

Ones electromagnètiques

*Què són les ones electromagnètiques? Què és l'espectre?
Quina utilitat tenen en el nostre dia a dia?*

Lluïsa Escoda i Marianna Soler

Equacions de Maxwell

Ajunten lleis experimentals com:

- Llei de Coulomb
- Llei de Gauss
- Llei de Biot-Savart
- Llei d'Àmpere



Es poden resoldre tots els problemes d'Electricitat i Magnetisme



Combinant-les generen una equació d'ones que E i B compleixen



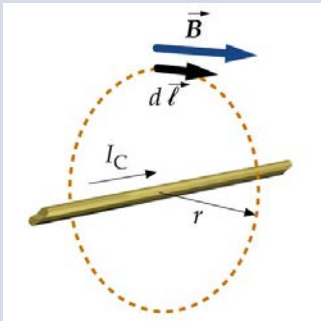
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

LLEI D'AMPÈRE

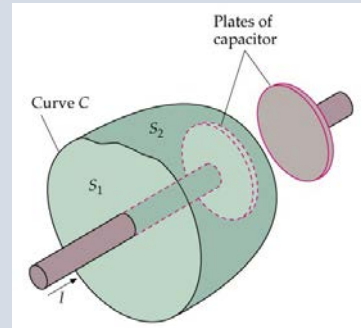
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi}{dt}$$

Corrent de desplaçament: I_D

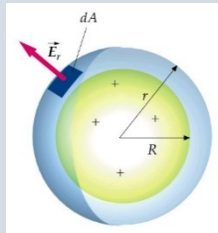
- Si I entra al volum tancat per S_1 i S_2 , ha de sortir una I
- Queda Q acumulada a la placa i el corrent que entra fa augmentar la càrrega a l'interior
- Hi ha un Flux de camp elèctric creat per la Q a través de S_2



Corrent travessa superfície tancada S_1



Corrent travessa superfície tancada S_2



LLEI DE GAUSS

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

- Com Q varia en el temps, el flux varia en el temps

Equacions de Maxwell

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

- f.e.m és un treball per unitat de càrrega. $\varepsilon = \frac{W}{q}$
- Qui fa la força sobre les q que genera aquest treball si la $F_{\text{magnètica}}$ no fa treball?
recordem: $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

Les Forces elèctriques! $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int q\vec{E} \cdot d\vec{l} \rightarrow \frac{W}{q} = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$

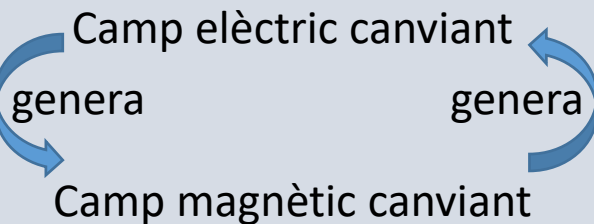
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

Recordem que flux magnètic: $\Phi_m = \oint \vec{B} \cdot d\vec{S}$

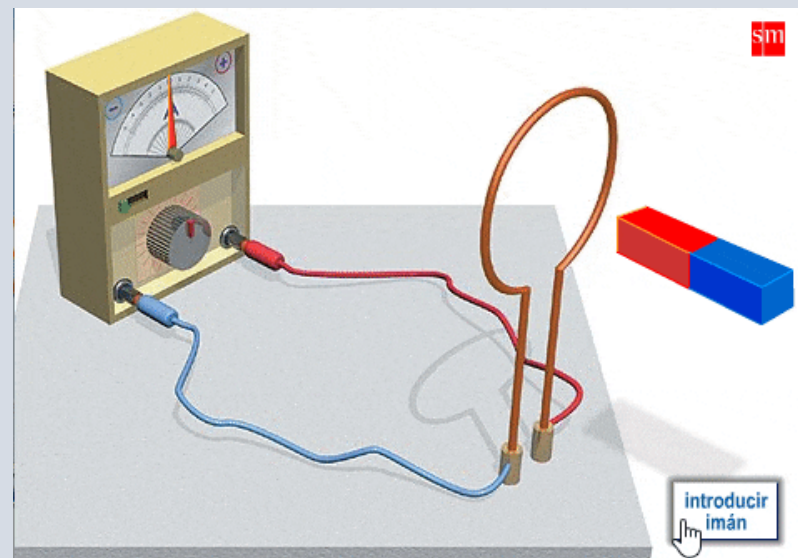
LLEI DE FARADAY

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \oint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

LLEI DE GAUSS del MAGNETISME



Equacions de Maxwell

Resumint.....

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

LLEI DE GAUSS

Describeu com les línies de camp surten d'una càrrega positiva o entren a una negativa

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

LLEI DE GAUSS del MAGNETISME

Describeu l'observació experimental que no hi ha pols magnètics aïllats

LLEI DE FARADAY

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Describeu com les línies de camp elèctric rodegen qualsevol superfície travessada per flux magnètic variable.

LLEI D'AMPÈRE

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi}{dt}$$

Describeu que la circulació de camp B al voltant d'una corba tancada és μ_0 per la Intensitat que travessa la superfície tancada per la corba i la Intensitat de Deriva

ONES ELECTROMAGNÈTIQUES

Maxwell (s.XIX) demostrà que els camps elèctrics i magnètics es propaguen en forma d'ones transversals.

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \end{array} \right.$$

A més demostrà que la velocitat d'aquestes ones era:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2.999 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

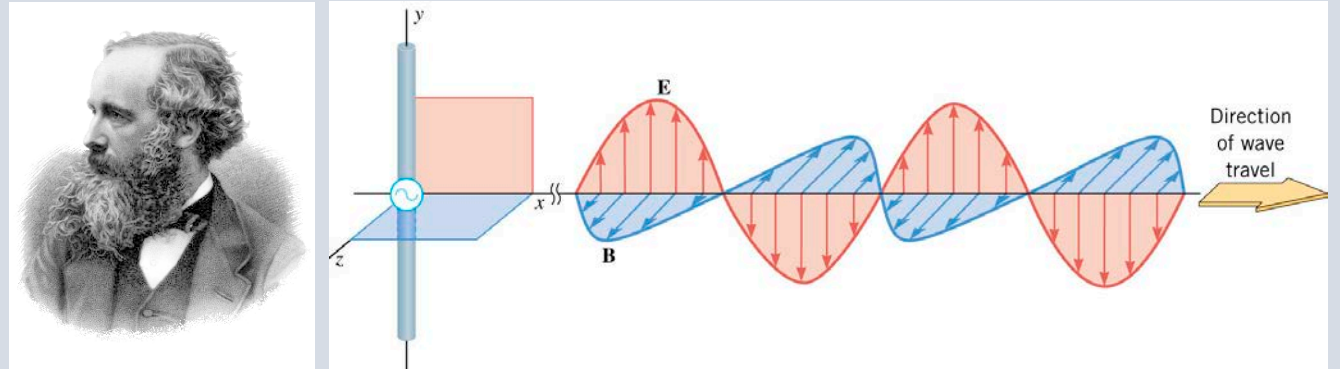
$$v_{\text{llum}} = c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$



La llum és una ona electromagnètica

Característiques:

$$k = 2\pi/\lambda \quad \omega = 2\pi f \quad E_0 = cB_0$$



Vector de Poynting:



Direcció de propagació: $\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0} \left[\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right]$

Intensitat: $I = \frac{\text{Energia}}{tA} = |\vec{S}| = \frac{1}{2\mu_0} E_0 B_0 \left[\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right]$

Els camps E i B són perpendiculars:

Si $E_y = E_0 \cos(kx - \omega t) \Rightarrow B_z = B_0 \cos(kx - \omega t)$ o $B_x = B_0 \cos(kx - \omega t)$

ONES ELECTROMAGNÈTIQUES



EXPERIMENT:

Què **P**redim?

