

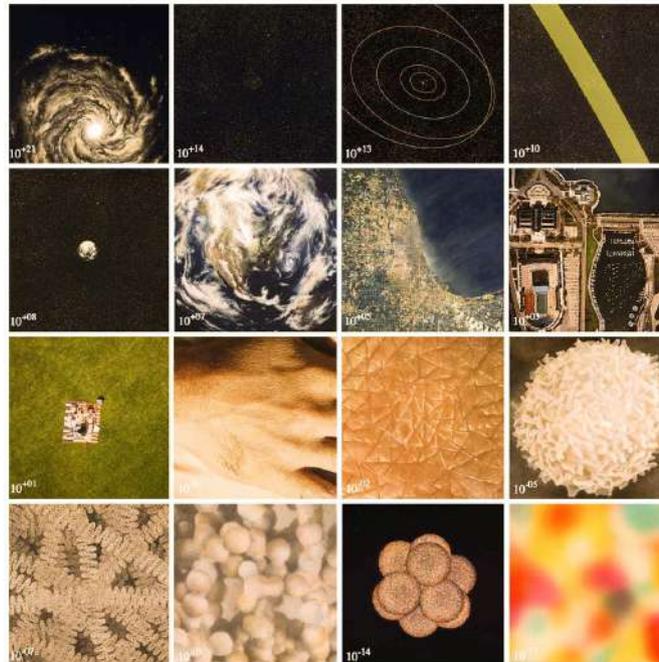
Física Quântica do dia a dia

Marco Moriconi
Instituto de Física/UFF
ICTP/SAIFR
Setembro/2021

O Propósito da Física

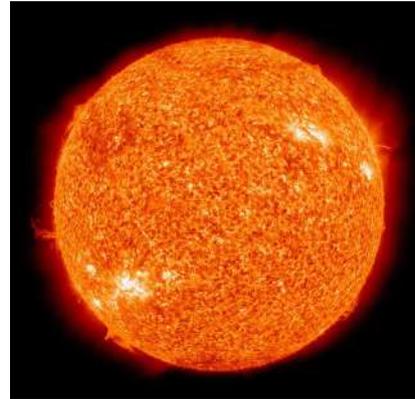
Fornecer uma compreensão quantitativa e qualitativa do universo físico (tudo que pode ser medido e repetido).

As escalas são variadas, desde distâncias astronômicas até o mundo sub-atômico.

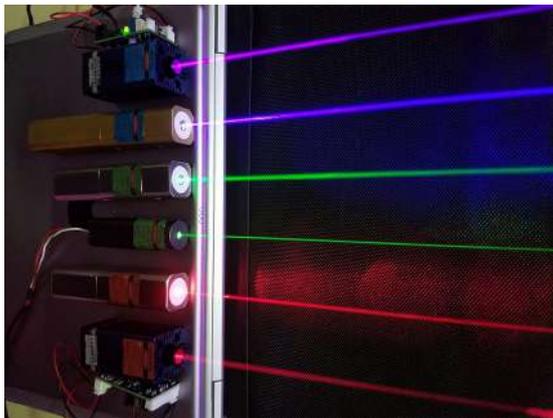
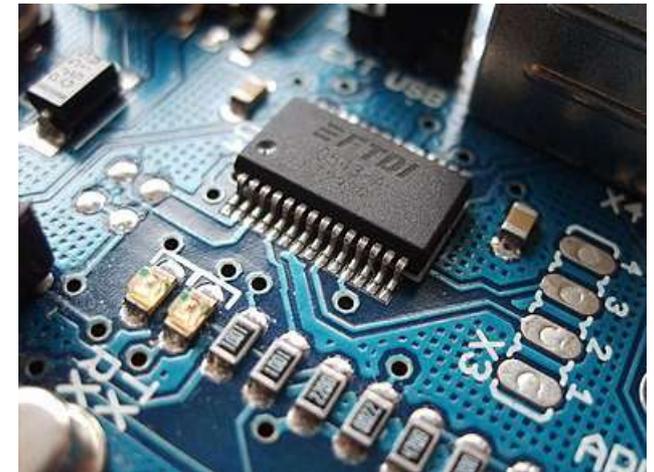


Do filme, *Powers of Ten*

Ao olharmos o mundo ao nosso redor, vemos diversos fenômenos curiosos, até sabemos como lidar com eles. Mas qual sua causa? Por que certas coisas acontecem do jeito que acontecem?



