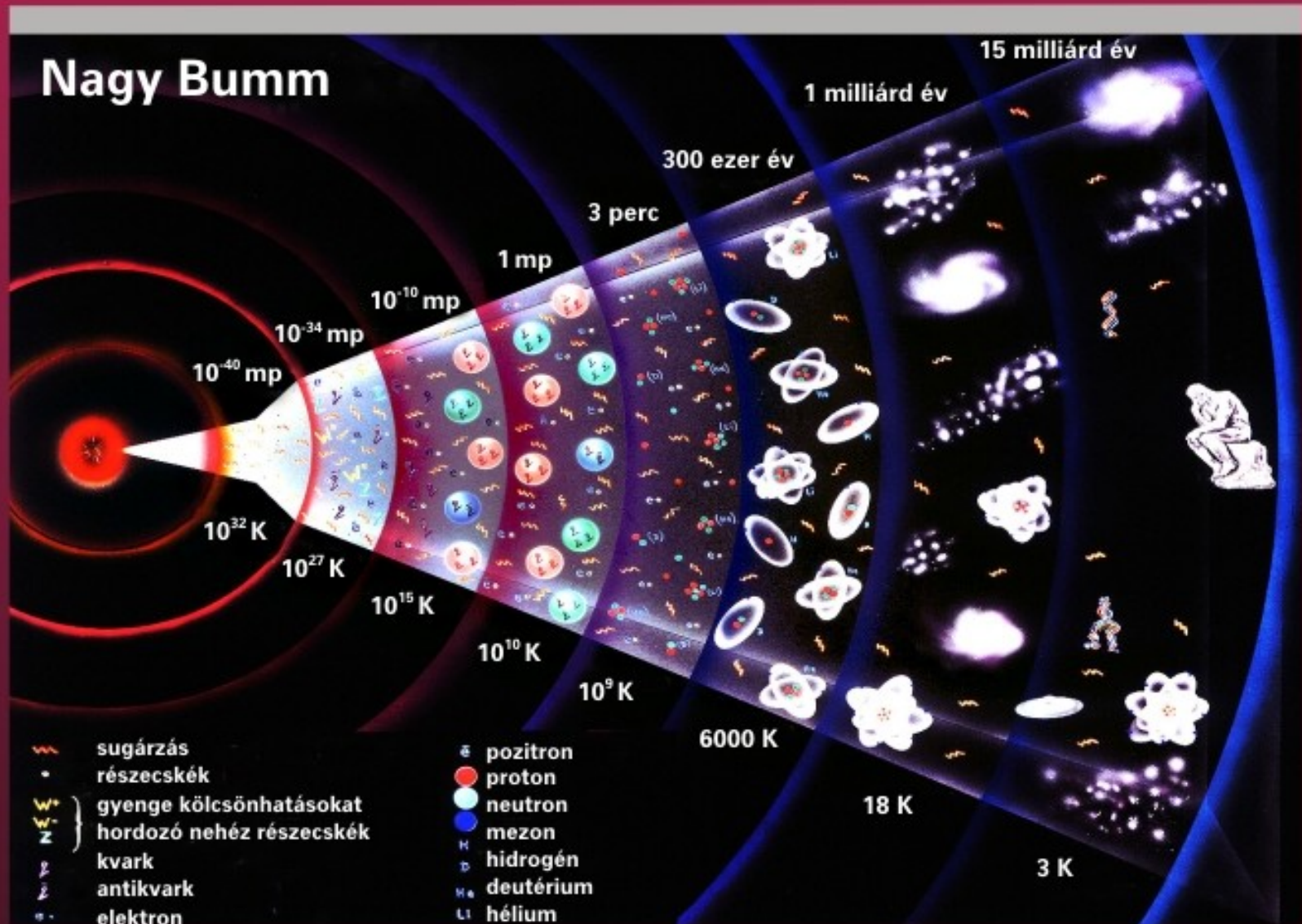


A látható világegyetem tömege és a részecskefizika

Katz Sándor

Az atomoktól a csillagokig, 2010. április 22.

