









1. Radiación de fuentes EM extensas
 - 1.1. Intro - Ees Maxwell - continuidad
 - 1.2. Potenciales
 - 1.2.1 $\phi, \vec{A}, \vec{E}, \text{e.d. Laplace}, \vec{B}$
 - 1.2.2 Transf. contraste
 - 1.2.3. Coulomb, ψ, \vec{J}_{sol}
 - 1.2.4. Lorentz, ψ
 - 1.3. Pot. retardados, $\phi, \vec{A} \rightarrow$ hoja extra \vec{E}, \vec{B}
 - 1.4. los campos de radiación $\phi, \vec{A}, \vec{E}, \vec{B} \rightarrow$ causa de Jefimenko
 - 1.5. Radiación electromagnética de una distribución continua de cargas y corrientes: desarrollo multipolar - caso armónico
 - 1.5.1/2 Intro / E. Max. caso armónico, Fasces
 - 1.5.3 Pot. retardados
 - 1.5.4. Desarrollo multipolar $\vec{A}, \vec{E}; \frac{1}{R}, e^{-jKR}; \frac{D}{\lambda} \ll 1; r \gg D$
 $\vec{m}_p, \vec{d}_z, \vec{m}_m, \vec{d}_z; \vec{A}_m, \vec{A}_e, \vec{Q}_{ij}, \vec{A}_{ei}$
 - 1.5.5. Radiación del término dipolar eléctrico; $\vec{A}_p, \vec{E}_p, \vec{\nabla} \cdot \vec{A}_p, \vec{E}_p, \vec{E}, \vec{B}, \vec{N}, \text{Prad}$
 - 1.5.6 " " " " magnético ($\vec{B}, \vec{E}, \vec{N}, P$) rad $\vec{m}_p, \vec{m}_m, \vec{m}_m, \frac{dP}{d\Omega}$
 - 1.5.7 " " " " cuadrupolar eléctrico $\vec{A}_{ei}, \vec{Q}_{ij}, \vec{E}, \vec{B}$ rad, Prad

Problemas

- 1.1 a) Dados $\vec{A}, \phi \rightarrow$ calcular $\rho, \vec{J}, \vec{E}, \vec{B}; \vec{\nabla}, \vec{\nabla} \times$
 b) Transf. $\psi \rightarrow \vec{A}', \phi',$ Poiss. fuentes
- 1.2 a) $\vec{A}, \phi \rightarrow \vec{E}, \vec{B},$ test E.M.
- 1.3 Hilo corriente  \rightarrow calcular $\phi, \vec{A}, \vec{E}, \vec{B},$ función Θ escalón
- 1.4 "  \rightarrow test contrastes
- 1.5 "  \rightarrow ya no $\Theta \rightarrow \delta(y(x))$
- 1.6 Circuito  \rightarrow coord $\langle r \rangle, \text{de signo} \rightarrow \phi, \vec{A}, \vec{E}$
- 1.7 Prad cuadrupolo; $Q_{11} = 0, Q_{22} = 0; \int d\vec{L} = 0; \frac{d^2 P_{rad}}{d\Omega dt^2} = \vec{N}_{rad} \cdot \vec{r}$
- 1.8 Varilla  Prad; b) $\int r^2 \rightarrow -!P, \vec{m}_p$
- 1.9  $\text{Prad } a = a_0(r_0 + \sin \omega t); K$
- 1.10 Anillo  $\langle 2 \text{ maneras } \lambda(r') r'(t) \rightarrow \text{Prad}$
 $r'(\phi) \lambda(t) \phi$
- 1.11 Prad, $\frac{d^2 P_{rad}}{d\Omega dt^2}$ antena  e^{-jKR}