Bobina de Tesla

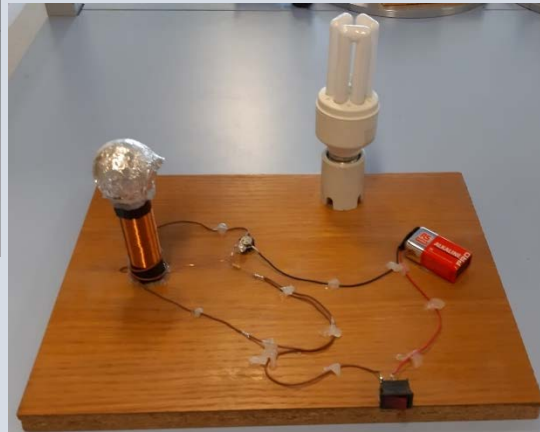
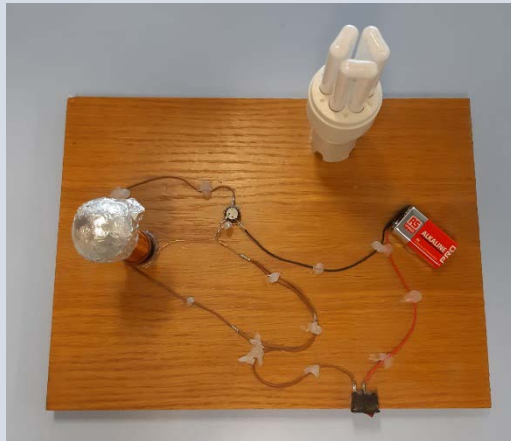
Què **O**bservem?

Expliquem:

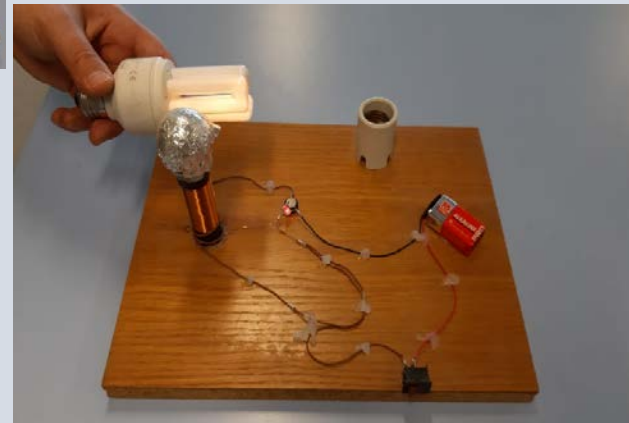
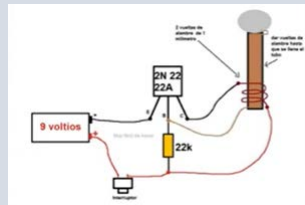
La bobina de Tesla és un generador electromagnètic. Es genera un corrent (gràcies a la pila) que es fa passar pel transistor que funciona como un oscil·lador generant una alta freqüència. Aconseguim així que a la bobina es generi un camp oscil·lant que té la capacitat per ionitzar a una distància propera a aquesta. A l'apropar una bombeta de baix consum s'ionitza el gas de l'interior i s'encén.

Material:

- Suport de fusta
- Tub PVC, pilota goma.
- Paper alumini
- Fil de coure
- Cables de connexió, transistor, i resistència
- Suport de làmpada
- Bombeta de baix consum

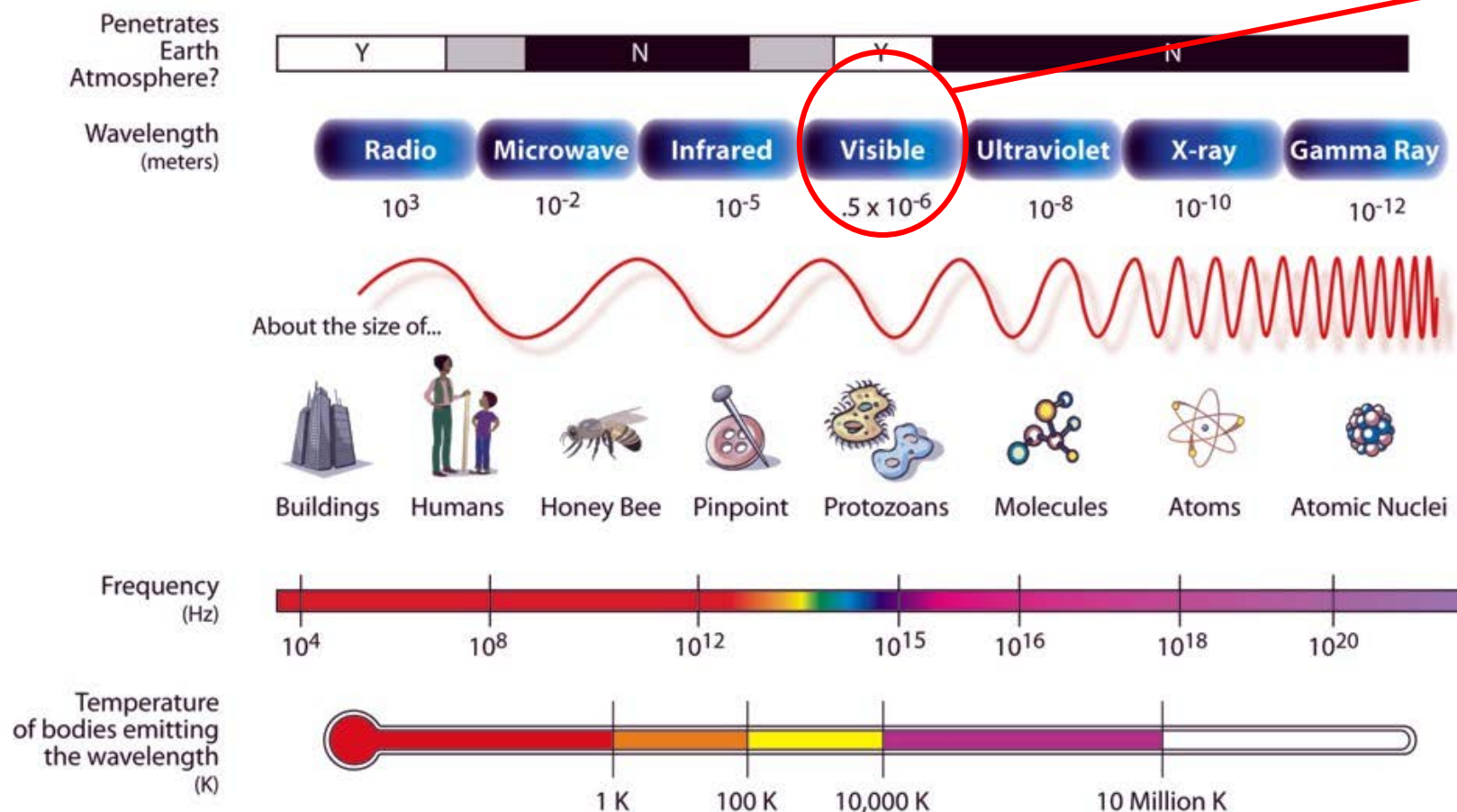


Circuit:



Les ones EM són LLUMi què més?

