

Съвременна физика

проф. дфн Румен Ценов
кабинет В49^а

приемно време: **вторник 15-16, петък 13-14**

tsenov@phys.uni-sofia.bg tel. 02/8161 850

<http://atomic.phys.uni-sofia.bg/Members/tsenov>

гл.ас. д-р Борислав Павлов
кабинет В36

pavlov@phys.uni-sofia.bg

<http://atomic.phys.uni-sofia.bg/Members/pavlov>

Литература

- Benjamin Crowell, Simple Nature, www.lightandmatter.com, 2001-2008.
- Don Lichtenberg, The Universe and the Atom, World Scientific, 2007.
- У. Уилямс, Физика на ядрото и елементарните частици, Университетско издателство "Св. Кл. Охридски", 2000.
- Леон Ледерман и Дик Теръси, Частицата Бог, Просвета, 1997.
- E. M. Henley, A. Garcia, Subatomic Physics , 3rd edition, Marston Book Services Ltd., 2007 (по старо издание на руски език: Г. Фрауенфельдер, З. Хенли, Субатомна физика, изд. "Мир", Москва, 1979).
- М. Максимов, Основи на физиката, Част 1 и Част 2, Булвест-2000, 2008.
- Р. Файнман, Р. Лейтън, М. Сендс, Файнманови лекции по физика, Народна просвета, т. I - 1970, т. II - 1972, т. III - 1976.
- А. Донков, М. Матеев, „Квантова механика“, Издателство на СУ, София, 2010
- П. Райчев, „Физика на атомните системи“ издателство Лодос, 2006
- И. Златев, А. Николов, Теоретична Механика, Наука и изкуство, София, 1978 г.

Текуща оценка

Формата на контрол е съобразена с общообразователния характер на курса и с целта му - да събуди интерес към физическите науки и тяхното по-задълбочено усвояване. Поради това се предвижда подготвяне от всеки слушател на **презентация по избрана и съгласувана с преподавателя тема в рамките на обхвата на курса.** Подготвеният материал се представя на **студентски семинар** след приключването на курса. Семинарът е отворен за посещение от всички желаещи. Преподавателят, водещият семинарните занятия и всички присъстващи задават въпроси по тематиката на изложението. Преподавателят оценява представянето и отговорите на въпросите и оформя крайната оценка.

Тема 1

От какво е изграден светът?



Демокрит (400 г. пр.н.е.) – концепция за атомите

the Greek View

★ □ 400 B.C : Democritus : concept of matter comprised of indivisible “atoms”.

★ “Fundamental Elements” : air, earth, water, fire

Newton’s Definition

★ 1704 : matter comprised of “primitive particles ... incomparably harder than any porous Bodies compounded of them, even so very hard, as never to wear out or break in pieces.”

★ A good definition - e.g. kinetic theory of gases.

CHEMISTRY

★ Fundamental particles : “elements”