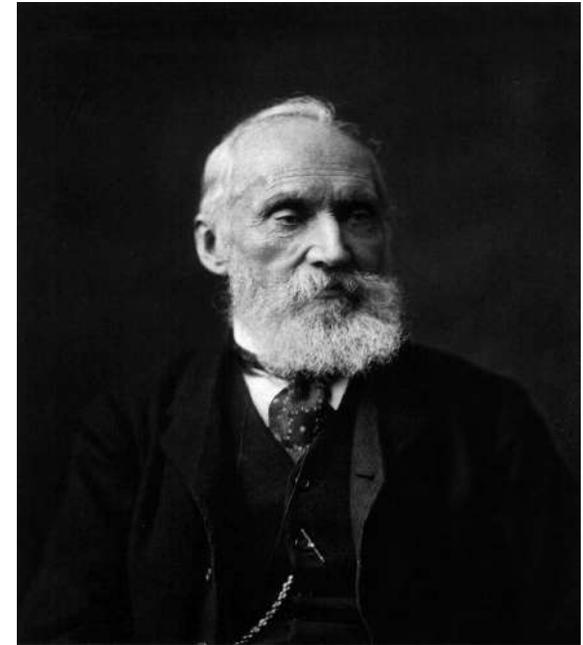
Além de fenômenos do dia-a-dia que são provocados por nós



Duas Nuvens Escuras

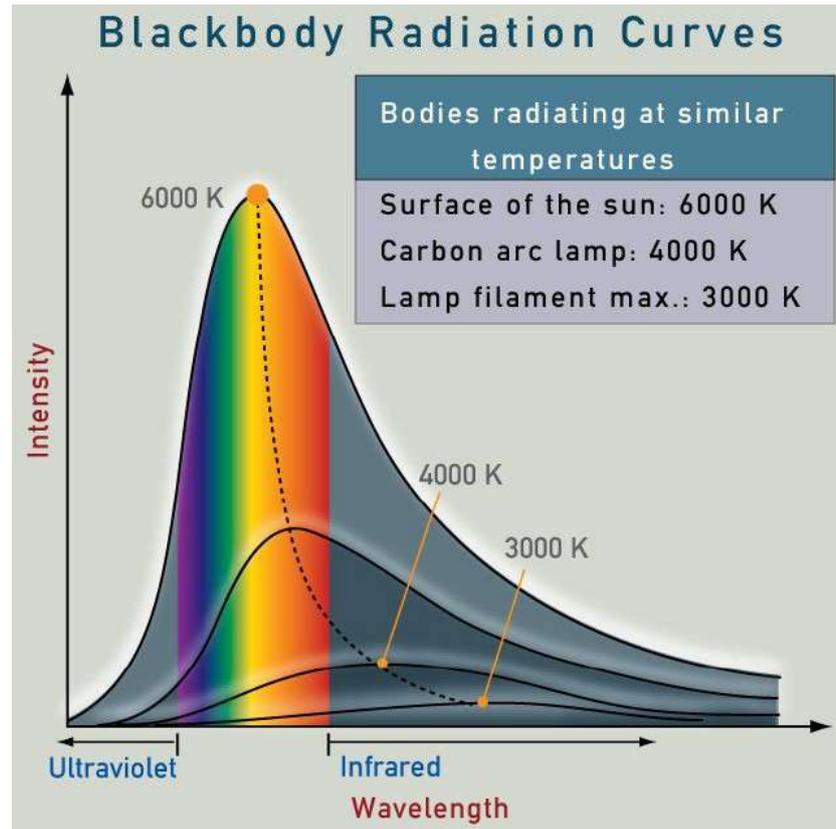
The beauty and clearness of the dynamical theory, which asserts heat and light to be modes of motion, is at present obscured by two clouds.

As duas nuvens de Kelvin se referiam a problemas que deram origem à teoria da relatividade e à mecânica quântica



