

Tutaj robimy ściągę dla FIZYKI 1.1A WYKŁAD/EGZAMIN

---FALE

1. Fale mechaniczne.

Przykłady: fale na wodzie, fale dźwiękowe, fale sejsmiczne.

Podlegają zasadom dynamiki Newtona i mogą istnieć wyłącznie w jakimś ośrodku materialnym: w wodzie, w powietrzu, w skale.

2. Fale elektromagnetyczne.

Przykłady: światło widzialne i nadfioletowe, fale radiowe i telewizyjne, mikrofały, promieniowanie rentgenowskie.

Fale te nie potrzebują żadnego ośrodka materialnego do swojego istnienia.

Wszystkie fale elektromagnetyczne poruszają się w próżni z tą samą prędkością c równą: $c = 299792458 \text{ m/s}$

3. Fale grawitacyjne.

Jeszcze nie potwierdzone doświadczalnie

Fale poprzeczne i podłużne $y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t)$

Fazą fali nazywamy argument $kx - \omega t$

Długością fali λ nazywamy odległość

(mierzoną równoległe do kierunku rozchodzenia się fali)

między kolejnymi powtórzeniami kształtu fali.

Wielkość k nazywamy liczbą falową;

jednostką liczby falowej w układzie SI jest radian na metr

$k = 2\pi/\lambda$ (liczba falowa)

$\omega = 2\pi/T$ (częstość kołowa)

Równanie fali:

$$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t)$$

Fale stojące:

$$\begin{aligned} y_1 &= A \sin(kx - \omega t) \\ y_2 &= A \sin(kx + \omega t) \end{aligned} \Rightarrow y = y_1 + y_2 = 2A \sin kx \cos \omega t$$

Prędkość dźwięku w powietrzu w zależności od temperatury:

$$v = 331 \text{ m/s} \sqrt{1 + \frac{T_{\text{°C}}}{273^{\text{°C}}}}$$

--Termodynamika

Termodynamika opisuje ogólne prawa przemian energetycznych w układach makroskopowych. Określa kierunki procesów zachodzących w przyrodzie w sposób samorzutny, jak i stanów końcowych, do których te procesy zdążają w danych warunkach.

Układ makroskopowy – układ opisywany wielkościami makroskopowymi, dającymi się zdefiniować bez wprowadzania pojęcia atomu i cząsteczki. Do wielkości makroskopowych należą m. in. temperatura, ciśnienie, skład chemiczny, ciepło właściwe.

Układ otwarty - jest to układ, w którym podczas przemiany może dojść do wymiany z otoczeniem zarówno energii jak i masy substancji reagujących.

Układ zamknięty - jest to układ, dla którego możliwa jest wymiana energii z otoczeniem, masa nie jest wymieniana

Układ izolowany – układ, gdzie i energia i masa nie są wymieniane z otoczeniem.

Zerowa zasada termodynamiki

Jeśli dwa układy A i B są w równowadze cieplnej z trzecim układem C, to są one w równowadze cieplnej ze sobą.

Układ C jest *termometrem*

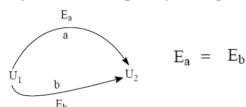
ZZT pozwala zdefiniować operacyjne pojęcie temperatury:

I ZASADA TERMODYNAMIKI

W układzie izolowanym (niewymieniającym energii i masy z otoczeniem) całkowita ilość energii jest stała.

Energia wewnętrzna – suma energii ruchów cząsteczek i atomów: translacyjnych, oscylacyjnych i rotacyjnych, energii oddziaływań pomiędzy elektronami, jądrami oraz nukleonami.

Energia wewnętrzna jest **funkcją stanu**. Nie zależy od drogi, a zależy jedynie od stanu początkowego i końcowego.



Zmiana energii wewnętrznej może nastąpić na skutek wymiany ciepła i pracy z otoczeniem. Ciepło i praca dostarczone do układu są dodatnie, oddane przez układ do otoczenia – ujemne.

$$\Delta E_w = E_{w,końc} - E_{w,pocz} = Q - W \quad (\text{pierwsza zasada termodynamiki}).$$

Przemiana	Warunek	Wynik
Adiabatyczna	$Q = 0$	$\Delta E_w = -W$
Stała objętość	$W = 0$	$\Delta E_w = Q$
Cykl zamknięty	$\Delta E_w = 0$	$Q = W$
Rozprężanie swobodne	$Q = W = 0$	$\Delta E_w = 0$

Zasada ekwipartycji energii:

dostępna energia jaką dysponuje cząsteczka rozkłada się "po równo" na wszelkie możliwe stopnie swobody. Na jeden stopień swobody przypada energia równa $kT/2$, więc energia cząsteczki z f stopniami swobody jest równa:

$$\langle E \rangle = f k T / 2$$

2 zasada dynamiki

Entropia układu zamkniętego wzrasta w przemianach nieodwracalnych i nie zmienia się w przemianach odwracalnych.
Entropia nigdy nie maleje.

$$\Delta S \geq 0 \quad (\text{druga zasada termodynamiki})$$

Perpetuum mobile drugiego rodzaju: silnik cieplny pobierający energię cieplną z układu i w całości przekształcający ją na pracę.

