

Plasmas a baja temperatura

Miguel Jiménez

Dept. Física Molecular

m.jimenez@csic.es

9 de Abril de 2019

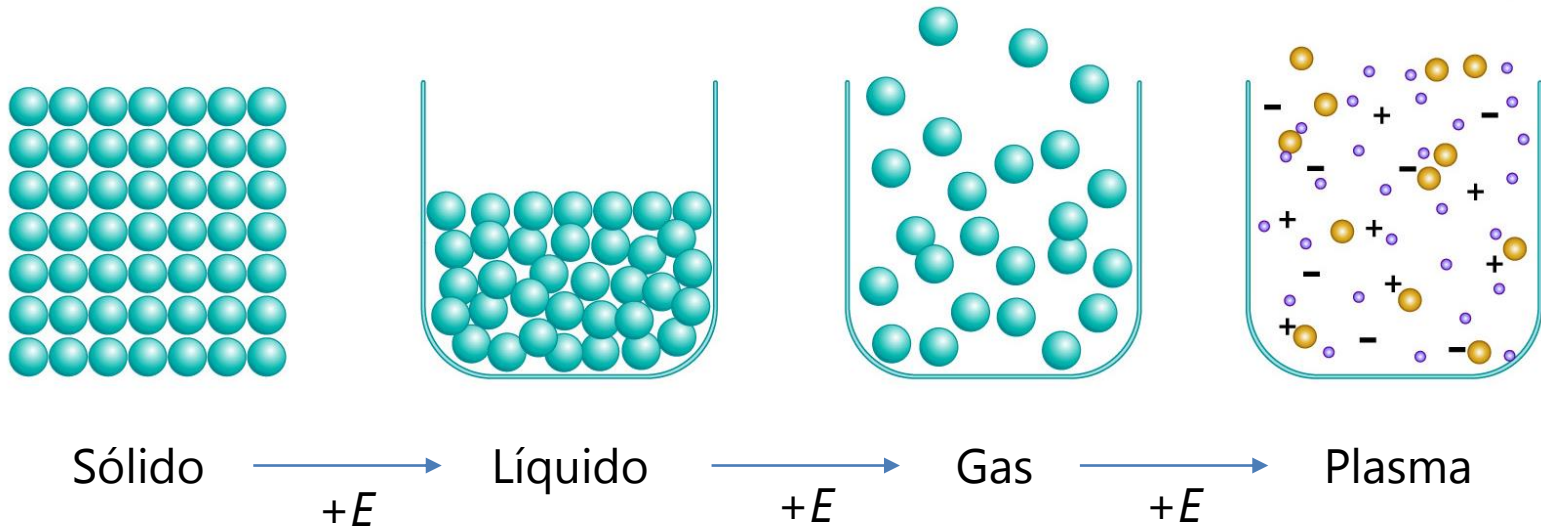
**XVI Curso de Iniciación a la
Investigación en Estructura de la Materia**



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

¿Qué es un plasma?

