

# Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

Guillermo P. Ortiz<sup>1</sup>, B. M. Zérega<sup>2</sup>, B.S. Mendoza<sup>3</sup> y  
Luis W. Mochán<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Electromagnetismo Aplicado, Dpto. de Física, Fac. Cs. Exact. Nat. y A.  
Universidad Nacional del Nordeste - IMIT - UNNE Corrientes, Argentina.

<sup>2</sup>Centro Universitario De Los Lagos - Universidad de Guadalajara  
Lagos de Moreno, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Departamento de Fotónica - Centro de Investigaciones en Optica  
León, Guanajuato, México.

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias Físicas - Univ. Nac. Autónoma de México  
Cuernavaca, Edo. Morelos, México.

6 de Agosto de 2014

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# CONTENIDO

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuida ?

## 1 Motivación

- Dispositivos Inteligentes
- Problema: Contacto eléctrico transparente
- Soluciones Propuestas: Antecedentes
- Diseño de Propiedades ópticas

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - Aproximación Local
  - Aproximación No-retardada

### Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- <http://nordeste-conicet.gob.ar/imit/>
- <http://gica.exa.unne.edu.ar/>
- Grupo de Interacciones Moleculares
- Electromagnetismo Aplicado

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- <http://nordeste-conicet.gob.ar/imit/>
- <http://gica.exa.unne.edu.ar/>
- Grupo de Interacciones Moleculares
- Electromagnetismo Aplicado

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- <http://nordeste-conicet.gob.ar/imit/>
- <http://gica.exa.unne.edu.ar/>
- Grupo de Interacciones Moleculares
- Electromagnetismo Aplicado

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- <http://nordeste-conicet.gob.ar/imit/>
- <http://gica.exa.unne.edu.ar/>
- Grupo de Interacciones Moleculares
- Electromagnetismo Aplicado

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- **Nanoconductores, transporte cuántico**
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- Nanoconductores, transporte cuántico
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- Nanoconductores, transporte cuántico
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- Nanoconductores, transporte cuántico
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

- Nanoconductores, transporte cuántico
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# INTRODUCCIÓN

IMIT-FaCENA-UNNE

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuida ?

- Nanoconductores, transporte cuántico
- Física atómica y molecular (prop. elect. moleculares, RMN, proc. bioq.)
- Cálculos DFT Relativistas y No-Relativistas
- Biocombustibles, Modelados Fluidos e Interacciones (tunel de viento)
- Efectos del Solvente en Moléculas.
- Diseño de materiales con propiedades ópticas inéditas.

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# CONTENIDO

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## 1 Motivación

- **Dispositivos Inteligentes**
- Problema: Contacto eléctrico transparente
- Soluciones Propuestas: Antecedentes
- Diseño de Propiedades ópticas

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - Aproximación Local
  - Aproximación No-retardada

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

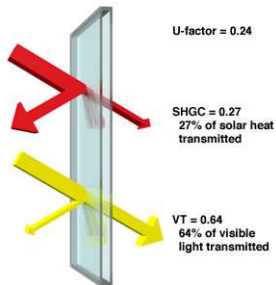
Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# LOW-E WINDOWS - FILTROS SOLARES

- Iluminación óptica  $\Rightarrow$  ventanas para luz solar (diseño arquitectónico)
- Pero, componente IR  $\Rightarrow$  Problemas térmicos
- Problema: bloquear IR solar pero dejar pasar el VIS



Effective Windows Collaborative

<http://www.efficientwindows.org/>

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

Respuesta Dieléctrica Macroscópica

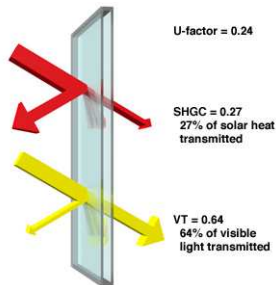
Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# LOW-E WINDOWS - FILTROS SOLARES

- Iluminación óptica  $\Rightarrow$  ventanas para luz solar (diseño arquitectónico)
- Pero, componente IR  $\Rightarrow$  Problemas térmicos
- Problema: bloquear IR solar pero dejar pasar el VIS



Effective Windows Collaborative

<http://www.efficientwindows.org/>

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

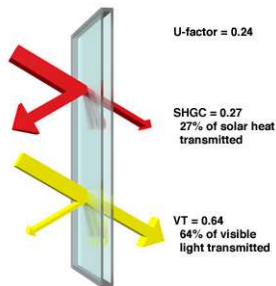
Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# LOW-E WINDOWS - FILTROS SOLARES

- Iluminación óptica  $\Rightarrow$  ventanas para luz solar (diseño arquitectónico)
- Pero, componente IR  $\Rightarrow$  Problemas térmicos
- Problema: bloquear IR solar pero dejar pasar el VIS



Effective Windows Collaborative

<http://www.efficientwindows.org/>

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# CONTENIDO

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## 1 Motivación

- Dispositivos Inteligentes
- **Problema: Contacto eléctrico transparente**
- Soluciones Propuestas: Antecedentes
- Diseño de Propiedades ópticas

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - Aproximación Local
  - Aproximación No-retardada

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

**Transparencia Vs.  
Frecuencia**

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

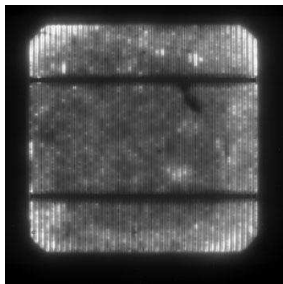
Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# CELDAS SOLARES - DISPOSITIVOS ELECTROLUMINISCENTES

FOTOCORRIENTE - EMISIÓN de LUZ

- Superficie de contacto eléctrica amplia  $\Rightarrow$  Favorece la colección de portadores generados
- Pero, conectores metálicos  $\Rightarrow$  Opacidad
- Superficie de contacto Vs. Transparencia



Gerhard Holst, PCO AG.

<http://www.iberoptics.com/index.php/aplicaciones/electroluminiscencia/>

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

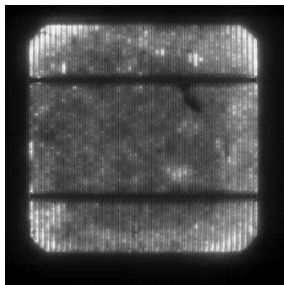
Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# CELDAS SOLARES - DISPOSITIVOS ELECTROLUMINISCENTES

FOTOCORRIENTE - EMISIÓN de LUZ

- Superficie de contacto eléctrica amplia  $\Rightarrow$  Favorece la colección de portadores generados
- Pero, conectores metálicos  $\Rightarrow$  Opacidad
- Superficie de contacto Vs. Transparencia



Gerhard Holst, PCO AG.

