4302212 – Física IV

Relatividade e Magnetismo

4-Densidade

$$J^0 \equiv \frac{c\rho_0}{\sqrt{1-(u/c)^2}} = c\rho$$

$$J^1 \equiv \frac{\rho_0\, u_x}{\sqrt{1-(u/c)^2}} = \rho u_x = j_x$$

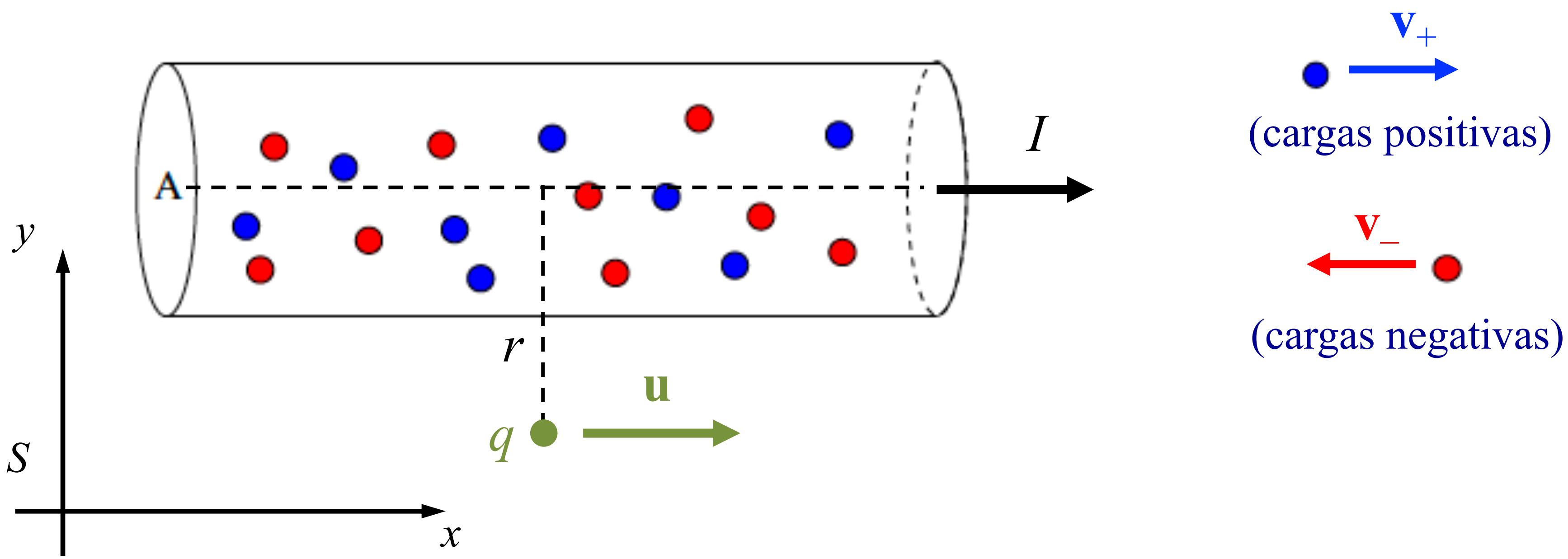
$$J^2 \equiv \frac{\rho_0\, u_y}{\sqrt{1-(u/c)^2}} = \rho u_y = j_y$$

