Eletromagnetismo I

- Prof. Diogo Trancanelli – 344 Ala Central
fma.if.usp.br/~dtrancan/notasEM.html

Terça : 8:30 – 10:00
Sexta : 10:00 – 11:30

- Monitor: Felipe Soares Sá – 335 Ala Central
filipesoaressa@usp.br

P1 : 15/09
P2 : 20/10
P3 : 01/12
PSub : 08/12
(fechada, matéria toda)

$$M = \frac{P1+P2+P3}{3}$$

- Referências: Griffiths, Jackson, Landau (CFT)

—— " ——

04/08 – Aula 1

O objetivo nesse primeiro momento é chegar nas **Equações de Maxwell**. O ensino tradicional segue a ordem histórica da seguinte forma:

* Coulomb → Ampère → Faraday → Maxwell → Ondas → Einstein

No curso, a abordagem será um pouco diferente. Através da Mecânica Clássica (Teoria Clássica de Campos) e da Relatividade Restrita chegaremos nas Eqs. de Maxwell fazendo uso de simetrias.

Depois estudaremos técnicas de resolução das equações através de análise de Fourier e Funções de Green.

Até aqui trabalharemos no vácuo e será o que cai na P1 e na P2. O próximo passo é repetir o que fizemos, mas em meios materiais.

—— " ——

Análise Dimensional

Dimensões:
- Massa M
- Comprimento L
- Tempo T
- Carga Elétrica
- Temperatura

(Massa, Comprimento, Tempo: Fundamentais)

Uma constante comum no eletromagnetismo é $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$. Ela vem da Lei de Coulomb:

$$F = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{Q_1Q_2}{r^2} \qquad \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^3\,\frac{Nm^2}{c^2}$$

$[Q_1]$ = carga (Coulomb)
$[Q_2]$ = carga

Usando as unidades fundamentais: $[Q_1]=[Q_2]=\sqrt{MLT^{-2}L^2} = \sqrt{ML^3T^{-2}}$

* Através da Constante de Boltzmann consegue-se relacionar a temperatura com M, L e T.

As unidades MLT formam uma base. Podemos trocar de base desde que seus elementos sejam independentes e descrevam todas as grandezas físicas.

Uma ideia é usar constantes fundamentais da natureza como uma base:

$(G_N, c, \hbar)$
↳ constante de Planck
velocidade da luz
constante de Newton

$$\begin{cases} G_N = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\ m^3/kg \cdot s^2 & [G_N] = L^3 M^{-1} T^{-2} \\ c = 3 \cdot 10^8\ m/s & [c] = LT^{-1} \\ \hbar = 10^{-34}\ m^2 \cdot kg/s & [\hbar] = L^2 T^{-1} M \end{cases}$$

A vantagem é que usar constantes são universais. Através delas definimos as unidades naturais

* Velocidades são medidas em relação à da luz: $v = \#\%\, c$; $\frac{v}{c}$ = adimensional

Escolhe-se declarar $\boxed{c = 1}$.

Antes: $[c] = LT^{-1}$ ⟶ Depois: $[c] = 1 = L^0 T^0 M^0$
↳ [comprimento] = [tempo] ou $L = T$
[energia] = [massa], pois $E = mc^2 = m$.

Como $L = T$, $[G_N] = LM^{-1}$ e $[\hbar] = LM$

* momentos angulares são medidos em relação à constante de Planck. Então $L \to M^{-1}$ e escolhe-se declarar $\hbar \to 1$ ou $\boxed{\hbar = 1}$.

Antes: $[\hbar] = L^2 T^{-1} M$ ⟶ Depois: $[\hbar] = 1$
↳ [comprimento] = [massa]$^{-1}$ ou $L = M^{-1}$

* Por fim, sobra apenas 1 dimensão, que também se declara $\boxed{G_N = 1}$.

