

PLASMAS a baja temperatura

Ramón J. Peláez

Dept. de Física Molecular

ramon.pelaez@csic.es

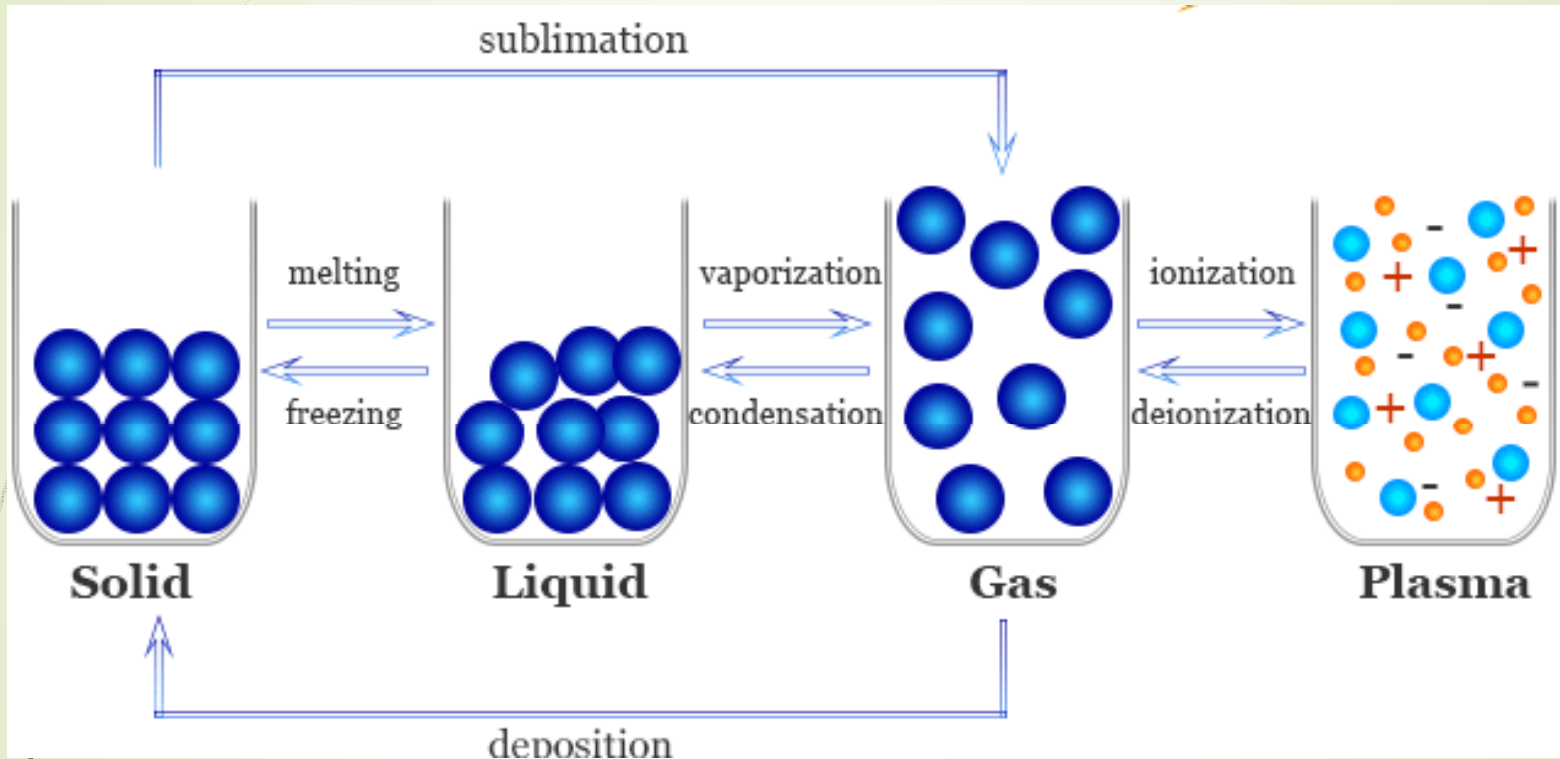


6 Abril 2022

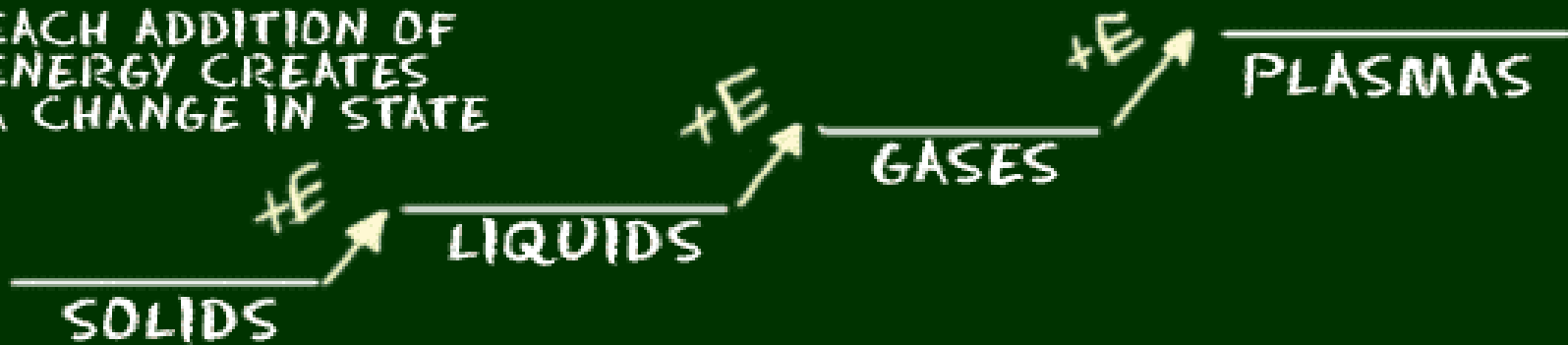
*XVIII Curso de Iniciación
a la Investigación IEM-CSIC*

¿Qué es un plasma?