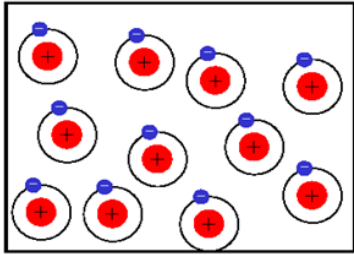
Estados de la materia



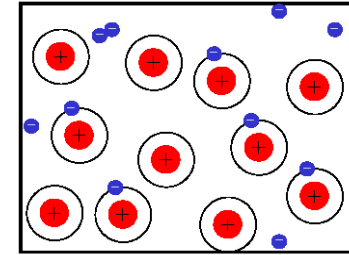
PLASMA

Gas altamente ionizado con igual número de cargas libres positivas y negativas

Características de los plasmas



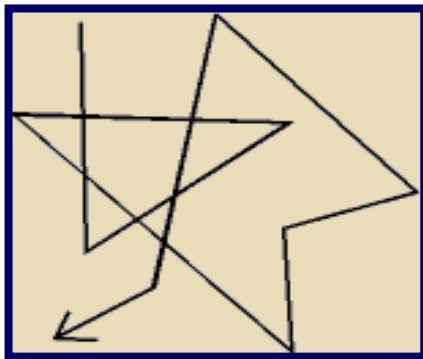
Gas vs Plasma



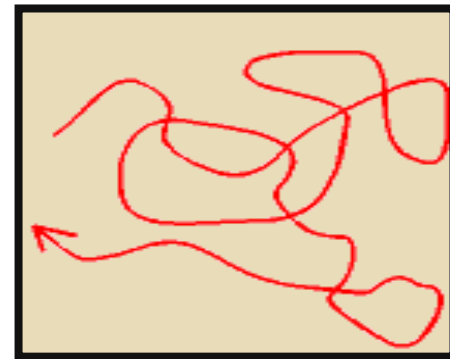
Eléctricamente aislantes



Conductores



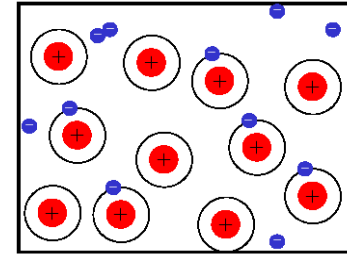
Movimiento individual



Comportamiento colectivo
Responden a campos electromagnéticos

Características de los plasmas

Plasma



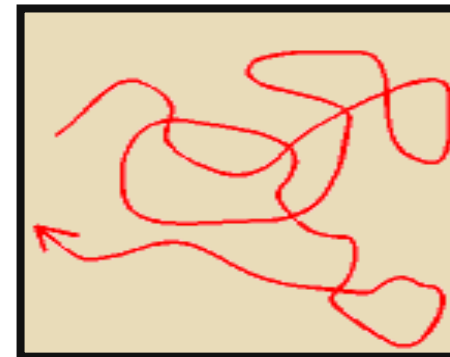
Magnitudes fundamentales

Densidad de cargas libres (N_e)

Temperatura electrónica (T_e)



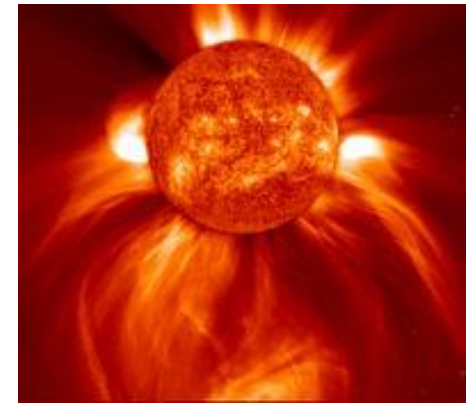
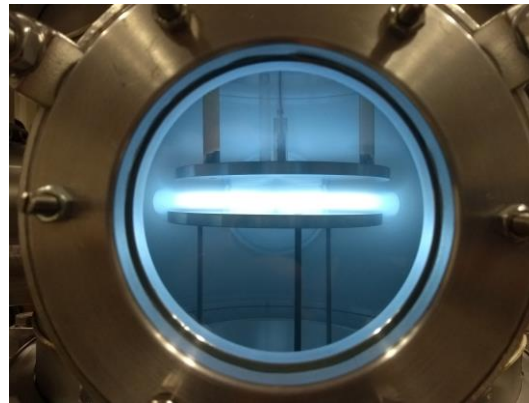
Conductores



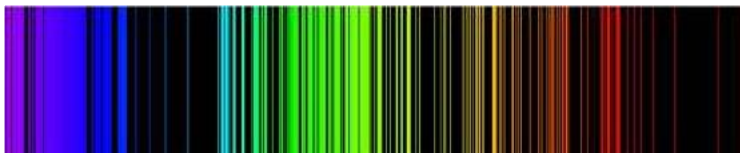
Comportamiento colectivo
Responden a campos electromagnéticos