II zasada termodynamiki:

Nie istnieje perpetuum mobile drugiego rodzaju

W izolowanym układzie termodynamicznym istnieje funkcja stanu S zwana entropią. Entropia S izolowanego układu termodynamicznego nie maleje, tj. $dS \geq 0$.

III zasada termodynamiki

Entropia S substancji czystych (pierwotków bez zanieczyszczeń) spełnia relację

$$\lim_{T \rightarrow 0 \text{ K}} S(T) = 0.$$

- Nieosiągalność zera bezwzględnego: Nie można osiągnąć zera bezwzględnego przez skończoną liczbę kroków.
- Nieosiągalność zera bezwzględnego: Nie można osiągnąć zera bezwzględnego przez skończoną liczbę kroków.

Równanie Clapeyrona, równanie gazu doskonałego:

$$pv = nRT \quad \text{lub} \quad pV = RT$$

gdzie: p – ciśnienie v – objętość V – objętość molowa n – liczba moli gazu, będąca miarą liczby jego cząsteczek; $n = v/V$ T – temperatura (bezwzględna),

$T [K] = t [^{\circ}C] + 273,15$ R – uniwersalna stała gazowa: $R = N_A k_B$, gdzie:

N_A – stała Avogadra (liczba Avogadra), k_B – stała Boltzmanna, $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

Ciepło właściwe można zdefiniować jako ilość ciepła potrzebną do ogrzania jednego kilograma danej substancji o jeden stopień. Ciepło molowe natomiast jest równe ilości ciepła potrzebnego do ogrzania jednego mola substancji o jeden stopień.

Założenia rozkładu maxwella boltzmanna:

1. Są spełnione zasady zachowania: pędu, momentu pędu, energii, ładunku
2. Wszystkie przemiany fizyczne zachodzą ciągle w czasie i przestrzeni
3. obliczenia statystyczne przeprowadzono przy założeniu rozróżnialności cząsteczek
4. Każda cząstka może mieć dowolne wartości współrzędnych i predkości, niezależnie od wartości współrzędnych i predkości innych cząsteczek.

Każde jądro atomowe składa się z dwóch rodzajów nukleonów (protonów i neutronów)

Nuklidy to jądra większe niż nukleony. X_{az} , a -liczba masowa, z -liczba atomowa

$A-Z$ =liczba neutronów. **Energia wiązania** = praca potrzebna do rozdzielenia jądra

Atomowego. **Model kroplowy** – jądro jest konfiguracją ciasno ułożonych nukleonów

W którym każdy oddziałuje z sąsiadem. **Model powłokowy** – nawiązuje do modelu

Powłokowego atomu. Powstał bo istnieją jądra o liczbach masowych 2,8,20,50,82,126.

Są one bardzo trwałe a liczbe nazywamy magicznymi. **Promieniotwórczość naturalna**-samorzutna emisja cząsteczek α oraz promieniowania β i γ z jąder atomowych. Prowadzi ona do przekształcenia się tych jąd w jądra innych pierwiastków. **Rozpad α** - polega na swobodnej emisji jąder helu. Charakterystyczny dla jąd ciężkich o liczbie masowej $A > 200$.

Ouszczając jądro cząsteczka musi pokonać barierę potencjału. Siły wiązania i siły odpychania

Siły kolumbowskiej. Wysokość bariery potencjału jest większa niż energia którą posiada cząstka

Rozpad β -Rozpady β i β^- są związane z przemianami w jądrze atomu. Niespełnianie

Zasad zachowania pędu i energii doprowadziło do powstania cząstki neutrino, która nie posiada

ładunku i posiada znikomą masę. **Rozpad γ** -Wzbudzone jądro X powracając do stanu

Początkowego emituje promieniowanie γ , promieniowanie γ to strumień fotonów o energiach

Od 1 MeV do 1 GeV.