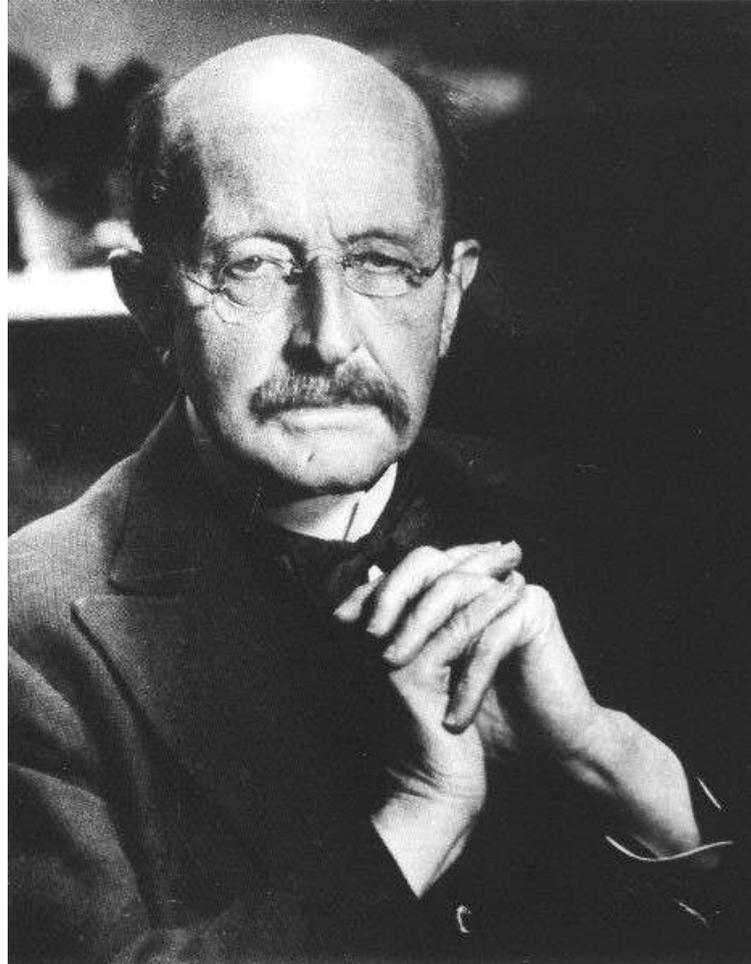
Lord Kelvin

- Aqueça um pedaço de metal. Ele fica vermelho, e, à medida que esquenta, fica azulado. Por quê?
- O corpo negro



Estudar esse problema era interessante do ponto de vista tecnológico: era de interesse da indústria alemã criar lâmpadas mais eficientes

Um mistério que foi resolvido por Max Planck



Vale notar que Planck estava interessado em outro problema: no entendimento da segunda lei da termodinâmica, que está por trás da seta do tempo. Essa história mostra como a pesquisa fundamental e desenvolvimento tecnológico podem, e devem, andar juntos.

Há algumas ideias que serão nossas ferramentas básicas:

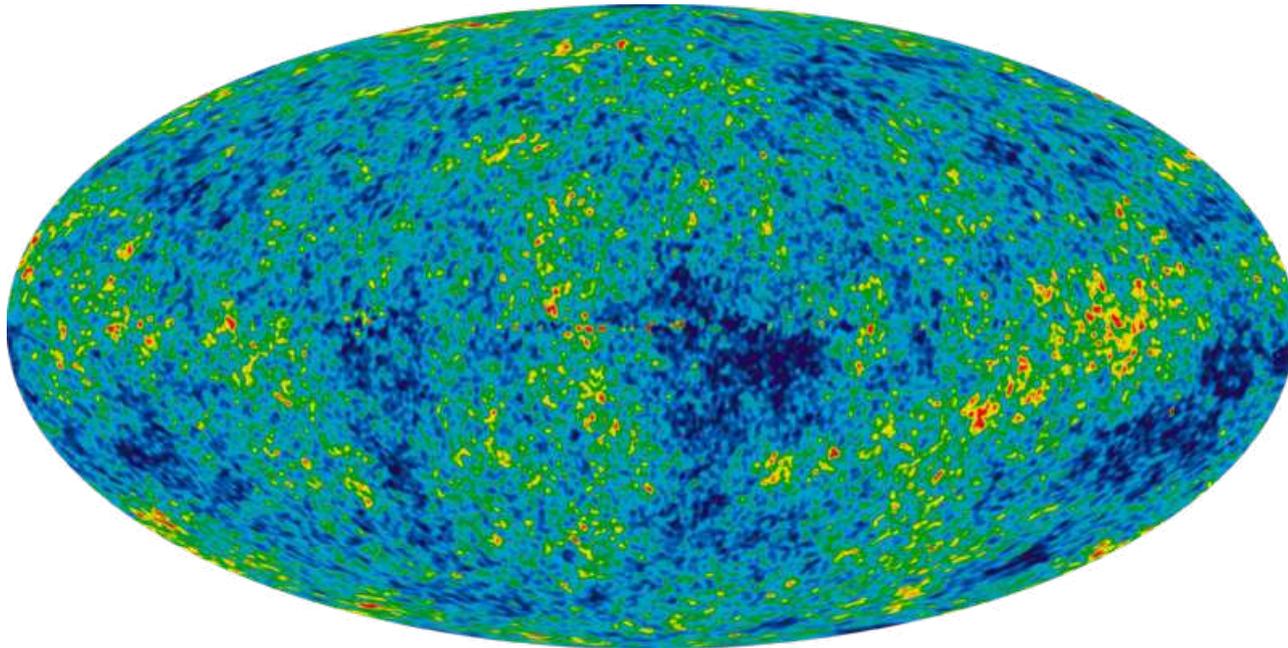
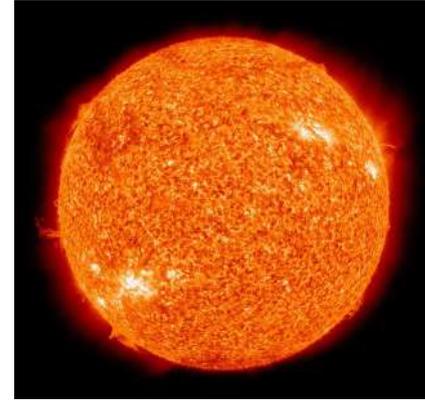
- A matéria é formada de átomos (prótons, neutrons e eletrons), que tem propriedades específicas, como se fosse uma carteira de identidade (massa, carga, spin... spin!? O que é spin??);
- Um sistema físico 'procura' um 'estado' de menor energia;
- Esse mundo microscópico possui regras diferentes do nosso mundo macroscópico.