2 de formulación covariante del campo electromagnético

2.1. Introducción

2.2. Rel. especial

2.2.1 Sist/merc.

2.2.2 Transf. Galileo; E.O no...

2.2.3 Antecedentes \leftrightarrow M-M \rightarrow F(b)?

— Fizeau
— Trouton y Noble
— Faraday - Leuk

2.2.4 Postulados Einstein (2), 3 posibilidades

2.3. las transformaciones de Lorentz; coordenadas, transf. velocidades

2.4. Minkowski

2.4.1/2 ds^2 ; x^μ

2.4.3 Λ^μ_ν , $x'(x)$

2.4.4 g_{ij}

2.4.5 Cono de luz, $I^2 \geq 0$ intervalo

2.4.6 Tiempo propio $\tau \int dt = d\tau$

2.4.7 Escalares, vectores y tensores; Ley ^{co} covariante; $F^{\mu\nu}$
Norma, contracción

2.4.8 El grupo de Lorentz; invariante g ; A^μ , $A'^\mu = \Lambda^\mu_\nu A^\nu = A^\mu$; $\vec{A} \cdot \vec{B}$

2.4.9 $\vec{\eta}$, η^μ

2.5. Dinámica relativista \leftarrow \vec{p} , P_μ , $norma = m_0^2$, $conservad$, P^μ
Leyes Newton

F, F' ; $\vec{K}, K^\mu, K^\mu dx_\mu \dots$

2.6. Formulación covariante de las ecuaciones de Maxwell

2.6.1 Placa cargada

2.6.2 J^μ

2.6.3 Ecuac de continuidad $\partial_\mu J^\mu = 0$; operador diverge ∂_μ

2.6.4 Potés escalares - gauge $\rightarrow \Delta u$, $\partial_\mu A^\mu = 0$ (Coul) $\rightarrow \square A^\mu = \mu_0 J^\mu$ ^{D'Alembert}

2.6.5 Tensor campo electromagnético $F^{\mu\nu}$, $F_{\mu\nu}$, F^μ_ν , F^ν_μ

2.6.6 Tensor dual $\epsilon^{\alpha\beta\gamma\delta}$, $\partial_\alpha A^\beta$, $F_{\alpha\beta}$

2.6.7 E.M. en forma covariante $\partial_\mu F^{\mu\nu} = \mu_0 J^\nu$ (fuentes); $\partial_\mu F^{\mu\nu} = 0$ (sin)

2.6.8 Transf. campos EM $F^{\mu\nu}$; \vec{E}, \vec{B} **BOOST**

2.6.9 Invariantes $cB^2 - E^2$; $\vec{E} \cdot \vec{B}$, $F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$
 $E \geq cB$ se mantiene, α entre \vec{E}, \vec{B} , oscilan a veces

2.6.10 F. Lorentz \vec{K} , \det , $\vec{F} \cdot \vec{a}$

2.6.11 Densid f -volúmica $\partial_\mu \tilde{j}^\mu$: (generaliza)

2.7. El tensor energía - momento. Leyes de conservación

2.7.1. Tensor energía - momento $G_\mu \rightarrow T^\mu_\alpha, T^\mu_\beta, G^\alpha, \alpha$ (tensor Maxwell)

2.7.2. Leyes de conservación - sin fuentes/con \rightarrow T. Poynting, \vec{j} densid densid fuerza, $prop \rightarrow$ FLUJO!!

2.1 $\rightarrow \vec{F}(\vec{a}, \vec{a})$
2.2 $\rightarrow d^x, K, \eta, \vec{a}(\vec{a}),$ ley de Newton
 $\eta_{\mu\nu}$

2.3 $\rightarrow K_\alpha K_\beta (F, \theta)$

2.4 $\rightarrow \vec{a} (F \text{ Lorentz})$

2.5 \rightarrow Campos g en mundo dx
 dx^2

2.6 \rightarrow Fuerza $g_\alpha g_\beta$ una se mueve

2.7 \rightarrow S -sistema $g_\alpha g_\beta$ invariante

2.8 Simetría-tensor, transf. Lorentz

2.9 Invariante

2.10 Onda EM

2.11 \vec{p}, \vec{m}

2.12 $\vec{E}_\parallel, \vec{B}_\parallel \rightarrow \vec{E}_\perp, \vec{B}_\perp$