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



La llum és el rang de freqüències de l'espectre electromagnètic que estimulen la retina de l'ull.

Però també són ones EM:

Ones ràdio

Infrarojos

Raigs ultraviolats

...

On podem trobar les ones EM?

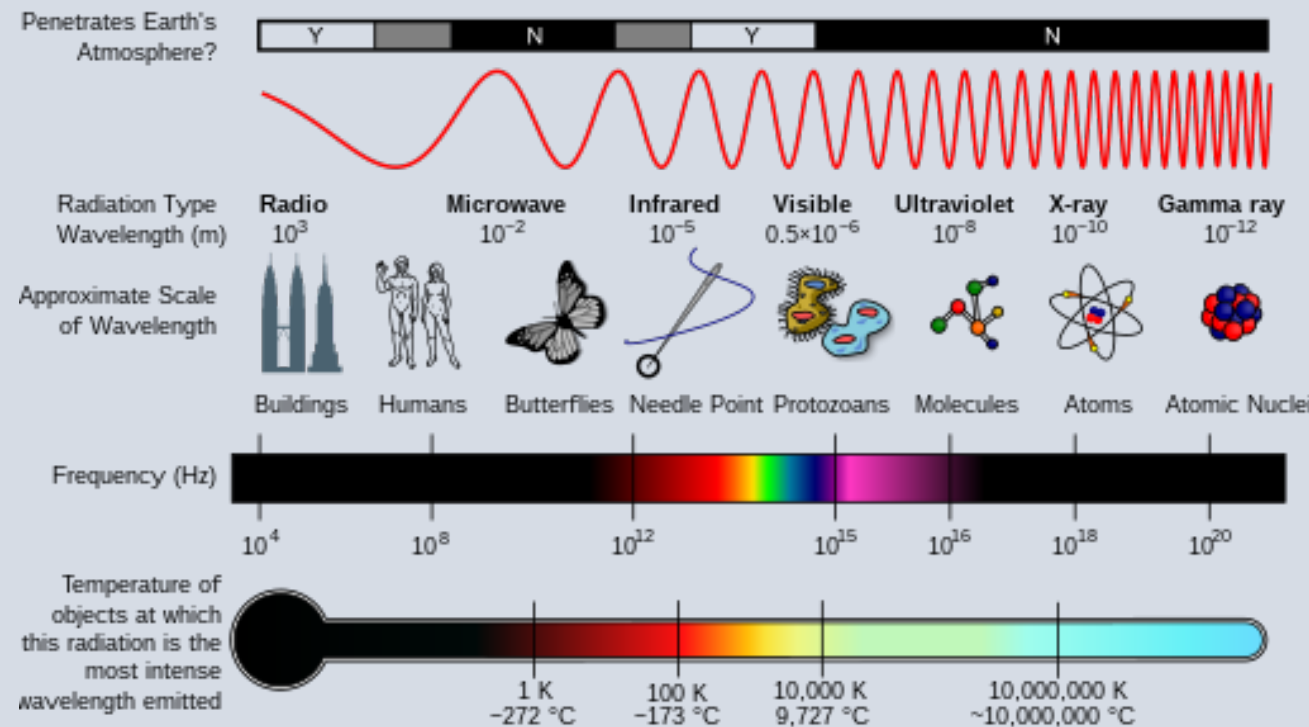
Molts electrodomèstics que tenim a casa emeten camps elèctrics o electromagnètics i/o funcionen utilitzant-los.

Telèfons sense fil (DECT): Utilitzen la banda de freqüència de **1.9 GHz**

Caixes Wi-Fi: connecten diversos dispositius domèstics (ordinadors, TV...) entre si o a Internet mitjançant ones de ràdio, **2.4 GHz**

Petits aparells elèctrics com assecadors, raspalls de dents elèctrics, ... el corrent elèctric que circula pels motors d'aquests aparells genera un camp electromagnètic d'uns **50 Hz**

A la cuina **forns de microones:** utilitzen les propietats d'escalfament de les radiofreqüències de ones de ràdio de **2.45 GHz**



On podem trobar les ones EM?



EXPERIMENT:

El mòbil i Caixa de Faraday

Què **P**redim?

Què **O**bservem?



Paper alumini

Expliquem:

El paper d'alumini, al ser fet d'un material conductor, actua com una gàbia de Faraday. La presència del material conductor provoca que el camp electromagnètic a l'interior del recinte, sigui nul. Per tant anul·la l'efecte dels camps externs. Actua d'apantallament i les ones EM no poden entrar.

Material:

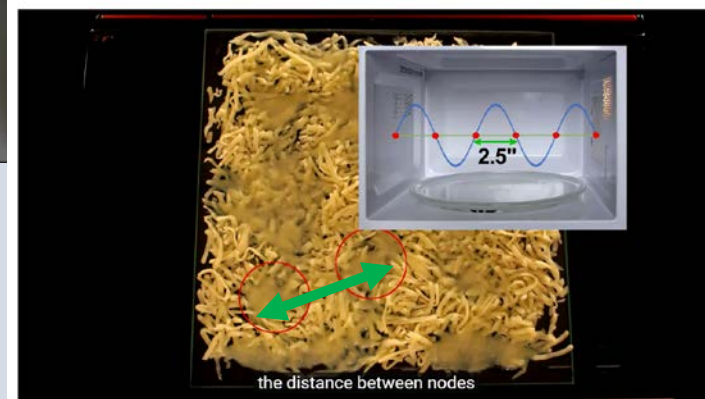
- 2 mòbils
- Paper d'alumini

On podem trobar les ones EM?



EXPERIMENT:

Mesurem la freqüència del forn Microones



Material:

- Formatge ratllat
- Plat i got
- Forn micrones
- Cinta mètrica

Recurs: <https://youtu.be/kp33Zpr00Ck>

Què **P**redim?

Què **O**bservem?

Expliquem:

$$v = \lambda / T = \lambda f$$

Les ones que es generen dins del forn microones són estacionaries. Si el plat a on posem el formatge no pot girar, hi haurà zones afectades pels màxims de les ones (tenen energia i es fonen) i zones afectades pels nòduls (no hi ha energia i no es fonen).

La distància entre zones foses ens permetrà mesurar la longitud d'ona i, com sabem que les ones EM tenen una velocitat igual a c , podem trobar experimentalment el valor de la freqüència de les ones del nostre forn microones.

Algunes propietats.....