hydrogen 1 H 1.0079																	helium 2 He 4.0026	
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122											boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180	
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305											aluminum 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948	
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80	
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	niobium 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29	
cesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	* 57-70	lutetium 71 Lu 174.97	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.95	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.21	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.22	platinum 78 Pt 195.08	gold 79 Au 196.97	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.38	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.98	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	* * 89-102	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	bohrium 105 Bh [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [269]	unnilium 110 Uun [271]	ununium 111 Uuu [272]	unbibium 112 Uub [277]	ununseptium 114 Uus [289]					

* Lanthanide series

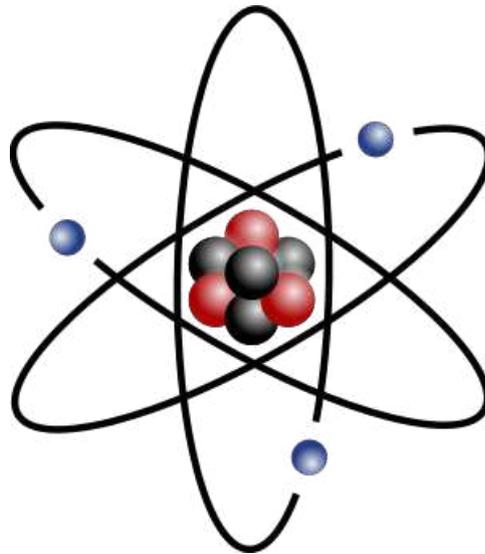
** Actinide series

lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]



Exemplos de radiação de corpo negro: uma lâmpada, o sol, o universo.

Cada átomo possui um certo número de prótons e elétrons (de tal forma a ficar Neutro), os elétrons se distribuem em certos níveis de energia, e obedecem ao princípio da exclusão de Pauli



Representação estilizada do átomo de Lítio

A distância entre átomos em um cristal é da ordem de 10^{-10} m, e o núcleo é da ordem de 10^{-15} m, ou seja... a matéria 'dura' é toda vazada!

Aliás... por que não 'caímos' através do chão? Quão próximo de algo você pode encostar?

Por que o ouro é tão valioso?



Uma das maiores moedas de ouro da antiguidade (Eucrátides, ~ 150 a. C.)