Estados de la materia

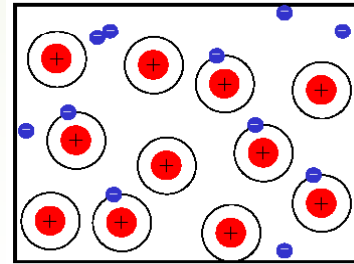
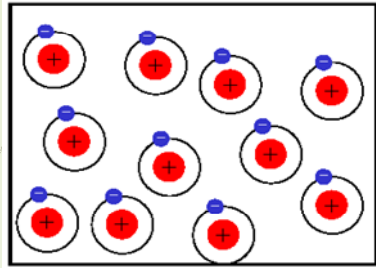


EACH ADDITION OF ENERGY CREATES A CHANGE IN STATE



¿Qué es un plasma?

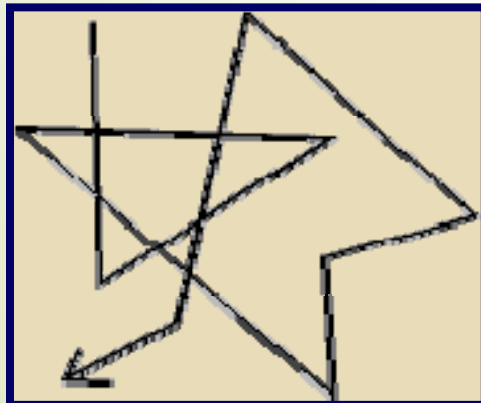
•Gas vs Plasma



•*Eléctricamente aislantes*



•*Conductores*

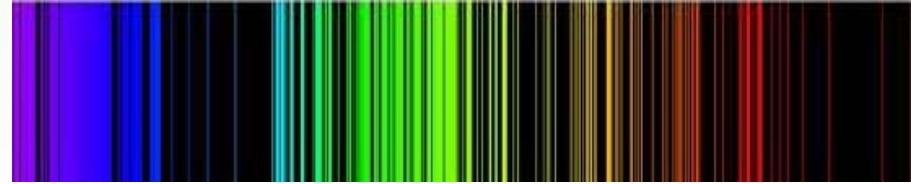
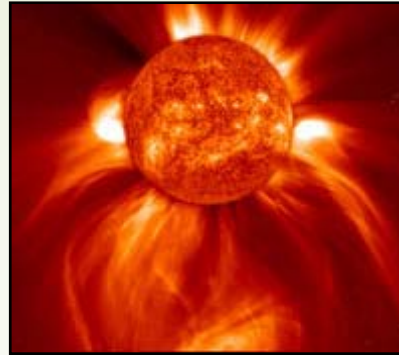


Movimiento Individual



Comportamiento Colectivo

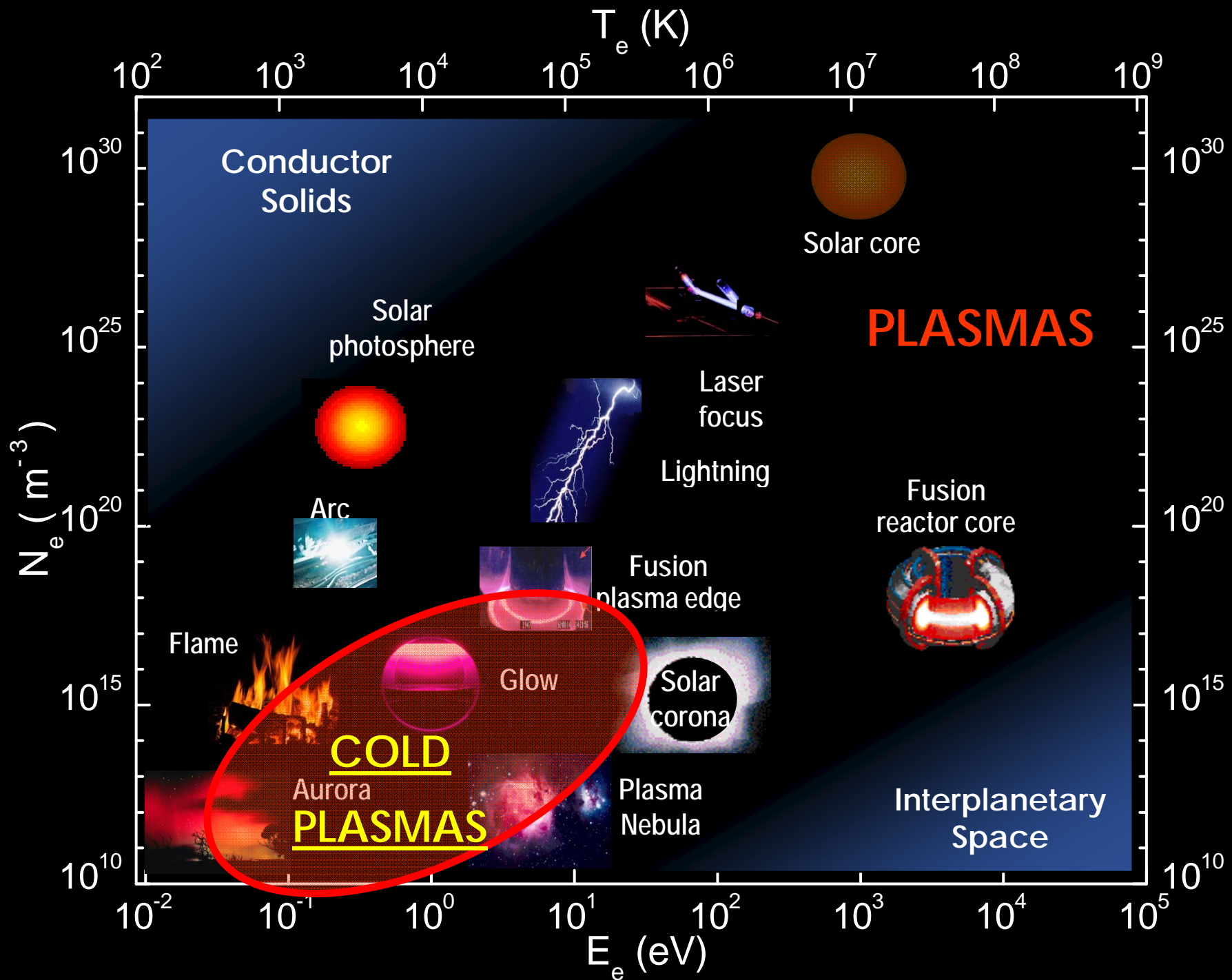
El PLASMA emite luz



·Las técnicas de espectroscopía ópticas permiten analizar el plasma de forma no intrusiva a largas distancias.

