

Kurs przygotowawczy z fizyki 2022/2023

prowadzony przez Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej

Planowane rozpoczęcie kursu to 10 luty 2023 roku (zostało przesunięte z 3. lutego)
 zapisy na kurs do środy 8. lutego 2023.
 Kurs prowadzony będzie w formie zdalnego nauczania na platformie ZOOM. Obejmuje on 30 godzin lekcyjnych czyli 15 spotkań po 2 godziny lekcyjne w trybie zdalnym.
Terminy kursu: wtorek 17:00 oraz piątek 17:00, a cena to 450 PLN (za całość zajęć).
 Pozostałe informacje na stronie: <https://wppt.pwr.edu.pl/kandydaci/kursy-przygotowawcze>

2023-02-04

1

Standardowy Model Budowy Materii

Czyli budowa tego co nasz otacza



Otoczająca nas „stabilna” materia składa się z:

1. Protonów
2. Neutronów
3. Elektronów

Oddziaływujących pomiędzy sobą poprzez oddziaływania:

1. Grawitacyjne
2. Elektromagnetyczne (protony, elektrony)

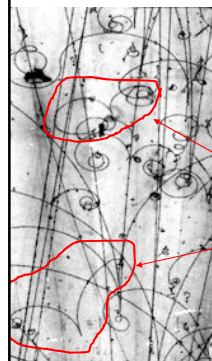
Sily są długozasięgowe i maleją z kwadratem odległości

Czy istnieją jeszcze jakieś inne cząstki „elementarne” ?

Materia i antymateria

Dla każdej cząstki materii istnieje jeszcze odpowiednia cząstka **antymaterii** lub mówiąc inaczej - **antycząstka**.

Kiedy cząstka materii spotyka się z cząstką antymaterii, wtedy ulegają one anihilacji



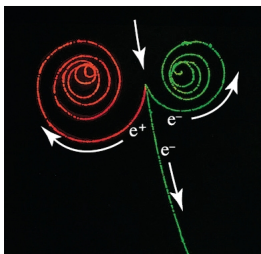
$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$$

$$\bar{p} + p \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$$

Para cząstka-antycząstka może powstać również z fotonu o odpowiedniej energii

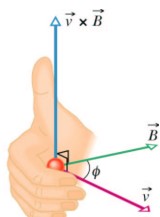
$$h\nu = 2mc^2 + E_{kin}$$

Dla pary elektron-pozyton $h\nu > 2 \times 0.511 \text{ MeV}$



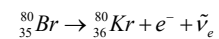
Rys. 29.2. Ślady dwóch elektronów (e^-) i pozytonu (e^+) w komorze pęcherzykowej, umieszczonej w jednorodnym polu magnetycznym, które jest skierowane prostopadle przed płaszczyznę rysunku

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$



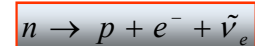
Reguła prawej dłoni dla ładunku dodatniego

Rozpady: β minus

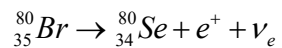


$$M({}_{35}^{80}\text{Br})c^2 - M({}_{36}^{80}\text{Kr})c^2 = \mathbf{2.00\text{ MeV}}$$

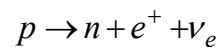
$$Q(\text{MeV}) = \left[\text{Mass}({}_{Z}^A X) - \text{Mass}({}_{Z+1}^A D) \right] c^2$$



Rozpady: β plus



$$Q(\beta^+) = M({}_{35}^{80}\text{Br})c^2 - M({}_{34}^{80}\text{Se})c^2 - 2m_e c^2 = \mathbf{0.85\text{ MeV}}$$

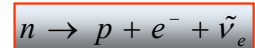


$$Q(\text{MeV}) = \left[\text{Mass}({}_{Z}^A X) - \text{Mass}({}_{Z-1}^A D) - 2m_e \right] c^2$$