Características de los plasmas

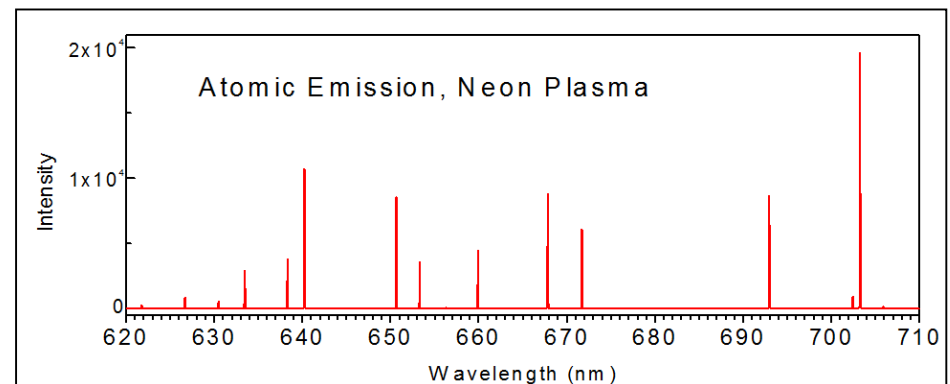
TODOS los plasmas emiten luz



Podemos observarlos incluso a grandes distancias
y estudiarlos analizando su luz mediante **técnicas espectroscópicas**.



Emisión del hierro



Plasmas en la naturaleza

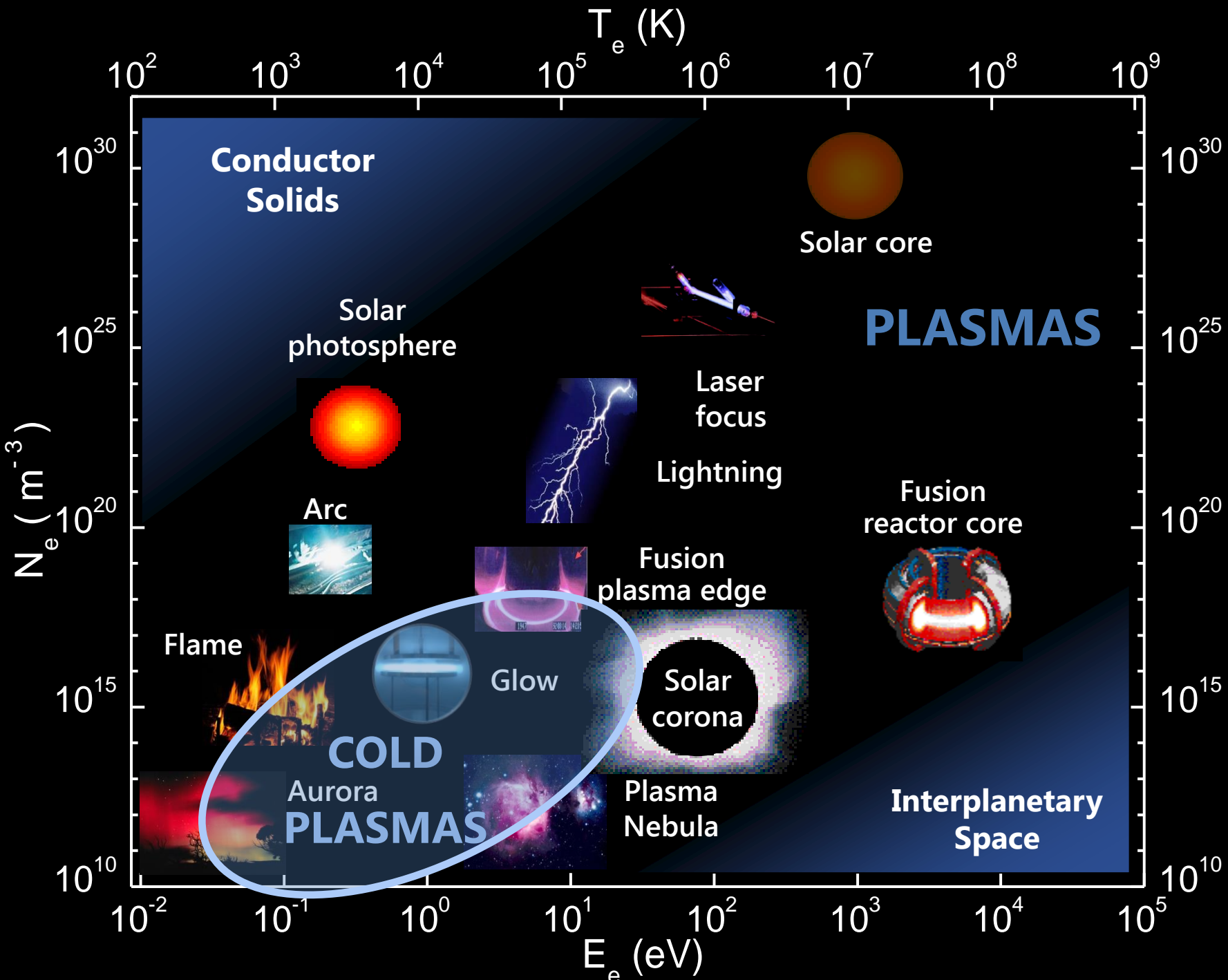
El plasma constituye
más del 99% de la materia conocida del universo