- $c = 1$
- $\hbar = 1$
- $G_N = 1$

} Unidades Naturais

OBS: Alguns consideram apenas $c = 1$ e $\hbar = 1$ como unidades naturais.

Como voltamos à base (L, M, T) usando $(c, \hbar, G_N)$? Geralmente, temos:

$$[G_N^{\alpha}\, c^{\beta}\, \hbar^{\gamma}] = (L^3 M^{-1} T^{-2})^{\alpha} (LT^{-1})^{\beta} (L^2 M T^{-1})^{\gamma} = L^{3\alpha+\beta+2\gamma} M^{-\alpha+\gamma} T^{-2\alpha-\beta-\gamma}$$

- Para encontrar L $\begin{cases} 3\alpha + \beta + 2\gamma = 1 \\ -\alpha + \gamma = 0 \\ -2\alpha - \beta - \gamma = 0 \end{cases}$

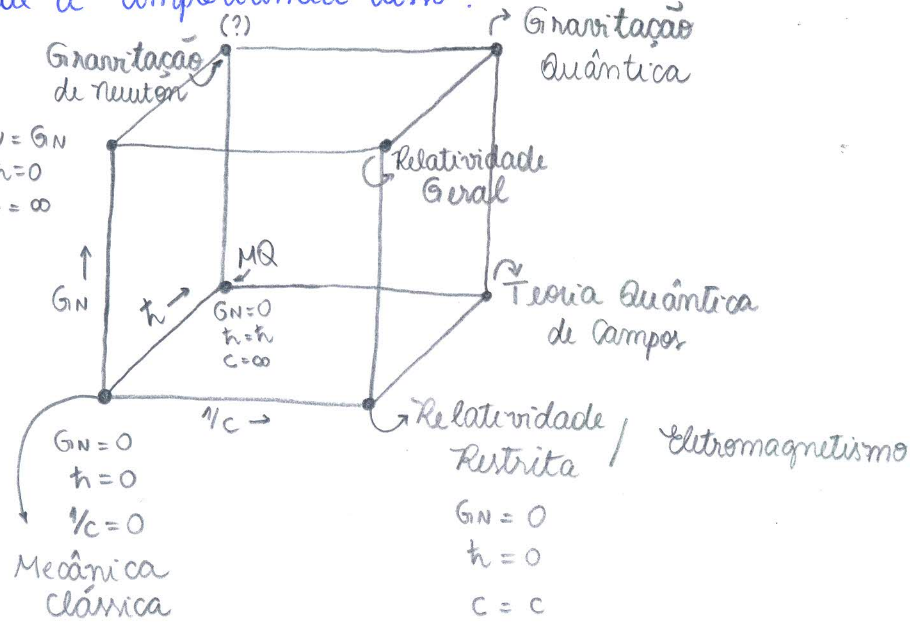
- Para encontrar T $\begin{cases} 3\alpha + \beta + 2\gamma = 0 \\ -\alpha + \gamma = 0 \\ -2\alpha - \beta - \gamma = 1 \end{cases}$

- Para encontrar M $\begin{cases} 3\alpha + \beta + 2\gamma = 0 \\ -\alpha + \gamma = 1 \\ -2\alpha - \beta - \gamma = 0 \end{cases}$

Então
$$\begin{cases} * \ [L] = \sqrt{\dfrac{G_N \hbar}{c^3}} = l_p & (\text{comprimento de Planck}) \\ * \ [M] = \sqrt{\dfrac{\hbar c}{G_N}} = m_p & (\text{massa de Planck}) \\ * \ [T] = \sqrt{\dfrac{G_N \hbar}{c^5}} = t_p & (\text{tempo de Planck}) \end{cases}$$

$$SI \begin{cases} l_p = 1{,}6 \cdot 10^{-33} \ cm \\ m_p = 2{,}2 \cdot 10^{-5} \ g \\ t_p = 5{,}4 \cdot 10^{-44} \ s \end{cases}$$

Qual a importância disso?



— " —