--Fizyka atomowa

Energia jonizacji to energia potrzebna do usunięcia najstabiliej związanego elektronu z atomu.

- każde jądro atomowe składa się z dwóch rodzajów **nukleonów**: protonów i neutronów, wiązanych siłami jądrowymi
- **nuklidy** to jądra większe niż nukleon

Z

Z - liczba atomowa - liczba protonów w jądrze równa liczbie porządkowej pierwiastka w układzie okresowym

$A-Z$ - liczba neutronów

11 ~

A - liczba masowa - sumaryczna ilość protonów i neutronów wchodzących w skład jądra

7

$^{17}_6\text{C}$

izotop węgla składający się z 6 protonów i 8 neutronów

Do określenia masy atomu stosuje się jednostkę masy atomowej u

$$u = \frac{1}{12} M_{^{12}_6\text{C}} = 1,66053 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Masa [10^{-30} kg]		
elektron	proton	neutron
0,9109	1672,62	1674,50

Gęstość materii jądrowej $\rho \sim 10^{17} \text{ kg/m}^3$, stała dla wszystkich jąder

Średni promień dla wszystkich jąder

$$R \approx (1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}) A^{1/3}$$

1 fermi = 1 fm = 10^{-15} m

A – liczba masowa

▪ **energia wiązania** jądra atomowego jest to praca jaką należy wykonać, aby rozdzielić jądro atomowe na swobodne nukleony bez nadania im energii kinetycznej

▪ **defekt masy** – masa jądra atomowego jest zawsze mniejsza od sumy mas swobodnych neutronów i protonów wchodzących w jego skład; jest to wynikiem wydzielania się energii podczas tworzenia się jądra

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n - M]$$

m_p, m_n, M – masy protonu, neutronu i jądra

▪ z równości Einsteina: $\Delta E = E_w = \Delta mc^2$

▪ zamiana masy w energię potencjalną zwaną **energiją wiązania jądra atomowego**

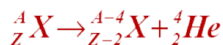
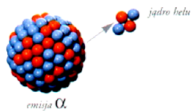
1 jednostka masy atomowej odpowiada $1,491 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 931,44 \text{ MeV}$

Model kropkowy – jądro jest konfiguracją ciasno ułożonych protonów i neutronów, z których każdy oddziałuje tylko z najbliższymi sąsiadami. Z tego modelu można przewidzieć np.: rozszczepienie jąder ciężkich i obliczyć energię wyzwoloną podczas tego procesu.

Model powłokowy – powstał przez analogię do powłokowej budowy atomu. Model powłokowy – powstał przez analogię do powłokowej budowy atomu. Przyczyną stworzenia tego modelu było to, że jądra mające 2, 8, 20, 50, 82, 126 nukleonów jednego rodzaju, są bardzo trwałe. Liczby te nazywamy *magicznymi*. Odkrycie liczb magicznych sugerowało istnienie wewnątrz jądra powłok związanych z określonymi stanami energetycznymi jądra. Nukleony znajdują się na poziomach scharakteryzowanych przez określone liczby kwantowe i obsadzają ją zgodnie z zasadą Pauliego, przy czym protony i neutrony zapożyczają oddzielnie układy poziomów.

Promieniotwórczość naturalną nazywa się samorutną emisję cząstek α (jądra helu), oraz promieniowania β (elektrony lub pozytony) i γ (fotony) z jąder atomowych. Prowadzi ona do przekształcenia się tych jąder w jądra innych pierwiastków.

Rozpad α



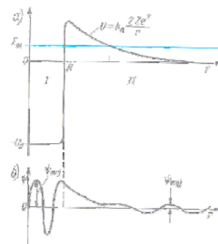
▪ rozpad α polega na samorutnej emisji jąder helu - ${}^4_2 \text{He}$

▪ rozpad ten jest charakterystyczny dla ciężkich jąder o liczbach masowych $A > 200$

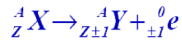
▪ przy opuszczaniu jądra cząstka musi pokonać barierę potencjału wytworzoną przez działanie wiążących sił jądrowych i odpychającej siły kulombowskiej.

▪ wysokość tej bariery jest większa niż energia jaką posiada cząstka α . Np.: wysokość bariery dla jąder uranu wynosi ok. 30 MeV, a energia emitowanych cząstek α nie przekracza 10 MeV.