A világegyetem fejlődése



Hogyan tudjuk reprodukálni a korai világegyetemben történeteket?

Részecskék ütköztetése: nagy energiasűrűség

LHC: 7 TeV = 1,1 μ J energia protononként

Mit várunk/tanulhatunk?

- helyes-e a Standard Modell?
- Higgs részecske?
- egyéb új részecskék?
- extra dimenziók?
- ...

DESY – Zeus detektor



Forrás: hepweb.rl.ac.uk

Fermilab



Forrás: www.tnicol.net

KEK



Forrás: www-conf.kek.jp

CERN



Forrás: www.cern.ch

Ismert részecskék

		Elemi fermionok generációi			Elemi bozonok
		I	II	III	
tömeg →		2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
töltés →		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
név (egyéb) →		u (izospin)	c (charmness)	t (topness)	γ foton (elektromágn.)
	Kvarkok	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d (izospin)	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s (ritkaság)	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b (bottomness)	0 0 1 g gluon (erős/szín)
		<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e elektron-neutrínó	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ műon-neutrínó	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau-neutrínó	91.2 GeV 0 1 Z⁰ (gyenge)
	Leptonok	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ műon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W (gyenge)

Fundamentális erők közvetítő részecskéi

Kölcsönhatások

szimmetriatulajdonságok

+

belső ellentmondásmentesség



**egyértelműen megadják a
kölcsönhatásokat**

Példa nélkül álló siker

az elektron mágneses momentuma
10 tizedes jegyre
hibahatáron belül egyezik

$$\mu_e = 1,00115965219 \text{ kísérleti mérés}$$

$$\mu_e = 1,00115965215 \text{ elméleti eredmény}$$

Ami hiányzik

Higgs részecske:

Az egyetlen a Standard Modellben, amit még nem láttunk

Higgs-et leíró mező értéke nem nulla →

részecskék tömege

Minden részecske kölcsönhatásban áll a Higgs-térrel
Ez a kölcsönhatás okozza a tömeget