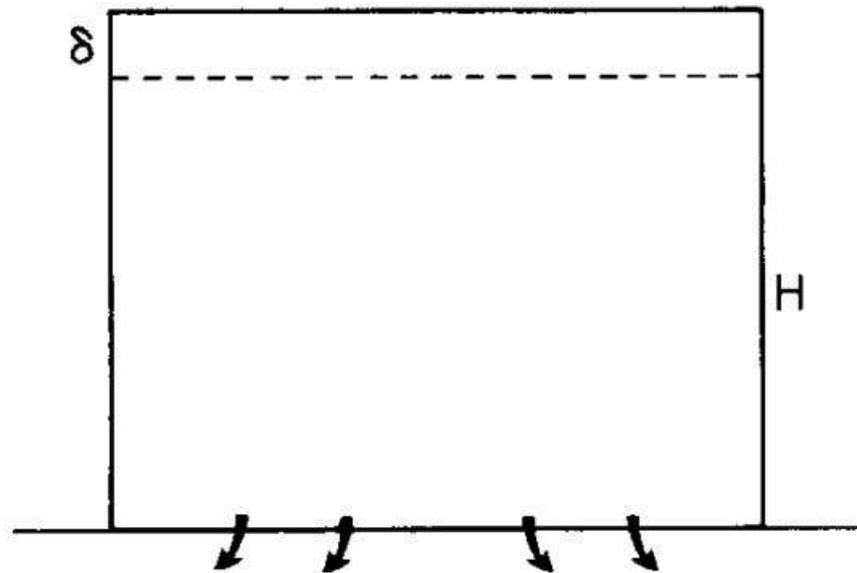
A mecânica quântica e a teoria da relatividade explicam!

Os elétrons se distribuem de tal forma que o 'último' se move muito rápido, e fica 'mais pesado' ($E = mc^2!$), então absorve a 'luz azul', refletindo 'luz amarela'

Por que as montanhas têm uma altura máxima?

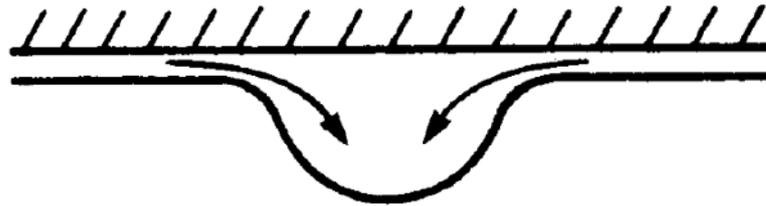
Uma explicação (desde Galileu...) é que ela fica 'pesada demais', a base não aguenta

Mas como? O que se passa?



A adição de uma camada fininha no topo 'derrete' uma parte equivalente da base, a altura continua a mesma

Qual o tamanho de uma gota que pinga do teto?

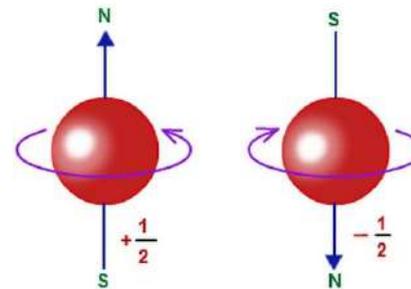


A tensão superficial 'segura' a gota na parede. Quando ela fica muito grande, não é mais forte o suficiente e... ping!

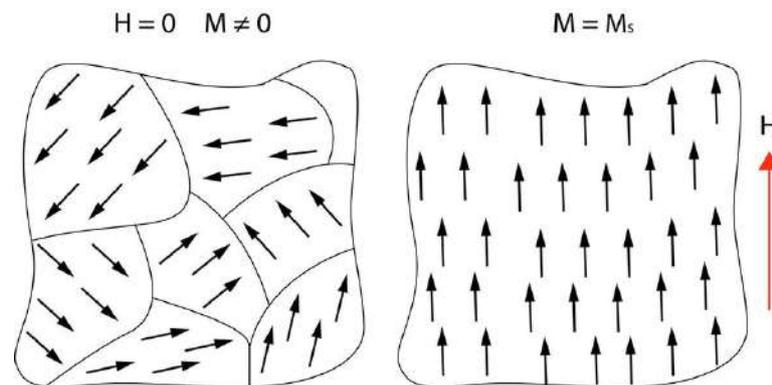
Ímãs são fascinantes... mas como funcionam? O que se passa!?