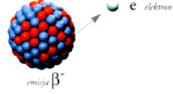
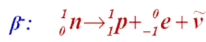
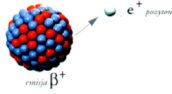
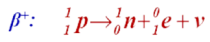
▪ rozpad α zachodzi w wyniku tunelowego przejścia cząstki α przez barierę potencjału



Rozpad β

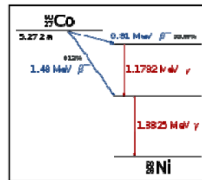
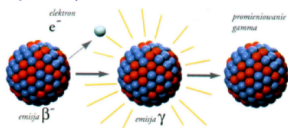


- rozpady β^+ i β^- są związane z przemianami w jądrze atomowym:

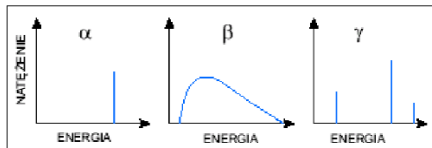


- niepełnienie zasad zachowania pędu i energii doprowadziło do hipotezy *neutrino* – cząstki nie posiadającej ładunku, o znikomej masie, unoszącej energię podczas rozpadu β (Pauli 1930)

Rozpad γ



- wzbudzone jądro (A^*) powracając do stanu podstawowego, emituje promieniowanie γ
- promieniowanie γ jest to strumień fotonów o energiach od 1 MeV do 1 GeV. Energie te są o kilka rzędów większe od energii fotonów światła widzialnego np.: energia fotonów światła fioletowego o dł. Fali $\lambda=0,38 \mu\text{m}$ wynosi 3,26 eV
- energia promieniowania γ nie powoduje zmiany liczby protonów ani neutronów w jądrze atomowym, a tym samym nie zmienia jego ładunku ani liczby masowej
- cząstka α emitowana w danym rozpadzie ma zawsze jedną, dobrze określoną energię
- w rozpadzie β ze względu na istnienie trzeciej cząstki ν (neutrino) energie cząstek zmieniają się od zera do energii maksymalnej rozpadu
- w przemianach γ jądro, przechodząc z jednego poziomu wzbudzenia na drugi, może emitować szereg kwantów o różnych energiach.



Reakcjami jądrowymi nazywa się przemiany jąder atomowych wywołane ich wzajemnym oddziaływaniem lub ich oddziaływaniem z cząstkami elementarnymi



- $a, b \rightarrow n, p, \alpha, \gamma$ i in. Q – wydzielona energia

$$Q = (M_X + M_a)c^2 - (M_Y + M_b)c^2$$

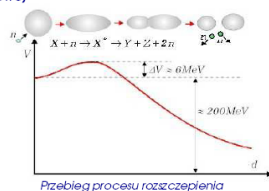
- $Q > 0$ – reakcje egzoenergetyczne ${}_1^3\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n + 17,6 \text{ MeV}$
 - $Q < 0$ – reakcje endoenergetyczne ${}_2^4\text{He} + {}_7^{14}\text{N} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + p + (-1,19 \text{ MeV})$
- Minimalna energia potrzebna do wywołania takiej reakcji nazywa się **energią progową**

Rozszczepienie jąder atomowych



- ponieważ w pojedynczej reakcji rozszczepienia powstaje średnio 2,5 neutronów, to jest to reakcja powielająca liczbę swobodnych neutronów w układzie, które mogą być wykorzystane do podtrzymania **reakcji łańcuchowej**

- w tej reakcji wydzielą się energia około 200 MeV – głównie kinetyczna energia produktów rozszczepienia (energia promieniowania stanowi około 12% całości)
- dla porównania, energia powstająca przy spalaniu jednego atomu węgla, to zaledwie około 6 eV



Zasada nieoznaczoności Heisenberga

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar,$$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar,$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \geq \hbar.$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}.$$

$$\hbar = h/2\pi$$

Jednostki

Energia-electrono-volt

1 electrono-volt = energia kinetyczna elektronu w różnicy potencjału

1 Volta:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joules}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{hr} = 3.6 \times 10^6 \text{ Joules} = 2.25 \times 10^{25} \text{ eV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}, 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}, 1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV}$$

Masa -eV/c²

$$1 \text{ eV}/c^2 = 1.78 \times 10^{-36} \text{ kg}$$

$$\text{electron mass} = 0.511 \text{ MeV}/c^2$$

$$\text{proton mass} = 938 \text{ MeV}/c^2 = 0.938 \text{ GeV}/c^2$$

$$\text{neutron mass} = 939.6 \text{ MeV}/c^2$$

Pęd -eV/c:

$$1 \text{ eV}/c = 5.3 \times 10^{-28} \text{ kg m/s}$$

Odległość

$$1 \text{ femtometer ("Fermi")} = 10^{-15} \text{ m}$$

Prawo rozpadu promieniotwórczego

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N \quad \text{lub} \quad \Delta N = -\lambda N \Delta t$$

