

Física quântica

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

19 de Janeiro de 2021

Sumário

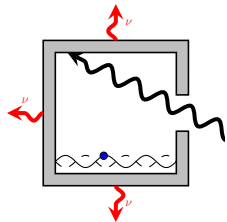
- 1 Quantização da energia
- 2 Dualidade onda partícula
- 3 O modelo atômico
- 4 Aplicações
- 5 Apêndice

Radiação do corpo negro

Um corpo negro é um material que absorve toda a radiação que incide sobre ele. Após absorver a radiação, o corpo negro aquece e emite radiação própria, que por sua vez depende da temperatura.

Corollary

$$\text{Radiação} = \frac{\text{Energia}}{(\text{Área})(\text{Tempo})}$$



Representação de um corpo negro.

Corollary

Desde Maxwell consideramos que a luz é uma onda eletromagnética, cuja intensidade é definida como energia por tempo e área;

Discrepância entre a teoria clássica da radiação e a experiência

O que era esperado pela teoria clássica

A radiação emitida pelo corpo negro **deveria assumir qualquer valor**, independente da frequência da onda eletromagnética.

A intensidade da onda eletromagnética é diretamente proporcional ao quadrado da frequência, portanto a intensidade da radiação deveria aumentar com o aumento da frequência.

O que os físicos observaram

A radiação emitida pelo corpo negro aumenta até uma certa frequência, atingindo um valor máximo e decaindo a zero em seguida, à medida que a frequência aumenta.

A Lei de Planck

Hipótese de Planck

A energia das cargas oscilantes no interior do corpo negro não pode assumir qualquer valor, mas sim valores discretos (quantizados), e que seria proporcional a frequência da radiação emitida,

$$E_n = nhf, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$h \approx 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad (\text{Constante de Planck}).$$

Corollary

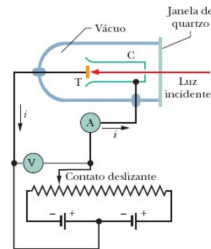
As idéias de Plank sobre quantização da energia marca o nascimento da Física quântica.

O efeito fotoelétrico - O que era esperado?

A luz incide na parte T, os elétrons do metal absorve a energia da luz e pela teoria clássica deveria escapar do material, acusando uma corrente i no amperímetro.

O que era esperado pela teoria clássica

- ✓ A energia cinética dos elétrons deveria depender da intensidade da luz;
- ✓ O efeito fotoelétrico deveria ocorrer com luz de qualquer frequência;
- ✓ Deveria haver um retardo no tempo, de modo que o elétron absorveria continuamente o feixe de energia.

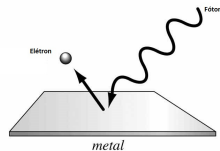


Montagem usada para o estudo do efeito fotoelétrico..

O efeito fotoelétrico - O que foi obtido!

O que era esperado pela teoria clássica

- ✓ Os elétrons não escapam do material, independente da intensidade da luz incidente;
- ✓ Foi observado um valor mínimo para a frequência para que os elétrons escapem do material;
- ✓ Os elétrons não escapam do material se a frequência for menor que o valor mínimo, não importa o tempo que fique exposto.



Elétron escapando do metal após absorver a energia do fóton.

Hipótese de Einstein

A luz é constituída por pacotes de energia ($E = hf$) chamados fótons.

Postulado de de Broglie

Hipótese de de Broglie

Devido a simetria da natureza, o dualismo onda-partícula é um fenômeno absolutamente geral,

$$f = \frac{E}{h}, \quad (\text{Efeito fotoelétrico}),$$
$$\lambda = \frac{h}{p}, \quad (\text{Postulado de de Broglie}).$$

Corollary

Os elétrons se movem como ondas ao redor do núcleo, o que explica o modelo atômico de Bohr.

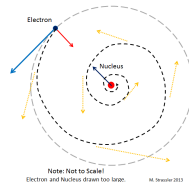
Modelo planetário do átomo

O que era esperado pela teoria clássica

Os elétrons se movem ao redor do núcleo em órbitas circulares;

Pela teoria do eletromagnetismo, cargas em movimento emitem radiação diminuindo sua energia;

À medida que a energia diminui, a órbita do elétron encolhe e ele colapsa para dentro do núcleo.



Teoria clássica.

Corollary

Com o colapso do elétron no interior do núcleo, não seria possível a formação de moléculas ou demais combinações envolvendo átomos.

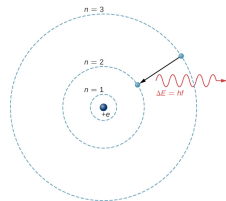
O átomo de Bohr

Postulados de Bohr

Os elétrons se movem em certas órbitas bem definidas sem irradiar energia;

O átomo emite radiação quando um elétron faz uma transição de uma órbita para outra;

No limite de grandes órbitas e altas energias, os resultados quânticos devem coincidir com a teoria clássica.



Modelo de Bohr.

Princípio da correspondência

Para grandes números quânticos, os cálculos quânticos e os clássicos levam ao mesmo resultado.