Struktura nukleonu

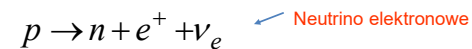
Czy neutron jest podzielny

Swobodny neutron rozpada się średnio po 900 s



antyneutrino elektronowe

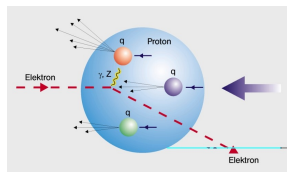
Zaobserwowano również rozpady



Neutrino elektronowe

Czy neutron (proton) jest podzielny

Strumień elektronów o energii $E_k \cong 2 \text{ GeV}$



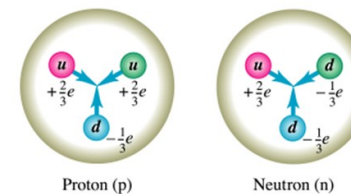
Hipoteza de Broglie'a – fale materii

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Długość fali materii dla elektronu o energii kinetycznej 120 eV wynosi $1.12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Długość fali materii dla elektronu o energii kinetycznej 2 GeV wynosi $5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

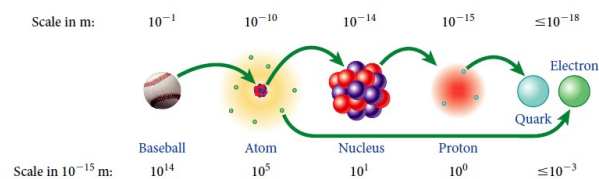
Czy neutron (proton) jest podzielny

Kwarki



Proton (p) Neutron (n)
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Struktura materii



Podział cząstek elementarnych.

1. **hadrony** - podlegające oddziaływaniom grawitacyjnym, elektromagnetycznym (jeżeli posiadają ładunek), słabym oraz silnym.
Grupę hadronów dzielimy na :
 - a) **mezony** zbudowane z kwarka i antykwarka. Spin mezonów jest równy zero lub liczbie całkowitej, są one bozonami,
 - b) **bariony** zbudowane z trzech kwarków. Spin barionów jest połowkowy ($1/2, 3/2, \dots$), są one fermionami.
2. Leptony
3. foton

Leptony i fotony nie posiadają struktury wewnętrznej, są niepodzielne

Podział cząstek elementarnych - hadrony

bariony

Okienko 4.1. PARA KWARKÓW

Jżeli kwarki istnieją w dwóch odmianach: górny (u) i dolny (d), to możemy zbudować z nich cząstki nazywane kwarkami.

Proton (ładunek $e = +1$)

Neutron (ładunek $e = 0$)

stanowią budulec całej materii. Piony, które powstają, są cząstkami to przyciągają się nawzajem, tak są zbudowane z kwarków i antykwarków u i d.

Okienko 6.2. TRÓJKĄT KWARKOWY

$\Lambda^0 (uds)$

dziwny

Istnienie cząstek dziwnych jest związane z tym, że kwarki występują w trzech odmianach: górny u, dolny d i dziwny s. Układ kwark + antykwark może się teraz realizować na dziewięć możliwych sposobów; proton i neutron mają odpowiedniki obdarzone dziwnością (na przykład cząstki Σ i Λ).

Okienko 7.2 cd.

Stwierdzono, że cząstka \bar{n}^0 istnieje i w polu magnetycznym obraca się tak, że każdy z kwarków dokonuje obrotu w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu wskazówek zegara. Jak to jest możliwe? Kwarki muszą mieć jakąś dodatkową własność, która powoduje, że stają się one rozróżnialne.

Jeżeli kwark dziwny może istnieć w dowolnym z trzech kolorów, to w cząstce \bar{n}^0 wszystkie kwarki są rozróżnialne.

Spin $s = \frac{3}{2}$

Podział cząstek elementarnych - mezony

mezony

Okienko 6.1 cd.

Kwarki i antykwarki w parze d tworzą piony

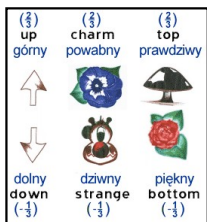
górny + antydolny = π^+

górny + antygórny = π^0 (stanowi część kombinacji)

dolny + antydolny = π^-

dolny + antygórny = π^-

Kwarki są jednym z rodzajów cząstek materii. Większość materii, która nas otacza, jest zbudowana z protonów i neutronów, które z kolei składają się właśnie z kwarków.



Mamy **sześć kwarków**, pogrupowanych w trzy pary :

Górny - dolny (up/down),
Powabny - dziwny (charm/strange)
prawdziwy - piękny (truth/beauty). -
 jednak obecnie w języku angielskim używa się innych nazw: top/bottom.

Kwarki mają niezwykłą własność - ich ładunek elektryczny jest **ułamkowy**,

$$-\frac{1}{3}e \text{ lub } +\frac{2}{3}e$$

w przeciwieństwie do protonu i elektronu, mających odpowiednie ładunki +1 i -1.