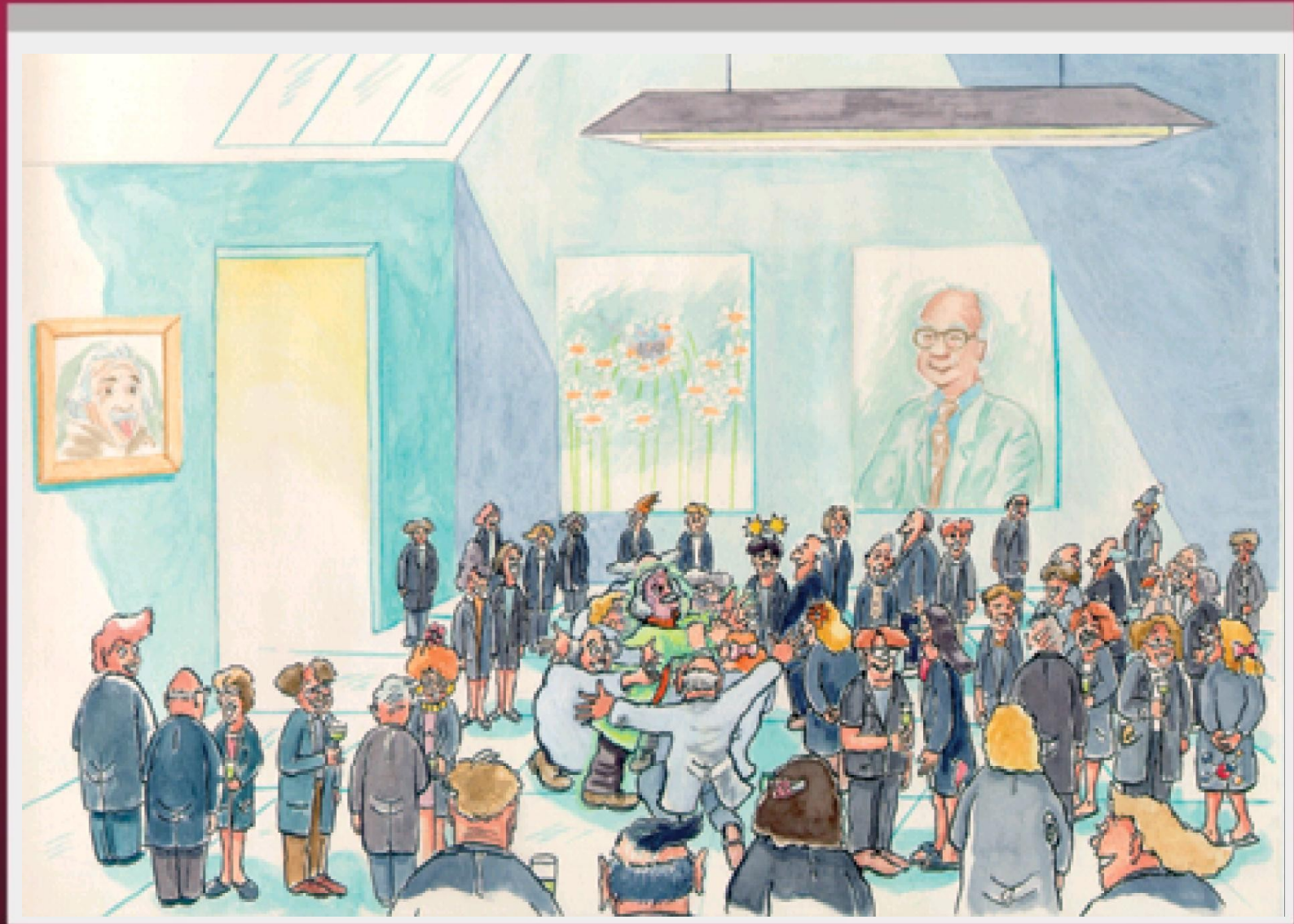
$$F=ma$$

Minél nehezebb valakit gyorsítani, annál nagyobb a tömege

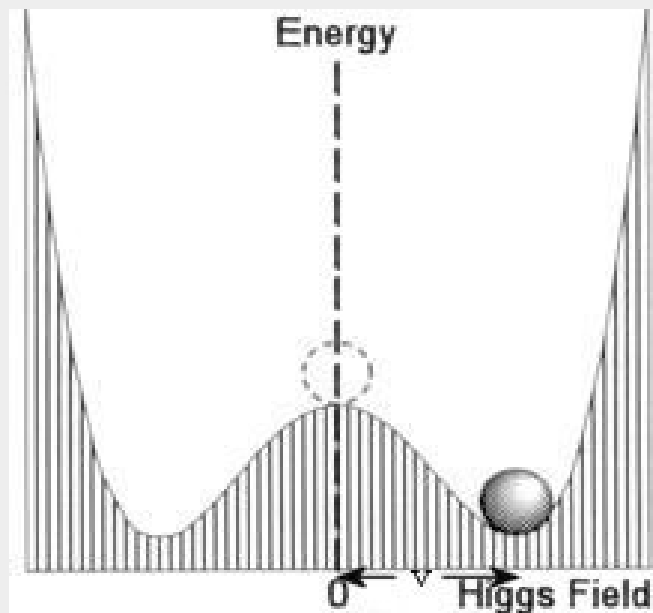
Hogy lehet ezt elképzelni?







Miért nem nulla a Higgs-tér nagysága?



