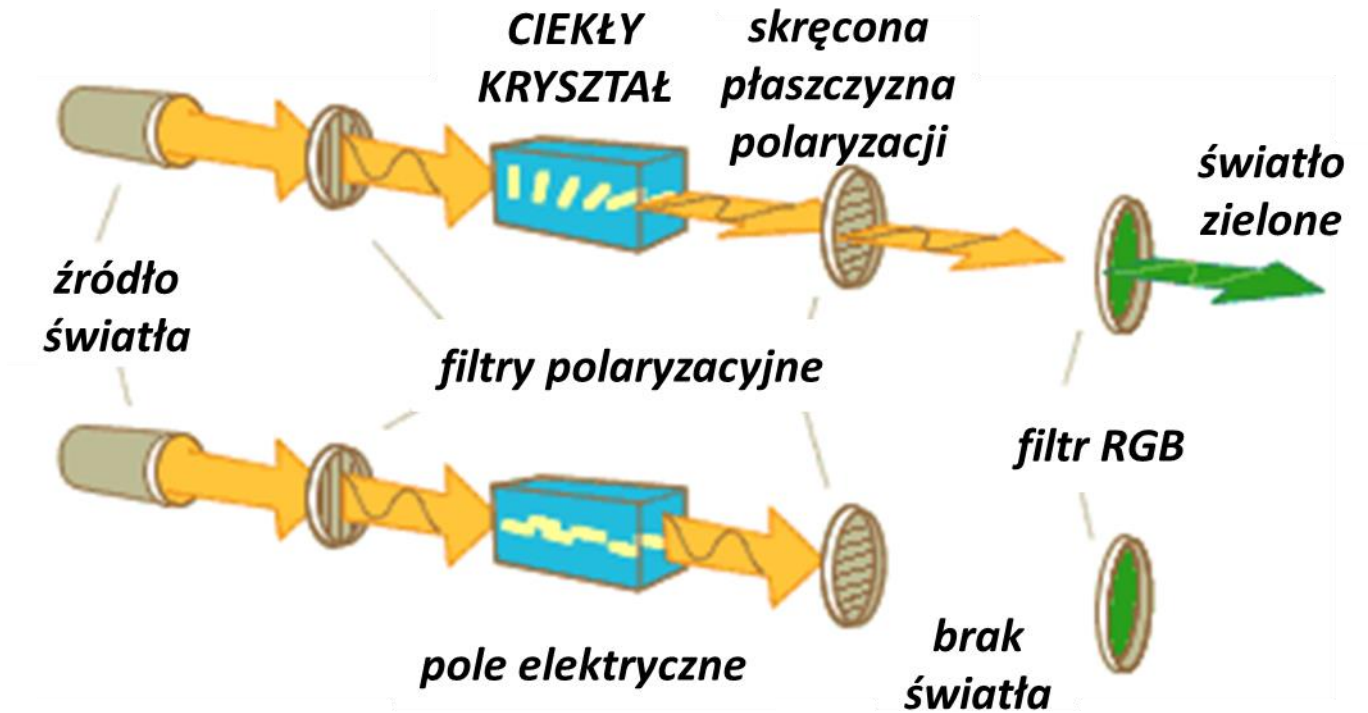
Elementy budowy:

1. Komórka z niewielką ilość ciekłego kryształu;
2. Elektroda będąca źródłem pola elektrycznego działającego bezpośrednio na ciekły kryształ;
3. Dwie cienkie folie, jedna pełni rolę polaryzatora a druga analizatora;
4. Źródło światła.



OPTYKA FALOWA 2

ZASADA DZIAŁANIA



Ciekłe kryształy nematyczne skręcają płaszczyznę polaryzacji. Dobierając odpowiednią grubość warstwy nematyka osiąga się skręcenie tej płaszczyzny o 90° . Dzięki temu padające na analizator światło zostaje przepuszczone i obserwujemy jasny piksel.

Dla umieszczonego w polu elektrycznym nematyka, kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji maleje wraz ze wzrostem pola elektrycznego i piksel staje się coraz mniej przezroczysty.