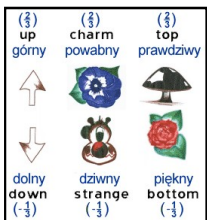
Najtrudniej uchwytyn kwark, **prawdziwy**, został odkryty w roku 1995.

Podział cząstek elementarnych.

1. Hadrony

grupa	nazwa cząstki	symbol	masa [MeV]	ładunek *	czas życia [s]	schemat rozpadu	
foton	foton	γ	0	0	trwały	-	
hadrony	mezony	pion π^+	π^+	140	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
		pion π^-	π^-	140	-1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$
		pion π^0	π^0	134	0	$7,6 \cdot 10^{-17}$	$\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma$
		kaon K^+	K^+	494	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
		kaon K^0	K^0	498	0	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
		mezon η	η	549	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$	$\eta \rightarrow \gamma + \gamma$
	bariony	proton	p	938,2	1	trwały	-
		neutron	n	939,6	0	$9 \cdot 10^2$	$n \rightarrow p + e + \bar{\nu}_e$
		hiperon Λ	Λ	1116	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda \rightarrow p + \pi^-$
		hiperon Σ^+	Σ^+	1189	1	$8 \cdot 10^{-11}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$
hiperon Σ^-		Σ^-	1197	-1	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$	
hiperon Σ^0		Σ^0	1192	0	$3 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$	
hiperon Ω^-	Ω^-	1672	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \rightarrow \Lambda + K^-$		

Podział cząstek elementarnych.



Quarks	u	c	t
	d	s	b
Leptons	ν_e	ν_μ	ν_τ
	e	μ	τ
	I	II	III

Three generations of matter

Podział cząstek elementarnych.

- foton - podlegający oddziaływaniu elektromagnetycznemu i grawitacyjnemu;
- leptony - podlegające oddziaływaniom grawitacyjnym, elektromagnetycznym (jeżeli posiadają ładunek) oraz słabym. Leptony podzielimy na trzy rodziny:
 - elektronową: elektron i neutrino elektronowe (e, ν_e),
 - mionową: mion i neutrino mionowe (μ^-, ν_μ),
 - ciężkiego leptonu: taon i neutrino taonowe (τ^-, ν_τ).

Leptony nie posiadają struktury wewnętrznej, są niepodzielne;

grupa	nazwa cząstki	symbol	masa [MeV]	ładunek *	czas życia [s]	schemat rozpadu	
foton	foton	γ	0	0	trwały	-	
leptony	rodzina elektronowa	elektron	e	0,51	-1	trwały	-
		neutrino elektronowe	ν_e	0	0	trwale	-
	rodzina mionowa	mion	μ^-	106	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \rightarrow e + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$
		neutrino mionowe	ν_μ	0	0	trwale	-
	rodzina taonowa	taon	τ^-	1807	-1	10^{-12}	$\tau^- \rightarrow e + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
		neutrino taonowe	ν_τ	0	0	trwale	-

Oddziaływanie silne

Kwarki oprócz ładunku elektrycznego posiadają jeszcze inny rodzaj ładunku, zwany **ładunkiem kolorowym**. Siły pomiędzy cząstkami naładowanymi kolorowo są bardzo silne, stąd też wywodzi się nazwa przyjęta dla tego oddziaływania:






Oddziaływanie silne

Oddziaływanie silnie zespala kwarki, które tworzą hadrony. Cząstki nośnika siły nazwano **gluonem** ponieważ pełni on rolę bardzo mocnego kleju zespalającego kwarki ("glue" w języku angielskim oznacza klej).



Jak działa ładunek kolorowy?

Ładunek kolorowy zachowuje się inaczej niż ładunek elektromagnetyczny. Gluony posiadają ładunek kolorowy, co jest dość dziwne, gdyż fotony (nośniki siły elektromagnetycznej) nie mają ładunku elektromagnetycznego. Podczas gdy kwarki mają ładunek kolorowy, to **całkowity ładunek kolorowy** cząstek złożonych z kwarków wynosi **zero** (są one **kolorowo obojętne**). Z tego powodu oddziaływanie silne występuje tylko na bardzo małych odległościach pomiędzy kwarkami i dlatego w życiu codziennym siły tej w ogóle nie widzimy.

			kolor
			Antykwarki
czerwony	zielony	niebieski	antykolor

Kolor kwarków i gluonów

- Każdy z gluonów przenosi jeden z trzech kolorów i jeden z trzech anty-kolorów
- Bariony i Mezony są „kolorowo” neutralne tzn. ich wypadkowy kolor jest „biały”.