★ Patterns 1869 Mendeleev’s Periodic Table →
sub-structure

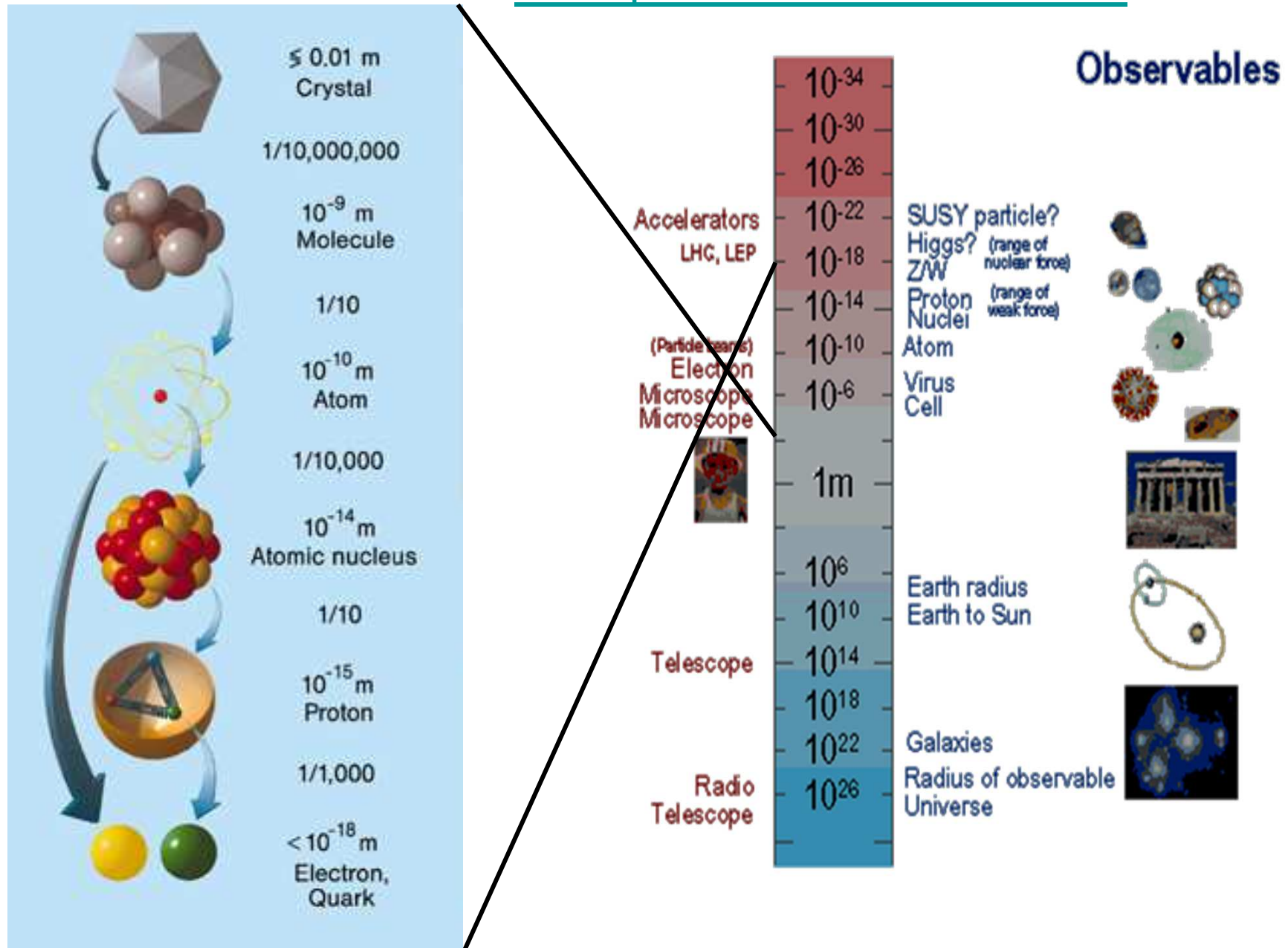
★ Explained by atomic shell model

ATOMIC PHYSICS

★ Bohr Model

★ Fundamental particles : electrons orbiting the atomic nucleus

Мащаби във Вселената



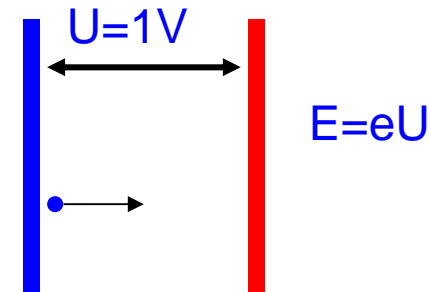
Единици

SI prefixes

1000^m	10^n	Prefix	Symbol	Since ^[1]	Short scale	Long scale	Decimal
1000^8	10^{24}	yotta-	Y	1991	Septillion	Quadrillion	1 000 000 000 000 000 000 000 000
1000^7	10^{21}	zetta-	Z	1991	Sextillion	Trilliard	1 000 000 000 000 000 000 000
1000^6	10^{18}	exa-	E	1975	Quintillion	Trillion	1 000 000 000 000 000 000
1000^5	10^{15}	peta-	P	1975	Quadrillion	Billiard	1 000 000 000 000 000
1000^4	10^{12}	tera-	T	1960	Trillion	Billion	1 000 000 000 000
1000^3	10^9	giga-	G	1960	Billion	Milliard	1 000 000 000
1000^2	10^6	mega-	M	1960	Million		1 000 000
1000^1	10^3	kilo-	k	1795	Thousand		1 000
$1000^{2/3}$	10^2	hecto-	h	1795	Hundred		100
$1000^{1/3}$	10^1	deca-	da	1795	Ten		10
1000^0	10^0	(none)	(none)	NA	One		1
$1000^{-1/3}$	10^{-1}	deci-	d	1795	Tenth		0.1
$1000^{-2/3}$	10^{-2}	centi-	c	1795	Hundredth		0.01
1000^{-1}	10^{-3}	milli-	m	1795	Thousandth		0.001
1000^{-2}	10^{-6}	micro-	μ	1960 ^[2]	Millionth		0.000 001
1000^{-3}	10^{-9}	nano-	n	1960	Billionth	Milliardth	0.000 000 001
1000^{-4}	10^{-12}	pico-	p	1960	Trillionth	Billionth	0.000 000 000 001
1000^{-5}	10^{-15}	femto-	f	1964	Quadrillionth	Billiardth	0.000 000 000 000 001
1000^{-6}	10^{-18}	atto-	a	1964	Quintillionth	Trillionth	0.000 000 000 000 000 001
1000^{-7}	10^{-21}	zepto-	z	1991	Sextillionth	Trilliardth	0.000 000 000 000 000 000 001
1000^{-8}	10^{-24}	yocto-	y	1991	Septillionth	Quadrillionth	0.000 000 000 000 000 000 000 001