Espectro de linhas do hidrogênio

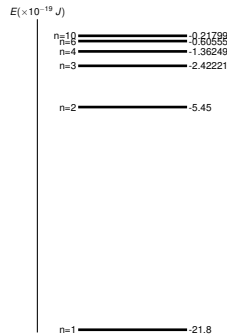
Níveis de energia do átomo de hidrogênio

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots),$$

$$E_1 = -2,18 \times 10^{-18} \text{ J}, \quad (\text{estado fundamental}).$$

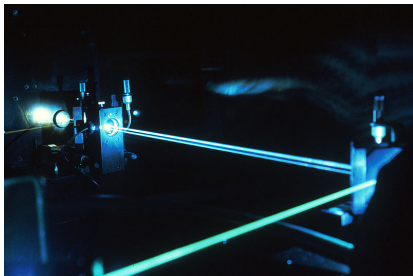
Corollary

O elétron ao redor do átomo adquire valores discretos de energia, e no limite $n \rightarrow \infty$ se aproxima do resultado clássico (energias no continuum).

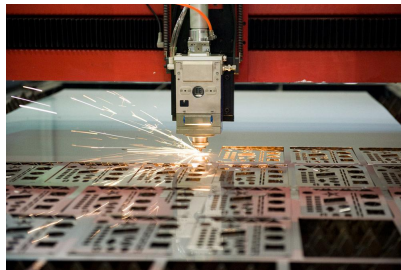


Níveis de energia do hidrogênio.

Laser



Laser de Argônio [2].



Laser usado para cortar chapas metálicas [3].

Transformar um número em notação científica

Corollary

Passo 1: Escrever o número incluindo a vírgula.

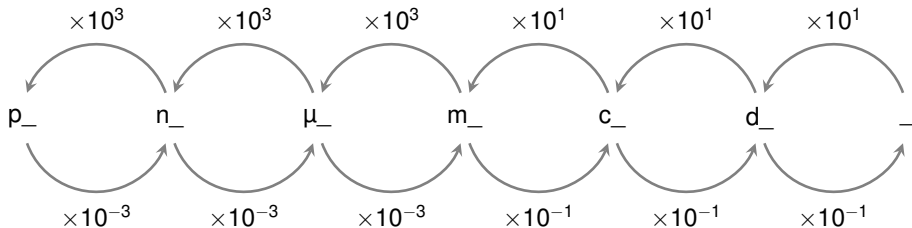
Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.

Passo 3: Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar" com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.

Exemplo

$$6\,590\,000\,000\,000\,000,0 = 6,59 \times 10^{15}$$

Conversão de unidades em uma dimensão

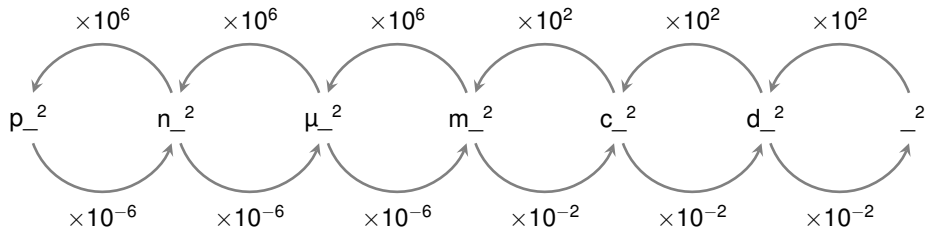


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$2,5 \text{ g} = 2,5 \times 10^{(1) \times 3} \text{ mg} \rightarrow 2,5 \times 10^3 \text{ mg}$$

$$10 \mu\text{C} = 10 \times 10^{[(-3) \times 1 + (-1) \times 3]} \text{ C} \rightarrow 10 \times 10^{-6} \text{ C}$$

Conversão de unidades em duas dimensões

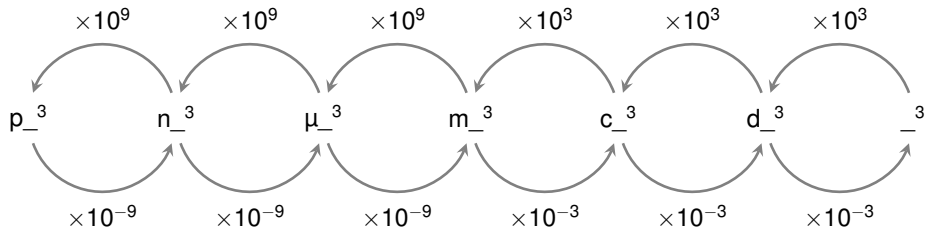


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

$$2,5 \text{ m}^2 = 2,5 \times 10^{(2) \times 3} \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$10 \mu\text{m}^2 = 10 \times 10^{[(-6) \times 1 + (-2) \times 3]} \text{ m}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-12} \text{ m}^2$$

Conversão de unidades em três dimensões



$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times 10^{(-3) \times 2} \text{ dm}^3 \rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$2,5 \text{ m}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 3} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

$$10 \mu\text{m}^3 = 10 \times 10^{[(-9) \times 1 + (-3) \times 3]} \text{ m}^3 \rightarrow 10 \times 10^{-18} \text{ m}^3$$

Alfabeto grego

Alfa	A	α	Ni	N	ν
Beta	B	β	Csi	Ξ	ξ
Gama	Γ	γ	ômicon	O	o
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsílon	E	ϵ, ε	Rô	P	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Teta	Θ	θ	Ípsilon	Υ	v
Iota	I	ι	Fi	Φ	ϕ, φ
Capa	K	κ	Qui	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mi	M	μ	Ômega	Ω	ω

Referências

-  A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.1, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)
-  https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Bestand:Nci-vol-2268-300_argon_ion_laser.jpg
-  <https://www.thefabricator.com/article/lasercutting/back-to-basics-the-subtle-science-of-burr-free-laser-cutting>

Esta apresentação está disponível para download no endereço
<https://flavianowilliams.github.io/education>