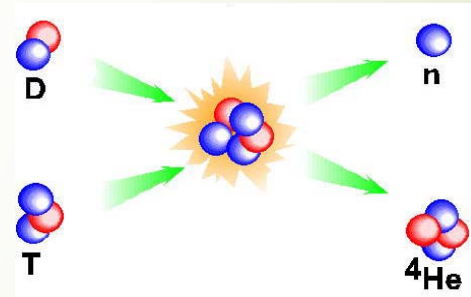
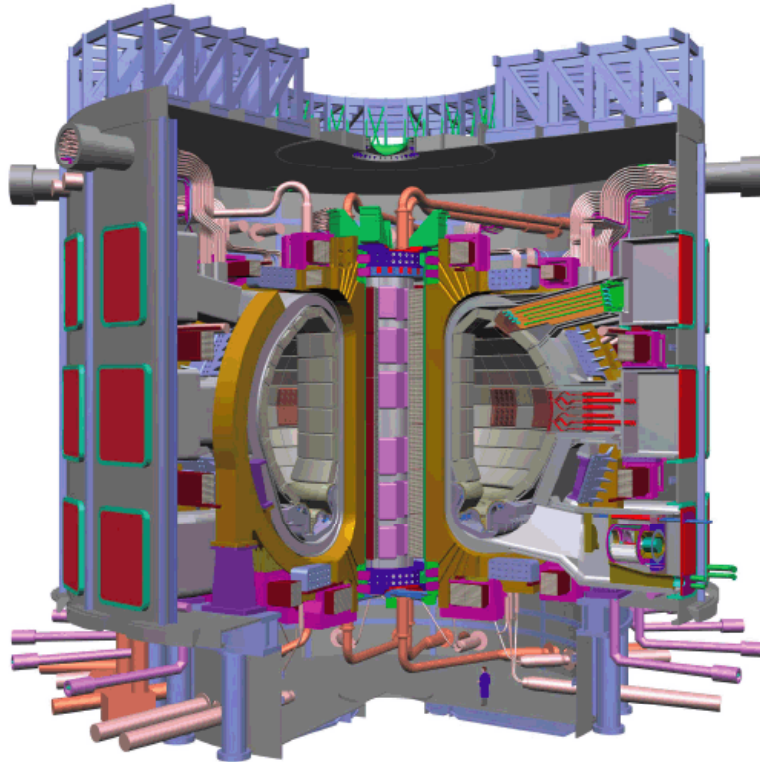
·Magnitudes Plasmas

- Grado de ionización $0 \leq \alpha \leq 1$
- Densidad de cargas libres (N_e).
- Temperatura electrónica (T_e).



Plasmas “En equilibrio termodinámico”

- Las diferentes funciones de distribución están parametrizadas con una misma temperatura.
- Ejemplo ‘extemo’ en la tierra: ITER, ¿la “futura” fuente energética ?



$$T_{\text{plasma}} \sim 10^8 \text{ K !}$$

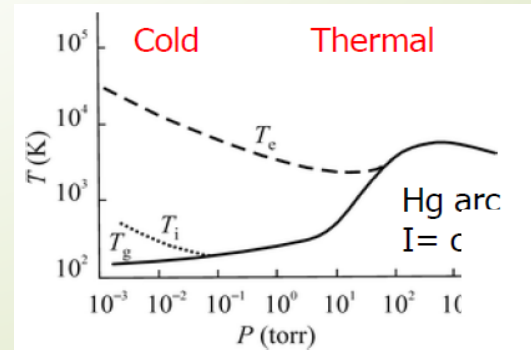
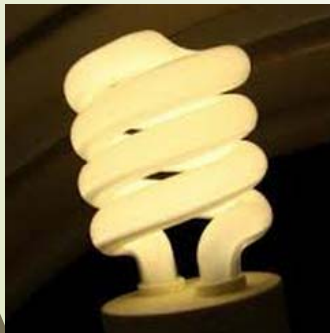
Figure 1.14 – Schéma en coupe d'ITER (Source : ITER Organization)

Plasmas Fríos

- Suelen ser generados con descargas eléctricas a baja presión.
- Grado de ionización muy bajo ($N_e/N_{\text{gas}} \sim 10^{-3} - 10^{-6}$)
- Los electrones se aceleran eficazmente en el campo eléctrico ($\Rightarrow T_e \sim 30000 \text{ K}$) pero ceden poca energía por choques elásticos a las partículas más pesadas ($\Rightarrow T_{\text{gas}} \sim 300 \text{ K}$).



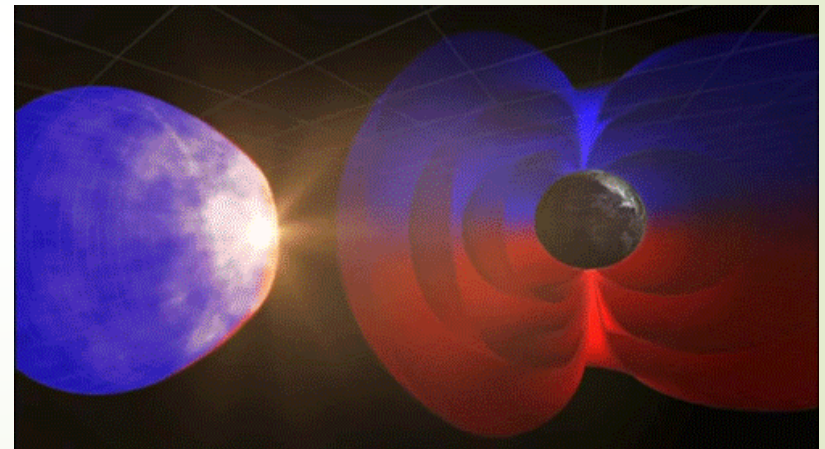
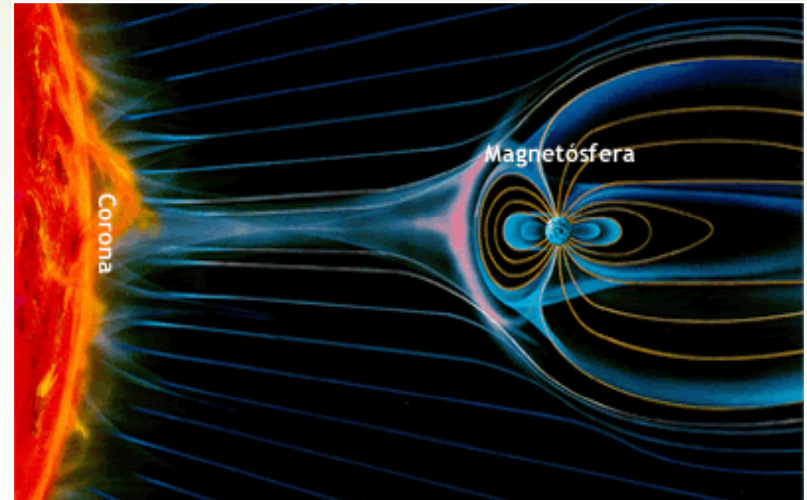
- Es un sistema muy alejado del equilibrio termodinámico.