OPTYKA FALOWA 2

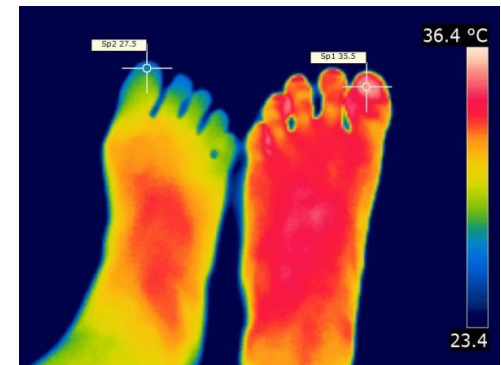
ZJAWISKO TERMOOPTYCZNE

Zjawisko termooptyczne – zmiana koloru odbijanego światła przez materiał w zależności od jego temperatury.

Termometry bezręczowe – proste w użyciu, zwykle pasek folii, niedokładne.

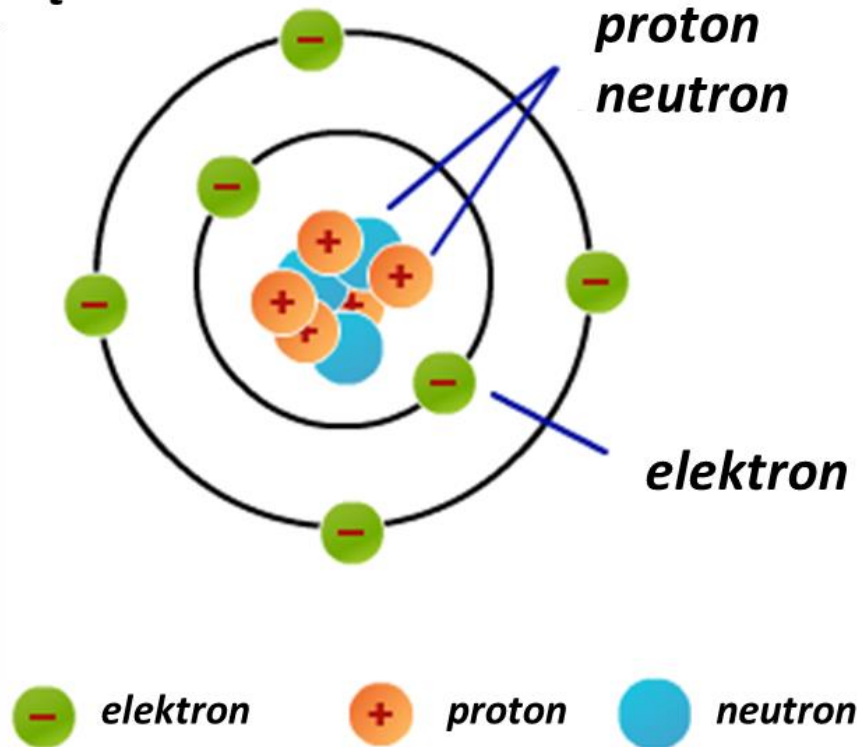
Indykatory temperatury – zmiana koloru przy ściśle określonej temperaturze.

Dodatki do farb i emulsji – dodatki do farb i emulsji, zmieniające kolor pod wpływem temperatury np. w ściemniaczach szyb samochodowych, farbach, którymi pokrywa się zabawki zmieniające barwę w trakcie kąpieli, przy tworzeniu termogramów ciał osób chorych (chore organy zazwyczaj wykazują większe tempo metabolizmu, co objawia się wzrostem temperatury i uwidocznia poprzez zmianę barwy "pomalowanej skóry")



BUDOWA ATOMU

WĘGIEL



$$m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p \approx 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n \approx 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\frac{m_n}{m_e} \approx \frac{m_p}{m_e} \approx 1840$$

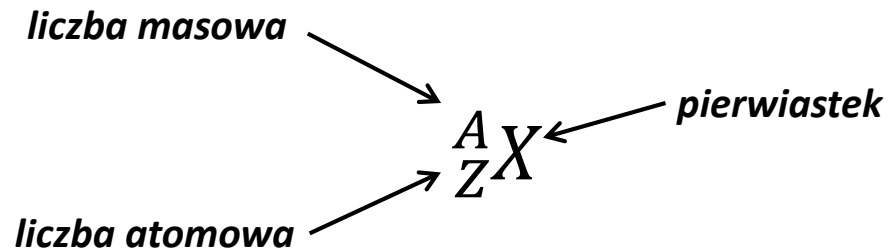
PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

IZOTOPY

Liczba atomowa – liczba protonów w jądrze = liczbie elektronów na orbitach w obojętnym atomie.