- El estado más energético
- El último "comprendido" por el ser humano

"Cuarto Estado (de agregación) de la materia"

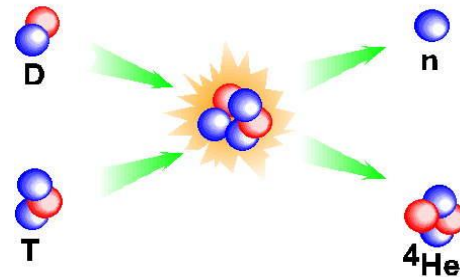
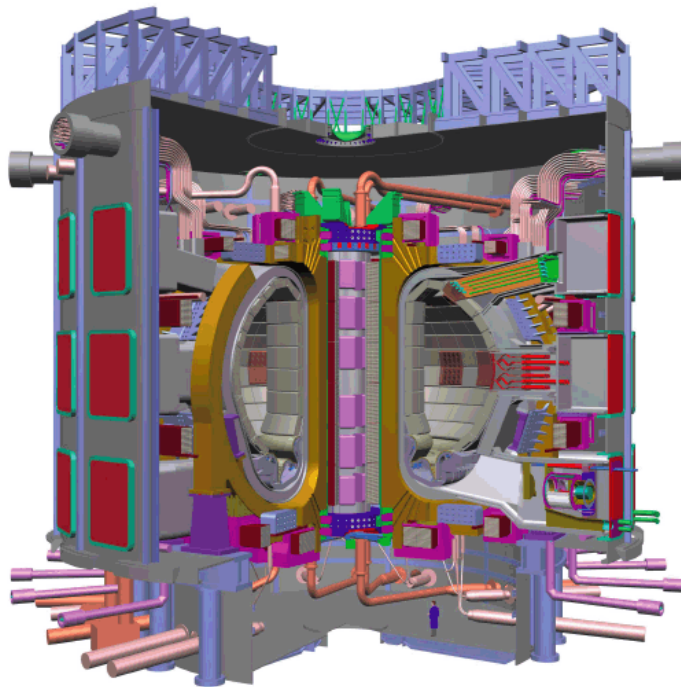




Clases de plasmas

Plasmas en equilibrio termodinámico

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



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

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

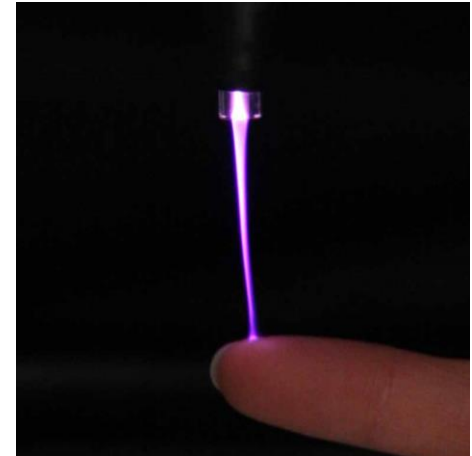
Clases de plasmas

Plasmas a baja temperatura (Plasmas fríos)

- Electrones muy energéticos
- Partículas pesadas más frías (neutros/iones)



$$T_e \sim 30.000 \text{ K}$$
$$T_{gas} \sim 300 \text{ K}$$



¡SISTEMAS MUY ALEJADOS DEL EQUILIBRIO!

Plasmas fríos

- En la Tierra suelen generarse con descargas eléctricas en gases a baja presión (ej. lámparas fluorescentes).