La Ionosfera

- La Magnetosfera nos protegé del viento solar

MARTE



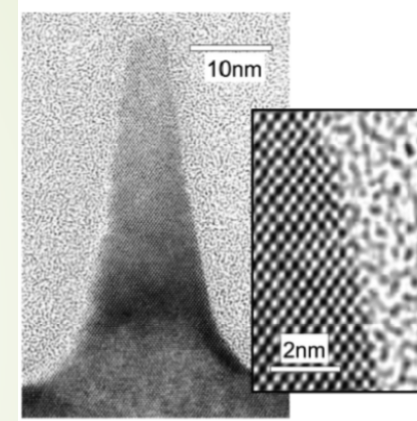
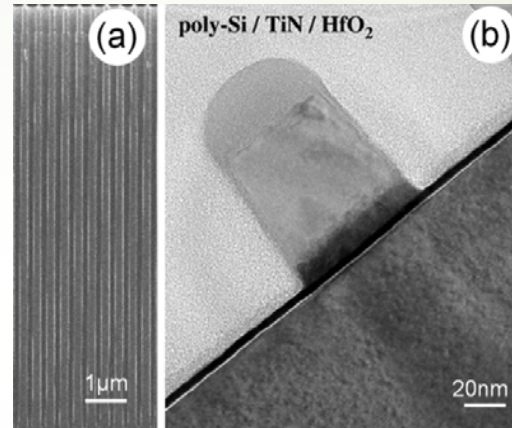
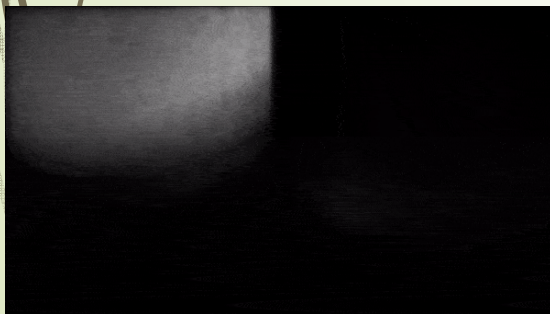
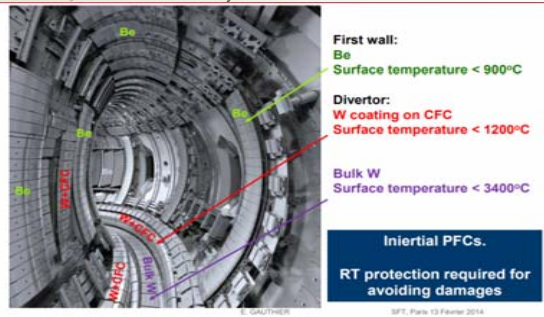
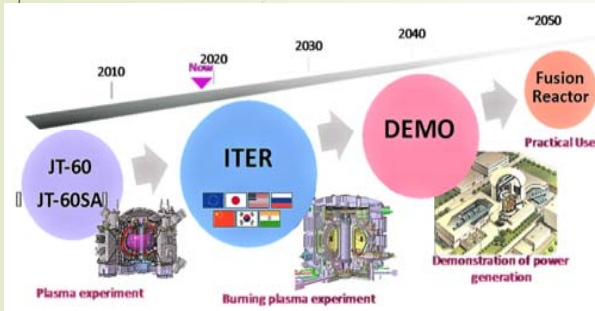
Simulación de la pérdida de atmósfera marciana por viento solar

https://www.nasa.gov/mision_pages/maven/main/index.html

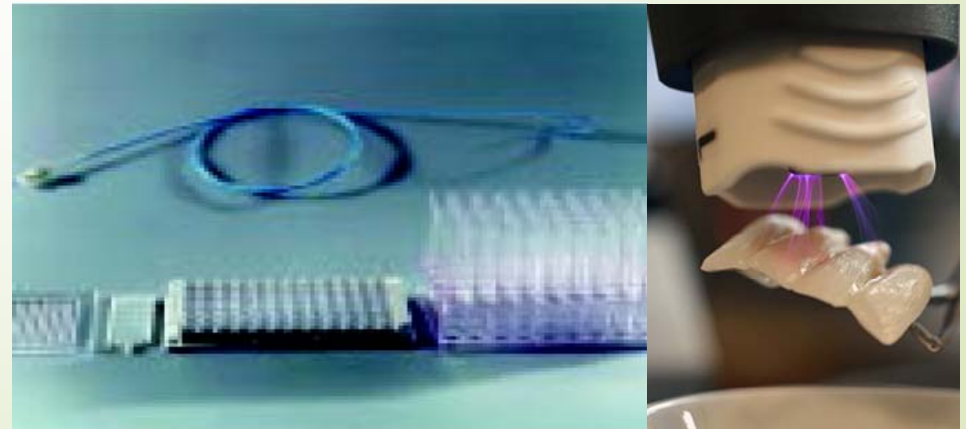
¿Son tan inofensivos los plasmas fríos?

