

# Introdução à Física de Partículas Elementares

Prof. Marcelo Augusto Leigui de Oliveira

## Prova 1 (2025.1)

Resolva as questões a seguir, escaneie a sua resolução e envie um arquivo em PDF (legível) para o e-mail: leigui@ufabc.edu.br, com o assunto "NHZ3024-P1", através de seu e-mail institucional, até as 21:00 do dia 11/03/2025.

**NOME:**

**RA:**

1. Antes de Chadwick, acreditava-se que o núcleo continha  $A$  prótons e  $(A - Z)$  *elétrons nucleares*. Se fosse para confinar um elétron numa região do tamanho do núcleo ( $\sim 10^{-14}$  m), calcule qual deveria ser o momento dos supostos elétrons nucleares. Sabendo que a máxima energia da radiação  $\beta$  é, geralmente, menor que 1 MeV, discuta a possibilidade de existência dos elétrons nucleares. Obs.: use a fórmula da energia relativística:  $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$ .

2. Quando 2 núcleons trocam um méson de massa  $m$ , eles, por um tempo muito curto, violam a conservação de energia por uma quantidade  $mc^2$  (a energia de repouso do méson). Partindo do princípio da incerteza na forma:  $\Delta E \Delta t \sim \hbar$ ; e tomando o alcance das interações fortes sendo  $\sim 1,4 \text{ F}$  (comparável às dimensões do núcleo), calcule a massa do méson de Yukawa.

**NOME:****RA:**

3. Diga se as reações abaixo podem ocorrer, mostrando as grandezas que são conservadas e violadas — dentre carga elétrica, número leptônico, número bariônico e estranheza — e determine o tipo de interação que as governa, quando possível.

$$\Sigma^+ \rightarrow n + e^+ + \nu_e$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + e^+ + e^-$$

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^0$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^0 + \pi^-$$

$$\Lambda^0 + p \rightarrow \Sigma^+ + n$$

4. (a) Escreva o diagrama de Feynman para o espalhamento Delbruck:

$$\gamma + \gamma \rightarrow \gamma + \gamma;$$

- (b) Escreva o diagrama de Feynman para o decaimento do  $\mu^+$ :

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e.$$

**NOME:**

**RA:**

5. Um pión em repouso decai em um múon e um neutrino. Qual é a velocidade final do múon?

**Formulário:**

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta E \Delta t \sim \hbar$$

$$R = c \Delta t$$

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

$$E = \gamma m c^2 \quad , \quad \vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$p^\mu = (E/c, \vec{p}) \quad \Rightarrow \quad p_\mu p^\mu = m^2 c^2 = E^2/c^2 - p^2$$

**Dados:**

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} \approx \frac{1}{137} \text{ (adimensional)}$$

$$\hbar c \approx 3,161 \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{m} \approx 197,3 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$$

$$k e^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = \alpha \hbar c \approx 1,44 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$$

partícula	quarks	carga [e]	$L_e$	$L_\mu$	A	S	massa [MeV/c <sup>2</sup> ]
$\gamma$		0	0	0	0	0	0
$\nu_e / \bar{\nu}_e$		0	+1/ - 1	0	0	0	0
$\nu_\mu / \bar{\nu}_\mu$		0	0	+1/ - 1	0	0	0
$e^\pm$		$\pm 1$	$\mp 1$	0	0	0	0,511
$\mu^\pm$		$\pm 1$	0	$\mp 1$	0	0	105,7
$\pi^\pm$	$u\bar{d}, d\bar{u}$	$\pm 1$	0	0	0	0	139,6
$\pi^0$	$(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	135,0
$K^\pm$	$d\bar{s}, s\bar{d}$	$\pm 1$	0	0	0	0	493,7
$K^0$	$d\bar{s}$	0	0	0	0	0	497,7
p	$uud$	+1	0	0	+1	0	938,3
n	$udd$	0	0	0	+1	0	939,6
$\Lambda^0$	$uds$	0	0	0	+1	-1	1115,6
$\Sigma^+$	$uus$	+1	0	0	+1	-1	1189,4
$\Sigma^0$	$uds$	0	0	0	+1	-1	1192,5
$\Sigma^-$	$dds$	-1	0	0	+1	-1	1197,3