2.13 \perp idem

2.14 Ej. numérico

2.15 $\Pi \equiv \square'$

2.16 Hilo protones !

2.17 Solenoide

3. Radiación electromagnética de partículas cargadas T. (3)

- 3.1. Los potenciales de Lienard y Wiechart, tr, R_q, ϕ, \vec{A} para q
- 3.1.1 " " de una carga en movimiento \rightarrow
- 3.1.2 " campos " " " " \vec{E}, \vec{B} ligados; $v \ll c$ $\mu \approx \mu_0$
- 3.1.3 La fuerza de Lorentz de cargas en movimiento $F_c = \dots$

- 3.2 Radiación de una carga acelerada
- 3.2.1 Potencia radiada por una carga puntual: Fórmula de Lienard $\vec{N}_{rad}, \frac{dP}{d\Omega}, P, P', \frac{dP'}{d\Omega}, P'(tr')$

3.2.2 Potencia radiada por una carga acelerada en el caso no-relativista \rightarrow fórmula de Larmor, $P', \frac{dP'}{d\Omega}$ + radiación dipolar


3.2.3 El invariante de radiación $\frac{d^2 W}{d\Omega dt^2} \propto \frac{d^2 \mu}{dt^2}, P', P'(p), P'(\vec{p})$
 $\vec{F}_{ext}, \dots P'(tr')_{at}$

- 3.3 Radiación de una carga acelerada con la aceleración paralela a \vec{v}
 $\frac{dP'}{d\Omega}, P',$ gráfico, $\Theta_{max}, P, LINAC, \frac{dW_{ext}}{dt}$
 Bremsstrahlung de una q W_{brems}

- 3.4 Radiación de una carga acelerada con la " perpendicular " "
 $P', \frac{dP'}{d\Omega},$ gráfico $f(\theta', \phi'); \Theta_0$
 Circular $\rightarrow \frac{dW}{\text{vuelta}}$

- 3.5 Radiación de reacción: la fuerza de Abraham-Lorentz
- 3.5.1 Radio clásico del e^- r_0
- 3.5.2 $\vec{F}_{Abraham-Lorentz}$ ($v \ll c$)

PROBLEMAS

- 3.1. ϕ, \vec{A} q en movimiento $tr' = a \pm \sqrt{1 - \vec{u} \cdot \vec{\beta}}$; $R_q |1 - \vec{u} \cdot \vec{\beta}|$
- 3.2. q  ϕ, \vec{A} en z
- 3.3. Campos q en movimiento $\vec{u}, \vec{\beta}, R_q, \vec{E}, \vec{B} \propto 2.5$
 3 maneras $\propto 2.5$
- 3.4. \vec{E}, \vec{B} de una carga $\vec{v} = v\hat{z}$ arbitraria; $\vec{u}, \vec{\beta}, R_q$
- 3.5. Campos del 3.2 en $z=0$ " " "
- 3.6. e^- cae con gravedad, $\frac{W_{rad}}{\Delta E_{pot}}, P$ Larmor
- 3.7. Colapso atómico, n^a vueltas, Larmor, perturbativo
- 3.8. excitador q amortiguado, F Abraham-Lorentz

$\Delta V \rightarrow$ transf. de ρ (\dots punto)
 finito \rightarrow libro

no sud + entregable
 revisar los 2 entregados
 dudas 2.13-2.14 ; 2.4, 2.10, 2.3

$$\nabla \left(\frac{1}{R} \right) = - \frac{\vec{R}}{R^3} = - \frac{\hat{R}}{R^2}$$

$$\nabla \times \left(\frac{\vec{R}}{R^2} \right) = 0$$

$$\nabla \cdot \left(\frac{\vec{R}}{R^2} \right) = 4\pi \delta(\vec{r})$$

Integrals I $I = \lambda \dots$

Q. 4. clave en \vec{E} ?

$$\delta(g(x)) = \sum_{i=1}^M \frac{\delta(x-x_i)}{\left| \frac{dg}{dx} \right|_{x=x_i}} ; g(x_i) = 0 ; i = 1, 2, 3, \dots, M$$

~~1.11 $\vec{E} \propto \vec{r}$??~~ ~~ver en libro apéndice?~~
 1.10!

quiero demostrar T. Lor?