- Grado de ionización muy bajo ($N_e / N_{gas} \sim 10^{-3} - 10^{-6}$)
- Los electrones se aceleran eficazmente en el campo eléctrico (\Rightarrow energía cinética (T_e) alta) pero ceden poca energía por choques elásticos a las partículas más pesadas ($\Rightarrow T_{gas}$ baja)

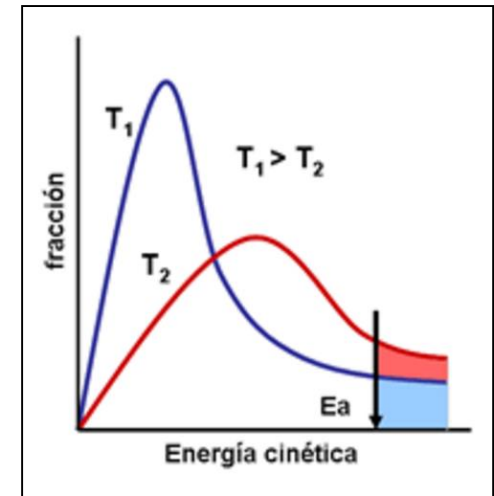
Química en plasmas fríos

PRIMARIOS

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

SECUNDARIOS

- Neutralización
- Desexcitación (con emisión de luz)
- Recombinación: Reacciones en fase gas y en superficie
- Efectos en Pared \Rightarrow Recubrimientos, "Sputtering" y "Etching"



Distribución de
Maxwell Boltzmann

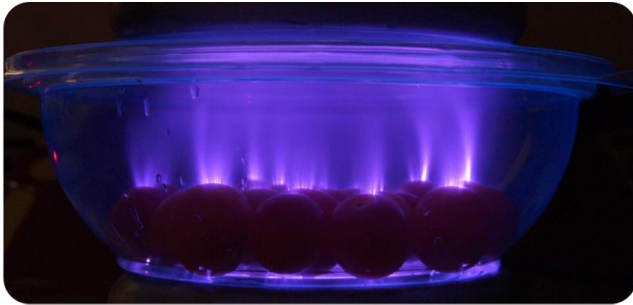
¡Los plasmas son sistemas muy reactivos a baja temperatura!

Permiten abordar numerosas líneas de
Investigación Básica y Aplicaciones Tecnológicas

¿Para qué sirven los plasmas fríos?

Tratamiento de materiales que no soportan altas temperaturas

Esterilización de alimentos...