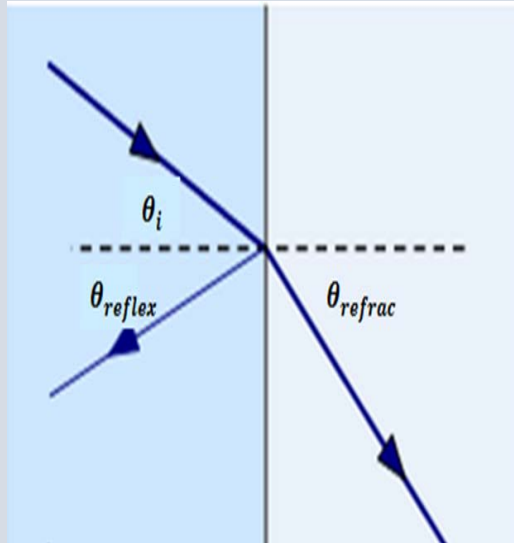
Propagació d'ones electromagnètiques

La velocitat de la llum és c al buit, però en un altre medi aquesta varia. La relació entre la velocitat de la llum al buit i a un medi s'anomena: **Índex de refracció**

$$n = \frac{c_0}{c}$$

REFLEXIÓ

$$\theta_i = \theta_{reflex}$$

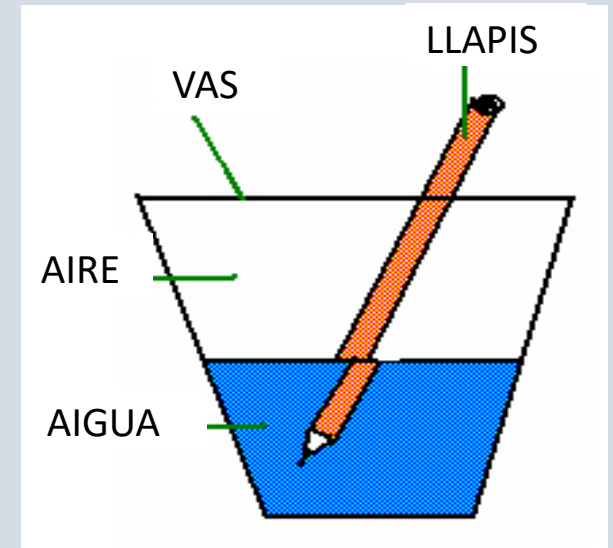


REFRACCIÓ

Llei d'Snell

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_{refrac}$$

$$n_1 < n_2 \rightarrow \sin \theta_i > \sin \theta_{refrac}$$



Algunes propietats.....



EXPERIMENT:

Índex de Refracció

Què **P**redim?

Què **O**bservem?



Expliquem:

Quan omplim el vas de precipitats amb aigua, donat que hi ha un canvi d'índex de refracció, la llum es desvia i observem el vas petit a l'interior. A l'omplir el vas de precipitats amb glicerina, donat que l'índex de refracció d'aquesta és molt semblant al de vidre *Pyrex* del vas de precipitats, la llum no troba cap canvi d'índex de refracció i continua recta, per tant no podem veure el vas de l'interior....i es torna invisible!

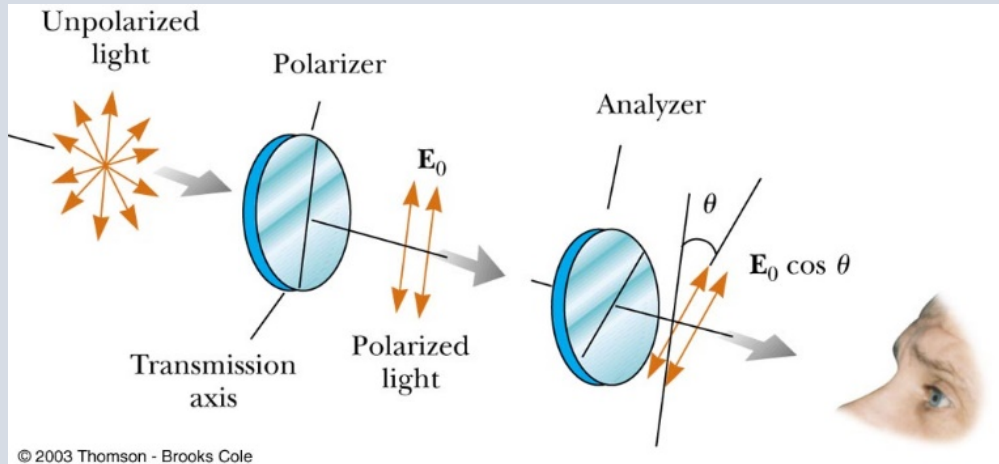
Material:

- 2 vasos de precipitats (Pyrex)
- Aigua
- Glicerina

Algunes propietats.....

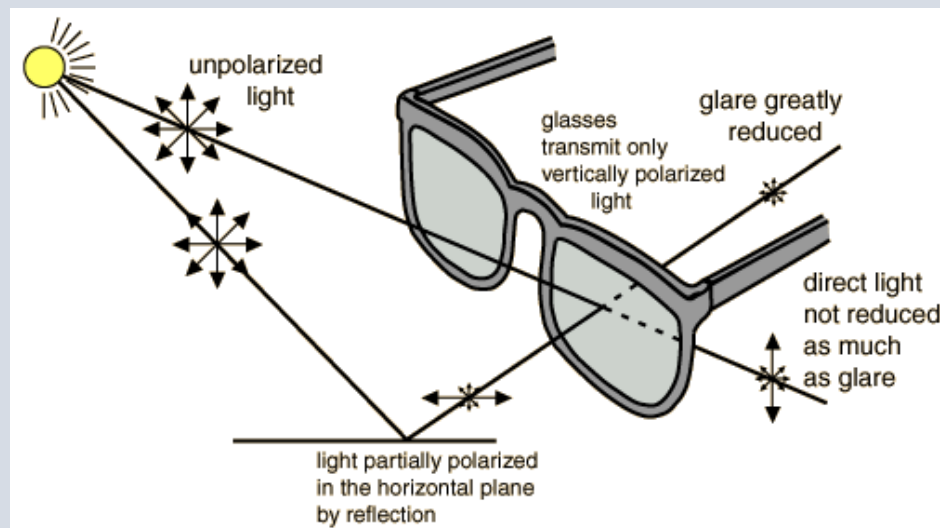
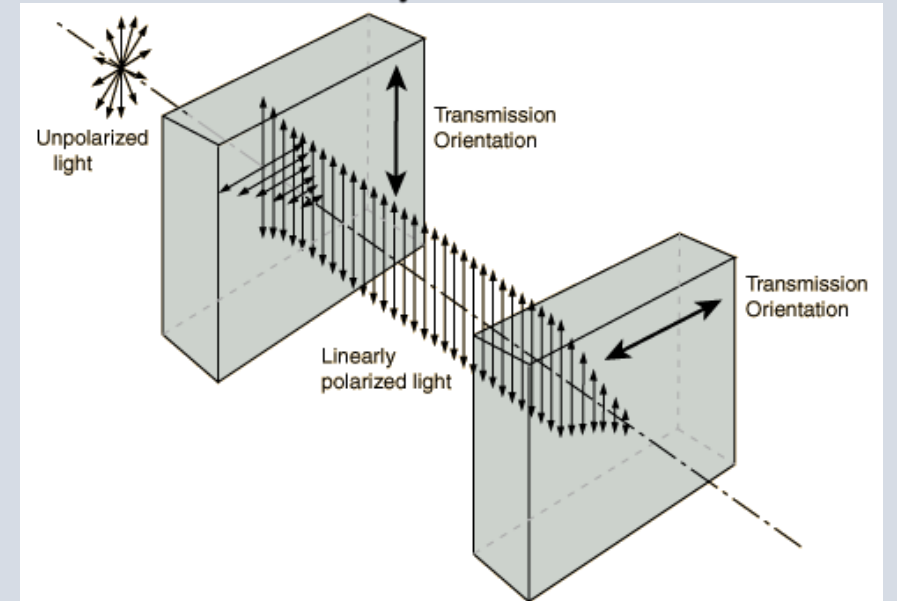
POLARITZACIÓ