~~aplicar \vec{r} a \vec{E} y demostrar punto~~

$$\vec{E}' = \gamma (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \vec{\beta} \cdot (\vec{\beta} \cdot \vec{E})$$

$$\vec{B}' = \gamma (\vec{B} - \frac{\vec{\beta}}{c} \times \vec{E}) = \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \vec{\beta} \cdot (\vec{\beta} \cdot \vec{B})$$

2.3?

~~1.11 \rightarrow Contrad~~

~~los signos~~

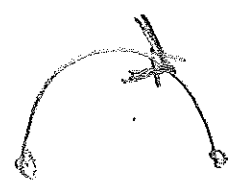
~~Conservación (P)~~

~~1.11? 2.14? \rightarrow \vec{E} ?~~

últ hoja problemas

2.14 \rightarrow \vec{E}

índice



$$d\vec{l}' = \vec{e}_i (-u_i)$$

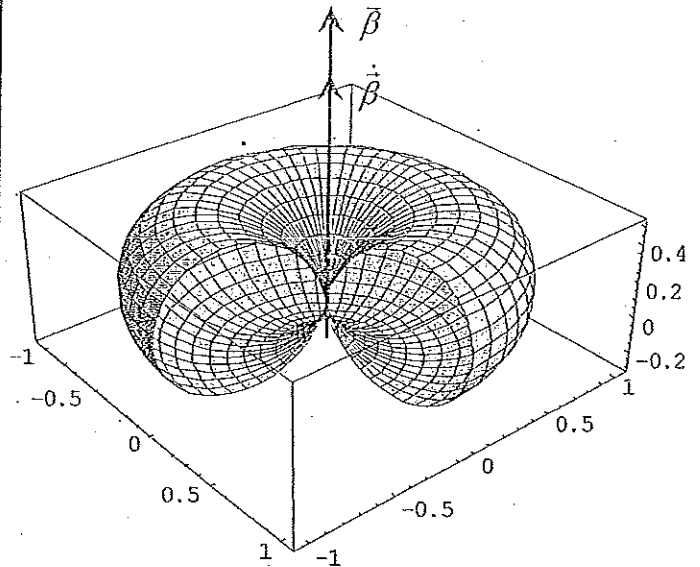
\rightarrow según en $d\vec{l}$
 coordenadas \downarrow

Distribución esférica de la potencia radiada por una carga puntual q acelerada 1 m/s^2 :

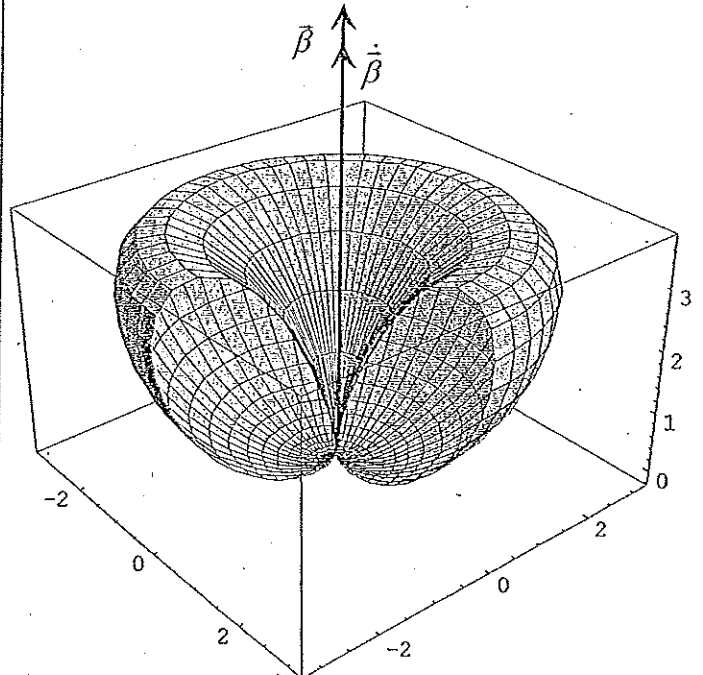
$$\vec{\beta} \parallel \dot{\vec{\beta}}$$