**Spontán szimmetriasértés:
miután leesett, sérül a tükrözési szimmetria**

Az erős kölcsönhatás és a részecskék tömege

kvarkok



3x5 gramm

proton



1 kilogramm

A kvarkok tömege a Higgs térrel való kölcsönhatából származik

DE: A proton tömege majdnem 100-szor nagyobb,
mint a három kvarké

Hogy lehet ez?

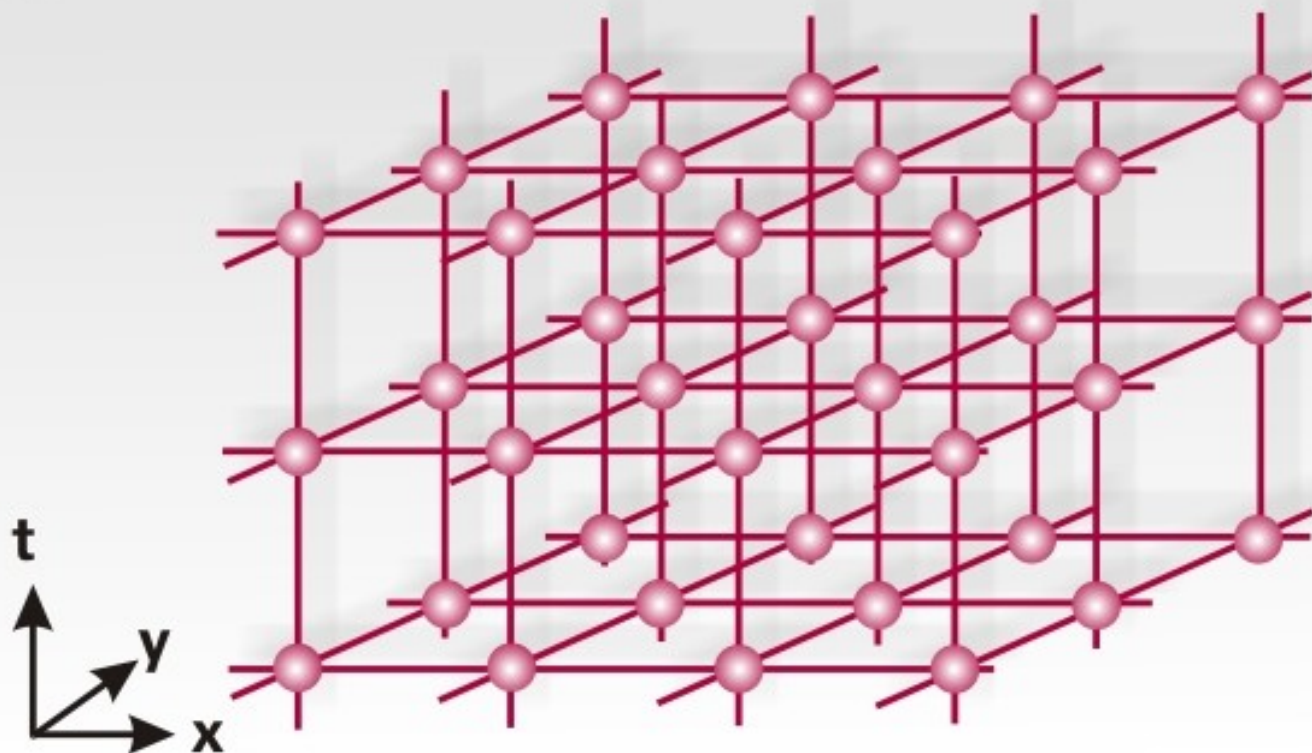
A kvarkok között nagyon erős a kölcsönhatás, sok energiát tárol.

$$E=mc^2$$

Tömegként érzékeljük ezt az energiát

Hogyan lehetne kiszámítani ezt a kölcsönhatási energiát?

Kvantumtérelmélet téridő rácson



**manapság: 10 000 000 000 dimenziós integrálok
≈ 1000 milliárd művelet másodpercenként**

A világ 4. leggyorsabb számítógépe IBM BlueGene/P Jülichben



Mi a közös a videojátékokban és a részecskefizikában?