Liczba masowa – liczba nukleonów (protonów i neutronów) w jądrze.

Izotopy – jądra o takiej samej liczbie protonów, ale innej liczbie neutronów.



PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

IZOTOPY WĘGLA

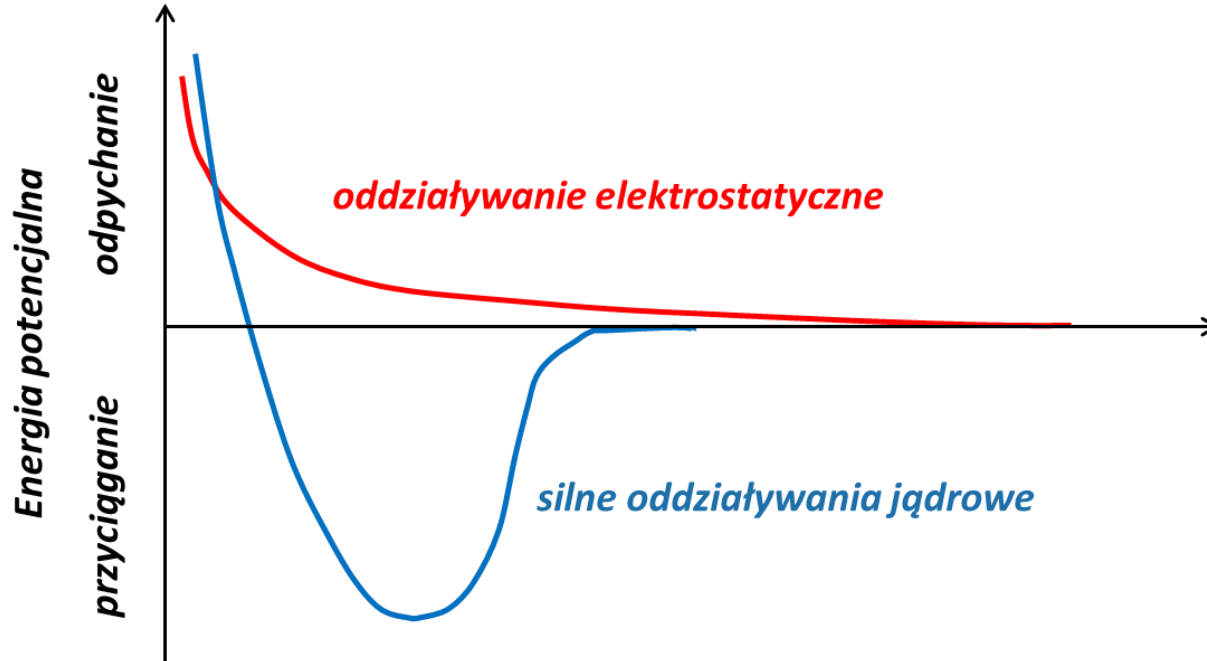
<i>Izotop</i>	<i>Rozpowszechnienie w przyrodzie</i>	<i>Okres połowicznego rozpadu</i>	<i>Typ rozpadu</i>
${}^9_6\text{C}$		127 ms	β^+, α
${}^{10}_6\text{C}$		19,3 s	β^+
${}^{11}_6\text{C}$		20,3 min	β^+
${}^{12}_6\text{C}$	98,9 %		
${}^{13}_6\text{C}$	1,10 %		
${}^{14}_6\text{C}$	1 ppt = 10^{-12}	5730 lat	β^-
${}^{15}_6\text{C}$		2,45 s	β^-

SIŁY JĄDROWE

Siły jądrowe – oddziaływania silne wiążące nukleony w jądrze i przeciwdziałające siłom odpychania elektrostatycznego występującym pomiędzy protonami.

Oddziaływania jądrowe proton-proton, proton-neutron i neutron-neutron są identyczne!

Oddziaływania te nazywamy oddziaływaniami nukleon-nukleon!



DEFEKT MASY JĄDRA

Defekt masy – różnica między sumą mas nukleonów w jądrze a masą jądra.