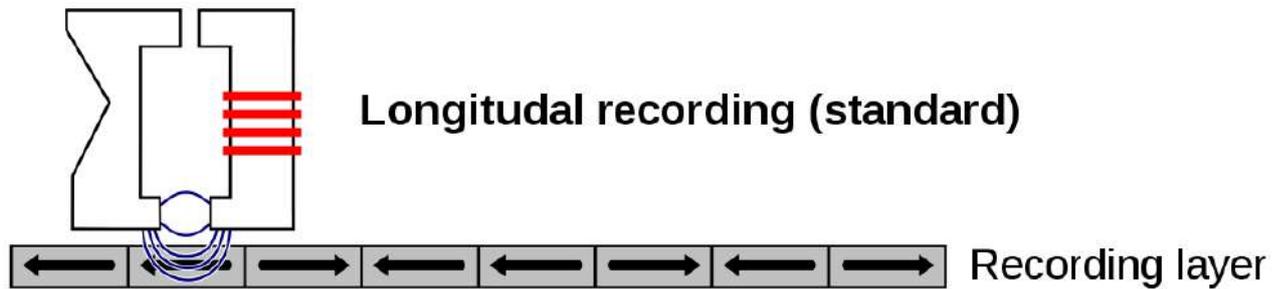
O spin do elétron: é como se a partícula girasse ao redor de seu eixo... sgn!



Domínios magnéticos:

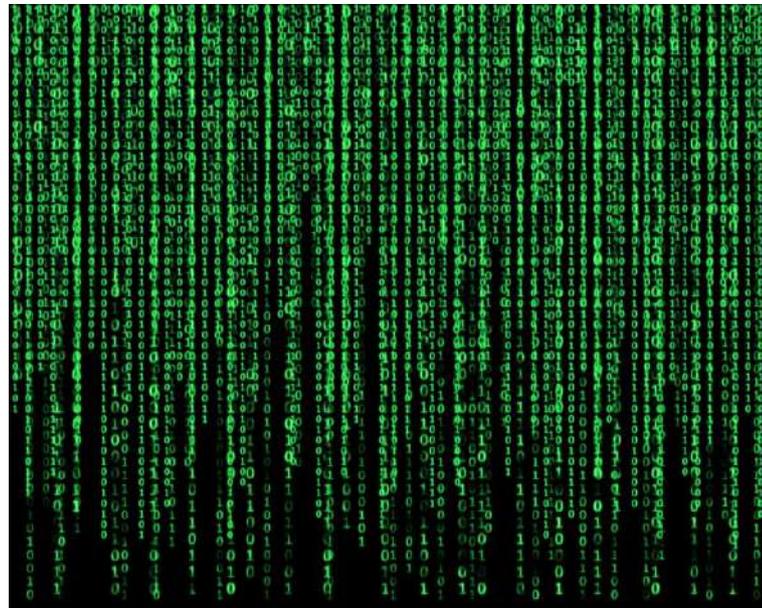


Magnetismo serve para armazenar informação de forma eficiente e compacta



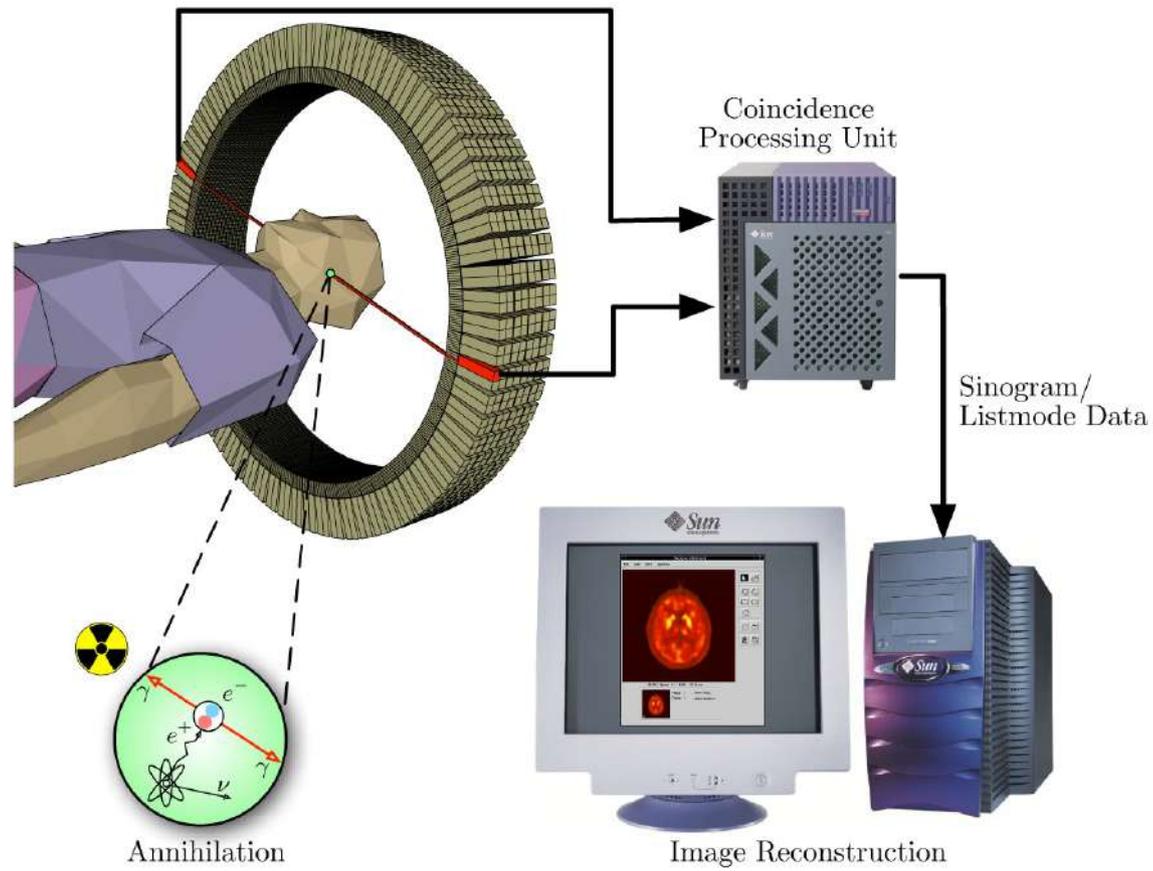
O mundo da eletrônica: a revolução dos transistores