• Енергия; $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Типичните γ и β разпадания са $\sim 1 \text{ MeV}$



100 W ел. крушка, за 1 час ще излъчи:

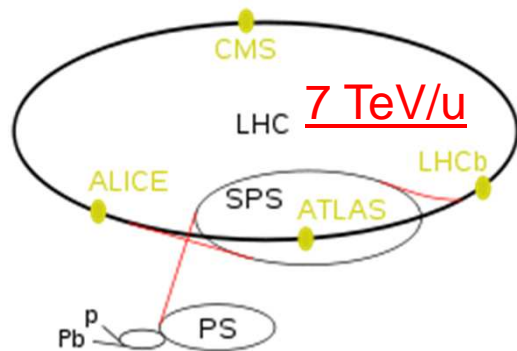
$$E = P \cdot t = 100 \text{ W} (60 \times 60) \text{ s} = 360000 \text{ J}$$

$$= (3.6 \times 10^5 \text{ J}) / (1.602 \times 10^{-19} \text{ J/eV}) = 2.25 \times 10^{24} \text{ eV}$$

$$= 2.25 \text{ YeV}$$

Единици

Large Hadron Collider
протони до 7 TeV



$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol / g}$$

$$\# (\text{C}) = \frac{1 \text{ g}}{12} 6.022 \times 10^{23} \text{ mol / g} = 5 \times 10^{22}$$

$$\# (\text{p}) + \# (\text{n}) = (6 + 6) \times \# (\text{C}) = 5 \times 10^{23} \text{ u}$$

$$E / \text{нук} = 1.6 \times 10^{-9} \text{ eV / u}$$

Мравка тежаща 1 g се движи със скорост 5 cm/s

$$E = \frac{m v^2}{2} = \frac{(10^{-3} \text{ kg}) (5 \times 10^{-2} \text{ m / s})^2}{2} = 1.25 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$= \frac{1.25 \times 10^{-6} \text{ J}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J / eV}} = 0.78 \times 10^{13} \text{ eV} = 7.8 \text{ TeV}$$

Колко нуклеона има в една мравка (от C)?

- 45 GeV – средна енергия на продуктите на разпад на Z^0 -бозона
- 210 MeV – средната енергия отделяна при деленето едно ядро ^{239}Pu
- 200 MeV – средната енергия отделяна при деленето едно ядро ^{235}U
- 13.6 eV – йонизационната енергия на водородния атом
- 25 meV – средна енергия на топлинното движение при стайна температура

$E=mc^2$	$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	speed of light
$E=kT$	$k=10^{-4} \text{ eV K}^{-1}$	Boltzmann's constant
$E=hc/\lambda$	$h=4 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}$	Planck's constant

Mass of electron 0.5 million eV (MeV)

Mass of proton 1 Giga eV (GeV)

1 eV \sim 10,000 K 1 GeV \sim 1 femtometre (fm) = 10^{-15} m

General Relativity depends on c and G (Newton's constant), QM depends on \hbar . Natural unit of length is given by is called Planck length $\sim 10^{-35}$ m

$$\sqrt{\hbar G / c^3}$$

Физиката изучава:

- ▶ **фундаменталните съставлящи (constituents), които изграждат веществото (matter);**
- ▶ **фундаменталните взаимодействия (силите), които действат между тях**

Нашето знание за тях е обединено в концепция (теория, модел), наречена

СТАНДАРТЕН МОДЕЛ НА ЧАСТИЦИТЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯТА

Той обяснява всички известни до сега експериментални факти.