Przykład 1. Wyznacz defekt masy Δm dla jądra helu ${}^4_2\text{He}$, jeśli wyznaczona doświadczalnie masa tego jądra wynosi $m = 4,0026033 \text{ u}$ (u – jednostka masy atomowej).

$$m_p \approx 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n \approx 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\sum m = 2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n$$

$$\sum m = 2 \cdot (1,673 \cdot 10^{-27} + 1,675 \cdot 10^{-27}) = 6,696 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m = 4,0026033 \text{ u} = 4,0026033 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,644 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

$$\Delta m = 6,696 \cdot 10^{-27} - 6,644 \cdot 10^{-27} = 0,052 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Defekt masy jest świadectwem istnienia energii wiązania jąder!

Wykorzystując fakt równoważności masy i energii możemy ze wzoru Einsteina wyznaczyć energię wiązania jądra!

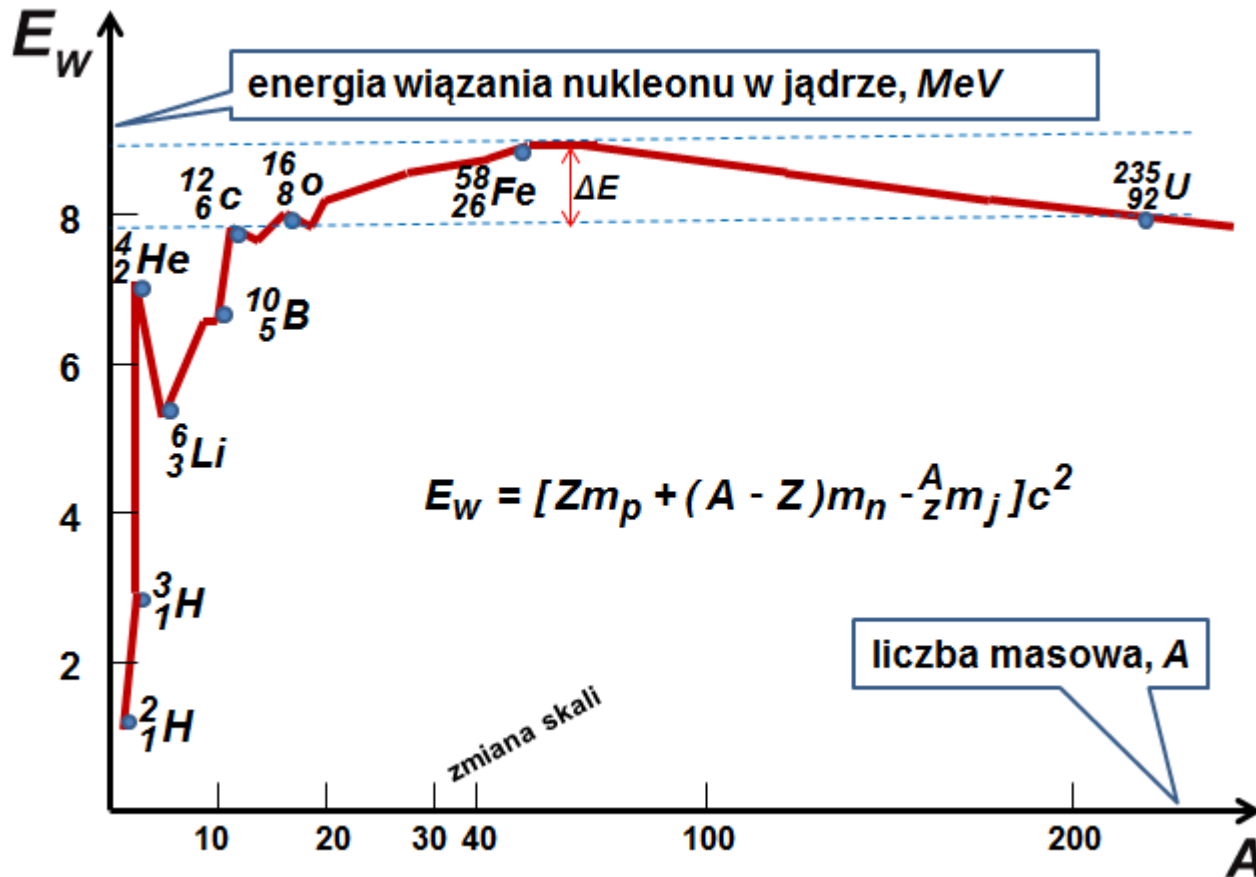
$$\Delta E_w = \Delta m \cdot c^2 = 0,052 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$\Delta E_w = 0,052 \cdot 9 \cdot 10^{-11} \text{ J} = \frac{0,052 \cdot 9 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV}$$