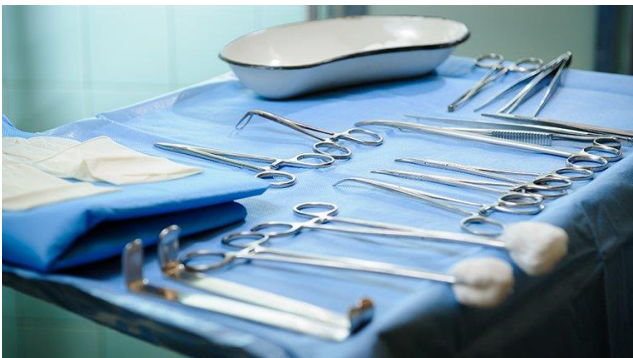


Tejidos tratados con plasma, que repelen humedad y grasas



Recubrimientos ópticos

... y de instrumental médico

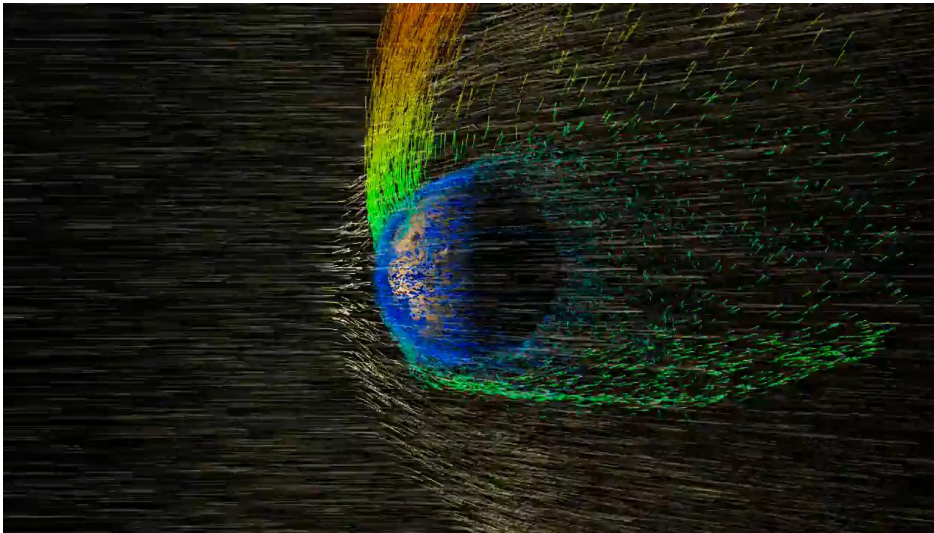


Prótesis metálica de rodilla cubierta de material biocompatible

¿Para qué sirven los plasmas fríos?

La magnetosfera nos protege del viento solar

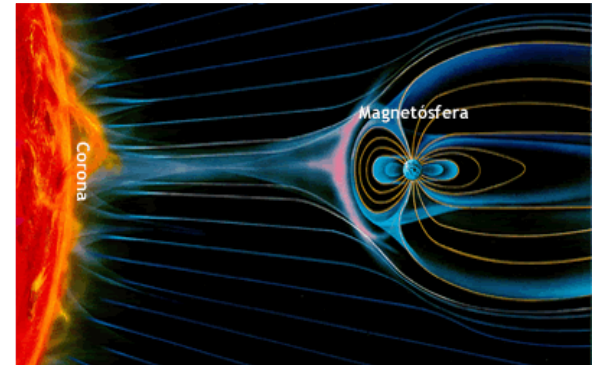
Marte



Simulación de la pérdida de atmósfera marciana por viento solar

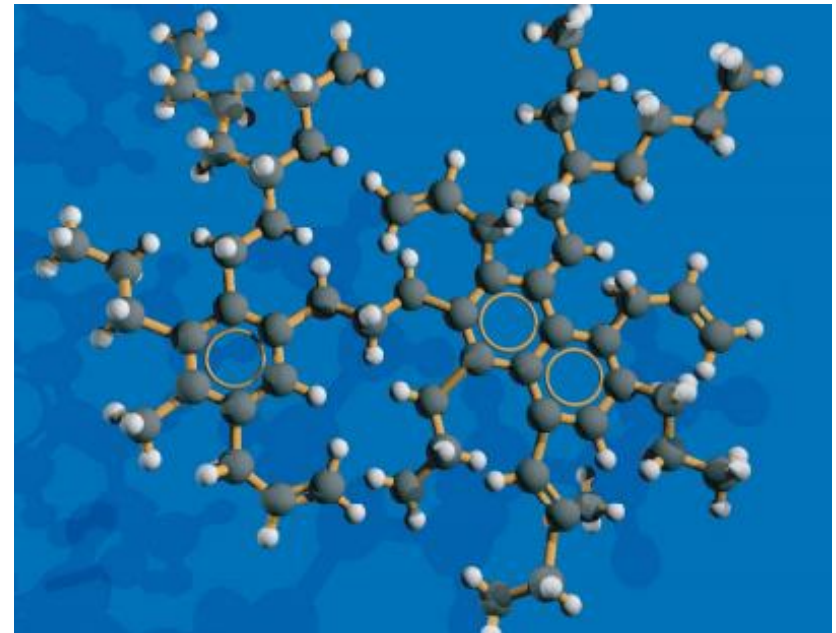
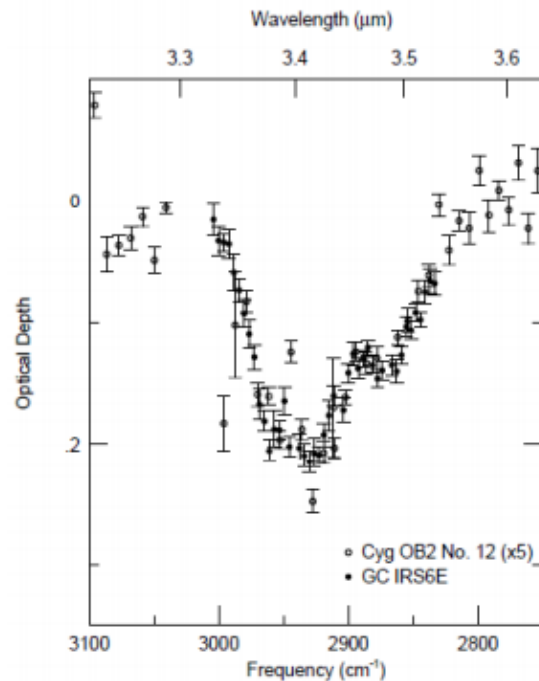
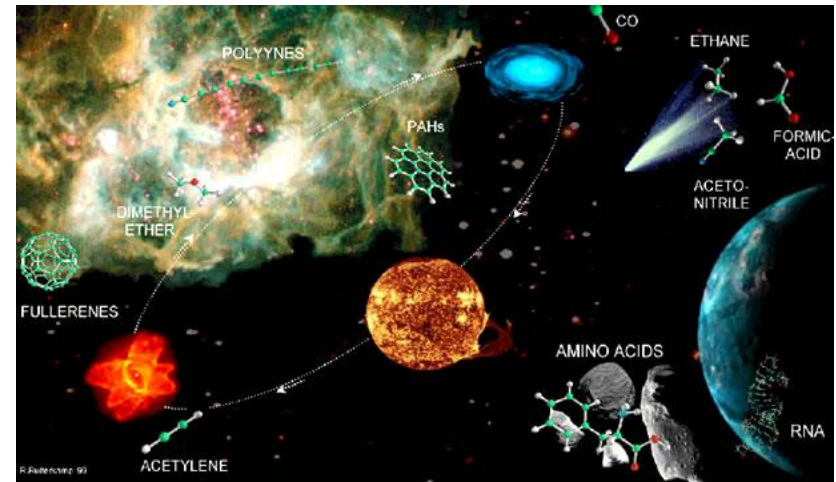
https://www.nasa.gov/mission_pages/maven/main/index.html