Cada unidad (u) de los ejes representa: $1 u = (q^2 \mu_0 / 16 \pi^2 c) \times (1 \text{ m/s}^2)^2$ Acelerador lineal:

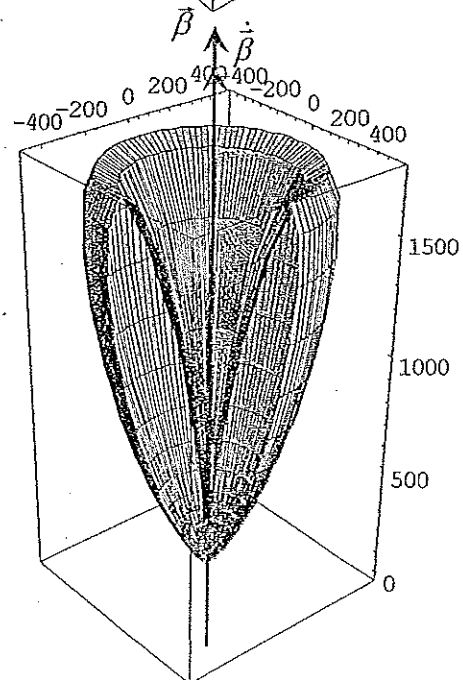
$\beta = 0.10$
 $\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, 3\pi/2]$



$\beta = 0.50$
 $\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, 3\pi/2]$



$\beta = 0.90$
 $\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, 3\pi/2]$



AI

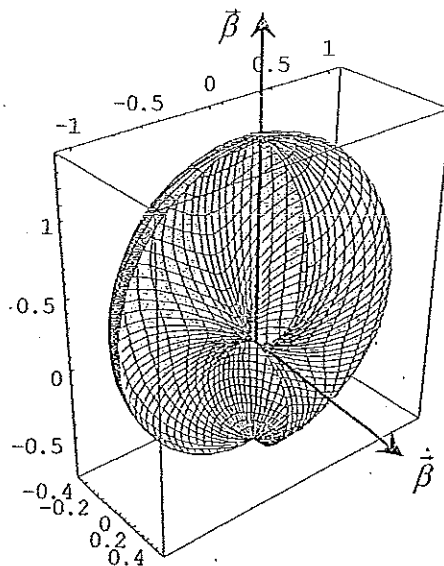
Distribución esférica de la potencia radiada por una carga puntual q acelerada 1 m/s^2 :

Cada unidad (u) de los ejes representa: $1 u = (q^2 \mu_0 / 16 \pi^2 c) \times (1 \text{ m/s}^2)^2$ Acelerador sincrotrón:

$$\vec{\beta} \perp \dot{\vec{\beta}}$$

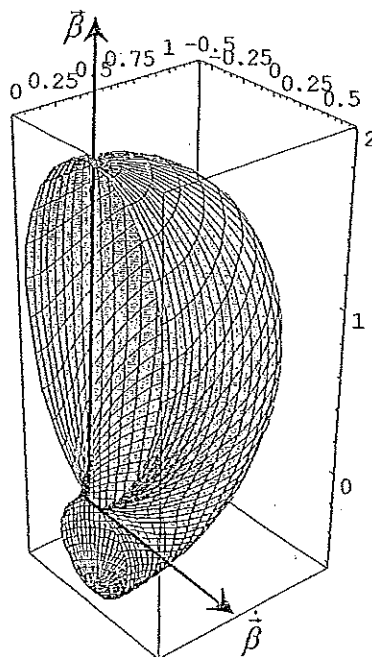
$$\beta = 0.10$$

$$\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, 3\pi/2]$$



$$\beta = 0.20$$

$$\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, \pi]$$



$$\beta = 0.50$$

$$\theta \in [0, \pi], \varphi \in [0, \pi]$$