La llum polaritzada és la llum en que totes les ones que conté vibren en la mateixa direcció.



$$I = \left(\frac{I_0}{2} \right)$$

$$I_{\text{sortida}} = \left(\frac{I_0}{2} \right) \cos^2 \theta$$



La llum que s'ha reflectit en un objecte es polaritza parcialment. Per evitar-la s'empren polaritzadors a les ulleres, als vidres dels cotxes,... Reduint la intensitat lluminosa que els arriba.

Algunes propietats.....

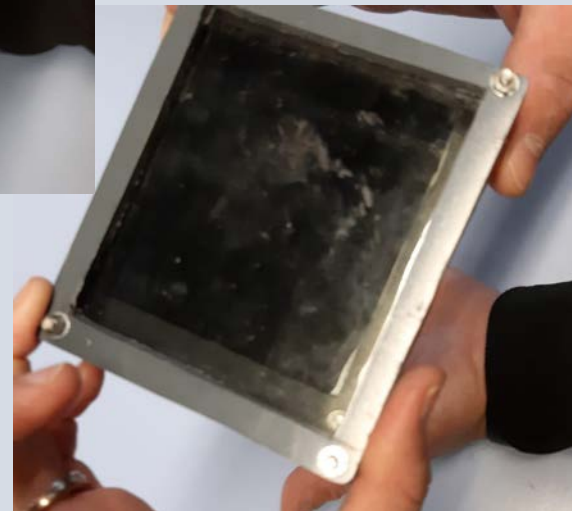
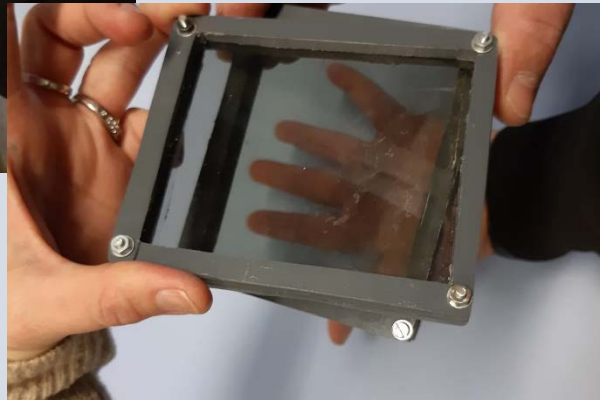


EXPERIMENT:

Polarització

Què **P**redim?

Què **O**bservem?



Expliquem:

Al passar la llum pel primer polaritzador podem veure la mà perquè és llum no polaritzada, això sí, al travessar el polaritzador la llum es polaritza. Per tant si posem el segon polaritzador en la direcció de vibració de la llum podrem veure la mà, en canvi quan girem el polaritzador 90° no passarà gens de llum i ho veurem tot fosc.

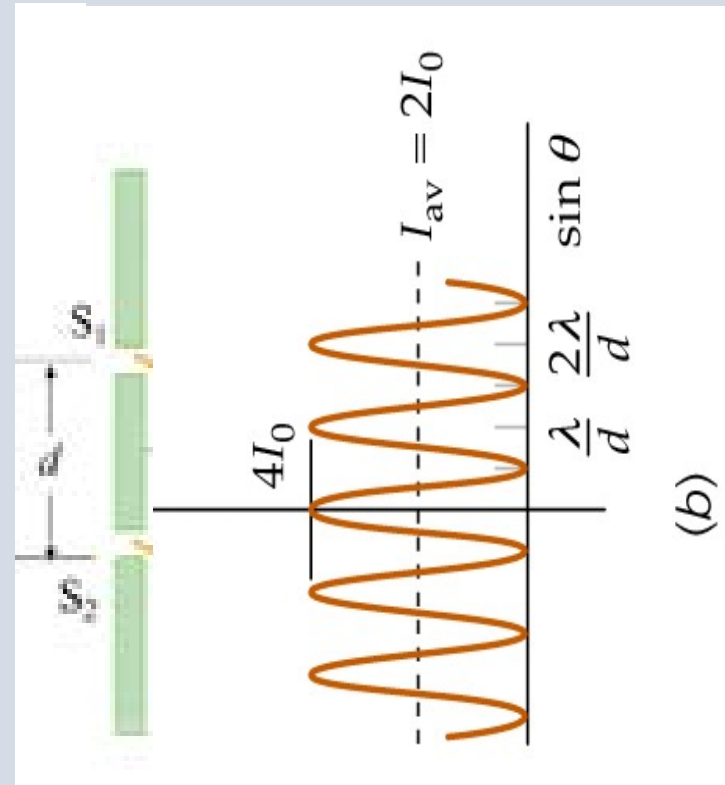
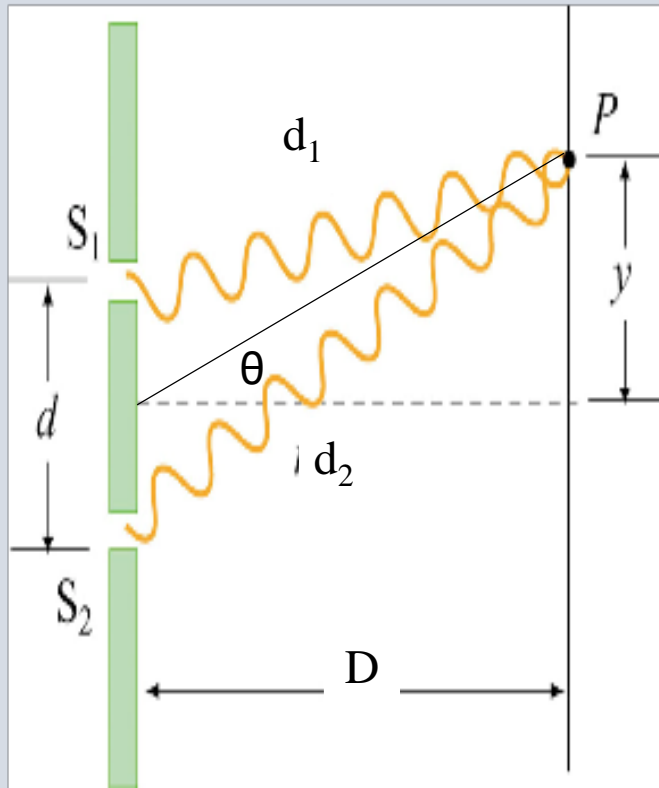
Material:

-2 làmines
polaritzades

Algunes propietats.....