λ - stała rozpadu

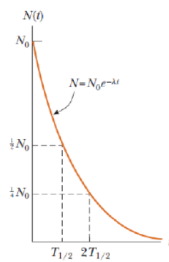
$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$$

chwilowa liczba jąder radioaktywnych

początkowa liczba jąder radioaktywnych

Liczba jąder radioaktywnych maleje wykładniczo z czasem

$T_{1/2}$ - czas połowicznego rozpadu (czas po jakim rozpadowi uległa połowa jąder)



$$N_0 / 2 = N_0 \exp(-\lambda T_{1/2}) \rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Modele jądra atomowego

Model kropłowy, model powłokowy, model kolektywny

Model kropłowy:

Model kropłowy, zaproponowany przez N. Bohra w 1939 r., powstał na gruncie podobieństw między jądrem atomowym a kroplą cieczy, takich jak:

- stała gęstość materii jądrowej i energii wiązania na jeden nukleon,
- stała gęstość cieczy niesciśliwej i stała jej energia wiązania na jednostkę objętości.

W modelu kropłowym przyjmuje się, że jądro w przybliżeniu jest kulą, której gęstość jest wewnątrz stała i raptownie spada do zera przy przekraczaniu powierzchni. Promień kuli jest proporcjonalny do $A^{1/3}$, pole powierzchni do $A^{2/3}$, a objętość kuli zaś do A .

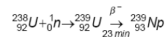
Energia wiązania w pierwszym przybliżeniu:

$$E_w \approx \alpha A$$

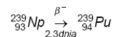
Reakcje rozszczepienia

Spośród wszystkich cząstek wywołujących reakcje jądrowe, najbardziej skuteczne są neutrony. Wzbudzone jądro, które powstaje w wyniku wychwytu neutronu, ulega różnym przemianom jądrowym z których najważniejsze to reakcje typu (n,α), (n,p), (n,2n).

Absorpcja powolnych neutronów przez najbardziej rozpowszechniony izotop uranu $^{238}_{92}\text{U}$ prowadzi do powstania radioaktywnego izotopu $^{239}_{93}\text{U}$, który ulegając przemianie β^- przekształca się w izotop neptunu $^{239}_{93}\text{Np}$:



Z kolei jądro izotopu $^{239}_{93}\text{Np}$ o okresie połowicznego rozpadu 2,3 dnia, przekształca się w pluton $^{239}_{94}\text{Pu}$ według reakcji



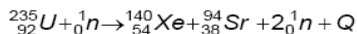
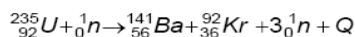
Rozpad ciężkich jąder atomowych na dwie części jest korzystny energetycznie. Od A 60, energia ta maleje ze wzrostem A.

Dla ciężkiego jądra uranu wynosi około 7.6 MeV, podczas gdy dla jąder o masie o połowę mniejszej wynosi około 8.3 MeV.

Energia, jakiej należy dostarczyć jądro, aby mogło ulec rozszczepieniu nazywa się energią progową rozszczepienia lub energią aktywacji.

Reakcję rozszczepienia jąder uranu po raz pierwszy przeprowadził E. Fermi w 1934 r.

W 1939 r. Hahn i Strassmann wykazali, że napromieniowanie uranu prowadzi do pojawienia się pierwiastków chemicznych ze środka układu okresowego. Następnie Frisch i Meitner podali wyjaśnienie tego zjawiska jako rozszczepienie jądra na dwa jądra ze środkowej części układu okresowego pierwiastków.



Q jest energią (200 MeV), wydzielającą się w jednym akcie rozszczepienia jednego jądra uranu.

Reakcje łańcuchowe

W procesie rozszczepienia uranu powstaje średnio 2.5 nowego neutronu. Uran naturalny posiada 0.7% izotopu U-235; resztę stanowi izotop U-238. Uran U-238 rozszczepia się tylko pod wpływem neutronów szybkich, natomiast U-235 może rozszczepiać się pod wpływem neutronów o dowolnej energii.

Neutrony powstające po rozszczepieniu mają energią niższą od energii progowej rozszczepienia U-238 co powoduje, że neutrony te będą silnie pochłaniane przez U-238 nie prowadząc do reakcji rozszczepienia.

Wynika z tego konieczność wzbogacania masy rozszczepialnej o U-235 i zastosowanie moderatorów neutronów.