Grafikus kártyák teljesítménye



NVIDIA GTX 275

- 240 processzor mag
- 1404 MHz órajel
- 896 MB memória
- 127 GB/s sávszélesség
- 1Tflop/s elvi maximális számítási teljesítmény
- 120 Gflop/s ténylegesen elérhető teljesítmény

GPU klaszter



- 128 nódus
- 256 grafikus kártya
- 61440 processzor mag
- 256 Tflop/s elvi maximális számítási teljesítmény
- 30 Tflop/s ténylegesen elérhető teljesítmény

Összehasonlítás



- 294912 mag
- 1 Pflop/s elvi teljesítmény
- 300 Tflop/s elérhető
- kb. 100.000.000 EUR
- kb. 50 csoport használja



- 61440 mag
- 256 Tflop/s elvi teljesítmény
- 30 Tflop/s elérhető
- kb. 500.000 EUR
- **1 csoport használja!**

20x jobb ár/teljesítmény!

A részecskefizika mint videojáték

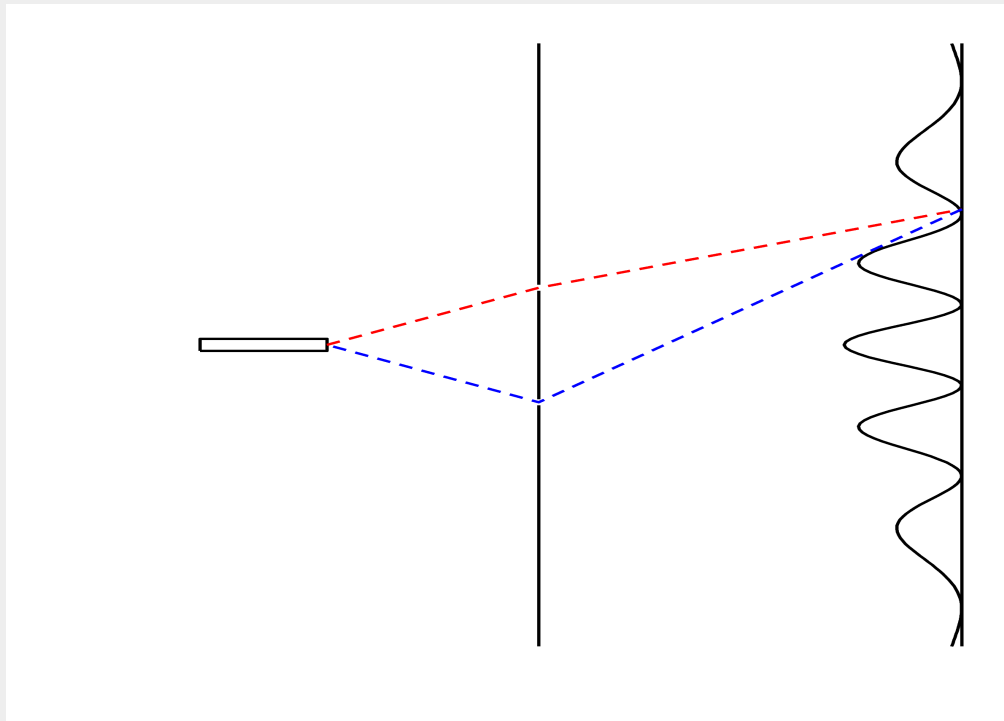
**A változókat a grafikus memóriában tároljuk,
de nem kerülnek a képernyőre.**

Így nézne ki, ha kitennénk



Mit kell kiszámítani?

