Wykład z Fizyki dla I roku WIL

Adam Szmagliński

Instytut Fizyki PK

Kraków, 06.10.2014

Wstęp

Fizyka jest nauką, której celem jest badanie elementarnych składników materii oraz ich wzajemnych oddziaływań fundamentalnych. Jest nauką ścisłą i ilościową, gdyż posługuje się pojęciem wielkości fizycznych, które można ujmować ilościowo, a wyniki badań podaje w postaci liczb i praw wyrażonych matematycznie.

Wstęp

Fizyka jest nauką, której celem jest badanie elementarnych składników materii oraz ich wzajemnych oddziaływań fundamentalnych. Jest nauką ścisłą i ilościową, gdyż posługuje się pojęciem wielkości fizycznych, które można ujmować ilościowo, a wyniki badań podaje w postaci liczb i praw wyrażonych matematycznie.

Wielkościami fizycznymi nazywamy takie właściwości ciał lub zjawisk, które można porównać ilościowo z takimi samymi właściwościami innych ciał lub zjawisk, np. długość, kąt, czas, prędkość, przyspieszenie, masa, itd. Pomiar wielkości fizycznej polega na porównaniu jej z wielkością tego samego rodzaju przyjętą za jednostkę. Liczba otrzymana jako wynik pomiaru zależy od wyboru jednostki.

Wielkości fizyczne możemy podzielić na *podstawowe* i *pochodne*.
W sposób dowolny przyjmuje się jednostki wielkości podstawowych, a jednostki wielkości pochodnych definiuje się za pomocą jednostek wielkości podstawowych.
Do lat 60-tych przyjmowano trzy jednostki podstawowe w **układzie CGS**, opartym na jednostkach długości *cm*, masy *g* i czasu *s*.

Układ SI

W 1960 r. wprowadzono tzw. międzynarodowy układ jednostek **SI** (Systéme International), oparty na siedmiu niezależnych jednostkach podstawowych:

- **długości** – metr [m]
- **masy** – kilogram [kg]
- **czasu** – sekunda [s]
- **natężenia prądu** – amper [A]
- **temperatury termodynamicznej** – kelwin [K]
- **natężenia światła (światłości)** – kandela [cd]
- **ilości (liczności) materii** – mol [mol]

Metr

jest długością równą $1\,650\,763,73$ długości fali linii widmowej kryptonu przejścia między poziomami $2p_{10}$ i $5d_5$ w ^{86}Kr.

Metr

jest długością równą $1\,650\,763,73$ długości fali linii widmowej kryptonu przejścia między poziomami $2p_{10}$ i $5d_5$ w ^{86}Kr.

Kilogram

to masa wzorcowego walca sporządzonego ze stopu platyny z irydem, przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem.

Metr

jest długością równą $1\,650\,763,73$ długości fali linii widmowej kryptonu przejścia między poziomami $2p_{10}$ i $5d_5$ w ^{86}Kr.

Kilogram

to masa wzorcowego walca sporządzonego ze stopu platyny z irydem, przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem.

Sekunda

jest trwaniem $9\,192\,631\,770$ okresów promieniowania odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma poziomami struktury nadsubtelnej ($F = 4$, $M = 0$ i $F = 3$, $M = 0$) stanu podstawowego $2S_{1/2}$ ^{133}Cs. Wzorzec sekundy można więc odtwarzać za pomocą atomowego zegara cezowego.

Amper

to natężenie stałego prądu, który płynąc w dwóch równoległych, nieskończenie długich przewodach (o przekroju okrągłym, znikomo małym), umieszczonych w próżni w odległości $1\,m$ od siebie, wywołuje między tymi przewodami siłę $2 \cdot 10^{-7}\,N$ na każdy metr długości.

Amper

to natężenie stałego prądu, który płynąc w dwóch równoległych, nieskończenie długich przewodach (o przekroju okrągłym, znikomo małym), umieszczonych w próżni w odległości $1\,m$ od siebie, wywołuje między tymi przewodami siłę $2 \cdot 10^{-7}\,N$ na każdy metr długości.