Najmniejsza masa, w której jest możliwe rozwinięcie reakcji łańcuchowej nazywa się masą krytyczną.

W celu zmniejszenia strat neutronów i zmniejszenia masy krytycznej, materiał rozszczepialny otacza się reflektorem neutronów.

Reflektor stanowią substancje stosowane na moderatory takie jak: H₂O, D₂O, grafit, beryl czy związki berylu.

Urządzenia w których przeprowadza się kontrolowane

łańcuchowe reakcje rozszczepienia, nazywają się reaktorami atomowymi.

Pierwszy reaktor atomowy zbudowany został pod kierunkiem E. Fermiego w Chicago w 1942 r.

Jako paliwo jądrowe stosuje się: $^{235}_{92}\text{U}$, $^{233}_{94}\text{Pu}$, $^{238}_{92}\text{U}$ i $^{232}_{90}\text{Th}$.

Masa krytyczna dla ^{235}U zależy od kształtu, temperatury, ciśnienia. Zmienia się od 15.8kg do 0.784kg.

Synteza jądrowa Wyzwalanie energii na drodze łączenia się — **syntezy** dwóch lekkich jąder w jedno powstrzymuje bariera kulombowska. Synteza może zachodzić dla makroskopowych porcji materii tylko wtedy, kiedy temperatura (energia cząstek) będzie dostatecznie wysoka, aby tunelowanie zachodziło z wystarczającą wydajnością.

Pokonanie bariery potencjału w wyniku dostarczania energii termicznej.

Synteza termojądrowa. $E_k = kT$.

Reakcja syntezy

$n(E) \propto \sqrt{E} e^{-\frac{E}{2kt}}$ prawdopodobieństwo znalezienia protonu z energią E.

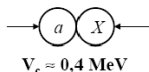
$P(E) = e^{-\sqrt{\frac{E_0}{E}}}$ prawdopodobieństwo tunelowania

Warunki wystąpienia procesu syntezy

Pokonanie bariery kulombowskiej

$$V_c = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_a Z_X}{R_a + R_X}$$

dla D-D i D-T



$V_c \approx 0,4 \text{ MeV}$

Energia początkowa cząstek (temperatura)

$E = kT$ - energia termiczna (k- stała Boltzmanna)

we wnętrzu Słońca $T = 1,5 \cdot 10^7 \text{ K}$ - atomy w stanie plazmy

$kT = 1,3 \text{ keV}$ (energia średnia)

energia termiczna $E = 0,4 \text{ MeV}$ odpowiada $T = 3 \cdot 10^9 \text{ K}$

Tunelowanie przez barierę kulombowską

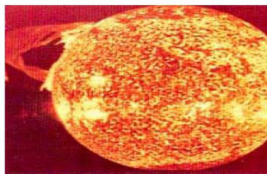
Energia głównie procesu pp

reakcja syntezy zachodzi aż na 10^{29} s

Słońce zawiera 10^{59} jąder

neutron jest wytwarzany szybkością 10^{12} kg/s

dwa jądra ^3He potykają się raz na 10^6 lat



Incydent w programie „Castle Bravo”

Bomba "Shrimp" (krewetka) z nowym materiałem termojądrowym (deuterek litu). Zwierciadła odbijające neutrony: lekkie aluminium zamiast ciężkiej stali. Konstrukcja typu: Teller –Ulam
Waga: 10660 kg. Kształt: cylinder o długości: 4,56 m i średnicy: 1,56m.

Planowana energia wybuchu:

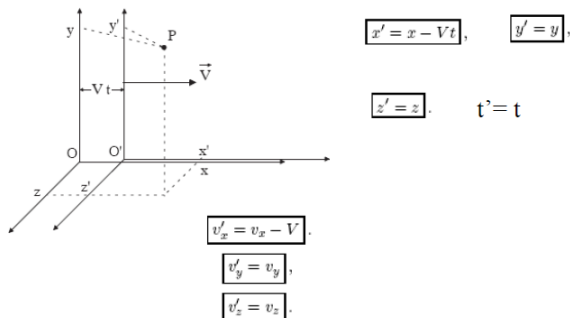
od 4 do 8 MT TNT

1 Tona TNT = $4.148 \times 10^9 \text{ J}$

--Fizyka relatywistyczna Szczególna teoria względności (elementy)

Zasada względności Galileusza

Jednostajny, prostoliniowy ruch odosobnionego układu odniesienia nie ma wpływu na zachodzące w nim zjawiska fizyczne.