Erosión de materiales nano/microelectronica

Plasmas fríos en de Fusión

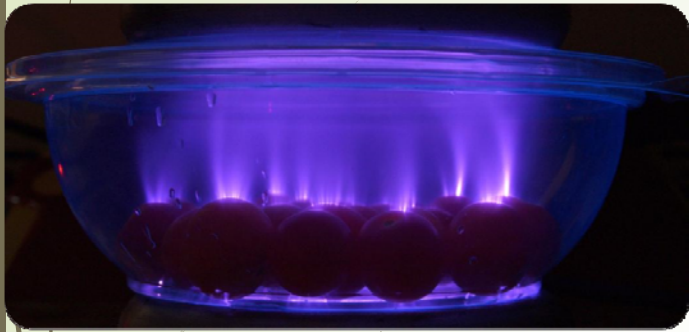


Instrumentación médica

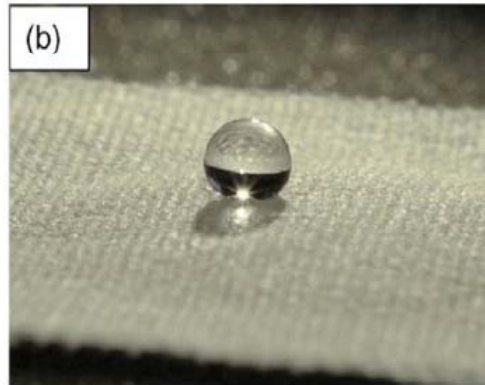
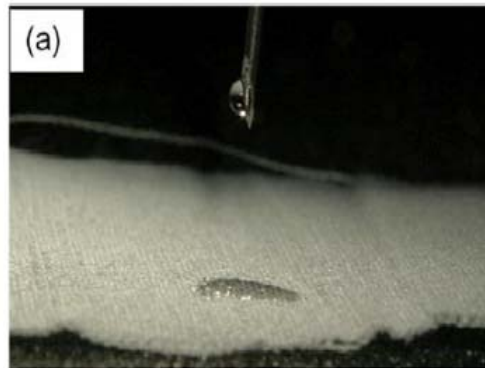


¿Son tan inofensivos los plasmas fríos?

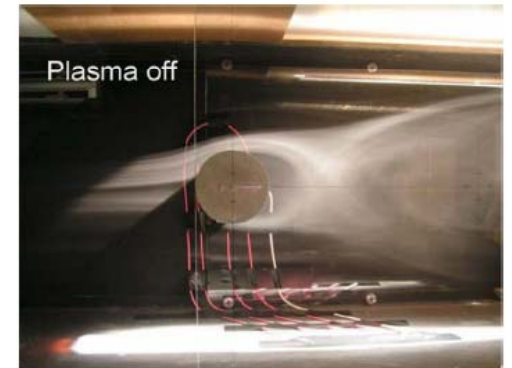
Industria alimentaria



Industria textil



Industria aerodinámica



Química en Plasmas Fríos

- Los plasmas fríos son sistemas químicamente muy reactivos.
- Procesos químicos en plasmas fríos:

PRIMARIOS

- Ionización $AB + e^- \rightarrow AB^+ + 2e^-$
- Excitación $AB + e^- \rightarrow AB^* + e^-$
- Disociación $AB + e^- \rightarrow A + B + e^-$

SECUNDARIOS

- Neutralización
- Desexcitación (Emisión de luz)
- Recombinación: Reacciones en fase gas y en superficie
- Efectos en Pared \Rightarrow Recubrimientos, “Sputtering” & “Etching”

Química en Plasmas Fríos

- Los plasmas fríos son sistemas químicamente muy reactivos.
- Posibles aplicaciones

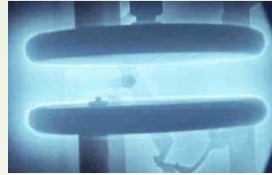
Name	Reactions	Description
Etching	$AB + C_{solid} \rightarrow A + BC_{vapour}$	Material erosion.
Adsorption	$M_g + S \rightarrow M_s$ $R_g + S \rightarrow R_s$	Molecules or radicals from a plasma come in contact with a surface exposed to the plasma and are adsorbed on surfaces.
Deposition	$AB \rightarrow A + B_{solid}$	<u>Thin film formation.</u>
Recombination	$S - A + A \rightarrow S + A_2$ $S - R + R_1 \rightarrow S + M$	Atoms or radicals from the plasma can react with the species already adsorbed on the surface to combine and <u>form a compound.</u>
Metastable de-excitation	$S + A^* \rightarrow A$	Excited species on collision with a solid surface return to the ground state.
Sputtering	$S - B + A^+ \rightarrow S^+ + B + A$	Positive ions accelerated from the plasma towards the surface with sufficient energy can remove an atom from the surface.
Polymerization	$R_g + R_s \rightarrow P_s$ $M_g + R_s \rightarrow P_s$	Radicals in the plasma can react with radicals adsorbed on the surface and form <u>polymers.</u>

Tipos de Reactores en Plasmas Fríos



CÁTODO HUECO

- Descarga DC
- Columna negativa llena el reactor.