Kelwin

jest to $1/273,16$ część temperatury punktu potrójnego wody. Temperaturze zera bezwzględnego $T = 0\,K$ odpowiada watrość temperatury $t = -273,15\,^{\circ}C$.

Amper

to natężenie stałego prądu, który płynąc w dwóch równoległych, nieskończenie długich przewodach (o przekroju okrągłym, znikomo małym), umieszczonych w próżni w odległości $1\,m$ od siebie, wywołuje między tymi przewodami siłę $2 \cdot 10^{-7}\,N$ na każdy metr długości.

Kelwin

jest to $1/273,16$ część temperatury punktu potrójnego wody. Temperaturze zera bezwzględnego $T = 0\,K$ odpowiada watrość temperatury $t = -273,15\,^{\circ}C$.

Kandela

jest to światłość, którą ma w kierunku prostopadłym pole $1/600\,000\,m^2$ powierzchni ciała doskonale czarnego, promieniującego w temperaturze krzepnięcia platyny pod ciśnieniem $101\,325\,Pa$.

Mol

jest to ilość materii występująca, gdy liczba cząstek jest równa liczbie atomów zawartych w masie $0,012\,kg\ ^{12}C$.

Mol

jest to ilość materii występująca, gdy liczba cząstek jest równa liczbie atomów zawartych w masie $0,012\,kg\ ^{12}C$.

Oprócz wymienionych jednostek podstawowych używa się jednostek wielokrotnych i podwielokrotnych, których nazwy tworzy się dodając do nazwy jednostki podstawowej odpowiedni przedrostek:

deka	da	10^{1}	decy	d	10^{-1}
hekto	h	10^{2}	centy	c	10^{-2}
kilo	k	10^{3}	mili	m	10^{-3}
mega	M	10^{6}	mikro	μ	10^{-6}
giga	G	10^{9}	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	piko	p	10^{-12}
peta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
eksa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}

U podstaw wszystkich zjawisk fizycznych leżą cztery **oddziaływania fundamentalne**:

U podstaw wszystkich zjawisk fizycznych leżą cztery **oddziaływania fundamentalne**:

Oddziaływanie	Natężenie względne	Czas charakterystyczny
grawitacyjne	$\frac{Gm_N^2}{\hbar c} \approx 5,9 \cdot 10^{-39}$	–
elektromagnetyczne	$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} \approx 7,3 \cdot 10^{-3}$	10^{-20}–$10^{-16} s$
silne (jądrowe)	$\frac{g^2}{\hbar c} \approx 1$	10^{-24}–$10^{-23} s$
słabe	$Gm_P^2 = 1,4 \cdot 10^{-5}$	10^{-10}–$10^{-8} s$

Oddziaływanie grawitacyjne

ma podstawowe znaczenie (na dużych odległościach) dla ruchu planet, gwiazd, galaktyk, jak również w takich zjawiskach ziemskich jak spadek swobodny ze stałym przyspieszeniem. Oddziaływanie to można zapisać za pomocą prawa powszechnego ciążenia Newtona $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$, gdzie F oznacza siłę, jaką ciała o masach grawitacyjnych m_1 i m_2 działają na siebie z odległości r, a stała uniwersalna
$G = (6,672\,0 \pm 0,004\,1) \cdot 10^{-11}\, N \cdot m^2/kg^2$ nosi nazwę stałej grawitacji.

Oddziaływanie elektromagnetyczne

odgrywa podstawową rolę w zjawiskach, z którymi stykamy się w życiu codziennym, jak procesy emisji i absorpcji światła, sprężystość, tarcie, spójność. Leży ono u podstaw procesów chemicznych i biologicznych. Oddziaływanie to występuje między ładunkami elektrycznymi i momentami magnetycznymi. Prawo Coulomba opisuje oddziaływanie elektrostatyczne dwóch ładunków punktowych q_1 i q_2, nieruchomych względem siebie i obserwatora, znajdujących się w odległości r od siebie $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$, gdzie stała $\epsilon_0 = (8,854\,187\,82 \pm 0,000\,000\,07) \cdot 10^{-12}\ C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$ nosi nazwę *przenikalności elektrycznej próżni*.