INTERFERÈNCIES DE DUES ESCLETXES:

S1 i S2 emeten ones coherents (diferència de fase constant), igual amplitud i freqüència



$$\sin \theta_{\max} = \pm \frac{\lambda}{d}, \pm 2 \frac{\lambda}{d}, \dots$$

Podem mesurar on trobar els màxims d'intensitat:

$$\text{màxims: } \Delta r = d \sin \theta_{\max} = n \lambda$$

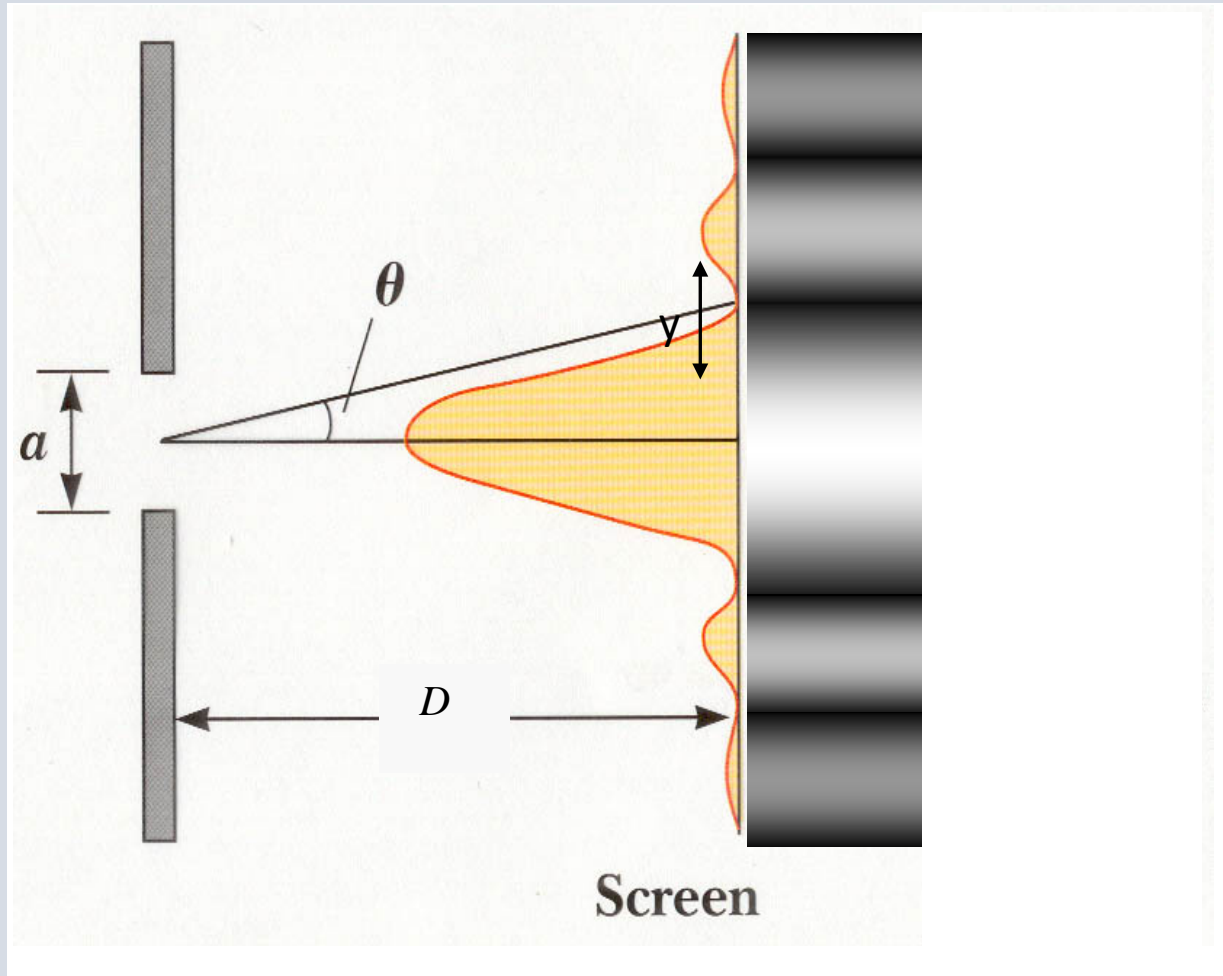
$$\tan \theta = \frac{y}{D} \cong \sin \theta$$

$$d \frac{y_{\max}}{D} = n \lambda$$

$$y_{\max} = n \frac{\lambda D}{d}$$

Algunes propietats.....

DIFRACCIÓ PER UNA ESCLETXA (o de Fraunhofer):



$$\sin \theta_{\min} = \pm \frac{\lambda}{a}, \pm 2 \frac{\lambda}{a}, \dots$$

$$\tan \theta_{\min} = \frac{y_{\min}}{D} \approx \sin \theta$$

Podem mesurar on trobar els màxims d'intensitat:

$$y_{\min} = n \frac{D\lambda}{a}$$

Gruix del màxim central:

$$\frac{2D\lambda}{a}$$

Algunes propietats.....

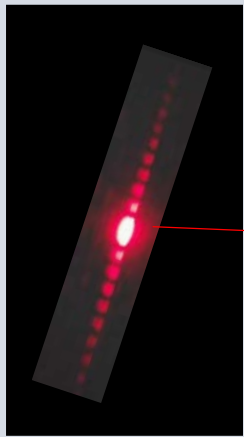


EXPERIMENT:

Quin diàmetre té un cabell?

Què **P**redim?

Què **O**bservem?



cabell



Expliquem:

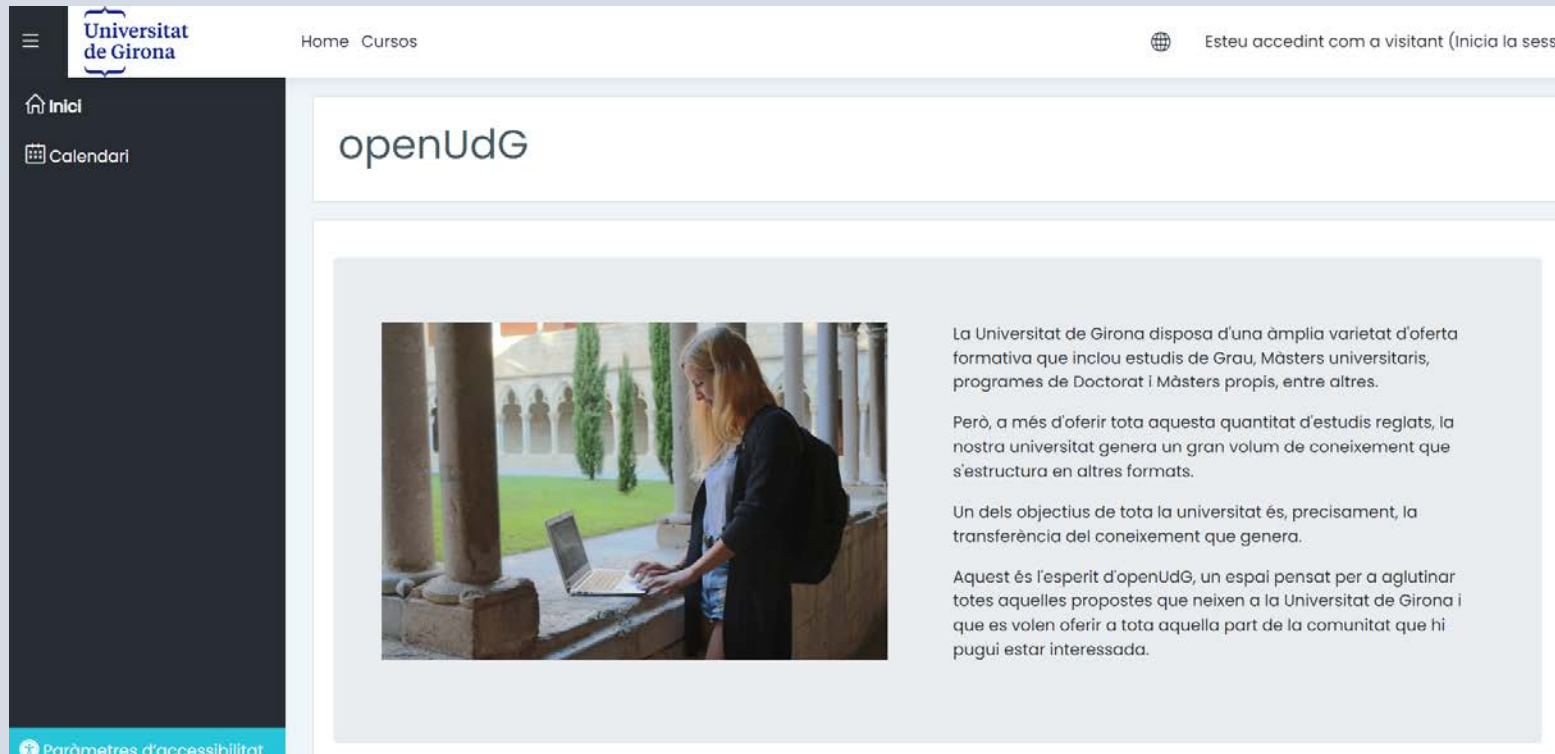
Quan el raig làser es troba el cabell, donat que la seva mida és molt petita, es produeix difracció i observem la típica imatge de difracció a la paret.

D'aquesta manera, mesurant la distància del cabell a la paret, la mida del màxim central ($2y$), i coneguda la λ de la llum del làser, podem trobar el diàmetre del cabell de forma experimental.

Material:

- Làser
- Paret
- Cabell
- Cinta mètrica

Altres recursos: openUdG




The screenshot shows the openUdG website interface. At the top left, there is a dark sidebar with the Universitat de Girona logo and navigation links for 'Inici' and 'Calendari'. The main header includes 'Home Cursos' and a login status 'Esteu accedint com a visitant (Inicia la sessió)'. The main content area features the 'openUdG' logo and a large image of a student with a laptop. To the right of the image, there is a text block explaining the university's educational offerings and the purpose of the openUdG portal.

Universitat de Girona

Home Cursos

Esteu accedint com a visitant (Inicia la sessió)

openUdG



La Universitat de Girona disposa d'una àmplia varietat d'oferta formativa que inclou estudis de Grau, Màsters universitaris, programes de Doctorat i Màsters propis, entre altres.

Però, a més d'oferir tota aquesta quantitat d'estudis reglats, la nostra universitat genera un gran volum de coneixement que s'estructura en altres formats.

Un dels objectius de tota la universitat és, precisament, la transferència del coneixement que genera.

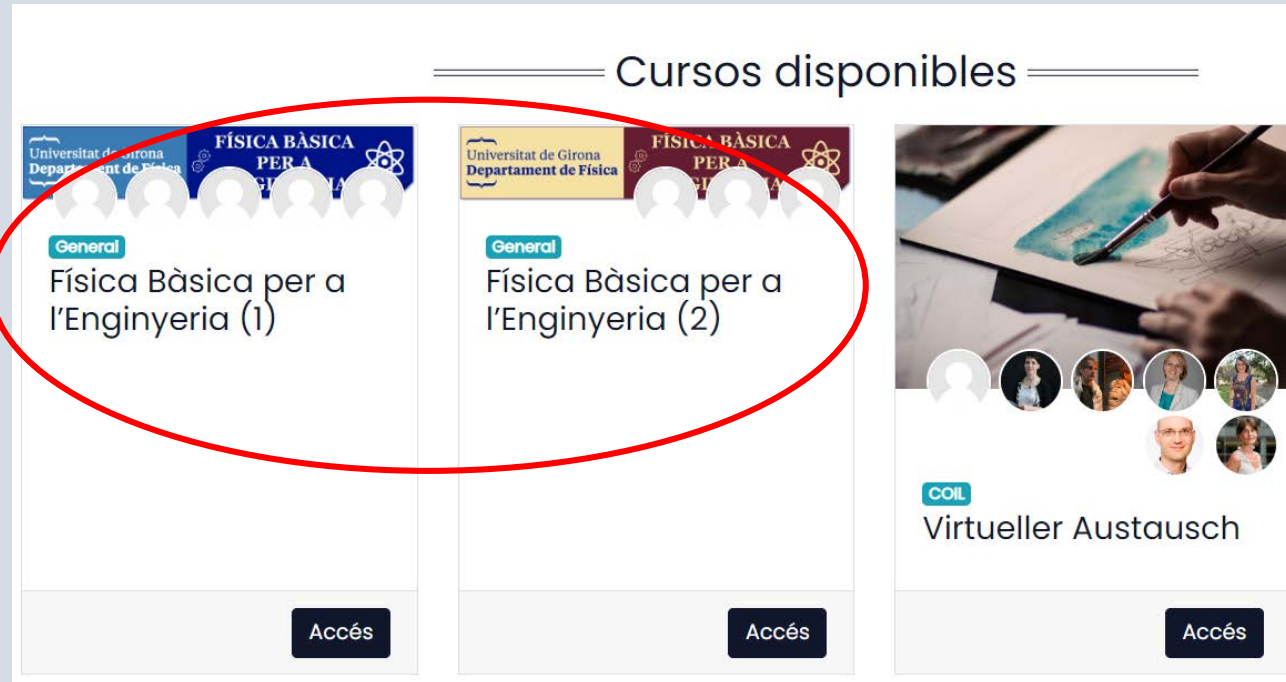
Aquest és l'esperit d'openUdG, un espai pensat per a aglutinar totes aquelles propostes que neixen a la Universitat de Girona i que es volen oferir a tota aquella part de la comunitat que hi pugui estar interessada.

Paràmetres d'accessibilitat

A on es troben els cursos?

La Universitat de Girona gestiona un portal web anomenat OpenUdG (<https://open.udg.edu/>), que posa a disposició de tota persona cursos gratuïts per tal de transferir el coneixement que es genera a la universitat.

Altres recursos: openUdG



Com s'ha de fer la inscripció gratuïta?

Per tal de inscriure's al curs s'ha d'omplir un formulari (<https://forms.gle/ykECZJnFvgxah59X8>), des del qual s'indica de forma més detallada l'accés a la plataforma i el funcionament d'aquesta.