$$\Delta E_w = 0,2925 \cdot 10^8 \text{ eV} = 29,25 \text{ MeV}$$

$$\frac{\Delta E_w}{A} = \frac{29,25}{4} = 7,3125 \text{ MeV}$$

ENERGIA WIĄZANIA NA NUKLEON W JĄDRZE



ROZPADY PROMIENIOTWÓRCZE

Rozpady jądrowe zachodzą, gdy jądro o pewnej liczbie nukleonów znajdzie się w stanie energetycznym, nie będącym najniższym możliwym dla układu o tej liczbie nukleonów.

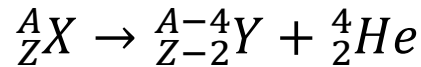
Jądra niestrawne nazywane są jądrami promieniotwórczymi, a ich rozpady rozpadami promieniotwórczymi.

Istnieją trzy rodzaje promieniowania jądrowego:

1. Promieniowanie alfa (α), czyli jądra helu ${}^4_2\text{He}$;
2. Promieniowanie beta (β), czyli elektrony (β^-) lub pozytony (β^+);
3. Promieniowanie gamma, czyli fotony.

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

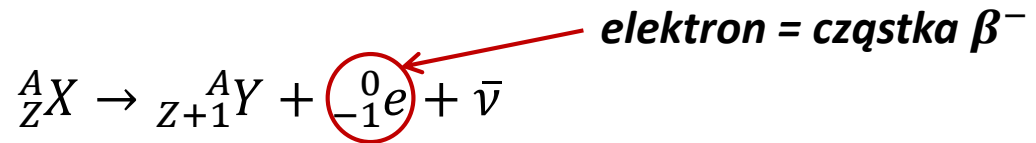
Rozpad alfa:



Rozpad alfa występuje dla jąder ciężkich ($Z \geq 82$)!

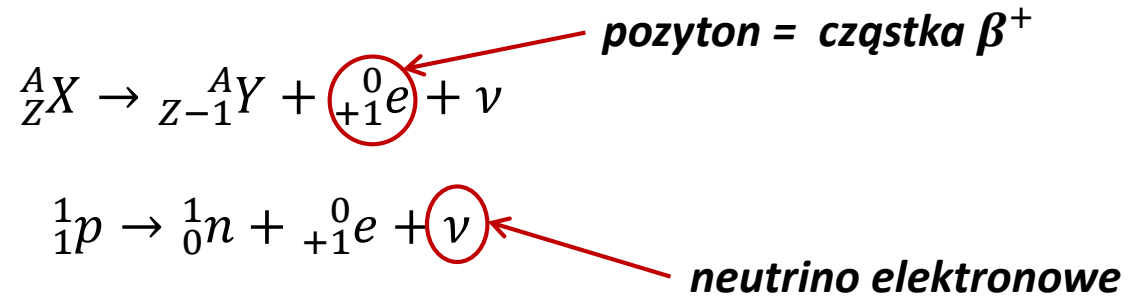
Dla takich jąder energia wiązania pojedynczego nukleonu maleje ze wzrostem liczby masowej (zmniejszenie liczby nukleonów prowadzi do powstania silniej związanego jądra)!

Rozpad beta minus:



Zachodzi dla jąder posiadających nadmiar neutronów!

Rozpad beta plus:



Zachodzi dla jąder posiadających nadmiar protonów!

PROMIENIOWANIE GAMMA

Rozpadom alfa i beta towarzyszy zazwyczaj emisja wysokoenergetycznego promieniowania elektromagnetycznego zwanego promieniowaniem gamma!

Promieniowanie γ :

- samoczynna emisja następuje przy przejściu jądra ze stanu wzbudzonego (nadmiar energii) do stanu podstawowego
- posiada widmo liniowe
- ma bardzo wysoka energię, zwykle znacznie wyższą od energii fotonów emitowanych przez wzbudzone atomy (promieniowanie X)

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

PRAWO ROZPADU PROMIENIOTWÓRCZEGO

Prawo rozpadu promieniotwórczego pozwala określić, jak zmienia się w czasie liczba jąder izotopu promieniotwórczego na skutek zachodzących rozpadów!