<http://www.iberoptics.com/index.php/aplicaciones/electroluminiscencia/>

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

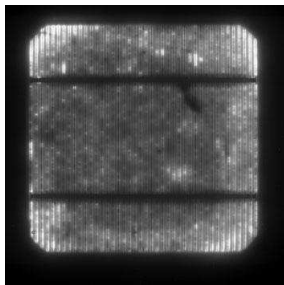
Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# CELDAS SOLARES - DISPOSITIVOS ELECTROLUMINISCENTES

## FOTOCORRIENTE - EMISIÓN de LUZ

- Superficie de contacto eléctrica amplia  $\Rightarrow$  Favorece la colección de portadores generados
- Pero, conectores metálicos  $\Rightarrow$  Opacidad
- Superficie de contacto Vs. Transparencia



Gerhard Holst, PCO AG.

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# CONTENIDO

## 1 Motivación

- Dispositivos Inteligentes
- Problema: Contacto eléctrico transparente
- **Soluciones Propuestas: Antecedentes**
- Diseño de Propiedades ópticas

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - Aproximación Local
  - Aproximación No-retardada

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

**Transparencia Vs.  
Frecuencia**

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada



# Oxidos Conductores Transparentes

## PROPIEDADES INTRÍNSECAS

- Variaciones de  $ZnO$ ,  $In_2O_3$  y  $SnO_2$
- Avances fundamentalmente empíricos
- Control sobre bandas de transmisión

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

**Transparencia Vs.  
Frecuencia**

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

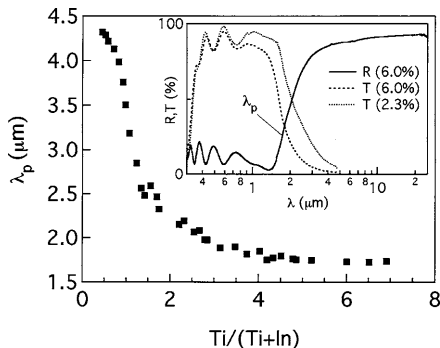
Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# Oxidos Conductores Transparentes

## PROPIEDADES INTRÍNSECAS

- Variaciones de  $ZnO$ ,  $In_2O_3$  y  $SnO_2$
- Avances fundamentalmente empíricos
- Control sobre bandas de transmisión



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# CONTENIDO

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## 1 Motivación

- Dispositivos Inteligentes
- Problema: Contacto eléctrico transparente
- Soluciones Propuestas: Antecedentes
- **Diseño de Propiedades ópticas**

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - **Aproximación Local**
  - **Aproximación No-retardada**

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

**Diseño de Propiedades  
ópticas**

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada

# NANOMATERIALES

## DISEÑO RESPUESTA ELECTROMAGNÉTICA

- Comportamiento tipo conductor  $\Rightarrow$  **Apantallamiento total del campo**
- ...  $\Rightarrow$  Opacidad  $\Leftarrow$  requerido a **baja** frecuencia ( IR )
- Comportamiento tipo dieléctrico  $\Rightarrow$  Apantallamiento parcial
- ...  $\Rightarrow$  Transparente  $\Leftarrow$  requerido a frecuencia **óptica**

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# NANOMATERIALES

## DISEÑO RESPUESTA ELECTROMAGNÉTICA

- Comportamiento tipo conductor  $\Rightarrow$  Apantallamiento total del campo
- ...  $\Rightarrow$  Opacidad  $\Leftarrow$  requerido a **baja** frecuencia ( IR )
- Comportamiento tipo dieléctrico  $\Rightarrow$  Apantallamiento parcial
- ...  $\Rightarrow$  Transparente  $\Leftarrow$  requerido a frecuencia **óptica**

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# NANOMATERIALES

## DISEÑO RESPUESTA ELECTROMAGNÉTICA

- Comportamiento tipo conductor  $\Rightarrow$  Apantallamiento total del campo
- ...  $\Rightarrow$  Opacidad  $\Leftarrow$  requerido a **baja** frecuencia ( IR )
- Comportamiento tipo dieléctrico  $\Rightarrow$  Apantallamiento parcial
- ...  $\Rightarrow$  Transparente  $\Leftarrow$  requerido a frecuencia **óptica**

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

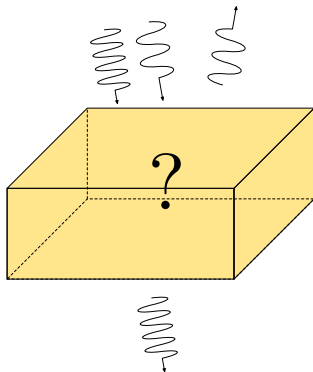
Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# NANOMATERIALES

## DISEÑO RESPUESTA ELECTROMAGNÉTICA

- Comportamiento tipo conductor  $\Rightarrow$  Apantallamiento total del campo
- ...  $\Rightarrow$  Opacidad  $\Leftarrow$  requerido a **baja** frecuencia ( IR )
- Comportamiento tipo dieléctrico  $\Rightarrow$  Apantallamiento parcial
- ...  $\Rightarrow$  Transparente  $\Leftarrow$  requerido a frecuencia **óptica**



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

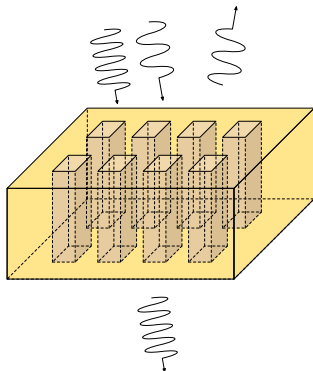
Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# NANOMATERIALES

## DISEÑO RESPUESTA ELECTROMAGNÉTICA

- Comportamiento tipo conductor  $\Rightarrow$  Apantallamiento total del campo
- ...  $\Rightarrow$  Opacidad  $\Leftarrow$  requerido a **baja** frecuencia ( IR )
- Comportamiento tipo dieléctrico  $\Rightarrow$  Apantallamiento parcial
- ...  $\Rightarrow$  Transparente  $\Leftarrow$  requerido a frecuencia **óptica**



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# CONTENIDO

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## 1 Motivación

- Dispositivos Inteligentes
- Problema: Contacto eléctrico transparente
- Soluciones Propuestas: Antecedentes
- Diseño de Propiedades ópticas

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## 2 Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Homogenización de las Ecs. de Maxwell
  - Aproximación Local
  - Aproximación No-retardada

### Respuesta

### Dieléctrica

### Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)

● Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$

● Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?