Altres recursos: openUdG

Què trobarem?



◇ Benvinguts a la pàgina Moodle del Curs de Física Bàsic

Curs de Física Bàsica per a l'Enginyeria 1

L'objectiu d'aquest curs de Física Bàsica per a l'Enginyeria 1 es proveir l'alumne amb les habilitats i coneixements necessaris per a cursar les assignatures de primer curs de Fonaments de la Física per Enginyers i Arquitectes. Un cop completat el curs de Física Bàsica satisfactòriament, l'alumne haurà adquirit aquells coneixements bàsics per encarar amb garanties les assignatures de Fonaments de la Física.

El curs està pensat per ser treballat de forma autònoma per l'alumne. Compren teoria, enllaços a altres portals, exercicis amb resposta i proves d'autoavaluació. Es fa servir l'aplicació Moodle, on trobareu la teoria i el llistat d'activitats proposades.

El curs està estructurat en sessions, agrupades en blocs de coneixement. Cada bloc pot ser treballat de forma independent. A cada sessió, trobareu la teoria necessària per començar a treballar en uns documents PDF penjats. La informació es presenta de forma breu i concisa i està acompanyada d'exercicis resolts. Per les activitats proposades, cal donar un valor numèric. Per que l'autocorrecció funcioni calen els següents requisits:

1. Donar el resultat en unitats del sistema internacional excepte si l'enunciat indica de forma explícita l'ús d'altres unitats.
2. Per indicar resultats amb potències de 10 cal fer us de la notació científica, per exemple el numero $6,02 \cdot 10^{23}$ s'expressa en notació científica com 6,02e23. Per exemple la càrrega del electró ($-1,602 \cdot 10^{-19}$ C) s'expressa en notació científica com -1,602e-19 C.
3. Cal fer els càlculs amb el màxim nombre de xifres decimals i donar els resultats segons demani l'exercici.

Finalment, pel que fa el valor de l'acceleració de la gravetat, cal utilitzar $9,81 \text{ m/s}^2$ excepte si l'enunciat indica de forma explícita l'ús d'un altre valor.

 Fòrum d'Avísos i Notícies

 Tema 1: Cinemàtica El progrés del tema 15%	 Tema 2: Dinàmica El progrés del tema
 Tema 3: Treball i Energia El progrés del tema	 Tema 4: Electrostàtica El progrés del tema

Altres recursos: openUdG

Tema 2: Dinàmica

APUNTS I EXEMPLES RESSOLTS

- 2.1 Introducció als vectors
- 2.2 Forces de la natura
- 2.3 Lleis de Newton 1
- 2.4 Lleis de Newton 2
- 2.5 Lleis de Newton 3
- 2.6. Dinàmica del Moviment Circular

SESSIÓ 4

Continguts Teòrics

- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics

Activitats Proposades

- Sessió 4: Activitat proposada 1
- Sessió 4: Activitat proposada 2
- Sessió 4: Activitat proposada 3

SESSIÓ 5

Continguts Teòrics

- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 1
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 2

Activitats Proposades

- Sessió 5: Activitat proposada 1

Altres recursos: openUdG

Tema 2: Dinàmica

APUNTS I EXEMPLES RESSOLTS

- 2.1 Introducció als vectors
- 2.2 Forces de la natura
- 2.3 Lleis de Newton 1
- 2.4 Lleis de Newton 2
- 2.5 Lleis de Newton 3
- 2.6 Dinàmica del Moviment Circular

SESSIÓ 4

Continguts Teòrics

- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics

Activitats Proposades

- Sessió 4: Activitat proposada 1
- Sessió 4: Activitat proposada 2
- Sessió 4: Activitat proposada 3

SESSIÓ 5

Continguts Teòrics

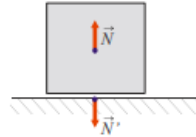
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 1
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 2

Activitats Proposades

- Sessió 5: Activitat proposada 1

Reaccions. Força normal a la superfície de contacte.

Les reaccions normals a la superfície de contacte són forces degudes al contacte entre dues superfícies. Aquestes forces són perpendiculars a la superfície de contacte. Per exemple, si un objecte es recolza sobre



una taula, llavors experimenta una força \vec{N} que és perpendicular a la superfície de contacte. De la mateixa manera, existeix una reacció \vec{N}' aplicada sobre la taula i perpendicular a la superfície de contacte. És a dir, degut al contacte entre la taula i l'objecte apareixen dues forces; per una banda la força que fa la taula sobre l'objecte \vec{N} (i que està aplicada sobre l'objecte) i la força que fa l'objecte sobre la taula \vec{N}' (i que està aplicada sobre la taula).

Tipus de reaccions.

A la figura es resumeix els principals tipus de reaccions que trobarem al llarg d'aquest curs.

recolzament	Reacció	Nombre d'incògnites
<p>Rodet Balanci superfície llisa</p>	<p>Direcció coneguda</p>	1
<p>Cable</p>	<p>Direcció coneguda</p>	1
<p>Articulació superfície rugosa</p>	<p>Direcció desconeguda</p>	2

Altres recursos: openUdG

Tema 2: Dinàmica

APUNTS I EXEMPLES RESSOLTS

- 2.1 Introducció als vectors
- 2.2 Forces de la natura
- 2.3 Lleis de Newton 1
- 2.4 Lleis de Newton 2
- 2.5 Lleis de Newton 3
- 2.6. Dinàmica del Moviment Circular

SESSIÓ 4

Continguts Teòrics

- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 4: Continguts Teòrics

Activitats Proposades

- Sessió 4: Activitat proposada 1
- Sessió 4: Activitat proposada 2
- Sessió 4: Activitat proposada 3

SESSIÓ 5

Continguts Teòrics

- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Continguts Teòrics
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 1
- Classe Física Bàsica Sessió 5: Exemple 2

Activitats Proposades

- Sessió 5: Activitat proposada 1

Física Bàsica per a l'Enginyeria (1)

Inici > Els meus cursos > FBE1 > Tema 2: Dinàmica > Sessió 4: Activitat proposada 2 > Previsualització

Pregunta 1

Resposta incompleta o no comprovada
Puntuat sobre 1,00

Marca la pregunta
Edita la pregunta

Una caixa que pesa 690 N està en equilibri sobre un pla inclinat que forma un angle de 44° amb el pla horitzontal. Descomponeu el pes de la caixa en dues components, l'una paral·lela i l'altra perpendicular al pla. Amb això, calculeu:

a) La força que fa el pla inclinat per sostenir la caixa.

NOTA: Arrodoniu el resultat a dues xifres decimals.

Resposta:

Comprova

Pregunta 2

Resposta incompleta o no comprovada
Puntuat sobre 1,00

Marca la pregunta
Edita la pregunta

b) El valor de la força de fricció.

NOTA: Arrodoniu el resultat a dues xifres decimals.

Resposta:

Comprova

Navegació pel qüestionari

1 2

Acaba l'intent...

Comença una previsualització nova

Acaba l'intent...

Altres recursos:

Llibre de Problemes de física

Versió html, per consultar directament a Internet:

<http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/problemesdefisica/presentacio.html>

Gràcies per la vostra atenció

lluisa.escoda@udg.edu
marianna.soler@udg.edu