Liczba jąder promieniotwórczych dN rozpadających się w czasie dt :

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$$

Gdzie:

N — początkowa liczba jąder,

λ — stała rozpadu promieniotwórczego, liczba jąder rozpadających się w jednostce czasu.

Znak „ $-$ ” oznacza, że liczba jąder izotopu promieniotwórczego maleje w czasie!

$$\frac{dN}{N} = -\lambda \cdot dt$$

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

$$\frac{dN}{N} = -\lambda \cdot dt$$

$$\int_{N(0)}^{N(t)} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

$$\ln N(t) - \ln N(0) = \ln \frac{N(t)}{N(0)} = -\lambda \cdot t$$

$$\frac{N(t)}{N(0)} = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Prawo rozpadu promieniotwórczego:

$$N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Czas połowicznego rozpadu – czas, po którym połowa spośród początkowej liczby jąder ulegnie rozpadowi

$$t = T_{1/2}$$

$$N(t) = \frac{1}{2} \cdot N(0)$$

$$\frac{1}{2} \cdot N(0) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot T_{1/2}}$$

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

$$\ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot T_{1/2}$$

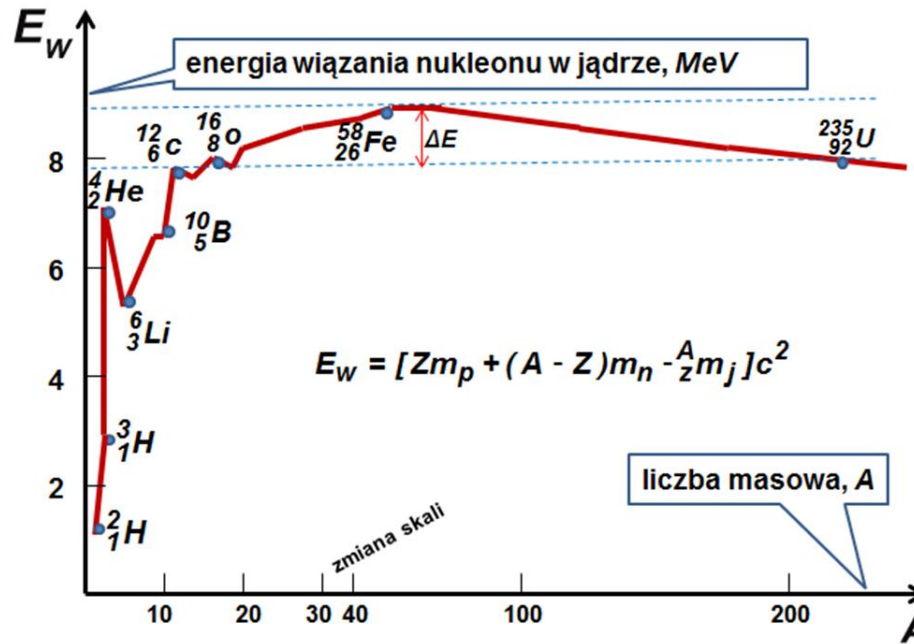
Czas połowicznego rozpadu:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Czasy połowicznego rozpadu pierwiastków zmieniają się w bardzo szerokim przedziale!

<i>Izotop</i>	<i>$T_{1/2}$ typ rozpadu</i>	<i>Ważne informacje</i>
^{14}C	5730 lat β^-	<ul style="list-style-type: none"> • produkowany w górnych warstwach atmosfery ziemskiej • stosowany do datowania radiowęglowego obiektów archeologicznych
^{238}U	4,5 mld lat α	<ul style="list-style-type: none"> • na jego przykładzie wykryto zjawisko promieniotwórczości naturalnej • stosowany do datowania w skali geologicznej
^{214}Po	139 dni α	<ul style="list-style-type: none"> • najtrwalszy izotop polonu • odkryty przez MSC (wraz z ^{226}Ra) jako jeden z produktów przemian jądrowych ^{238}U
^{235}U	700 mln lat α	<ul style="list-style-type: none"> • używany jako paliwo w reaktorach oraz materiał rozszczepialny w bombach atomowych
^3H	12,3 lat β^-	<ul style="list-style-type: none"> • stosowany do znakowania związków chemicznych • stosowany jako paliwo w reaktorze termojądrowym i bombie wodorowej
^{60}Co	5,3 lat β^- oraz 2γ	<ul style="list-style-type: none"> • był stosowany w radioterapii • stosowany do sterylizacji żywności, radiografii strukturalnej