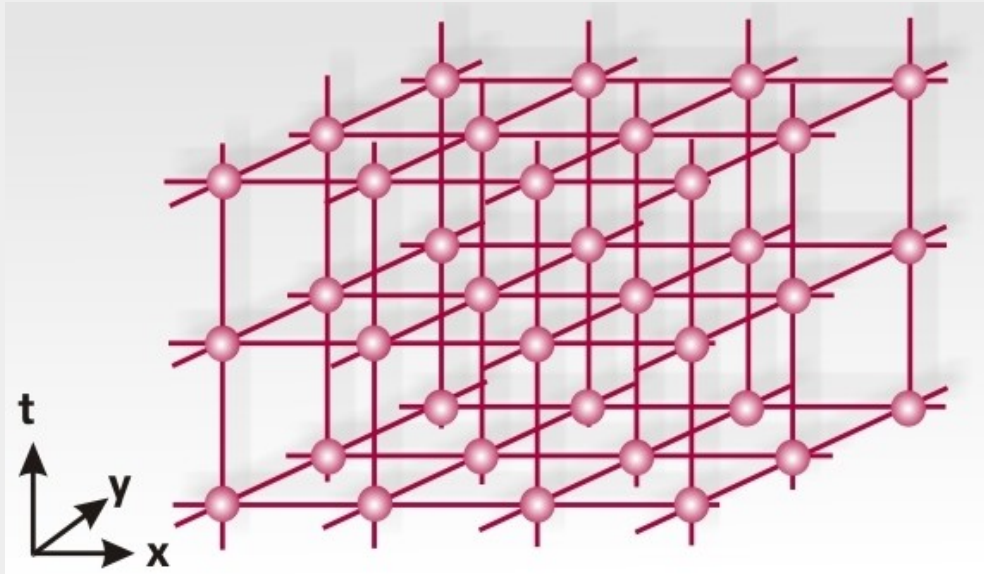
Kétrés kísérlet



- a lehetséges pályákra összegezni kell
- egy részecske esetén is!

Mit kell kiszámítani?

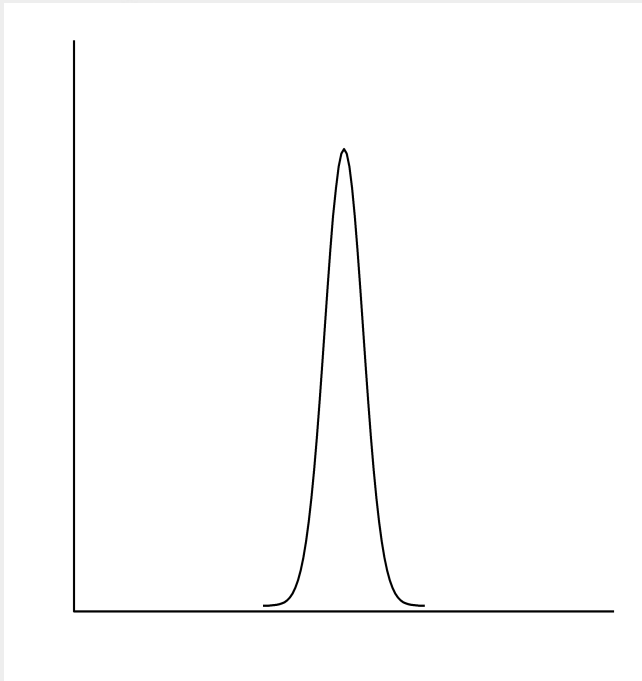
Rácstérelmélet



- minden részecskét mezővel írunk le
- a lehetséges mezőkre összegezni kell
- minden rácspontra egy integrálás
- korrelációk \rightarrow részecskék tömegei