Стандартен модел

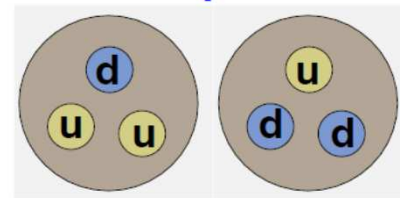
- веществото е изградено от **ФЕРМИОНИ** (частици със спин $1/2$), които са два типа:
- **ЛЕПТОНИ:** напр. e^- , ν_e ;
- **КВАРКИ:** напр. горен (**u**) кварк и долен (**d**) кварк [протон: (**uud**)];
- всеки фундаментален фермион има своя анти-частица: напр. e^+ , анти-протон ($\bar{u}\bar{u}\bar{d}$).

Веществото, от което е изграден светът,
 е съставено само от
 четири взаимодействащи си
 фундаментални фермионни полета
 (1-во поколение)

particle	symbol	type	charge
Electron	e^-	lepton	-1
Neutrino	ν_e	lepton	0
Up Quark	u	quark	+2/3
Down Quark	d	quark	-1/3

★ Proton = (uud)

★ Neutron = (udd)



Съществуват три поколения фундаментални фермиони

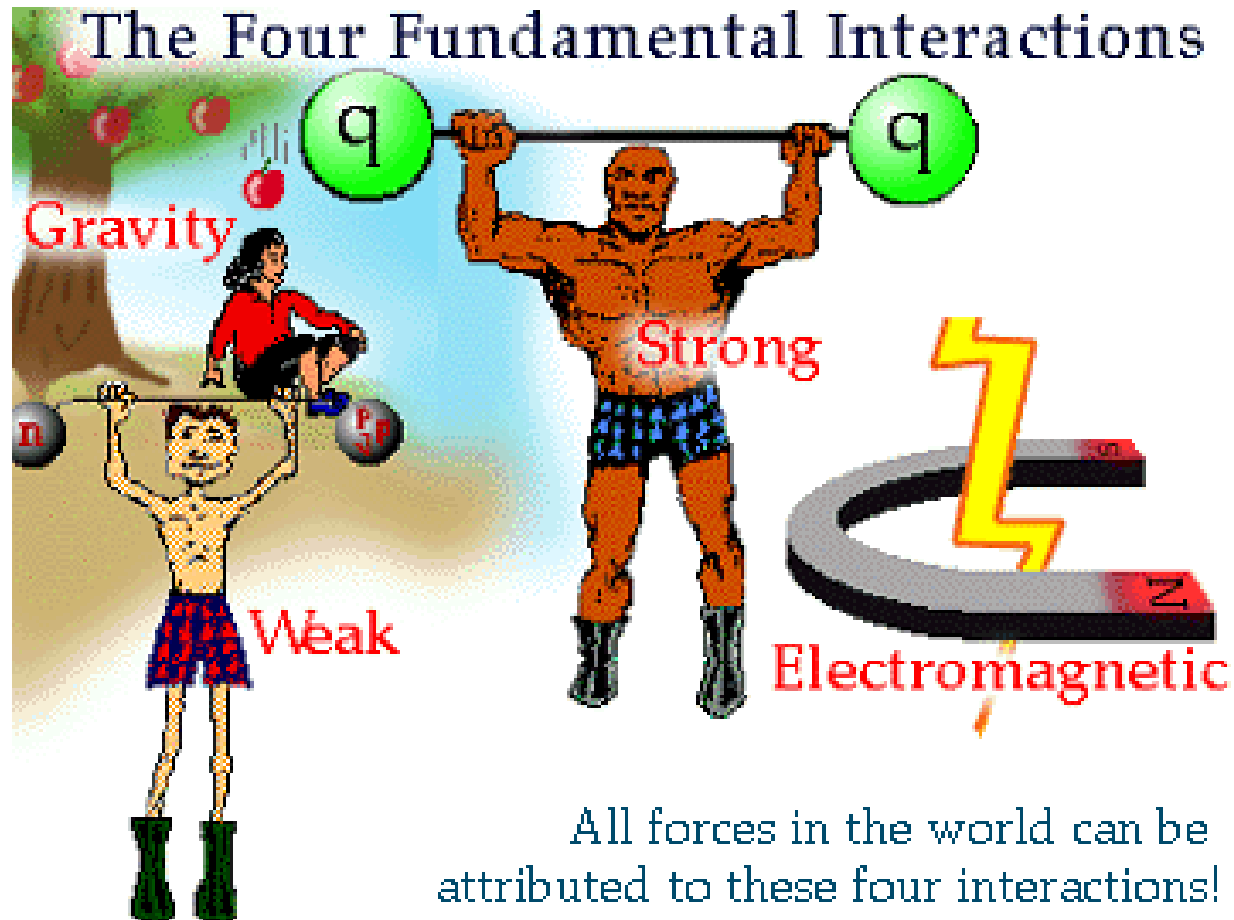
First Generation		Second Generation		Third Generation	
Electron	e^-	Muon	μ^-	Tau	τ^-
Electron Neutrino	ν_e	Muon Neutrino	ν_μ	Tau Neutrino	ν_τ
Up Quark	u	Charm Quark	c	Top Quark	t
Down Quark	d	Strange Quark	s	Bottom Quark	b