Kwarki
niosą kolor



Antykwarki
niosą antykolor

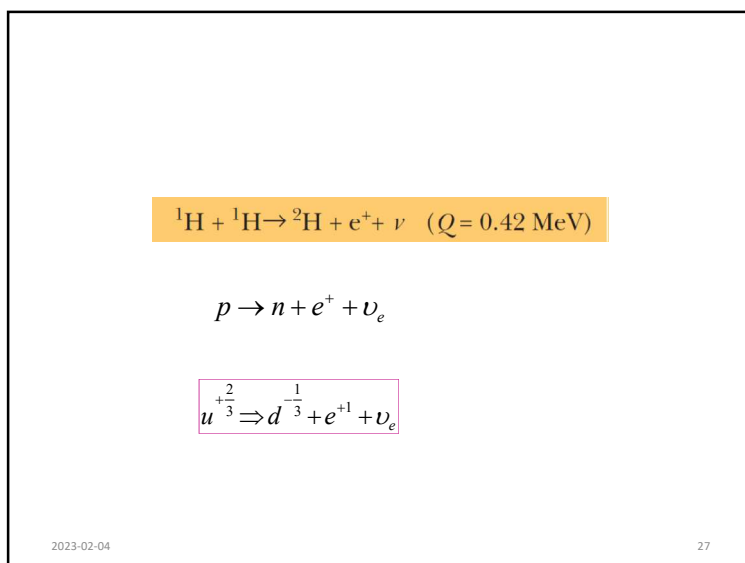
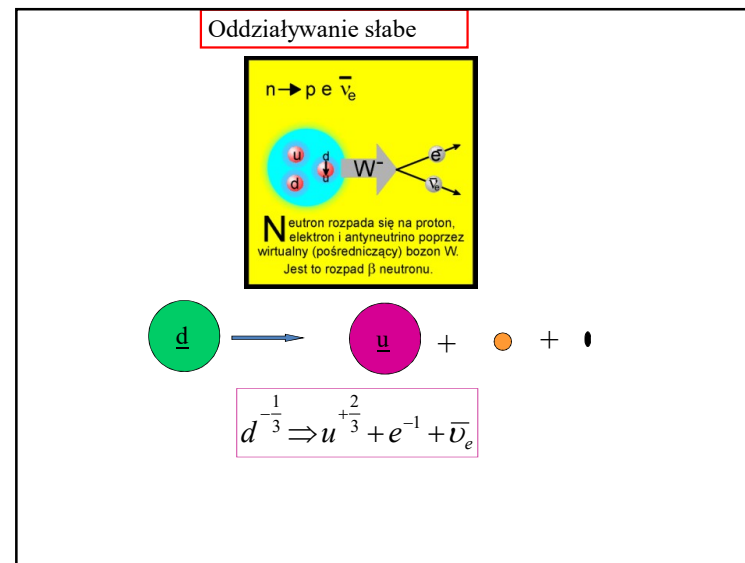
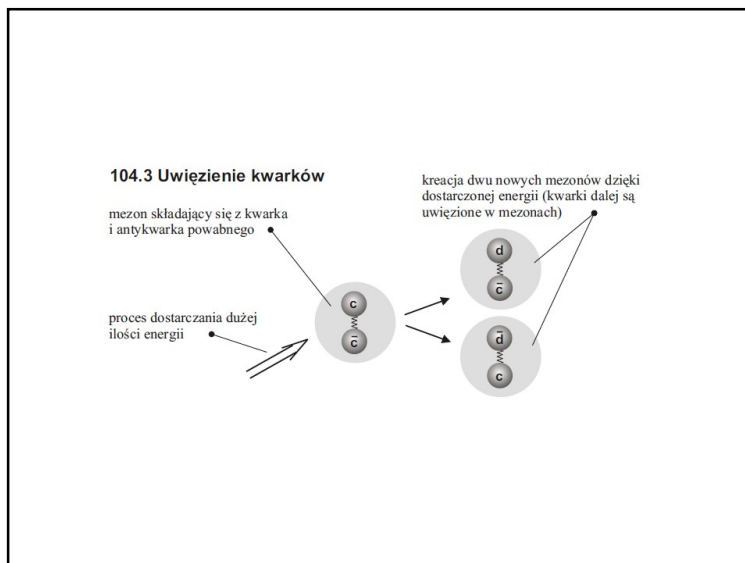