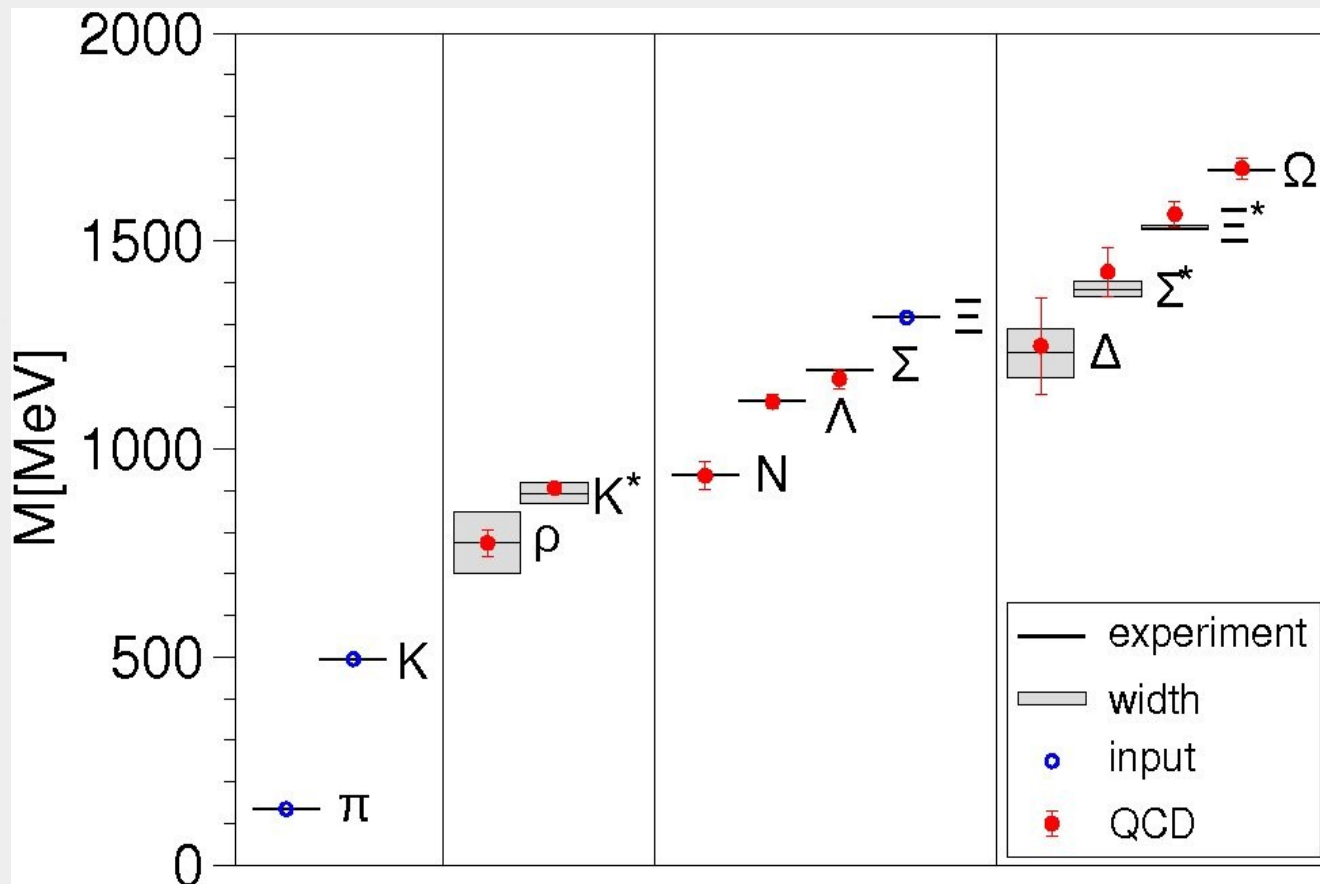
Monte-Carlo integrálás

- nem szisztematikusan megyünk végig, mert túl sok az integrál
- Monte-Carlo → véletlenszerű konfigurációk
- nem túl effektív → fontossági mintavételezés



- az integrálandó fv. csak egy kis tartományban nagy
- csak onnan veszünk pontokat
- így lehetséges 10^{10} dimenziós integrálok kiszámítása

Az eredmény



Science **322** 1224 (2008)

teljes egyezés a kísérletekkel