Oddziaływania te są długozasięgowe, rozciągające się teoretycznie do nieskończonej odległości.
Oddziaływanie grawitacyjne jest o wiele słabsze od oddziaływania elektromagnetycznego i w mikroświecie nie odgrywa żadnej roli. Możemy je obserwować tylko dlatego, że w świecie ciał makroskopowych mamy niemal zawsze idealne równoważenie się ładunku ujemnego i dodatniego.
Natomiast wiązania atomów, cząsteczek i kryształów pochodzą od oddziaływania elektromagnetycznego.

Oddziaływanie silne (jądrowe)

powoduje wiązanie nukleonów w jądra atomowe, jest odpowiedzialne za reakcje między cząstkami elementarnymi i wiele ich rozpadów.
Do tej pory są tylko przybliżone wzory opisujące oddziaływania jądrowe między dwoma nukleonami, oparte są one w dużej mierze na danych eksperymentalnych. Oddziaływanie silne jest krótkozasięgowe o zasięgu rzędu $10^{-15}\,m$.

Oddziaływanie silne (jądrowe)

powoduje wiązanie nukleonów w jądra atomowe, jest odpowiedzialne za reakcje między cząstkami elementarnymi i wiele ich rozpadów.
Do tej pory są tylko przybliżone wzory opisujące oddziaływania jądrowe między dwoma nukleonami, oparte są one w dużej mierze na danych eksperymentalnych. Oddziaływanie silne jest krótkozasięgowe o zasięgu rzędu $10^{-15}\,m$.

Oddziaływanie słabe

powoduje spontaniczną przemianę β w jądrach atomowych, jest odpowiedzialne za rozpady wielu cząstek elementarnych występujących w przyrodzie i za niektóre reakcje między nimi. Jest ono krótkozasięgowe, o zasięgu $< 10^{-18}\,m$ i nie tworzy układów związanych.

Oddziaływania przenoszą się za pośrednictwem odpowiednich pól fizycznych. Istninienie danego pola oznacza, że stan przestrzeni zmienia się w ten sposób, że gdy umieścimy w niej cząstkę obdarzoną odpowiednią własnością, to na cząstkę tę podziała siła. Żródłem pola przenoszącego oddziaływanie są cząstki o odpowiedniej własności. Tak więc pola fizyczne przenoszą oddziaływania między cząstkami stanowiącymi ich źródła. Każda zmiana w stanie ruchu cząstki odbija się na zmianie wytworzonego przez nią pola. Zmiana ta rozchodzi się ze skończoną prędkością nie przekraczającą prędkości światła w próżni c.

Cząstki elementarne

Wszelka materia ma strukturę *ziarnistą*, składa się z elementarnych składników – cząstek elementarnych. Cząstkę traktujemy jako *elementarną*, jeśli nie udało się jej opisać jako układu złożonego z bardziej elementarnych składników.

Cząstki elementarne

Wszelka materia ma strukturę *ziarnistą*, składa się z elementarnych składników – cząstek elementarnych. Cząstkę traktujemy jako *elementarną*, jeśli nie udało się jej opisać jako układu złożonego z bardziej elementarnych składników.

Cząstki te są na ogół nietrwałe, mogą się przemieniać jedne w drugie w wyniku oddziaływań słabych, elektromagnetycznych i silnych. Przyjmuje się, że każdej cząstce odpowiada antycząstka. Znamy tylko cztery cząstki bezwzględnie trwałe w stanie odosobnionym: elektron e, proton p, neutrina elektronowe ν_e, mionowe ν_μ i taonowe ν_τ, foton γ oraz ich antycząstki. Neutron w stanie odosobnionym jest cząstką nietrwałą, rozpadającą się w oddziaływaniach słabych.