- ❖ всяко поколение е точно копие на другото;
- ❖ разликата е само в масите на частиците – в първото поколение те са най-леки, в последното – най-тежки;

Наблюдава се очевидна *симетрия*.

Защо имаме **три поколения**?

Сили и взаимодействия



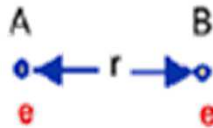
Как възникват силите?

Gravity

Interaction between two **matter** particles e.g. electrons

Action at a distance

$$F \propto \frac{e^2}{r^2} \hat{r}$$



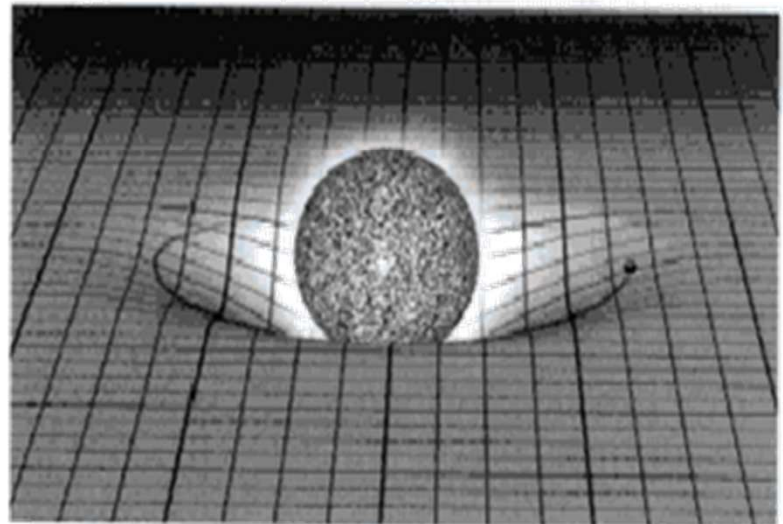
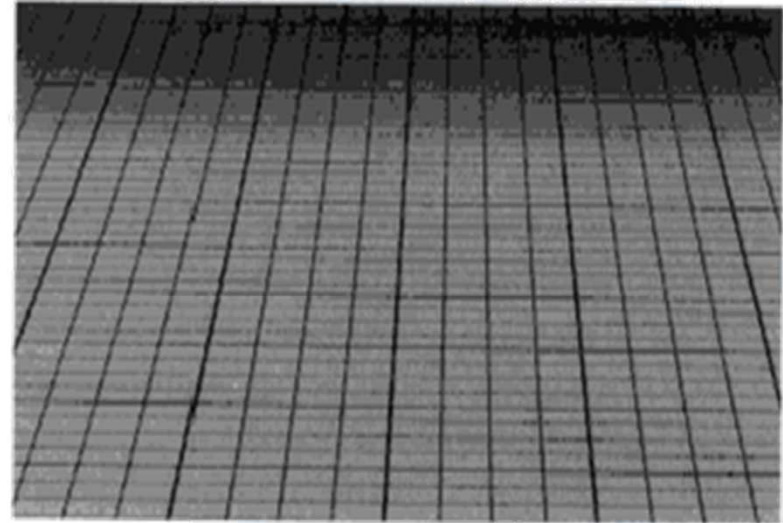
Newton

Force on A depends on where B is.
But how does A know where B is?