● Notación:

● Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

● Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

● Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:

- Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:

- Vector:

$$\mathbf{F} = 1\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} F_p \\ F_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = 1\epsilon 1 = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:
  - Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:
  - Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:
  - Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Formalismo General: Mochán et al. Phys. Rev. B **32**, 4984 (1985)
- Respuesta Dieléctrica Macroscópica:  $\mathbf{D}^M = \epsilon^M \mathbf{E}^M$
- Homogenización:  $\epsilon \iff \epsilon^M$ ?
- Notación:
  - Vector:

$$\mathbf{F} = \mathbf{1}\mathbf{F} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\mathbf{F} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_f \rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{F}_f \end{pmatrix}$$

- Tensor:

$$\epsilon = \mathbf{1}\epsilon\mathbf{1} = (\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f)\epsilon(\mathbf{P}_p + \mathbf{P}_f) \rightarrow \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix}$$

- Respuesta Macroscópica:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_p \\ \mathbf{D}_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{pp} & \epsilon_{pf} \\ \epsilon_{fp} & \epsilon_{ff} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_p \\ \mathbf{E}_f \end{pmatrix}$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante

- Ec. de Onda:  $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext} = 0$

- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$

- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ ,

- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$

- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante

- Ec. de Onda:  $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi i \omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}$

$$P_f [\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi i \omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$$

- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$

- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ ,

- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$

- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación Non-retardada



# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante

- Ec. de Onda:  $\mathbf{P}_f[\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$

- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$

- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ ,

- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$

- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante
- Ec. de Onda:  $\mathbf{P}_f[\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$
- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$
- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ ,
- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$
- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante
- Ec. de Onda:  $\mathbf{P}_f[\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$
- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$
- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ ,
- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$
- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local


Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante
- Ec. de Onda:  $\mathbf{P}_f[\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$
- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$
- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ , 
- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$
- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell

- Problema: Encontrar una expresión para la parte fluctuante

- Ec. de Onda:  $\mathbf{P}_f[\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{D} = \frac{4\pi j\omega}{c^2} \mathbf{j}^{ext}] = 0$

- Las fuentes no son fluctuantes.

$$-\left\{ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p + \left[ \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{ff} - \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}) \right] \right\} \mathbf{E}_f = 0$$

- Despejando  $\mathbf{E}_f = -(\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times (\nabla \times \mathbf{1}))^{-1} \epsilon_{fp} \mathbf{E}_p$

- Substituyendo en  $\mathbf{D}_p = \epsilon_{pp} \mathbf{E}_p + \epsilon_{pf} \mathbf{E}_f$ , 

- $\mathbf{D}_p = [\epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}] \mathbf{E}_p$

- de donde podemos identificar:

$$\epsilon^M = \epsilon_{pp} - \epsilon_{pf} (\epsilon_{ff} - \frac{c^2}{\omega^2} \nabla \times \nabla \times \mathbf{1})^{-1} \epsilon_{fp}, \quad (1)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

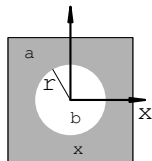
Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# Sistemas Periódicos

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

◀ conductividad

● Arreglos Periódicos  $\Rightarrow$  Teorema de Bloch

● Campos:

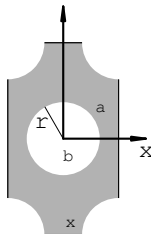
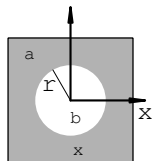
$$\mathbf{F}_q(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{G}} \mathbf{F}_q(\mathbf{G}) e^{i(\mathbf{q}+\mathbf{G})\cdot\mathbf{r}}, \quad (2)$$

● Operadores:

$$\mathcal{O}_q(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \sum_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathcal{O}_q(\mathbf{G}, \mathbf{G}') e^{i[(\mathbf{q}+\mathbf{G})\cdot\mathbf{r} - (\mathbf{q}+\mathbf{G}')\cdot\mathbf{r}']}, \quad (3)$$

# Sistemas Periódicos

## Homogenización de las Ecs. de Maxwell



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

#### Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

◀ conductividad

- Arreglos Periódicos  $\Rightarrow$  Teorema de Bloch
- Campos:

$$\mathbf{F}_{\mathbf{q}}(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{G}} \mathbf{F}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}) e^{i(\mathbf{q}+\mathbf{G}) \cdot \mathbf{r}}, \quad (2)$$

- Operadores:

$$\mathcal{O}_{\mathbf{q}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \sum_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} \mathcal{O}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}') e^{i[(\mathbf{q}+\mathbf{G}) \cdot \mathbf{r} - (\mathbf{q}+\mathbf{G}') \cdot \mathbf{r}']}, \quad (3)$$





# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local

- Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

▶ from  $\epsilon^M$

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}^M]_{ik} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{0})]_{ik} - \sum_j \sum_{\mathbf{G} \neq 0} [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{G})]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{jk}, \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_{\mathbf{G}' \neq 0} [\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}', \mathbf{0})]_{jk} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ik}, \quad (5)$$

- donde

$$[\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} + \frac{1}{k_0^2} \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \sum_{kl} \delta_{il}^{kj} (q_k + G_k)(q_l + G_l). \quad (6)$$

- Definiendo el Factor de Forma:

$$S(\mathbf{G}) = \frac{1}{\Omega} \int S(\mathbf{r}) e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r} = \frac{1}{\Omega} \int_{\mathcal{V}} e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r}, \quad (7)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local

- Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

▶ from  $\epsilon^M$

$$\left[ \epsilon_{\mathbf{q}}^M \right]_{ik} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{0})]_{ik} - \sum_j \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{G})]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{jk}, \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_{\mathbf{G}' \neq \mathbf{0}} [\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}', \mathbf{0})]_{jk} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ik}, \quad (5)$$

- donde

$$[\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} + \frac{1}{k_0^2} \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \sum_{kl} \delta_{il}^{kj} (q_k + G_k)(q_l + G_l). \quad (6)$$

◀

- Definiendo el Factor de Forma:

$$S(\mathbf{G}) = \frac{1}{\Omega} \int S(\mathbf{r}) e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r} = \frac{1}{\Omega} \int_{\mathcal{V}} e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r}, \quad (7)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local

- Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

from [1]

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}^M]_{ik} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{0})]_{ik} - \sum_j \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{0}, \mathbf{G})]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{jk}, \quad (4)$$

$$\sum_j \sum_{\mathbf{G}' \neq \mathbf{0}} [\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} [\Phi_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}', \mathbf{0})]_{jk} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ik}, \quad (5)$$

- donde

$$[\mathcal{W}_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} + \frac{1}{k_0^2} \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \sum_{kl} \delta_{il}^{kj} (q_k + G_k)(q_l + G_l). \quad (6)$$