Wszystkie cząstki podlegają oddziaływaniu grawitacyjnemu. Doświadczenia wykazują, że z wymienionych wyżej cząstek w oddziaływaniu silnym uczestniczą tylko neutron i proton, w oddziaływaniu elektromagnetycznym – neutron, proton, elektron i foton, a w oddziaływaniu słabym – neutron, proton, elektron i neutrino.

Wszystkie cząstki podlegają oddziaływaniu grawitacyjnemu. Doświadczenia wykazują, że z wymienionych wyżej cząstek w oddziaływaniu silnym uczestniczą tylko neutron i proton, w oddziaływaniu elektromagnetycznym – neutron, proton, elektron i foton, a w oddziaływaniu słabym – neutron, proton, elektron i neutrino.

Wszystkie cząstki elementarne dzielimy na grupy:

Wszystkie cząstki podlegają oddziaływaniu grawitacyjnemu. Doświadczenia wykazują, że z wymienionych wyżej cząstek w oddziaływaniu silnym uczestniczą tylko neutron i proton, w oddziaływaniu elektromagnetycznym – neutron, proton, elektron i foton, a w oddziaływaniu słabym – neutron, proton, elektron i neutrino.

Wszystkie cząstki elementarne dzielimy na grupy:

- *Fotony* – cząstki uczestniczące w oddziaływaniu elektromagnetycznym i grawitacyjnym, a nie uczestniczące w oddziaływaniu słabym i silnym.

Wszystkie cząstki podlegają oddziaływaniu grawitacyjnemu. Doświadczenia wykazują, że z wymienionych wyżej cząstek w oddziaływaniu silnym uczestniczą tylko neutron i proton, w oddziaływaniu elektromagnetycznym – neutron, proton, elektron i foton, a w oddziaływaniu słabym – neutron, proton, elektron i neutrino.

Wszystkie cząstki elementarne dzielimy na grupy:

- *Fotony* – cząstki uczestniczące w oddziaływaniu elektromagnetycznym i grawitacyjnym, a nie uczestniczące w oddziaływaniu słabym i silnym.
- *Leptony* – cząstki nie podlegające oddziaływaniu silnemu (elektron, mion μ, taon τ oraz ich neutrina).

Wszystkie cząstki podlegają oddziaływaniu grawitacyjnemu. Doświadczenia wykazują, że z wymienionych wyżej cząstek w oddziaływaniu silnym uczestniczą tylko neutron i proton, w oddziaływaniu elektromagnetycznym – neutron, proton, elektron i foton, a w oddziaływaniu słabym – neutron, proton, elektron i neutrino.

Wszystkie cząstki elementarne dzielimy na grupy:

- *Fotony* – cząstki uczestniczące w oddziaływaniu elektromagnetycznym i grawitacyjnym, a nie uczestniczące w oddziaływaniu słabym i silnym.
- *Leptony* – cząstki nie podlegające oddziaływaniu silnemu (elektron, mion μ, taon τ oraz ich neutrina).
- *Hadrony* – cząstki uczestniczące we wszystkich oddziaływaniach, w szczególności w oddziaływaniu silnym. Dzielimy je na *mezony* o liczbie barionowej $B = 0$ oraz *bariony* o liczbie barionowej $B = 1$.

Niektóre cząstki są identyczne ze swymi antycząstkami np. foton, mezon π^0 i mezon η^0. Cząstka i antycząstka mają dokładnie jednakową masę, czas życia i spin, różnią się natomiast znakiem liczb kwantowych: Q, B, L_e, L_μ, L_τ, S.

Niektóre cząstki są identyczne ze swymi antycząstkami np. foton, mezon π^0 i mezon η^0. Cząstka i antycząstka mają dokładnie jednakową masę, czas życia i spin, różnią się natomiast znakiem liczb kwantowych: Q, B, L_e, L_μ, L_τ, S.

Liczby kwantowe Q, B, L_e, L_μ, L_τ są addytywne i dla każdej z nich obowiązuje ścisła zasada zachowania.