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ



Energia wiązania/nukleon wzrasta z liczbą masową aż do liczby masowej (A) ok. 50, bo nukleon jest przyciągany przez coraz większą liczbę sąsiednich nukleonów!

Jednak dla większych A , energia wiązania na nukleon maleje ze wzrostem liczby masowej!

Siły jądrowe mają bardzo krótki zasięg, a wraz ze wzrostem liczby nukleonów, rosną rozmiary jądra i odległości między poszczególnymi nukleonami (słabsze przyciąganie)!

REAKCJA ROZSZCZEPIENIA

1. Jeżeli ciężkie jądro rozdzielimy na dwie części, to powstałe dwa mniejsze jądra są silniej wiązane od jądra wyjściowego, muszą mieć zatem sumaryczną masę mniejszą niż masa jądra ulegającego rozszczepieniu!
2. Podczas rozszczepienia jądra ciężkiego wydzielą się energia, co wykorzystuje się w reaktorach jądrowych!
3. Spontaniczne rozszczepienia naturalnego jądra są zwykle mniej prawdopodobne niż rozpady α , ale prawdopodobieństwo reakcji można zwiększyć bombardując jądra neutronami o odpowiedniej energii, co robi się w przypadku ^{235}U i ^{239}Pu .
4. Jądra ciężkie mają więcej neutronów niż protonów, lekkie porównywalną. Jeśli dojdzie do rozszczepienia jądra ciężkiego, tych kilka nadmiarowych neutronów może zostać wyzwolonych i podtrzymać reakcję rozszczepienia, która staje się wówczas procesem samopodtrzymującym (reakcja łańcuchowa)!

PODSTAWY FIZYKI JĄDROWEJ

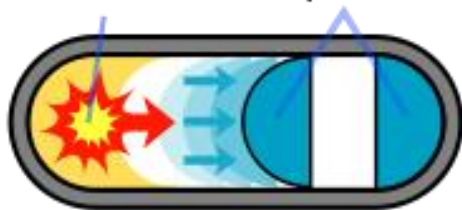
Masa krytyczna – ilość materiału rozszczepialnego powyżej której może zajść reakcja łańcuchowa

Kontrolowana reakcja łańcuchowa – liczba rozszczepień na jednostkę czasu utrzymywana jest na stałym poziomie

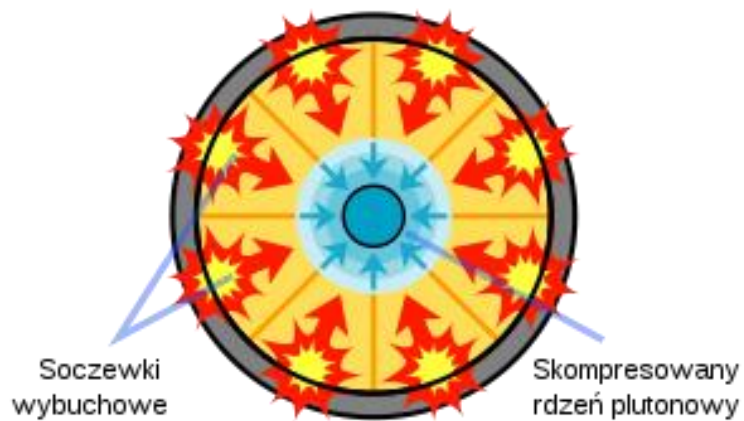
Lawinowa reakcja łańcuchowa – neutrony powstałe w wyniku jednego rozszczepienia wywołują więcej niż jedną wtórna reakcję rozszczepienia, materiału rozszczepialnego musi odpowiadać masie nadkrytycznej.

BOMBA ATOMOWA

Konwencjonalny ładunek wybuchowy Podkrytyczne masy U-235
zostają złożone w całość



Metoda działa



Metoda implozyjna