- Definiendo el Factor de Forma:

$$S(\mathbf{G}) = \frac{1}{\Omega} \int S(\mathbf{r}) e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r} = \frac{1}{\Omega} \int_{\mathcal{V}} e^{i\mathbf{r} \cdot \mathbf{G}} d\mathbf{r}, \quad (7)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación

No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local - Implementación Numérica

- y escribiendo la permitividad microscópica:

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij}, \quad (8)$$

- donde  $\epsilon_{ba} \equiv \epsilon_b - \epsilon_p$ , y el factor de forma verifica

$$S(\mathbf{G} = \mathbf{0}) = v/\Omega \equiv f, \quad (9)$$

- haciendo la aproximación local, Eq. (4) se reduce a:

$$\epsilon_{ij}^M \equiv [\epsilon_0^M]_{ij} = (\epsilon_p + \epsilon_{ba} f) \delta_{ij} - \epsilon_{ba} \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} S(-\mathbf{G}) [\Phi_0(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ij}, \quad (10)$$

- debido a esta aproximación, se convierte en

$$[\mathcal{W}_0(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij} - \frac{1}{k_0^2} (G^2 \delta_{ij} - G_i G_j) \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \quad (11)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local - Implementación Numérica

- y escribiendo la permitividad microscópica:

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij}, \quad (8)$$

- donde  $\epsilon_{ba} \equiv \epsilon_b - \epsilon_p$ , y el factor de forma verifica

$$S(\mathbf{G} = \mathbf{0}) = v/\Omega \equiv f, \quad (9)$$

- haciendo la aproximación local, Eq. (4) se reduce a:

$$\epsilon_{ij}^M \equiv [\epsilon_0^M]_{ij} = (\epsilon_p + \epsilon_{ba} f) \delta_{ij} - \epsilon_{ba} \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} S(-\mathbf{G}) [\Phi_0(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ij}, \quad (10)$$

- debido a esta aproximación, se convierte en

$$[\mathcal{W}_0(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij} - \frac{1}{k_0^2} (G^2 \delta_{ij} - G_i G_j) \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \quad (11)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local - Implementación Numérica

- y escribiendo la permitividad microscópica:

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij}, \quad (8)$$

- donde  $\epsilon_{ba} \equiv \epsilon_b - \epsilon_p$ , y el factor de forma verifica

$$S(\mathbf{G} = \mathbf{0}) = v/\Omega \equiv f, \quad (9)$$

- haciendo la aproximación local, Eq. (4) se reduce a:

$$\epsilon_{ij}^M \equiv [\epsilon_{\mathbf{0}}^M]_{ij} = (\epsilon_p + \epsilon_{ba} f) \delta_{ij} - \epsilon_{ba} \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} S(-\mathbf{G}) [\Phi_{\mathbf{0}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ij}, \quad (10)$$

- debido a esta aproximación, se convierte en

$$[\mathcal{W}_{\mathbf{0}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij} - \frac{1}{k_0^2} (G^2 \delta_{ij} - G_i G_j) \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \quad (11)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación Local - Implementación Numérica

- y escribiendo la permitividad microscópica:

$$[\epsilon_{\mathbf{q}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij}, \quad (8)$$

- donde  $\epsilon_{ba} \equiv \epsilon_b - \epsilon_p$ , y el factor de forma verifica

$$S(\mathbf{G} = \mathbf{0}) = v/\Omega \equiv f, \quad (9)$$

- haciendo la aproximación local, Eq. (4) se reduce a:

$$\epsilon_{ij}^M \equiv [\epsilon_{\mathbf{0}}^M]_{ij} = (\epsilon_p + \epsilon_{ba} f) \delta_{ij} - \epsilon_{ba} \sum_{\mathbf{G} \neq \mathbf{0}} S(-\mathbf{G}) [\Phi_{\mathbf{0}}(\mathbf{G}, \mathbf{0})]_{ij}, \quad (10)$$

- debido a esta aproximación, se convierte en

$$[\mathcal{W}_{\mathbf{0}}(\mathbf{G}, \mathbf{G}')]_{ij} = [\epsilon_p \delta_{\mathbf{G}, \mathbf{G}'} + \epsilon_{ba} S(\mathbf{G} - \mathbf{G}')] \delta_{ij} - \frac{1}{k_0^2} (G^2 \delta_{ij} - G_i G_j) \delta_{\mathbf{G} \mathbf{G}'} \quad (11)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada







# Resultados: Transmisión óptica extraordinaria

## Aproximación Local

- Inclusión rectangular dieléctrica en un medio metálico
- $\xi_i = a_i/L_i$ ,  $i = x, y \Leftarrow \xi_x = 0,85$
- Anisotropía Vs Isotropía de los Materiales Constituyentes.

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

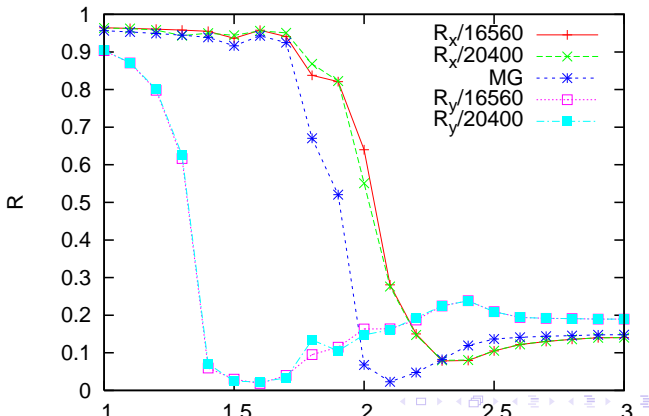
Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

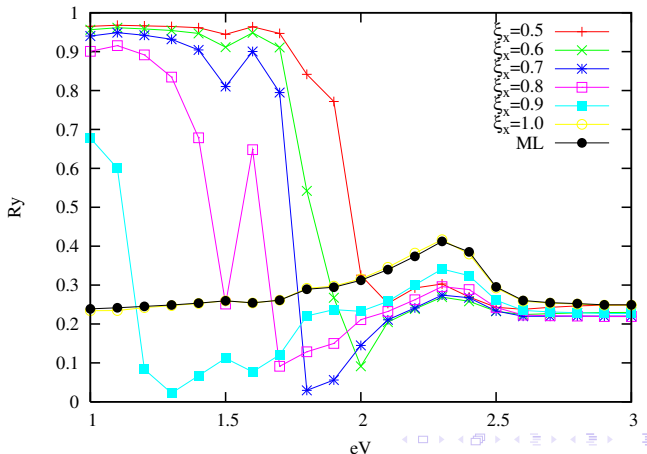
Aproximación No-retardada



# Transición de Metal a Dieléctrico en el VIS

Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

- Polarización del campo  $\perp$  al lado mayor del rectángulo.
- $\xi_x \rightarrow 1$  (Transición: Metal  $\rightarrow$  Dieléctrico)
- Parte Real e Imaginaria de  $\epsilon^M$  para esta polarización.



Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

Aproximación No-retardada

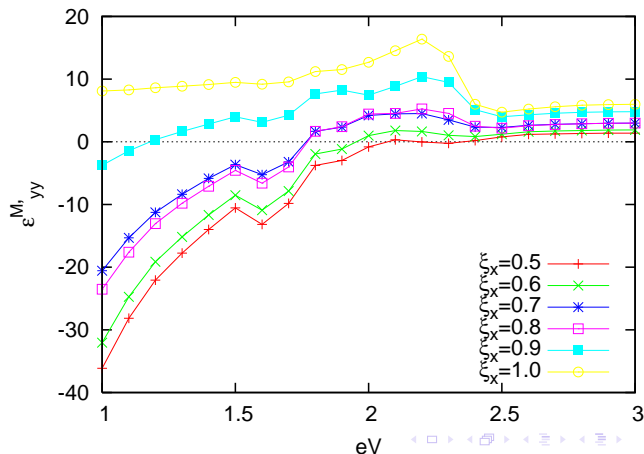
Aproximación No-retardada

Aproximación No-retardada

# Transición de Metal a Dieléctrico en el VIS

Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

- Polarización del campo  $\perp$  al lado mayor del rectángulo.
- $\xi_x \rightarrow 1$  (Transición: Metal  $\rightarrow$  Dieléctrico)
- Parte Real e Imaginaria de  $\epsilon^M$  para esta polarización.



Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia  
Transparencia Vs. Frecuencia  
Transparencia Vs. Frecuencia  
Diseño de Propiedades ópticas

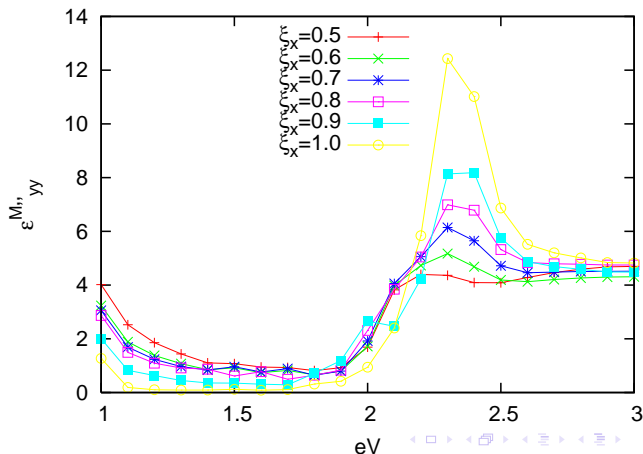
## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica  
Aproximación Local  
No-retardada

# Transición de Metal a Dieléctrico en el VIS

Ortiz et al. Phys. Rev. B **79**, 245132 (2009)

- Polarización del campo  $\perp$  al lado mayor del rectángulo.
- $\xi_x \rightarrow 1$  (Transición: Metal  $\rightarrow$  Dieléctrico)
- Parte Real e Imaginaria de  $\epsilon^M$  para esta polarización.



Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Implementación: Crecimiento

$$D((2N + 1)^D - 1) \Leftarrow \text{ScaLapack}$$

Distribución cíclica bidimensionales en bloques

- Memoria RAM vs. Num. de O. Planas.
- Projectando...
- 72 cores (9 nodos, 2 Xeon Quad y 32 GB por nodo)

0	1	0	1	0	1	0	1
2	3	2	3	2	3	2	3
0	1	0	1	0	1	0	1
2	3	2	3	2	3	2	3
0	1	0	1	0	1	0	1
2	3	2	3	2	3	2	3
0	1	0	1	0	1	0	1
2	3	2	3	2	3	2	3

Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

**Aproximación Local**

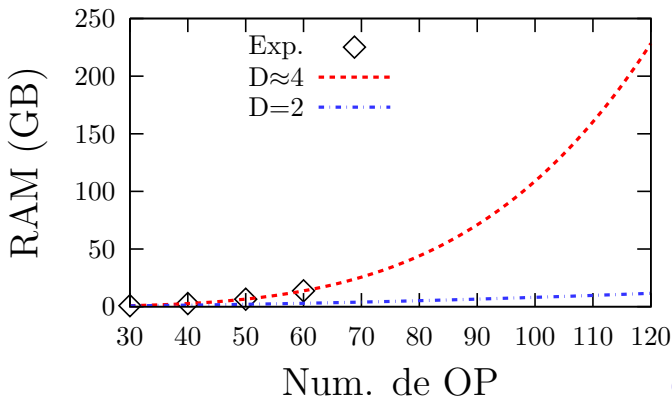
Aproximación  
No-retardada

# Implementación: Crecimiento

$$D((2N + 1)^D - 1) \Leftarrow \text{ScaLapack}$$

Distribución cíclica bidimensionales en bloques

- Memoria RAM vs. Num. de O. Planas.
- **Proyectando...**
- 72 cores (9 nodos, 2 Xeon Quad y 32 GB por nodo)



Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

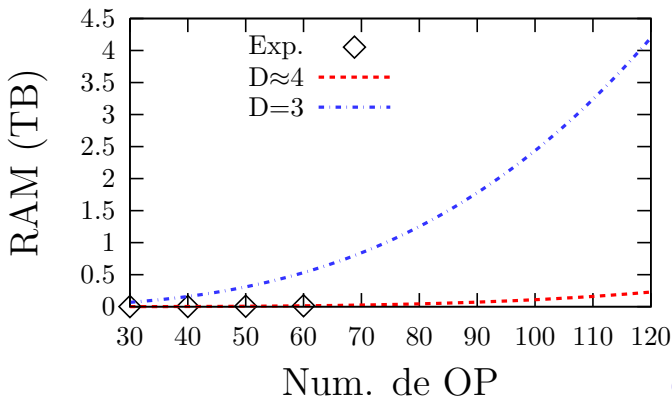


# Implementación: Crecimiento

$$D((2N + 1)^D - 1) \leftarrow \text{ScaLapack}$$

Distribución cíclica bidimensionales en bloques

- Memoria RAM vs. Num. de O. Planas.
- **Proyectando...**
- 72 cores (9 nodos, 2 Xeon Quad y 32 GB por nodo)



Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Implementación: Crecimiento

$$D((2N + 1)^D - 1) \Leftarrow \text{ScaLapack}$$

Distribución cíclica bidimensionales en bloques

- Memoria RAM vs. Num. de O. Planas.
- Proyectando. . .
- 72 cores (9 nodos, 2 Xeon Quad y 32 GB por nodo)



Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

**Aproximación Local**

Aproximación  
No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

**Aproximación Local**

Aproximación

No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

**Aproximación Local**

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica

### Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación

No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# RESUMEN

- Resonancias a frecuencias ópticas  $\Leftarrow$  Plasmones
- ... diseño de partículas e inclusiones en metales a escala **nanométrica**
- clara modificación de la respuesta óptica de compuestos metal-dieléctricos
- Debido a la dependencia de tal respuesta con la morfología, nos gustaría poder diseñarla ...
- Pero, Cómo? ... por prueba y error?
- ... Si pudiéramos conocer su función dieléctrica macroscópica ...
- Proponemos hacer esto mediante Homogenizaciones de las Ecs. de Maxwell
- Aproximación Local ( $\mathbf{q} \rightarrow 0$ )
- Aproximación No-retardada
- Otras aproximaciones ..., Parte magnética, ...

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos Longitudinales
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Escribiendo la permitividad microscópica:

$$\epsilon(\mathbf{r}) = \epsilon_a - B(\mathbf{r})\epsilon_{ab} \quad (12)$$



- donde  $\epsilon_{ab} \equiv \epsilon_a - \epsilon_b$  and Unit cells

$$B(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{r} \in \text{inclusion,} \\ 0 & \text{out,} \end{cases} \quad (13)$$

- La relación constitutiva  $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \epsilon(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})$  en el espacio recíproco

$$\mathbf{D}_{\mathbf{G}}(\mathbf{q}) = \sum_{\mathbf{G}'} \epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \mathbf{E}_{\mathbf{G}'}(\mathbf{q}), \quad (14)$$

- $\epsilon_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}$ , componente de Fourier  $\mathbf{G} - \mathbf{G}'$  de  $\epsilon(\mathbf{r})$
- No retardamiento  $\Leftarrow$  Campos **Longitudinales**
- $\hat{\mathbf{G}} \leftarrow (\mathbf{q} + \mathbf{G})/|\mathbf{q} + \mathbf{G}|$  vector de onda unitario
- del que obtenemos projector longitudinal  $\hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Tomando la proyección longitudinal en ambos:

$$\mathbf{F}_G \rightarrow \mathbf{F}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{F}_G,$$

- y usando
- podemos escribir

$$\mathbf{D}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{D}_G = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}' \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{E}_{G'}^L, \quad (15)$$

- el cual invertimos para obtener

$$\mathbf{E}_G^L = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}} \eta_{GG'}^{-1} \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{D}_{G'}^L, \quad (16)$$

- donde

$$\eta_{GG'} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (\epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}'). \quad (17)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Tomando la proyección longitudinal en ambos:

$$\mathbf{F}_G \rightarrow \mathbf{F}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{F}_G,$$

- y usando
- podemos escribir

$$\mathbf{D}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{D}_G = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}' \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{E}_{G'}^L, \quad (15)$$

- el cual invertimos para obtener

$$\mathbf{E}_G^L = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}} \eta_{GG'}^{-1} \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{D}_{G'}^L, \quad (16)$$

- donde

$$\eta_{GG'} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (\epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}'). \quad (17)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Tomando la proyección longitudinal en ambos:

$$\mathbf{F}_G \rightarrow \mathbf{F}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{F}_G,$$

- y usando
- podemos escribir

$$\mathbf{D}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{D}_G = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}' \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{E}_{G'}^L, \quad (15)$$

- el cual invertimos para obtener

$$\mathbf{E}_G^L = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}} \eta_{GG'}^{-1} \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{D}_{G'}^L, \quad (16)$$

- donde

$$\eta_{GG'} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (\epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}'). \quad (17)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Tomando la proyección longitudinal en ambos:

$$\mathbf{F}_G \rightarrow \mathbf{F}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{F}_G,$$

- y usando
- podemos escribir

$$\mathbf{D}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{D}_G = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}' \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{E}_{G'}^L, \quad (15)$$

- el cual invertimos para obtener

$$\mathbf{E}_G^L = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}} \eta_{GG'}^{-1} \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{D}_{G'}^L, \quad (16)$$

- donde

$$\eta_{GG'} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (\epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}'). \quad (17)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Tomando la proyección longitudinal en ambos:

$$\mathbf{F}_G \rightarrow \mathbf{F}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{F}_G,$$

- y usando

- podemos escribir

$$\mathbf{D}_G^L = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \mathbf{D}_G = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{G}} \cdot \epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}' \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{E}_{G'}^L, \quad (15)$$

- el cual invertimos para obtener

$$\mathbf{E}_G^L = \sum_{G'} \hat{\mathbf{G}} \eta_{GG'}^{-1} \hat{\mathbf{G}}' \cdot \mathbf{D}_{G'}^L, \quad (16)$$

- donde

$$\eta_{GG'} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (\epsilon_{GG'} \hat{\mathbf{G}}'). \quad (17)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- la cual, usando
- podemos escribir

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} = \epsilon_a \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - \epsilon_{ab} B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}, \quad (18)$$

- donde

$$B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \hat{\mathbf{G}}'), \quad (19)$$

- entonces

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{-1} = \frac{1}{\epsilon_{ab}} [u \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}]^{-1}, \quad (20)$$

en términos de *variable espectral*  $u \equiv (1 - \epsilon_b/\epsilon_a)^{-1}$ .

- podemos trasladarnos al problema de la Función de Green proyectada

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

● la cual, usando

● podemos escribir

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} = \epsilon_a \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - \epsilon_{ab} B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}, \quad (18)$$

● donde

$$B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \hat{\mathbf{G}}'), \quad (19)$$

● entonces

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{-1} = \frac{1}{\epsilon_{ab}} [u \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}]^{-1}, \quad (20)$$

en términos de *variable espectral*  $u \equiv (1 - \epsilon_b/\epsilon_a)^{-1}$ .

● podemos trasladarnos al problema de la Función de Green proyectada

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- la cual, usando

- podemos escribir

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} = \epsilon_a \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - \epsilon_{ab} B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}, \quad (18)$$

- donde

$$B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \hat{\mathbf{G}}'), \quad (19)$$

- entonces

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{-1} = \frac{1}{\epsilon_{ab}} [u \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}]^{-1}, \quad (20)$$

en términos de *variable espectral*  $u \equiv (1 - \epsilon_b/\epsilon_a)^{-1}$ .