Niektóre cząstki są identyczne ze swymi antycząstkami np. foton, mezon π^0 i mezon η^0. Cząstka i antycząstka mają dokładnie jednakową masę, czas życia i spin, różnią się natomiast znakiem liczb kwantowych: Q, B, L_e, L_μ, L_τ, S.

Liczby kwantowe Q, B, L_e, L_μ, L_τ są addytywne i dla każdej z nich obowiązuje ścisła zasada zachowania.

Spinowa liczba kwantowa J

wiąże się z własnym momentem pędu cząstki, zwanym *spinem*. Spin jest skwantowany, jego rzut na dowolną oś może przybierać tylko połówkowe lub całkowite wielokrotności stałej Plancka $\hbar$. Wszystkie cząstki elementarne dzielimy na *fermiony* o spinowej liczbie kwantowej połówkowej $J = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \ldots$ i *bozony* o spinowej liczbie kwantowej całkowitej $J = 0, 1, \ldots$.

Dziwność S

jest liczbą kwantową, różną od zera tylko dla mezonów K (kaonów) i hiperonów. Zasada zachowania dziwności obowiązuje tylko dla procesów przebiegających wskutek oddziaływań silnych i elektromagnetycznych.

Dziwność S

jest liczbą kwantową, różną od zera tylko dla mezonów K (kaonów) i hiperonów. Zasada zachowania dziwności obowiązuje tylko dla procesów przebiegających wskutek oddziaływań silnych i elektromagnetycznych.

Mezony i bariony

złożone są z *kwarków*. Są to cząstki, których nie obserwujemy jako pojedyncze. Każdemu kwarkowi odpowiada jego antycząstka. Układ dwóch kwarków (kwark-antykwark) tworzy mezony, a trzech kwarków – bariony.

Rozróżniamy sześć różnych rodzajów – *zapachów* kwarków:

- **d** (ang. down),
- **u** (up),
- **s** (strange),
- **c** (charm),
- **b** (bottom lub beauty),
- **t** (top lub truth).

Rozróżniamy sześć różnych rodzajów – *zapachów* kwarków:

- **d** (ang. down),
- **u** (up),
- **s** (strange),
- **c** (charm),
- **b** (bottom lub beauty),
- **t** (top lub truth).

Wszystkie one mają liczbę barionową $B = 1/3$. Kwarki posiadają ładunek elektryczny będący ułamkiem ładunku elementarnego: dla kwarków u, c, t $Q = +2/3$, dla pozostałych d, s, b $Q = -1/3$. Jednak łączą się tak, aby ładunek cząstki był liczbą całkowitą. Spin każdego kwarku jest równy $J = \frac{1}{2}$. Kwark s (dziwny) posiada $S = -1$.