Gluony
niosą kolor i antykolor

Oddziaływanie silne pomiędzy **kwarkami** w jednym protonie i **kwarkami** w innym protonie jądra jest wystarczająco duże, by przewyciężyć odpychającą siłę elektromagnetyczną pomiędzy tymi protonami.



Effekt ten nazwano **reszkowym oddziaływaniem silnym**, i jest to właśnie to, co "skleja" (glue - ang. sklejać) jądro atomowe.



Oddziaływania słabe są odpowiedzialne za *rozpad* ciężkich kwarków i leptonów na lżejsze kwarki i leptony.

Cząstki przenoszące oddziaływanie słabe to:

bozony W^+ , W^- i Z_0 .

Cząstki W są naładowane elektrycznie, podczas gdy cząstka Z_0 jest elektrycznie obojętna.

PARTICLES OF MATTER			PARTICLES OF FORCE		
QUARKS					
These particles make up protons, neutrons and a veritable zoo of lesser-known particles. They have never been observed in isolation.					
UP	CHARM	TOP	DOWN	STRANGE	BOTTOM
u Electric charge: $+\frac{2}{3}$ Mass: 2 MeV Constituent of ordinary matter; two up quarks, plus a down, make up a proton.	c Electric charge: $+\frac{2}{3}$ Mass: 1.25 GeV Unstable heavier cousin of the up; constituent of the J/ψ particle, which helped physicists develop the Standard Model.	t Electric charge: $+\frac{2}{3}$ Mass: 171 GeV Heaviest known particle, comparable in mass to an atom of osmium. Very short-lived.	d Electric charge: $-\frac{1}{3}$ Mass: 5 MeV Constituent of ordinary matter; two down quarks, plus an up, compose a neutron.	s Electric charge: $-\frac{1}{3}$ Mass: 95 MeV Unstable heavier cousin of the down; constituent of the much studied kaon particle.	b Electric charge: $-\frac{1}{3}$ Mass: 4.2 GeV Unstable and still heavier copy of the down; constituent of the much studied B-meson particle.
LEPTONS					
These particles are immune to the strong force and are observed as isolated individuals. Each neutrino shown here is actually a mixture of neutrino species, each of which has a definite mass of no more than a few eV.					
ELECTRON NEUTRINO	MUON NEUTRINO	TAU NEUTRINO	ELECTRON	MUON	TAU
ν_e Electric charge: 0 Immune to both electromagnetism and the strong force, it barely interacts at all but is essential to radioactivity.	ν_μ Electric charge: 0 Appears in weak reactions involving the muon.	ν_τ Electric charge: 0 Appears in weak reactions involving the tau lepton.	e Electric charge: -1 Mass: 0.511 MeV The lightest charged particle, familiar as the carrier of electric currents and the particles orbiting atomic nuclei.	μ Electric charge: -1 Mass: 106 MeV A heavier version of the electron, with a lifetime of 2.2 microseconds; discovered as a component of cosmic-ray showers.	τ Electric charge: -1 Mass: 1.78 GeV Another unstable and still heavier version of the electron, with a lifetime of 0.3 picoseconds.
PHOTON					
At the quantum level, each force of nature is transmitted by a dedicated particle or set of particles.					
Z BOSON					
Electric charge: 0 Mass: 91 GeV Mediator of weak reactions that do not change the identity of particles. Its range is only about 10^{-16} meter.					
W⁺/W⁻ BOSONS					
Electric charge: $+1$ or -1 Mass: 80.4 GeV Mediators of weak reactions that change particle flavor and charge. Their range is only about 10^{-16} meter.					
GLUONS					
Electric charge: 0 Mass: 0 Eight species of gluons carry the strong interaction, acting on quarks and on other gluons. They do not feel electromagnetic or weak interactions.					
HIGGS (not yet observed)					
Electric charge: 0 Mass: Expected below 1 TeV, most likely between 114 and 192 GeV. Believed to endow W and Z bosons, quarks and leptons with mass.					

