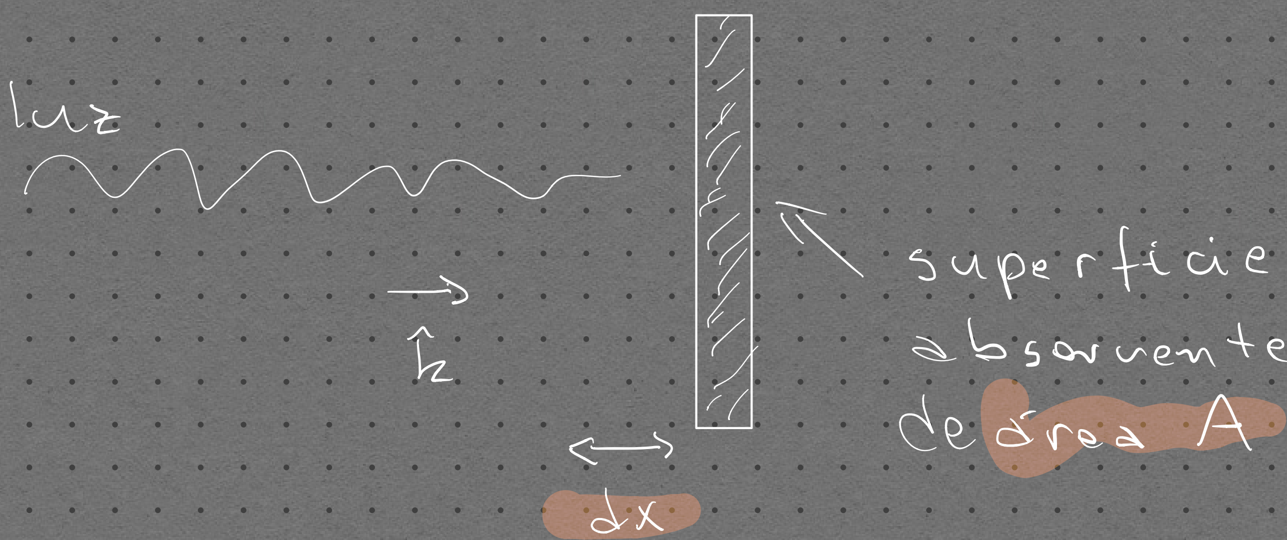
Energia e momento da luz

(Fótons)

Vetor de Poynting:

$$\vec{S} = uc\hat{k}$$

é a energia por unidade de área, por unidade de tempo; u é a densidade de energia e $\hat{k}$ fornece a direção de propagação.



Variação da energia da luz quando uma fatia de volume Adx é absorvida.

$$dU = -A\,dx\,u$$

Trabalho realizado pela força de reação, exercida pela superfície:

$$dW = -F\,dx.$$

Conservação de energia:

$$dU = dW$$

$$-A\,dx\,u = -F\,dx$$

$$\rightarrow \quad F = Au$$

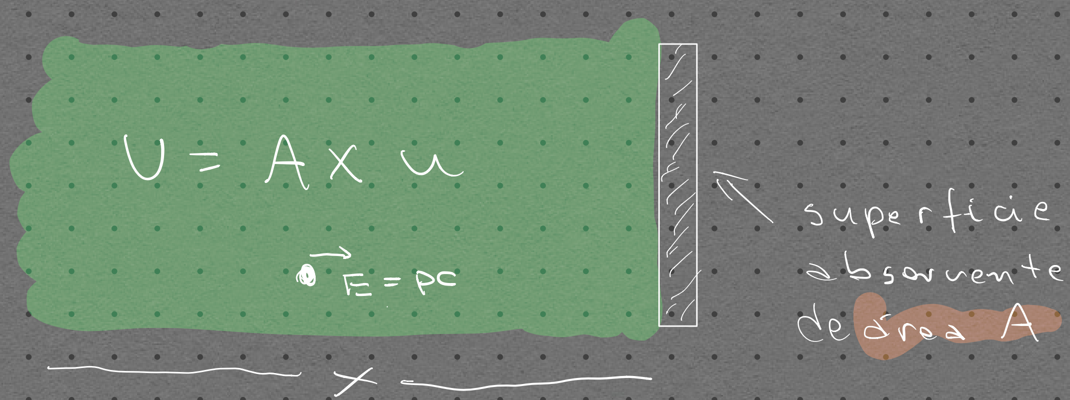
$$\rightarrow \quad \boxed{\text{Pressão} = u}$$

Momento da luz

$\Delta p = F\Delta t$ é a variação do momento da luz. Usando $F = Au$,

$$\Delta p = Au\,\Delta t = Au\frac{\Delta x}{c}.$$

Mas $Au\Delta x = \Delta(uAx) = \Delta U$



Portanto, $\Delta U = \Delta p \; c$

$$\rightarrow \quad U = \int dU = pc$$

<u>Se</u> a luz fosse feita de partículas de massa nula, fótons,

$$U = E_1 + E_2 + \cdots E_N$$
$$= p_1 c + p_2 c + \cdots + p_N c$$
$$= (p_1 + p_2 + \cdots p_N) c$$
$$= pc$$

que é a mesma relação obtida via vetor de Poynting no eletromagnetismo (eqs. de Maxwell)

Mas, qual é a energia e o correspondente momento de cada partícula?

A relatividade não nos informa qual é o conteúdo energético de um fóton (o que torna um fóton mais energético?)

Veremos que na Mecânica Quântica,

$$E = hf$$

onde h é a constante de Planck ($h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s) e f é a frequência da onda eletromagnética associada ao fóton.

Obviamente o momento do fóton é

$$p = \frac{E}{c} = h\lambda$$

Mas, como é possível conciliar a ideia de fóton, com os fenômenos de interferência da luz?