- podemos trasladarnos al problema de la Función de Green proyectada

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

● la cual, usando

● podemos escribir

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} = \epsilon_a \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - \epsilon_{ab} B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}, \quad (18)$$

● donde

$$B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \hat{\mathbf{G}}'), \quad (19)$$

● entonces

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{-1} = \frac{1}{\epsilon_{ab}} [u \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}]^{-1}, \quad (20)$$

en términos de *variable espectral*  $u \equiv (1 - \epsilon_b/\epsilon_a)^{-1}$ .

● podemos trasladarnos al problema de la Función de Green proyectada

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- la cual, usando

- podemos escribir

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} = \epsilon_a \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - \epsilon_{ab} B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}, \quad (18)$$

- donde

$$B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL} = \hat{\mathbf{G}} \cdot (B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} \hat{\mathbf{G}}'), \quad (19)$$

- entonces

$$\eta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{-1} = \frac{1}{\epsilon_{ab}} [u \delta_{\mathbf{G}\mathbf{G}'} - B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}]^{-1}, \quad (20)$$

en términos de *variable espectral*  $u \equiv (1 - \epsilon_b/\epsilon_a)^{-1}$ .

- podemos trasladarnos al problema de la Función de Green proyectada

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0}(\mathbf{q}) = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0} = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0}(\mathbf{q}) = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada



# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0}(\mathbf{q}) = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}'}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0}(\mathbf{q}) = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Respuesta Dieléctrica Macroscópica

## Aproximación No-Retardada

- Representado a  $B_{\mathbf{G}\mathbf{G}}^{LL}$ , como una matriz tridiagonal
- podemos obtener desde

$$\mathbf{E}_0^L = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \cdot \mathbf{D}_0^L, \quad (21)$$

- donde identificamos

$$\epsilon_{ML}^{\leftrightarrow -1} \equiv \hat{\mathbf{q}} \epsilon_{ML}^{-1} \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{q}} \eta_{00}^{-1} \hat{\mathbf{q}} \quad (22)$$

- La inversa de la proyección longitudinal del tensor dieléctrico macroscópico ( $\mathbf{G} = 0$  promedio espacial)
- Usando que la excitación es no fluctuante  $\mathbf{D}_{\mathbf{G} \neq 0}(\mathbf{q}) = 0$
- despreciando  $\mathbf{q}$  excepto para  $\mathbf{G} = 0$  donde  $\hat{\mathbf{G}} = \hat{\mathbf{q}}$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Implementación: Fracción Continua

Factorización: Geometría y Material

- Calcular los coeficientes de Haydock
- Elegir la composición material
- encontrar  $\epsilon_M^{-1}$
- Caso 2D Vs. Aprox. Local: Cortés et al. Phys. Status Solidi B **247**, 2102 (2010)
- Pero ahora también los sistemas 3D son computacionalmente posibles! Scalpack

$$B_{GG'}^{LL} = \begin{bmatrix} a_0 & b_1 & 0 & 0 & \dots \\ b_1 & a_1 & b_2 & 0 & \dots \\ 0 & b_2 & a_2 & b_3 & \dots \\ 0 & 0 & b_3 & a_3 & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \quad (23)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Implementación: Fracción Continua

Factorización: Geometría y Material

- Calcular los coeficientes de Haydock
- **Elegir la composición material**
- encontrar  $\epsilon_M^{-1}$
- Caso 2D Vs. Aprox. Local: Cortés et al. Phys. Status Solidi B **247**, 2102 (2010)
- Pero ahora también los sistemas 3D son computacionalmente posibles! Scalpack

$$u(\omega) = (1 - \epsilon_b(\omega)/\epsilon_a(\omega))^{-1} \quad (23)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Implementación: Fracción Continua

Factorización: Geometría y Material

- Calcular los coeficientes de Haydock
- Elegir la composición material
- encontrar  $\epsilon_M^{-1}$
- Caso 2D Vs. Aprox. Local: Cortés et al. Phys. Status Solidi B **247**, 2102 (2010)
- Pero ahora también los sistemas 3D son computacionalmente posibles! Scalpack

$$\frac{1}{\epsilon_{ML}} = \frac{u}{\epsilon_a} \frac{1}{u - a_0 - \frac{b_1^2}{u - a_1 - \frac{b_2^2}{u - a_2 - \frac{b_3^2}{\ddots}}}}} \quad (23)$$

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

# Implementación: Fracción Continuada

Factorización: Geometría y Material

- Calcular los coeficientes de Haydock
- Elegir la composición material
- encontrar  $\epsilon_M^{-1}$
- **Caso 2D Vs. Aprox. Local: Cortés et al. Phys. Status Solidi B **247**, 2102 (2010)**
- Pero ahora también los sistemas 3D son computacionalmente posibles! Scalapack

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuida ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Implementación: Fracción Continuada

Factorización: Geometría y Material

- Calcular los coeficientes de Haydock
- Elegir la composición material
- encontrar  $\epsilon_M^{-1}$
- Caso 2D Vs. Aprox. Local: Cortés et al. Phys. Status Solidi B **247**, 2102 (2010)
- Pero ahora también los sistemas 3D son computacionalmente posibles! Scalapack

Respuesta dieléctrica efectiva,... empleando recursión distribuída ?

## Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

## Respuesta

Dieléctrica

Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

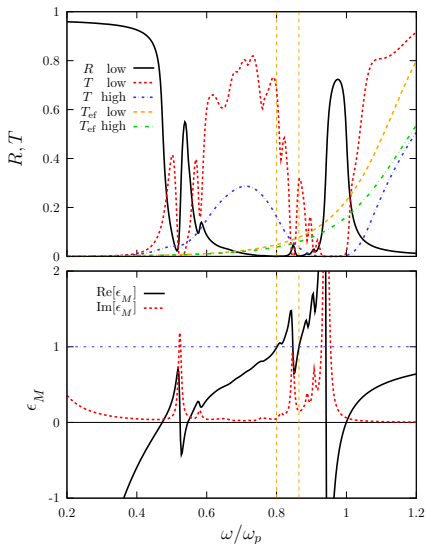
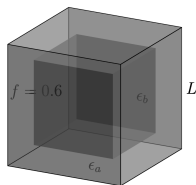
Aproximación No-retardada



# Resultados: Transmisión óptica extraordinaria

W. Luis Mochán et al. Opt. Express 18 22119 (2010)

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuida ?