Materiais podem ser condutores ou isolantes ou... algo entre eles: os semicondutores

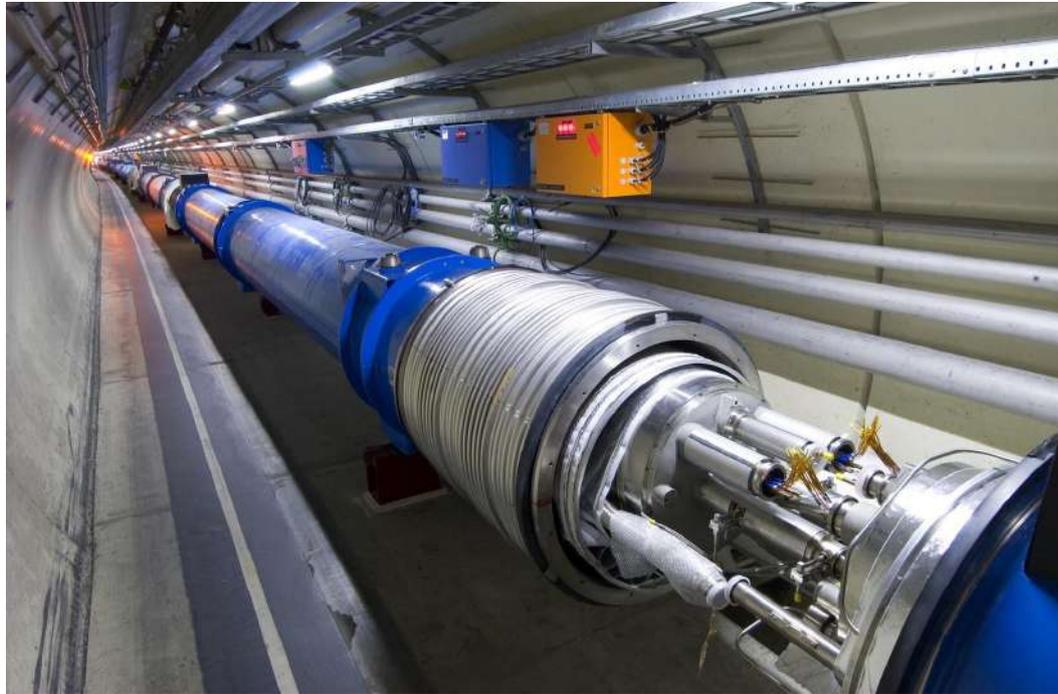


Como informação pode ser codificada em 0s e 1s, é natural usar correntes elétricas: 0 = chave aberta, 1 = chave fechada.