PLASMAS DE RF

- 13.56 MHz
- Electrodo externos o internos



PLASMAS DE MICRO-ONDAS

- 2.45 GHz
- P~1 mbar



REACTORES PLASMAS FRÍOS

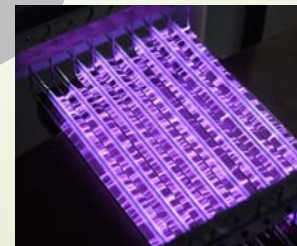
DESCARGAS DE CORONA

- Alta tensión
- Sin efecto avalancha
- T iónicas 1-3 eV



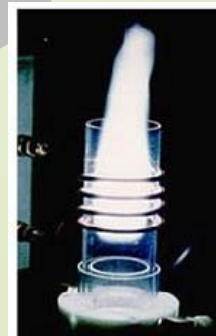
BARRERA DIELECTRICA

- 1-10 KV
- Operación pulsada

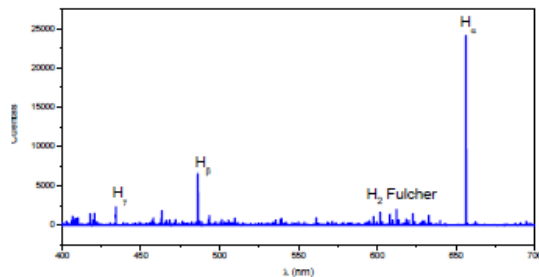
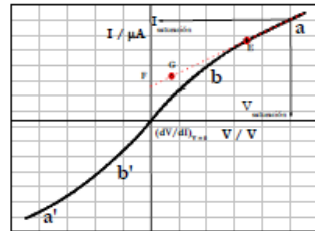
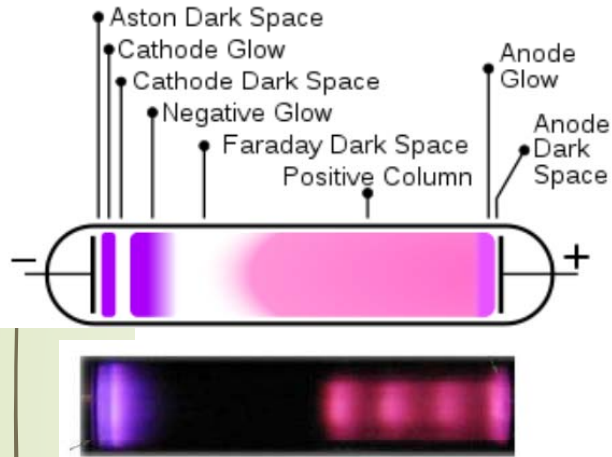


ANTORCHAS

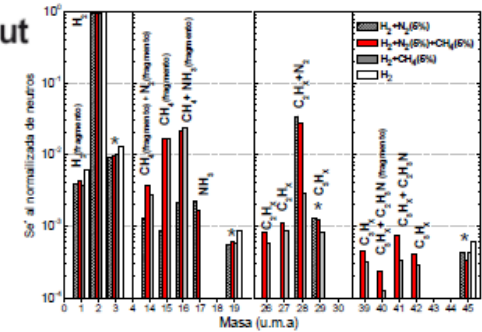
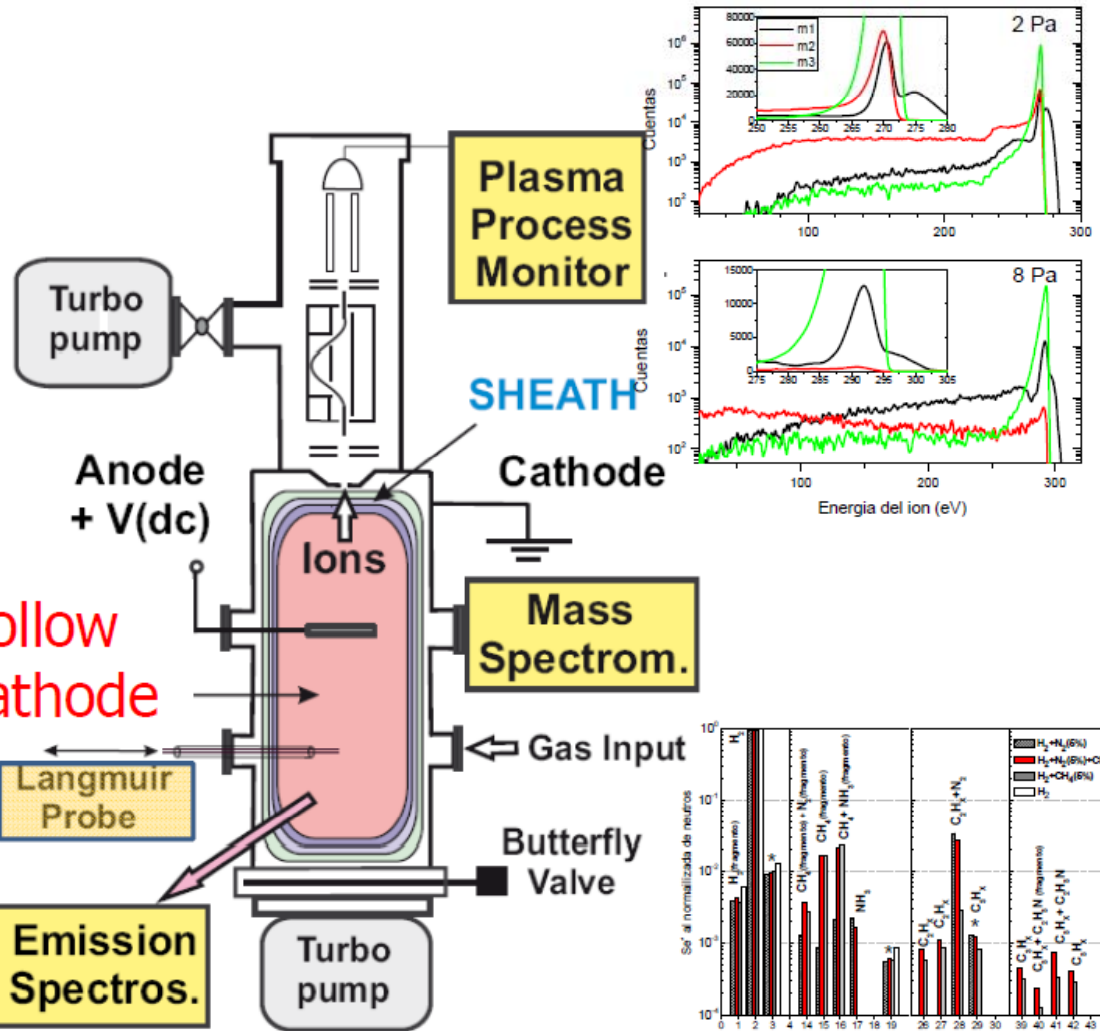
- Inductivas
- El gas determina reacciones de reducción u oxidación.



Cátodo hueco. Diagnóstico del plasma



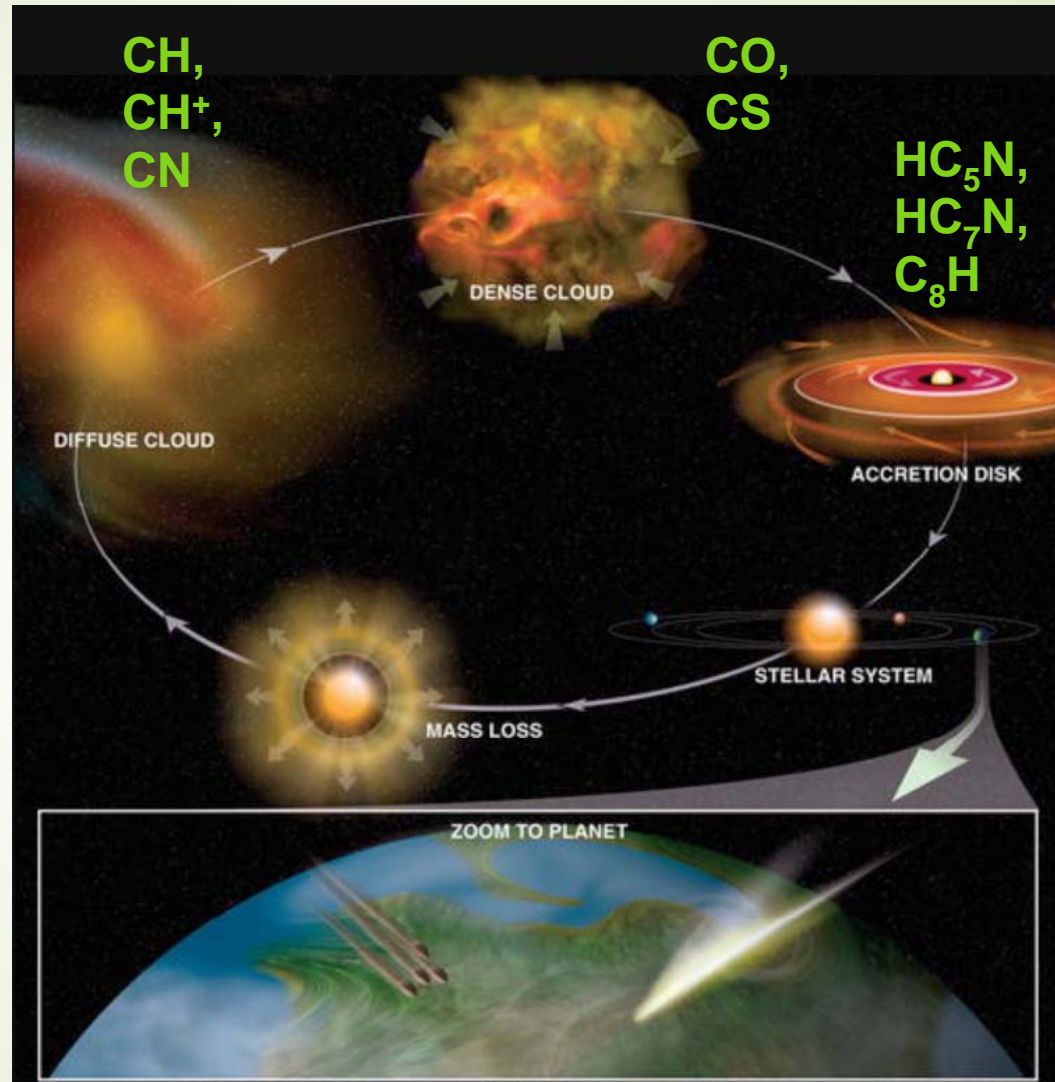
Hollow Cathode



Líneas de investigación

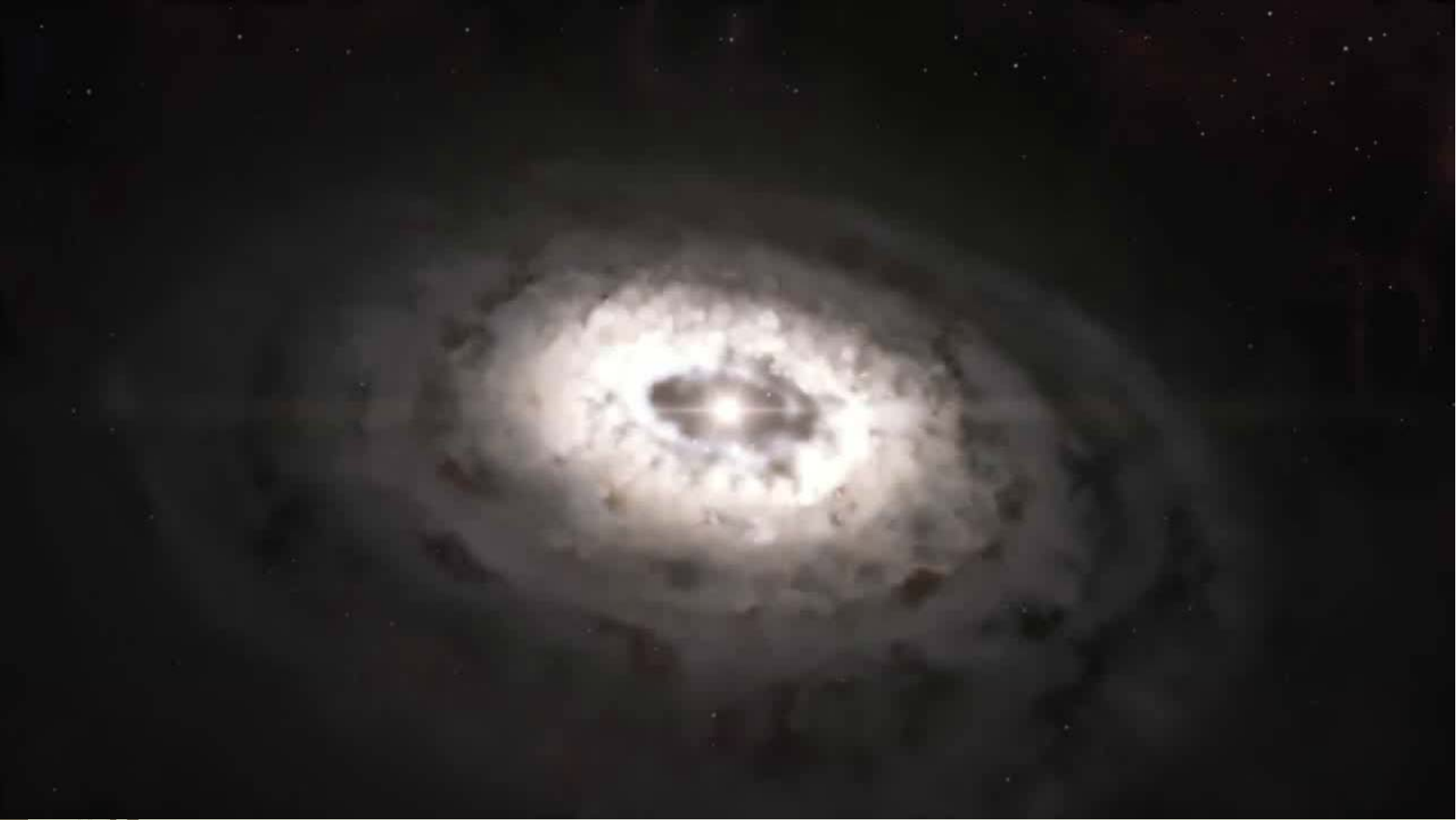
- Diagnóstico y modelado de Plasmas Fríos.
- Generación y procesado de análogos de polvo interestelar.
- Plasmas fríos para la medida de espectros rotacionales de alta resolución.