Elektrodynamika. Równania Maxwella.

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \mathbf{j}_c$$

where

$$\nabla = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Doświadczenie Michelsona - Morley'a.

Postulat względności: Dla wszystkich obserwatorów w inercjalnych układach odniesienia prawa fizyki są takie same. Żaden z układów nie jest wyróżniony.

Postulat stałej prędkości światła: We wszystkich inercjalnych układach

odniesienia i we wszystkich kierunkach światło rozchodzi się w próżni z tą samą prędkością c .

Prędkość światła w próżni: $c = 299792458 \text{ m/s}$

Transformacje Lorentza

$$x' = \gamma(x - Vt) \quad \begin{matrix} y' = y \\ z' = z \end{matrix} \quad t' = \gamma \left(t - \frac{Vx}{c^2} \right)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c} \right)^2}}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad \Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta x' = x'_2 - x'_1 \quad \Delta t' = t'_2 - t'_1$$

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - V\Delta t) \quad \Delta x = \gamma(\Delta x' + V\Delta t')$$

$$\Delta t' = \gamma \left(\Delta t - \frac{V\Delta x}{c^2} \right) \quad \Delta t = \gamma \left(\Delta t' + \frac{V\Delta x'}{c^2} \right)$$

Jednoczesność: $\Delta t = \gamma \left(\Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right)$ Jeśli $\Delta t' = 0 \longrightarrow \Delta t = \gamma \left(\frac{v \Delta x'}{c^2} \right)$

Dylatacja czasu: $\Delta x' = 0 \longrightarrow \Delta t = \gamma \Delta t'$

Skrócenie długości: $\Delta x' = \gamma (\Delta x - v \Delta t)$

$\Delta x = L, \Delta x' = L_0 \longrightarrow L = \frac{L_0}{\gamma}$

Prędkość względna: $v'_x = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{\Delta x' / \Delta t}{\Delta t' / \Delta t}$,

$\frac{\Delta x'}{\Delta t} = \gamma (v_x - V), \quad \frac{\Delta t'}{\Delta t} = \gamma \left(1 - \frac{v_x V}{c^2} \right)$

$$v'_x = \frac{v_x - V}{1 - \frac{V v_x}{c^2}},$$

$$v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c} \right)^2}}{1 - \frac{V v_x}{c^2}},$$

$$v'_z = \frac{v_z \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c} \right)^2}}{1 - \frac{V v_x}{c^2}}.$$

pojęcia czasu i odległości nie mają w teorii względności absolutnego znaczenia, ponieważ są one zależne od wybranego układu odniesienia.

--Elementy teorii kinetyczno –molekularnej gazu doskonałego

Prędkość średnia kwadratowa jest określona w ustalonej temperaturze.

Jednakże różne cząsteczki mają różne prędkości.

Problem: wyznaczyć rozkład prędkości cząsteczek w gazie doskonałym.

Problem ten został rozwiązany przez J. C. Maxwella w 1860 roku.

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Rozkład Boltzmanna
$$n_V(E) = n_0 e^{-E/k_B T}$$

Rozkład Maxwella –Boltzmanna Założenia: 1) są spełnione zasady zachowania: liczby cząsteczek, energii, pędu, momentu pędu, ładunku; 2) wszystkie procesy fizyczne w układzie przebiegają w sposób ciągły w czasie i przestrzeni; 3) obliczenia statystyczne przeprowadzono przy założeniu rozróżnialności cząstek; 4) każda cząstka może mieć dowolne wartości współrzędnych i prędkości, niezależnie od wartości współrzędnych i prędkości innych cząstek; (a więc w szczególności prawdopodobieństwo znalezienia się cząstki w danej objętości przestrzeni jest niezależne od tego, ile innych cząstek tę „komórkę” przestrzeni zajmuje!). 1 i 2 fizyka klasyczna 3 i 4 założenia fizyki statystycznej.