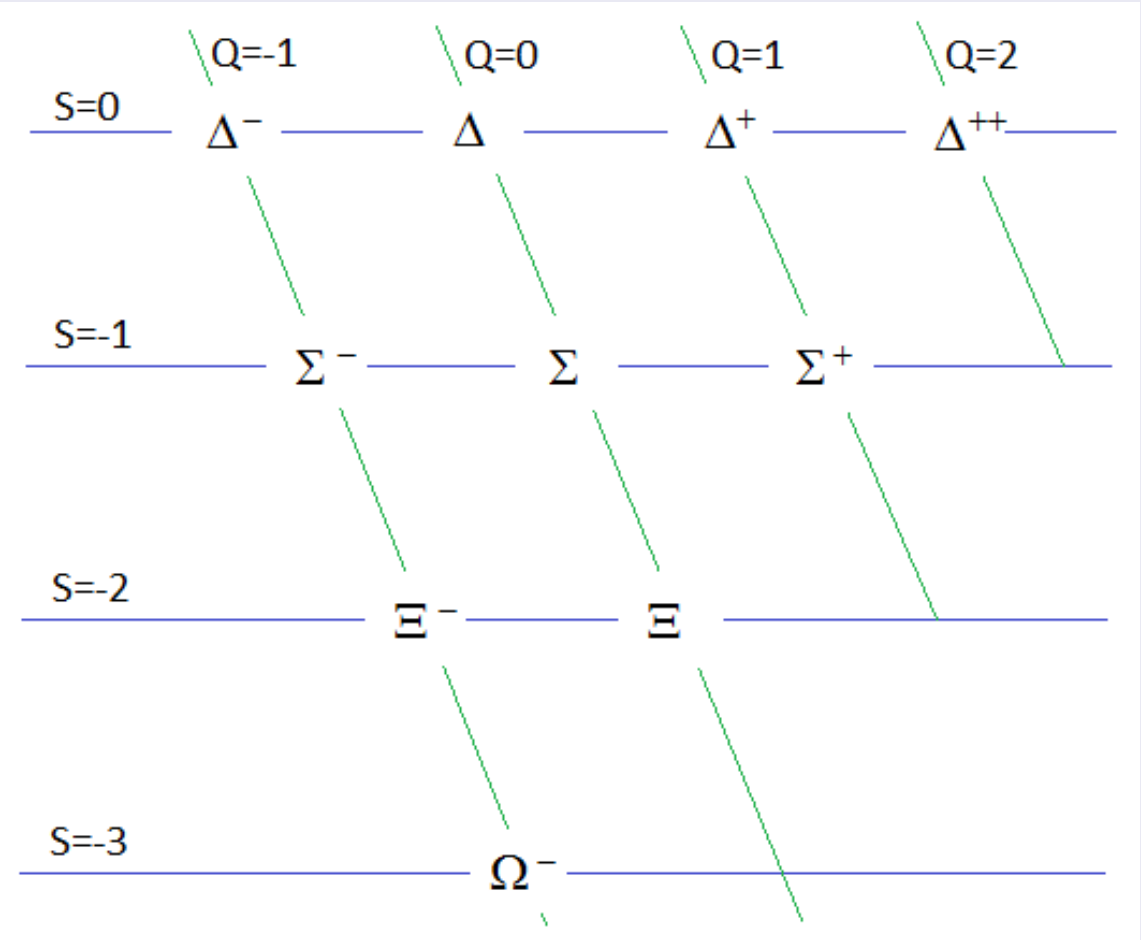
Mezony oraz bariony można pogrupować w tzw. oktet tj. układ ośmiu hadronów umieszczonych w sześciokącie, w którego środku znajdują się dwie cząstki:

- $K^0\,(d\bar{s})$
- $K^+\,(u\bar{s})$
- $n\,(ddu)$
- $p\,(uud)$

- $\pi^-\,(d\bar{u})$
- π^0, η $(u\bar{u}, d\bar{d}, s\bar{s})$
- $\pi^+\,(u\bar{d})$
- $\Sigma^-\,(sdd)$
- Σ^0, Λ (sud)
- $\Sigma^+\,(suu)$

- $K^-\,(s\bar{u})$
- $\bar{K}^0\,(s\bar{d})$
- $\Xi^-\,(ssd)$
- $\Xi^0\,(ssu)$

Hadrony o wyższej wartości spinu J grupuje się w tzw. dekupletach tj. układach dziesięciu cząstek, ułożonych w schemat odwróconego trójkąta równobocznego.



Literatura

- Marta Skorko, Fizyka, PWN (1982).
- Andrzej Januszajtis, Fizyka dla Politechnik, t. 1 Cząstki, PWN (1977).
- Andrzej Januszajtis, Fizyka dla Politechnik, t. 2 Pola, PWN (1982).
- Barbara Oleś, Wykłady z Fizyki, Wydawnictwo PK (2005).
- Bohdan Kozarzewski, Fizyka zjawisk mikroskopowych, Wydawnictwo PK (1998).
- A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski, Wstęp do fizyki t.1, PWN (1984).
- Encyklopedia fizyki współczesnej, PWN (1983).
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Podstawy fizyki t.1, PWN (2006).