$$J^3 \equiv \frac{\rho_0\, u_z}{\sqrt{1-(u/c)^2}} = \rho u_z = j_z$$

Equação da Continuidade

$$\partial_\nu J^\nu = 0$$

Magnetismo e Relatividade

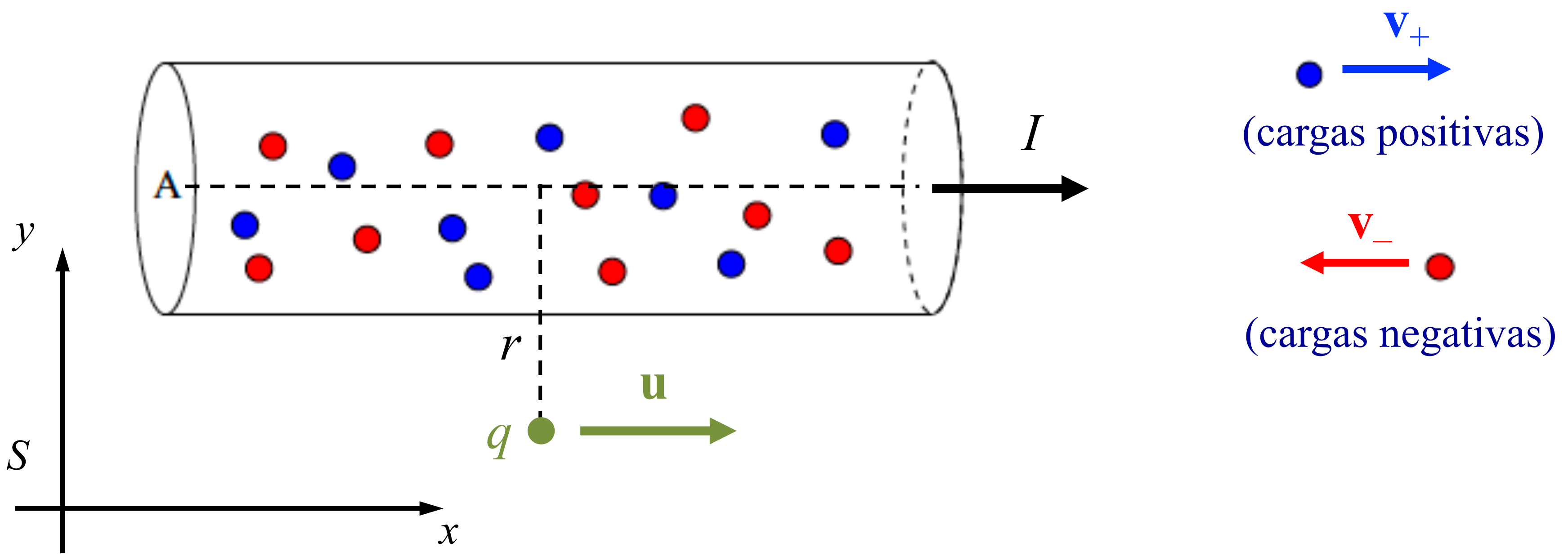


(velocidades das cargas) $$v_+ = v_- \equiv v$$

(densidades de número) $$n_+ = n_- \equiv n$$ $$I = 2nq_0Av$$

(cargas) $$q_+ = |q_-| \equiv q_0$$

Magnetismo e Relatividade

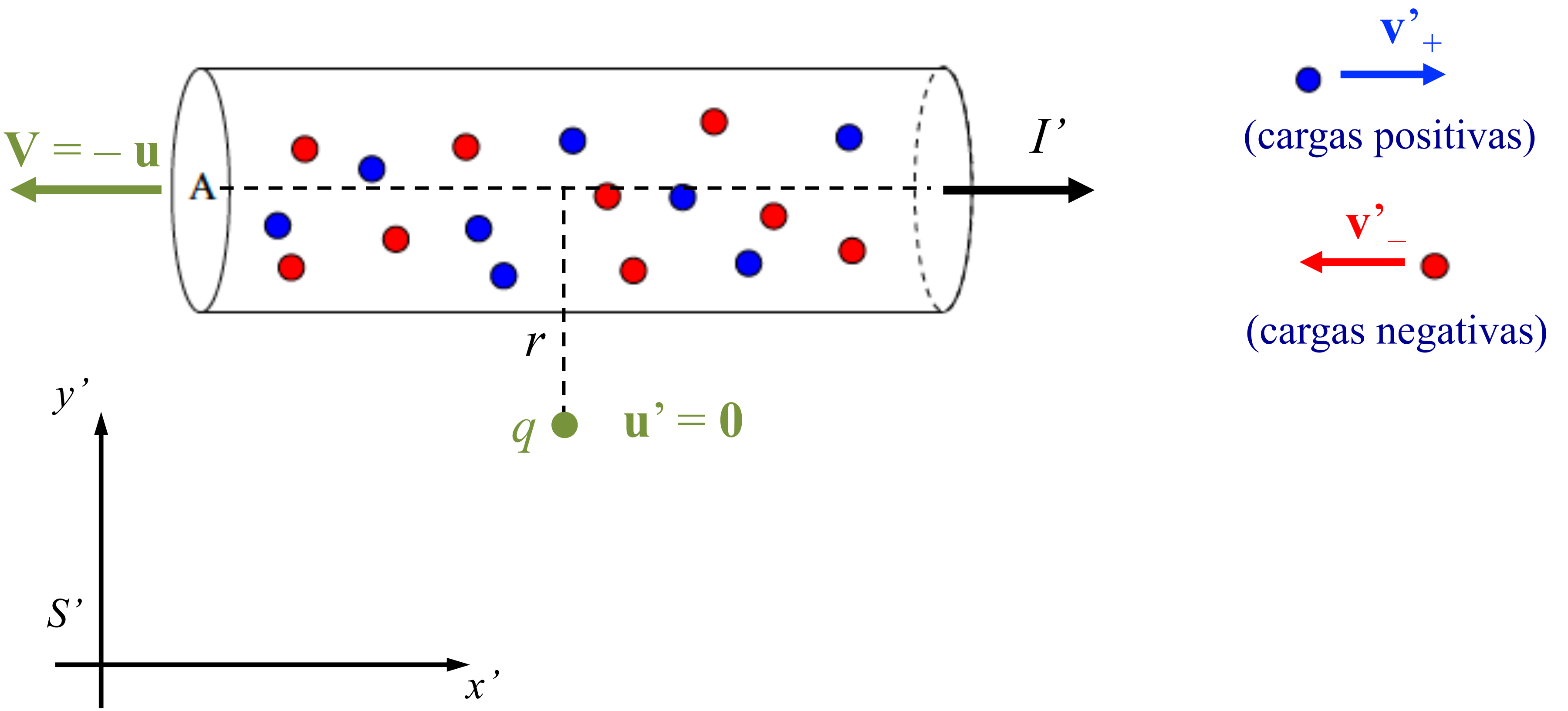


– Em S, a força elétrica sobre a carga de prova (q) é nula.

$$\rho_+ = n_+ q_+ = n q_0$$
$$\rho_- = n_- q_- = -n q_0$$

$$\rho = 0 \implies E = 0$$

Magnetismo e Relatividade



(Em S', a carga de prova está em repouso)

Densidade de repouso das cargas:

$$n_{0+} = n_{0-} \equiv n_0$$

Sendo $\gamma(u) = [1 - (u/c)^2]^{-1/2}$, teremos, no referencial *S*:

$$\rho_\pm = \pm\gamma(v) n_0 q_0 \implies \rho = \rho_+ + \rho_- = 0$$

No referencial *S*':

$$v'_+ = \frac{v-u}{1-uv/c^2} \qquad v'_- = -\frac{v+u}{1+uv/c^2}$$

$$\rho'_+ = \gamma(v_+) n_0 q_0 \qquad \rho'_- = -\gamma(v_-) n_0 q_0$$

$$\rho' = \rho'_+ + \rho'_- < 0$$

– Identidade utilizada na Aula 33:

$$\gamma(u') = \gamma(u)\gamma(V)\left(1 - uV/c^2\right)$$

– Portanto:

$$\gamma(v'_+) = \gamma(v_+)\gamma(u)\left(1 - uv/c^2\right)$$

$$\gamma(v'_-) = \gamma(v_-)\gamma(u)\left(1 + uv/c^2\right)$$

$$\rho' = \rho'_+ + \rho'_- = -2\frac{vu}{c^2}\gamma(u)\left[\gamma(v)n_0 q_0\right]$$

$$= -2\frac{vu}{c^2}\gamma(u)\, n q_0$$

– Campo elétrico em *S*' (fio condutor longo):

$$\lambda' = \rho' A$$ (densidade linear de carga)

$$E' = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda'}{r} = -2\frac{vu}{c^2}\gamma(u)\frac{nq_0 A}{2\pi\epsilon_0 r}$$

(Lei de Gauss: campo **E**' radial, com sentido **−r̂**)

$$F' = -2\frac{vu}{c^2}\gamma(u)\frac{nq_0 qA}{2\pi\epsilon_0 r}$$

(Força sobre a carga de prova: atua na direção *O*'*y*')

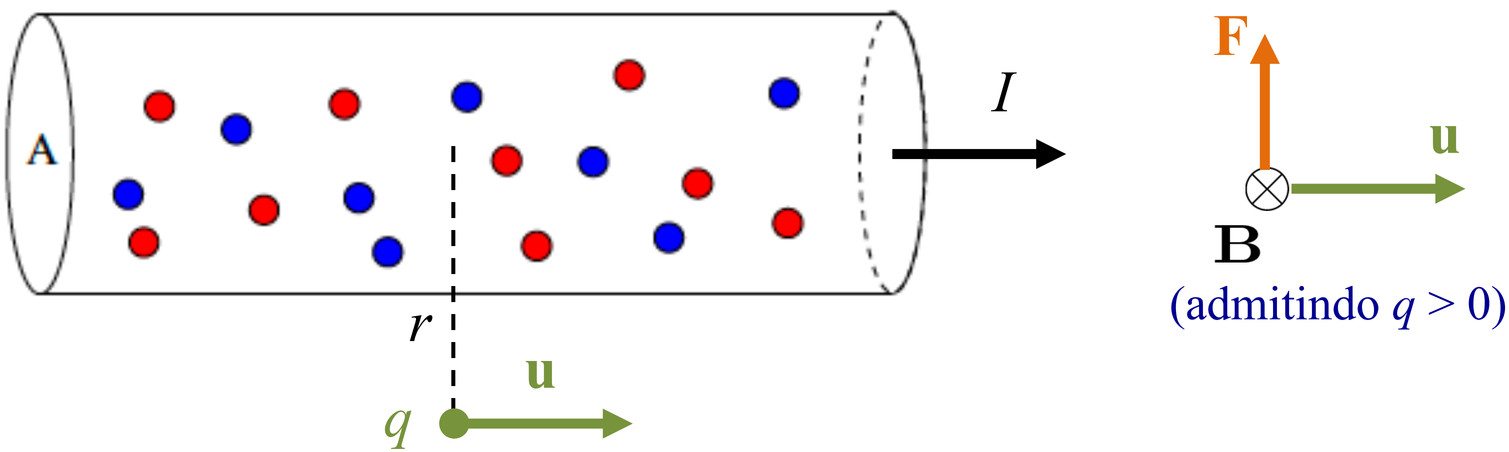
– Transformação para o referencial *S* (Força de Minkowski):

$$K'^2 = K^2 \implies \gamma(u')F' = \gamma(u)F$$

$$F = \frac{1}{\gamma(u)}F' = -qu\left[\frac{nq_0 vA}{\pi\epsilon_0 c^2 r}\right] = -qu\left[\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}\right]$$

$$F = -qu\left[\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}\right]$$

– A força sobre a carga de prova em S **não** é elétrica ($\rho = 0$):



– A força sobre a carga de prova em S é compatível com a Lei de Ampère e a Força de Lorentz neste referencial.

– **A força elétrica em *S'* é interpretada como magnética em *S*.**