Rozkład Maxwella – Boltzmanna dla jednego stopnia swobody:

$$f_1(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi mkT}} \exp\left(-\frac{p^2}{2mkT}\right)$$

Dla trzech stopni swobody: $p = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2$

$$f(\vec{p}) = f(p_x, p_y, p_z) = f_1(p_x) \cdot f_1(p_y) \cdot f_1(p_z) = (2\pi mkT)^{-3/2} \exp\left(-\frac{p^2}{2mkT}\right)$$

$$f(p) = \int_{p=\cos\theta} f(\vec{p}) dp_x dp_y dp_z = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} p^2 \sin\theta d\phi d\theta f(\vec{p}) \quad f(p) = 4\pi p^2 f(\vec{p})$$

$$f(p) = 4\pi (2\pi mkT)^{-3/2} p^2 \exp\left(-\frac{p^2}{2mkT}\right)$$

Opracowania:

OPRACOWANIE ZAGADNIEŃ NA EGZAMIN Z FIZYKI 1.1A – BONUS

1. Zasady dynamiki w układach nieinercjalnych. Siły pozorne.

W układzie nieinercjalnym (tzn. takim, który porusza się względem obserwatora z pewnym przyspieszeniem lub opóźnieniem) pojawiają się siły pozorne zwane siłami bezwładności. Ich pozorność wynika z faktu, że obserwator nieruchomy (inercjalny) ich nie dostrzega. Ponadto, chociaż obserwator nieinercjalny dostrzega te siły i widzi efekty ich działania, nie jest możliwe by znalazł ciała, od których siły te mogłyby pochodzić.

Siła bezwładności działająca na ciało o masie m w nieinercjalnym układzie odniesienia poruszającym się ruchem postępowym z przyspieszeniem wyraża się wzorem:

Rysunek: wózek poruszający się z przysp. a na którym leży punktowe ciało o masie m , na które działa siła bezwładności F_b .

Wózek stanowi nieinercjalny układ odniesienia. Jeżeli żadna inna siła (np. tarcia) nie działa w kierunku ruchu na ciało m , to w układzie odniesienia związanym z wózkiem ciało będzie się poruszać z przyspieszeniem równym, wynikającym z działania siły. Obserwator na ziemi, związany z inercjalnym układem odniesienia stwierdzi, że ciało nie porusza się względem niego (zaobserwuje wózek uciekający spod nieruchomego ciała).

2. Zderzenia plastyczne i sprężyste. Przykłady. Wyprowadzenie wzoru na prędkości ciał po zderzeniu centralnym.

Zderzenia plastyczne to inaczej zderzenia niesprężyste. Mówimy o nich, gdy w wyniku zderzenia np. dwóch ciał następuje ich połączenie i poruszają się dalej razem jako jedno ciało. W zderzeniach tych jest zachowana zasada zachowania pędu, natomiast nie jest spełniona zasada zachowania energii mechanicznej. Oznacza to, że energia układu przed zderzeniem nie jest równa energii układu po zderzeniu. Wynika to z faktu, że część energii, którą miały ciała przed zderzeniem zamienia się na pracę odkształcenia ciał, która zamienia się na energię wewnętrzną (wydziela się w postaci np. ciepła.)

Przykład: dwie plastelinowe kule toczą się po stole z różnymi prędkościami, następuje ich zderzenie po którym poruszają się dalej razem z nową prędkością. Zapisujemy równania wynikające z zasady zachowania pędu oraz zasady zachowania energii, z uwzględnieniem wydzielonego ciepła.

Zderzenia idealnie sprężyste to takie, w których ciała nie ulegają żadnemu odkształceniu i po zderzeniu poruszają się w nowych kierunkach, z nowymi prędkościami. Najłatwiej rozważa się zderzenia centralne, tzn. takie, w których wektory prędkości zderzających się ciał leżą w momencie zderzenia na linii prostej łączącej środki mas tych ciał.

W zderzeniach sprężystych, ponieważ nie następuje odkształcenie ciał, spełniona jest zarówno zasada zachowania pędu, jak i zachowania energii mechanicznej.

Przykład: dwie kule bilardowe poruszają się po jednej prostej naprzeciwko siebie i zderzają się. Najprościej narysować przypadek z równymi masami kul, wtedy wymieniają się one prędkościami.

Piszemy równania wynikające z obu zasad zachowania, piszemy że można z nich wyznaczyć prędkości po zderzeniu.

3. Precesja na przykładzie obracającego się koła

Precesja lub ruch precesyjny – zjawisko zmiany kierunku osi obrotu obracającego się ciała. Oś obrotu sama obraca się wówczas wokół pewnego kierunku w przestrzeni zakreślając powierzchnię boczną stożka.

Precesja występuje wówczas, gdy ciało obracające się dookoła osi zostanie poddane momentowi siły ze składową prostopadłą do momentu pędu ciała. Wtedy oś obrotu ciała wykonuje ruch kreśląc sobą powierzchnię w kształcie bocznej powierzchni stożka. Można to zaobserwować na przykładzie obracającego się koła rowerowego, do którego przedłużonej osi z jednego końca koła doczepiono hak z linką i podwieszono na suficie.

Rysunek: