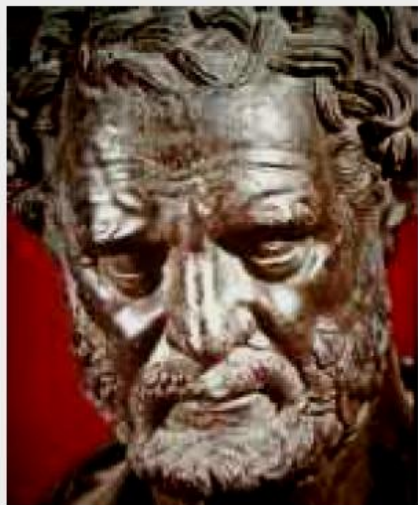


AGA 315 – Aula 1

*Partículas Elementares e  
Interações da Natureza*

J.E. Horvath,  
IAG – USP  
São Paulo, Brasil





Demócrito de Abdera (século 5 AC)

## Macroestrutura

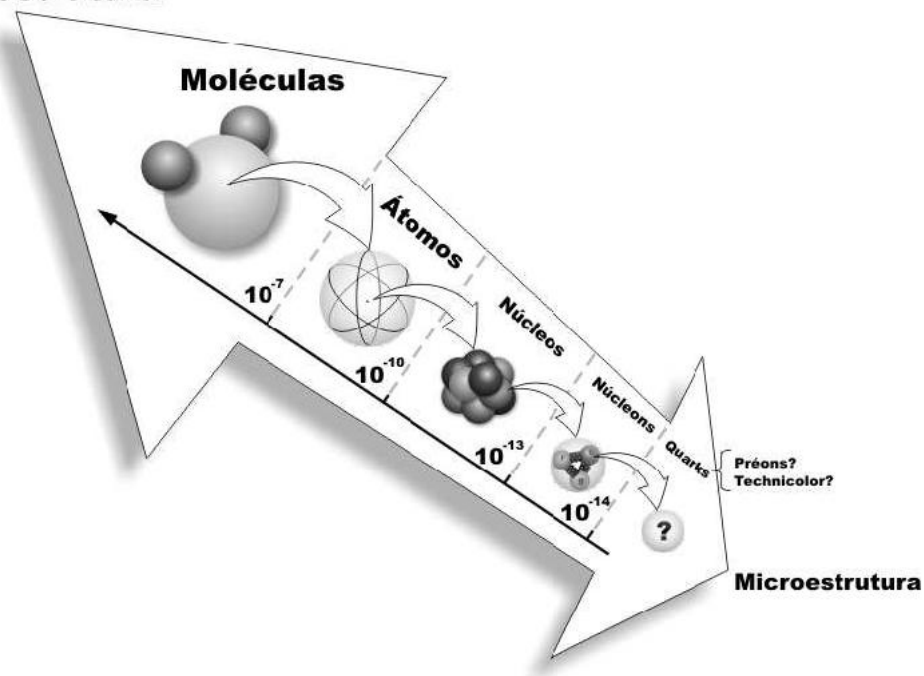


FIGURA 1.1 *Estrutura hierárquica da matéria. Conforme vamos atingindo maiores energias, maior resolução é possível e a matéria revela componentes mais elementares a escalas minúsculas. O último estágio, isto é, uma subestrutura dos quarks (e/ou elétrons e neutrinos) ainda não foi detectada e constitui o objetivo da modelagem teórica contemporânea (supercordas e teorias concorrentes).*

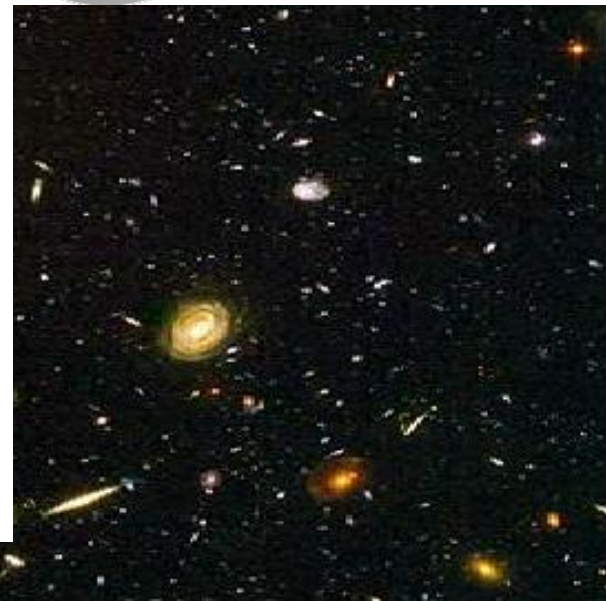
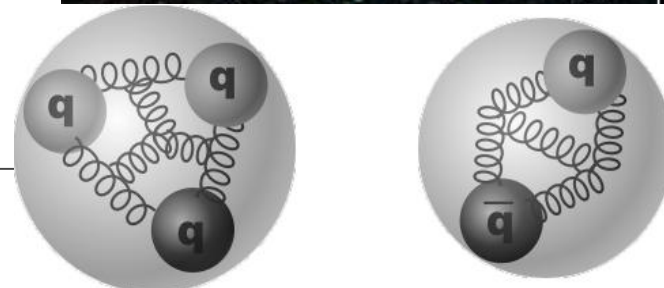
## Classificação e propriedades dos bárions, mésons e léptons

	Partícula	Símbolo	Massa*	Carga elétrica†	Spin‡
<b>Bárions</b>	próton	p	938	+1	1/2
	nêutron	n	940	0	1/2
	lambda	$\Lambda^0$	1116	0	1/2
	sigma +	$\Sigma^+$	1189	+1	1/2
	sigma 0	$\Sigma^0$	1193	0	1/2
	sigma -	$\Sigma^-$	1197	-1	1/2
	xi	$\Xi^0$	1315	0	1/2
	xi -	$\Xi^-$	1321	-1	1/2
<b>Mésons</b>	píon	$\pi^0$	135	0	0
	píon	$\pi^+$	140	+1	0
	káon	$K^0$	494	0	0
	káon	$K^+$	498	+1	0
	eta	$\eta$	549	0	0
<b>Léptons</b>	elétron	$e^-$	0,511	-1	1/2
	múon	$\mu^-$	106	-1	1/2
	tau	$\tau$	1784	-1	1/2
	neutrino do elétron	$\mu_e$	~0	0	1/2
	neutrino do múon	$\mu_\mu$	~0	0	1/2
neutrino do tau	$\mu_\tau$	~0	0	1/2	

\* em MeV

† em unidades de carga do  $e^-$

‡ em unidades de  $\hbar$



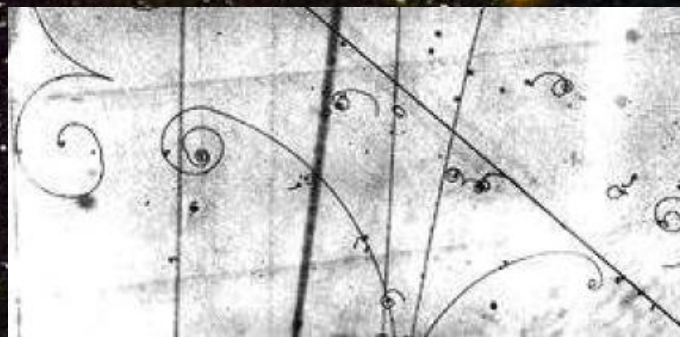
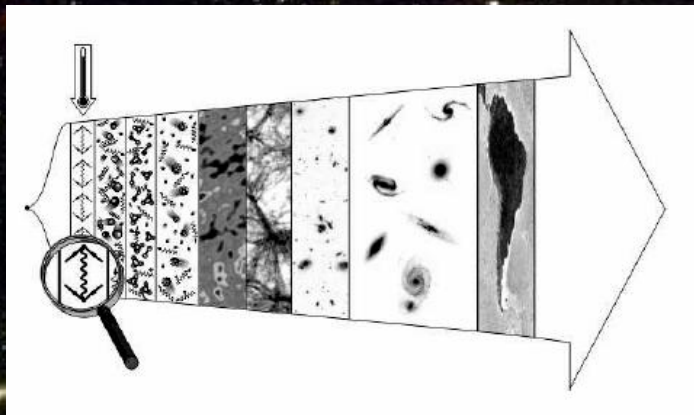
## Conservação do número de bárions e léptons separadamente

Exemplo:



(mas... O universo é assimétrico !!!)

Existe um excesso de matéria e a antimatéria sumiu (ainda bem...)



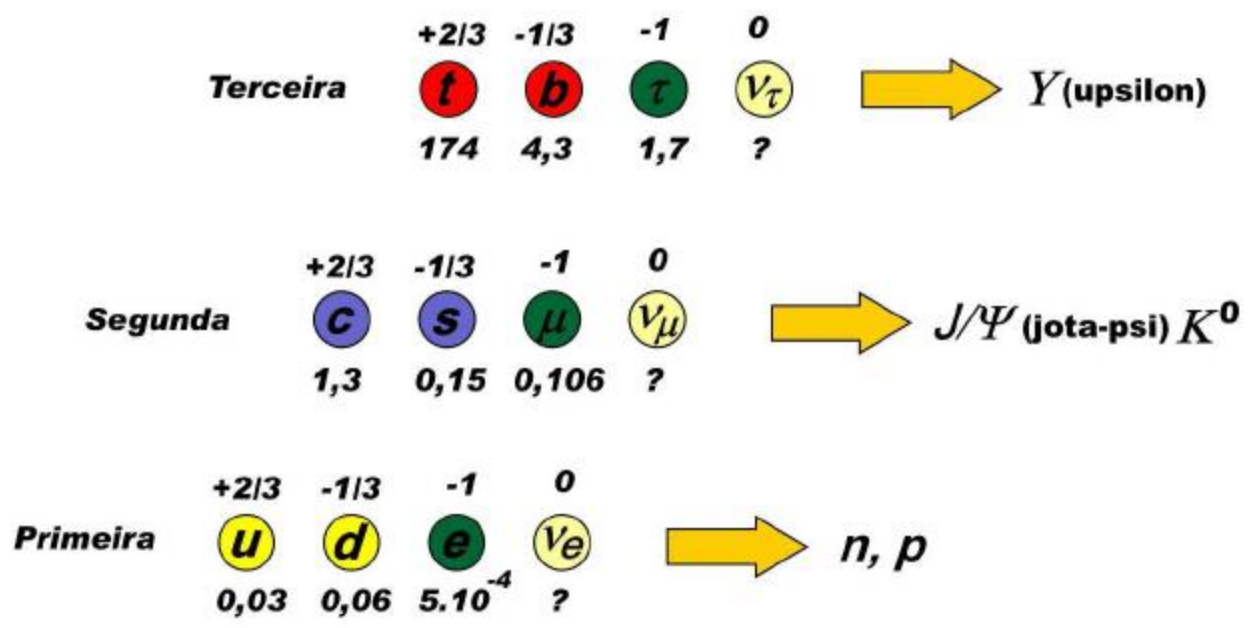
Uma imagem real de criação de pares elétron-pósitron em bolhas do CERN. O par partícula-antipartícula é produzido a partir de um fóton gama (invisível aqui) no campo elétrico de uma partícula pesada. A trajetória espiral é devida ao campo magnético.

Em algum momento, possivelmente para energias gigantescas, houve interações que violaram a conservação do B

*Nada neste mundo é para ser temido... somente compreendido*

— MARIE SKLODOWSKA (MADAME CURIE) 1867–1934

## As partículas do Modelo Padrão

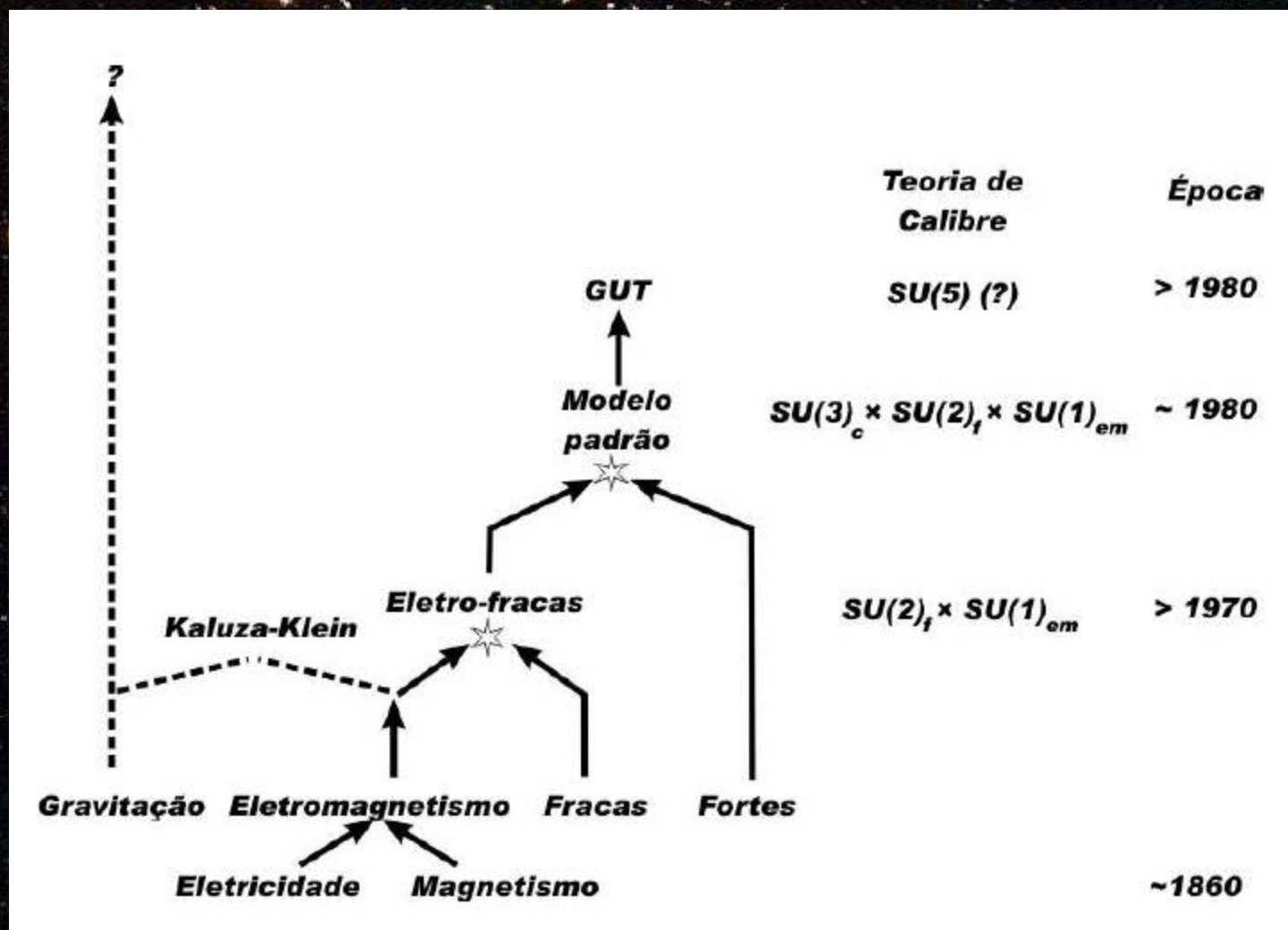


## Por quê os físicos continuam enchendo...

Bola dentro !



1. O Modelo Padrão não é verdadeiramente unificado, antes resulta uma espécie de *collage* de teorias díspares, sem ter atingido uma economia da descrição, a qual estaria possivelmente baseada em alguns princípios fundamentais novos.
2. O Modelo Padrão contém um número enorme de parâmetros livres: massas, constantes de acoplamento etc. Uma teoria fundamental deveria dar uma explicação para a *origem* destes parâmetros. Em outras palavras, não é suficiente medir, por exemplo, que um elétron tem uma massa de 511 keV, é necessário saber por que ela adota esse e não qualquer outro valor.
3. O mesmo pode ser dito do conceito de gerações: não sabemos que há “por trás” destes conjuntos, nem por que são três e não qualquer outro algarismo. A queixa do físico I. RAABI quando soube da existência do múon (teria dito “quem foi que pediu isso?”, já que até hoje ninguém sabe qual é a necessidade de um “elétron pesado”) continua mais válida do que nunca.
4. A partícula de Higgs, o bóson que atua de forma providencial para entender as massas de muitas partículas do modelo, nunca foi vista no laboratório, apesar de procuras intensivas e previsões otimistas.
5. Não menos importante, o Modelo Padrão não serve para explicar > 95% da matéria e energia do Universo (!), conforme discutido nos Capítulos 18 e 19, motivo de extrema importância para o objeto deste texto.
6. Não há razão para supor que as gerações apresentadas na Figura 1.2 sejam realmente o nível mais fundamental, ou seja, que não exista nenhuma estrutura mais elementar.
7. Não sabemos por que nosso Universo é constituído de matéria e não de antimatéria.



# O vácuo e suas flutuações

$$\Delta E \times \Delta t \geq \hbar$$

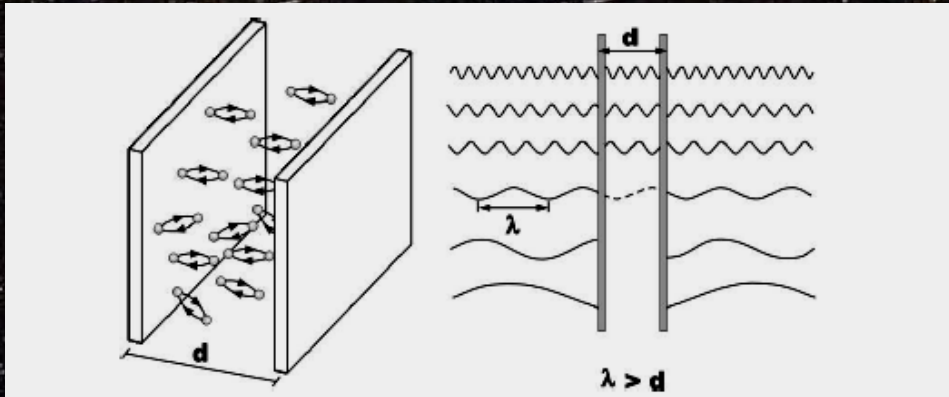
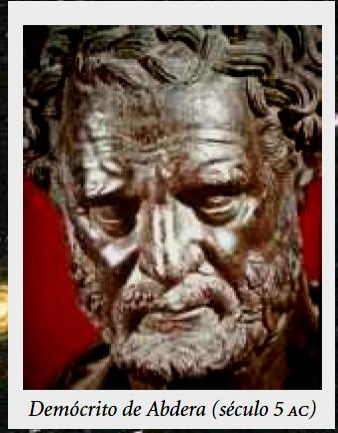


FIGURA 2.2 O efeito Casimir. Duas placas metálicas descarregadas colocadas a uma distância  $d$  uma da outra se atraem segundo uma expressão calculada na teoria quântica de campos. Esta força medida é produto dos pares de partícula-antipartícula que “pipocam” no vácuo. Um efeito análogo deveria produzir uma energia de vácuo no Universo (vide Capítulos 12 e 19).

O vácuo está cheio de “coisas” (pares) e carrega muita energia. De fato esta energia de ponto zero é 120 ordens de grandeza maior do que a necessária para constituir a energia escura.



Demócrito de Abdera (século 5 AC)

$$\rho_{vac} \approx \frac{m_{Planck}}{l_{Planck}^3} \approx m_{Planck}^4 \approx 10^{76} \text{ GeV}^4 \approx 10^{82} \text{ g/cm}^3$$

... na natureza há somente átomos e vazio ...  
 — DIÓGENES LAÉRCIO, século 2 D.C., a respeito das idéias dos atomistas