Medicina nuclear e antimatéria: PET SCAN

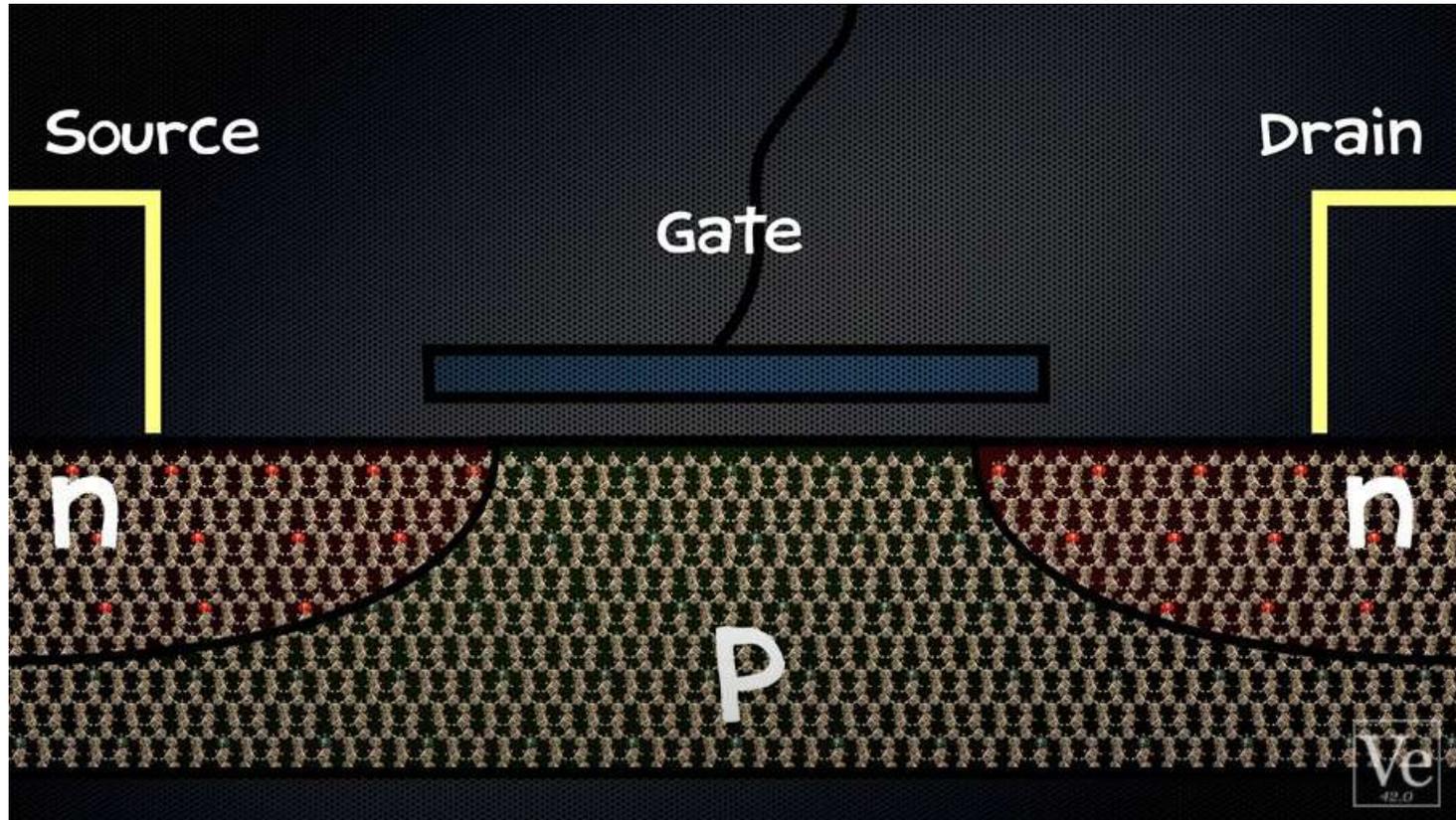


Física de partículas: mecânica quântica por tudo que é lado!



Um exemplo maravilhoso de pesquisa básica e resultados em tecnologia:
Aqui são vistos dois dipolos magnéticos, que são resfriados com hélio líquido.
Eles servem para manter os feixes de partículas ao longo do tubo.

Caricatura de um transistor



E a árvore!?



O dióxido de carbono vem do ar. Perde um oxigênio, usando a energia do sol. A água que é usada para formar a árvore... vem da chuva, que é proveniente da evaporação de água (de onde veio a água do mundo, aliás?) pelo sol...

E a cor dos pigmentos!?



A luz que incide é branca, uma soma de várias cores. Um dado pigmento tem uma estrutura molecular que pode absorver algumas dessas cores, o resto... é o que vemos

Conclusões

- A física quântica explica um número enorme de fenômenos, em várias escalas;
- Muitos fundamentais para nossa existência;
- Muitos acessíveis aos nossos sentidos!
- Está presente na revolução tecnológica assim como na pesquisa mais fundamental.