Interaction through Fields

Maxwell

B produces a field, characterized by a number (e/r^2) at every point in space.
Force on A is towards the direction in which the number changes fastest
A determines its response by 'sniffing' in its immediate neighbourhood



Как възникват силите?

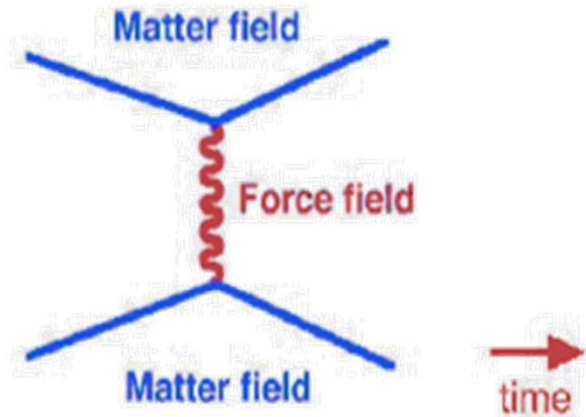
BUT - still no tangible connection between A and B

Forces are produced by exchange of
force or 'messenger' particles

Feynman:

B continually emits carriers of the electromagnetic force - 'photons'
Electron A absorbs the photons and recoils - repulsive force
between the electrons.

In Quantum Field Theory both signs of impulse are possible.

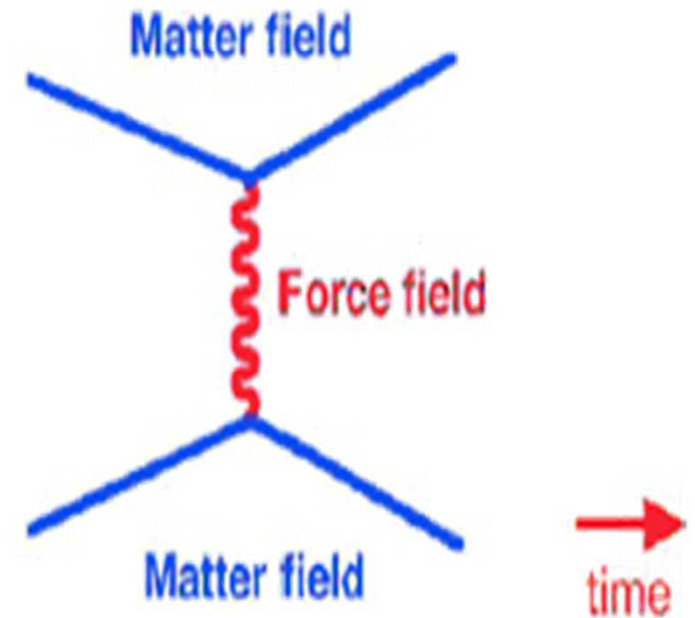


Как възникват силите?

Forces are transmitted by the exchange of (force) particles between (matter) particles

Explains the differences between forces
To verify : look for force particles

$$\text{Range of a Force} \propto \frac{1}{\text{mass of exchange particle}}$$



Константа на връзката (взаимодействието) *coupling constant*

- ❖ **електромагнитно:** $\alpha = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c) \approx 1/137$
- ❖ **силно:** $g^2/4\pi \approx 1$
- ❖ **слабо:** $G_F \approx 1.4 \times 10^{-62} \text{ J.m}^3 \approx 9 \times 10^{-5} \text{ MeV.fm}^3 \approx 1.166 \times 10^{-5} (\hbar c)^3 \text{ GeV}^{-2}$
- ❖ **гравитационно:** $G_N \approx 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg.s}^2) \approx 6.71 \times 10^{-39} (\hbar c) (\text{GeV}/c^2)^{-2}$

Какво характеризира фундаменталните взаимодействия?

заряд и преносители, радиус на действие, интензивност

Interaction	Exchanged quantum (<i>source ch</i>)	Range (m)	Relative Strength	Examples in nature
Strong	gluon <i>colour</i>	10^{-15}	1	proton (quarks)
Electromagnetic	photon <i>electric</i>		$<10^{-2}$	atoms
Weak	W, Z <i>hypercharge</i>	$<10^{-17}$	10^{-5}	radioactivity
Gravity	graviton ? <i>mass</i>		10^{-38}	solar system

Ratio of electrical to gravitational force between two protons is $\sim 10^{38}$!!

Can such different forces have the same origin ??

