

PAS DE LA METROLOGIA A BASES QUÀNTIQUES, CONSTANTS I FONAMENTALS

Eugeni Vilalta López, SCM



SECCIÓ CATALANA DE METROLOGIA

21 de maig 2019

CCCB Barcelona

<http://www.scmetro-sct.cat/>



La balança de Kibble

Relació entre el kilogram i la constant de Planck

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

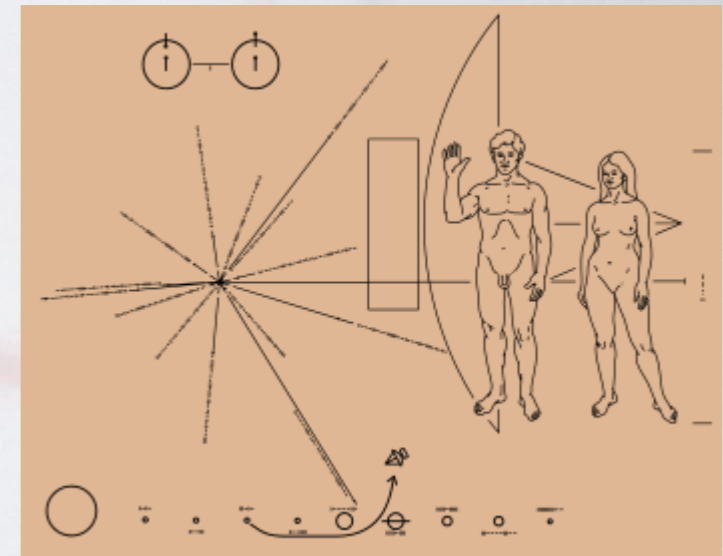
$$n' = 1, 2, 3, 4, \dots$$

$$r = 1, 2, 3, 4, \dots$$

$$m = \frac{nn' f_J f'_J}{r g v} \frac{1}{4} h$$

REDEFINIR I REFINAR

- **millorar la seva definició** (una definició més clara, més precisa)
- **millorar la seva precisió** (millors mètodes de mesura)
- no canviar perquè sí (perquè és bonic, perquè ho entenen els marcians, ...)
- **mantenint el seu valor.**
- mantenir constant el valor de la unitat quan es canvia, dins de la incertesa que tenia





Quantificació 0

Existeixen els àtoms (i els ions, i les molècules)

Tots els àtoms, ^{12}C , són iguals, sempre iguals, iguals arreu.

En quantitats macroscòpiques, són molts.

En nanometrologia, d'un en un.

Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



Quantificació 0

Podem comptar longituds d'ona d'una en una.

Podem comptar períodes d'un en un.



Primera Quantificació

Àtom de Bohr

Salts quàntics

Dualitat ona-partícula

Això explica la quantització 0:

- hi ha àtoms
- són iguals
- hi ha períodes i longituds d'ona definits.



Primera Quantificació

Àtom de Bohr

Salts quàntics

"El metre és la longitud igual a 1 650 763,73 longituds d'ona al buit de la radiació corresponent a la transició entre els nivells $2p_{10}$ i $5d_5$ de l'àtom de criptó 86."

Cal poder comparar la definició quàntica amb els fenòmens macroscòpics ordinaris.





Primera Quantificació

Bose-Einstein

Fenòmens macroscòpics (làsers, superconductors) per agregats de components microscòpics idèntics, que exhibeixen els mateixos comportaments quàntics que Bohr va veure a escala microscòpica.



Definicions actuals basades en la primera quantització i la quantització 0

- la freqüència de transició hiperfina de l'estat fonamental sense pertorbar de l'àtom de cesi $133 \Delta\nu_{Cs}$ és 9 192 631 770 Hz,
- la constant de Planck h és $6,626\ 070\ 040 \times 10^{-34}$ J s,
- la càrrega elemental e és $1,602\ 176\ 620\ 8 \times 10^{-19}$ C,
- la constant de Boltzmann k és $1,380\ 648\ 52 \times 10^{-23}$ J/K,
- la constant d'Avogadro N_A és $6,022\ 140\ 857 \times 10^{23}$ mol⁻¹,



Constància i constants

En algunes de les definicions anteriors apareix la paraula "constant" i en altres no apareix explícitament, però podria ser-hi perfectament.

Algunes constants, la d'Avogadro, per exemple, són constants en el sentit que són iguals per a totes les substàncies, però no els atribuïm cap caràcter fonamental i la seva constància en el temps és, purament, fruit del seu caràcter convencional.



Constància i constants

Però altres, h i e , i la que no és òbviament quàntica, c , són percebudes com a constants fonamentals.

“El metre és la longitud del trajecte recorregut en el buit per la llum durant $1/299\,792\,458$ segons.”



REDEFINIR I REFINAR

- **millorar la seva definició** (una definició més clara, més precisa):

UNA CONSTANT

- **millorar la seva precisió** (millors mètodes de mesura):

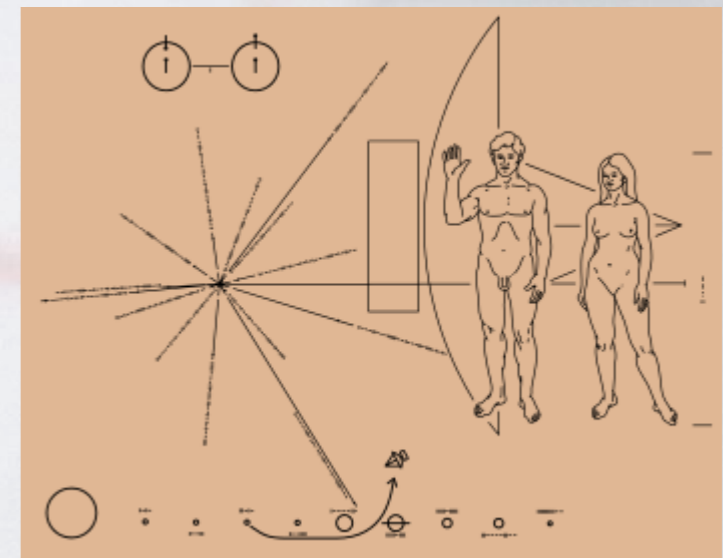
UNA CONSTANT

- **no canviar perquè sí** (perquè és bonic, perquè ho entenen els marcians, ...):

UNA CONSTANT

- **mantenint el seu valor.**

UNA CONSTANT





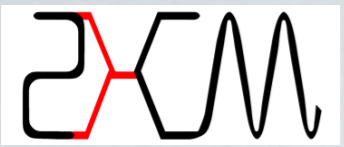
El 1790 l'Assemblée Nationale, proposa la creació d'un nou sistema d'unitats "estable, uniforme i simple".

UNES CONSTANTS FONAMENTALS



Com de constants són les constants fonamentals?

- més que cap altra cosa
- totalment, en la nostra regió
- no tenim cap evidència que hagin tingut o tinguin altres valors en altres temps o altres llocs.





AGRAÏMENTS

- A tots vosaltres per la vostra atenció
- Als companys i companyes de la Secció Catalana de Metrologia
- Al CCCB