## Motivación

- Transparencia Vs. Frecuencia
- Transparencia Vs. Frecuencia
- Transparencia Vs. Frecuencia
- Diseño de Propiedades ópticas

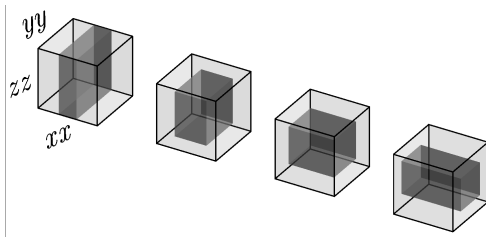
## Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Respuesta Óptica
- Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

# Resultados: Transmisión óptica extraordinaria

## Diseños de Absorbedores



Respuesta  
dieléctrica  
efectiva,...  
empleando  
recursión  
distribuida ?

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

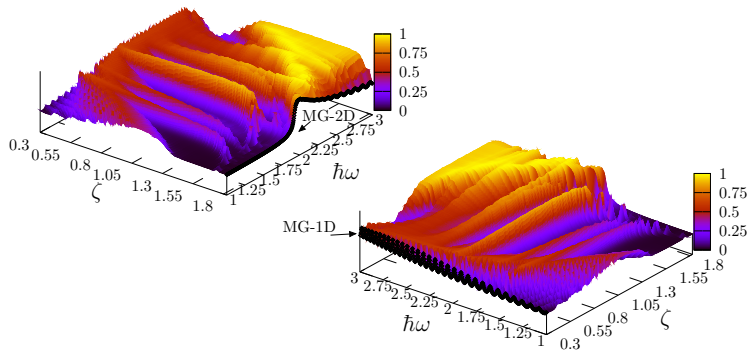
Aproximación Local

**Aproximación  
No-retardada**

# Resultados: Transmisión óptica extraordinaria

## Diseños de Absorbedores

Respuesta dieléctrica efectiva,...  
empleando recursión distribuída ?



### Motivación

- Transparencia Vs. Frecuencia
- Transparencia Vs. Frecuencia
- Transparencia Vs. Frecuencia
- Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

- Respuesta Óptica
- Aproximación Local
- Aproximación No-retardada

- PICT-PRH-135-2008: Respuesta Electromagnética Predeterminada Mediante el Diseño de Estructuras Nanométricas:  
Ortiz et. al. - *Effective Dielectric Response of Metamaterials* Phys. Rev. B, **79**, 245132 (2009).
- Mochán et. al - *Efficient homogenization procedure for the calculation of optical properties of 3D nanostructured composites*. Opt. Express, **18**, 22119, (2010).
- Cortes et. al. - *Optical properties of nanostructured metamaterials* Phys. Status Solidi B, **247**, 2102 (2010).
- Pérez-Huerta et. al. - *Macroscopic Optical Response and Photonic Bands*. New Journal of Physics, **15** 043037 (2013).

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación No-retardada**

- PICT-PRH-135-2008: Respuesta Electromagnética Predeterminada Mediante el Diseño de Estructuras Nanométricas:  
Ortiz et. al. - *Effective Dielectric Response of Metamaterials* Phys. Rev. B, **79**, 245132 (2009).
- Mochán et. al - *Efficient homogenization procedure for the calculation of optical properties of 3D nanostructured composites*. Opt. Express, **18**, 22119, (2010).
- Cortes et. al. - *Optical properties of nanostructured metamaterials* Phys. Status Solidi B, **247**, 2102 (2010).
- Pérez-Huerta et. al. - *Macroscopic Optical Response and Photonic Bands*. New Journal of Physics, **15** 043037 (2013).

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

- PICT-PRH-135-2008: Respuesta Electromagnética Predeterminada Mediante el Diseño de Estructuras Nanométricas:  
Ortiz et. al. - *Effective Dielectric Response of Metamaterials* Phys. Rev. B, **79**, 245132 (2009).
- Mochán et. al - *Efficient homogenization procedure for the calculation of optical properties of 3D nanostructured composites*. Opt. Express, **18**, 22119, (2010).
- Cortes et. al. - *Optical properties of nanostructured metamaterials* Phys. Status Solidi B, **247**, 2102 (2010).
- Pérez-Huerta et. al. - *Macroscopic Optical Response and Photonic Bands*. New Journal of Physics, **15** 043037 (2013).

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

- PICT-PRH-135-2008: Respuesta Electromagnética Predeterminada Mediante el Diseño de Estructuras Nanométricas:  
Ortiz et. al. - *Effective Dielectric Response of Metamaterials* Phys. Rev. B, **79**, 245132 (2009).
- Mochán et. al - *Efficient homogenization procedure for the calculation of optical properties of 3D nanostructured composites*. Opt. Express, **18**, 22119, (2010).
- Cortes et. al. - *Optical properties of nanostructured metamaterials* Phys. Status Solidi B, **247**, 2102 (2010).
- Pérez-Huerta et. al. - *Macroscopic Optical Response and Photonic Bands*. New Journal of Physics, **15** 043037 (2013).

### Motivación

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Transparencia Vs. Frecuencia

Diseño de Propiedades ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación No-retardada

- Ortiz et. al. -*Effective Non Retarded Method as a Tool for the Design of Tunable Nanoparticle Composite Absorbers*. Journal of Optics (2014)
- PICT-2014-3233:  
Respuesta Electromagnética de Cristales Artificiales: Síntesis, Modelado y Diseño. (UBA-UNLP)
- PI-2014-SGCyT-F008:  
Respuesta dieléctrica Efectiva Mediante Métodos Recursivos y Escalables en Computo de Alto Desempeño. (UNLP)

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación  
No-retardada**



- Ortiz et. al. -*Effective Non Retarded Method as a Tool for the Design of Tunable Nanoparticle Composite Absorbers*. Journal of Optics (2014)
- PICT-2014-3233:  
Respuesta Electromagnética de Cristales Artificiales: Síntesis, Modelado y Diseño. (UBA-UNLP)
- PI-2014-SGCyT-F008:  
Respuesta dieléctrica Efectiva Mediante Métodos Recursivos y Escalables en Computo de Alto Desempeño. (UNLP)

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

**Aproximación  
No-retardada**

- Ortiz et. al. -*Effective Non Retarded Method as a Tool for the Design of Tunable Nanoparticle Composite Absorbers*. Journal of Optics (2014)
- PICT-2014-3233:  
Respuesta Electromagnética de Cristales Artificiales: Síntesis, Modelado y Diseño. (UBA-UNLP)
- PI-2014-SGCyT-F008:  
Respuesta dieléctrica Efectiva Mediante Métodos Recursivos y Escalables en Computo de Alto Desempeño. (UNLP)

### Motivación

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Transparencia Vs.  
Frecuencia

Diseño de Propiedades  
ópticas

### Respuesta Dieléctrica Macroscópica

Respuesta Óptica

Aproximación Local

Aproximación  
No-retardada