Ciclo de gas, hielo y polvo en el espacio interestelar



*Ciclo de gas, hielo y polvo en las nubes interestelares y circumstelares.
B.Saxton NRAO/AUI/NSF*

Polvo en el disco protoplanetario



Artist's animation of the dust trap in IRS 48 [European Southern Observatory \(ESO\)](https://www.eso.org/)



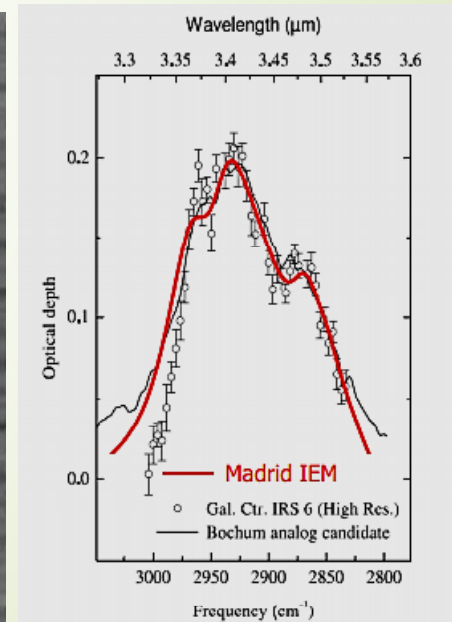
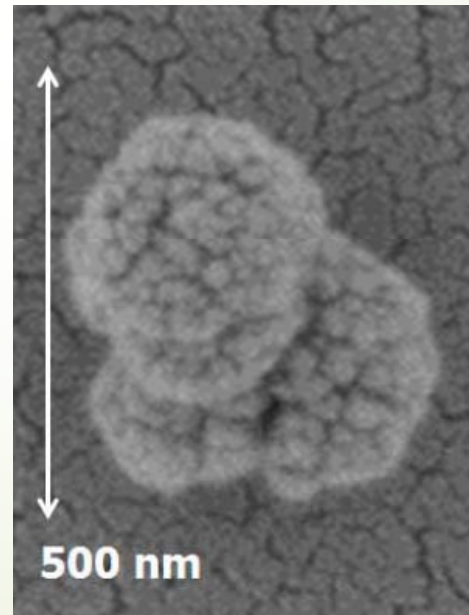
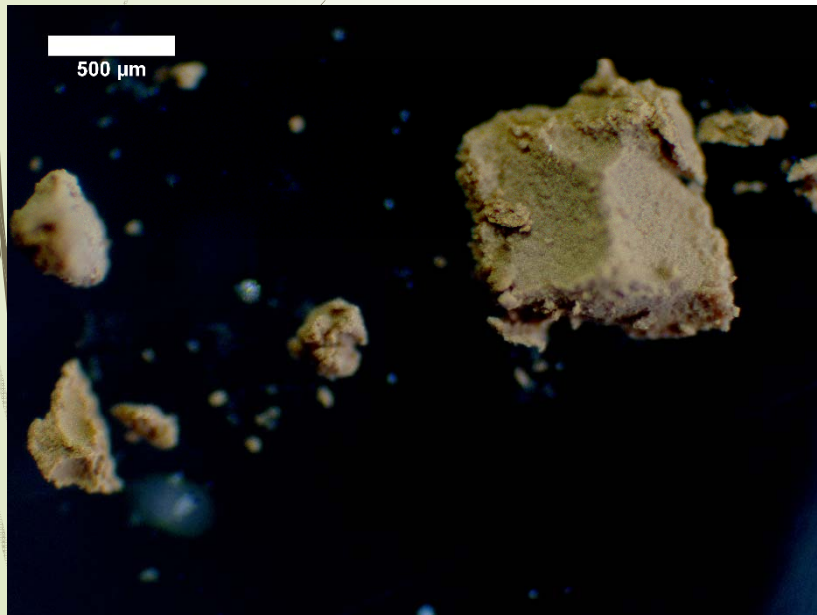
Análogo de polvo IS en el IEM

·Cámara de RF Capacitiva. Plasma de $C_2H_2 + Ar$.



Análogo de polvo IS en el IEM

- Fuerte banda absorción en $3.4\ \mu\text{m}$ asociado a CH alifáticos.
- El mejor candidato es carbón amorfo hidrogenado HAC (Pendelton AJSS 2002)
- Este material puede generarse con plasmas fríos!!



Análogo de polvo IS en el IEM

- *Diagnóstico y modelado de producción.*
- *Caracterización morfológica y química (ratio H:C, aromático/alifático, sp²/sp³).*
- *Propiedades ópticas: n, k y parámetros de scattering. Visible ; NIR, MIR, FIR.*
- *Hielos sobre granos de polvo. Energía de desorción, activación, difusión...*
- *Carbonáceos con silicatos, metales, forsterita...*
- *Estructuras multicapa. Relaciones entre núcleo y manto.*

¡Muchas Gracias!



- *Isabel Tanarro*
- *Victor Herrero*

Más en el laboratorio de Plasmas Fríos