La Tierra



Polvo carbonáceo en el ISM

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

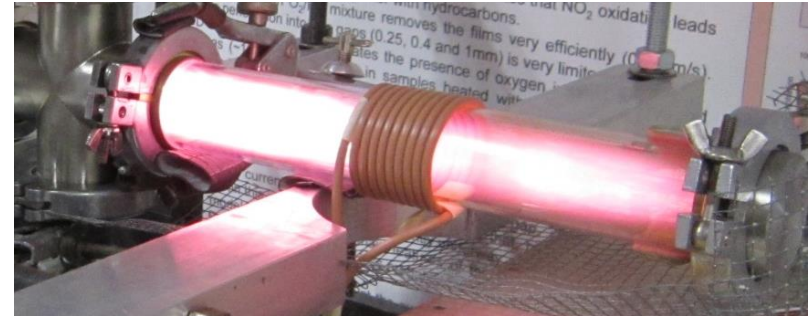


Polvo carbonáceo en el laboratorio

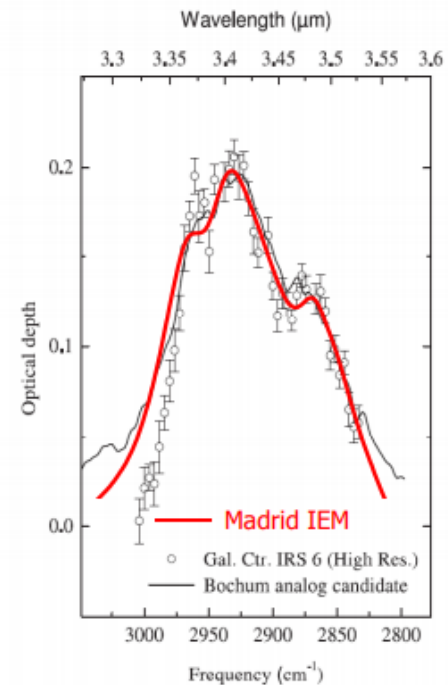
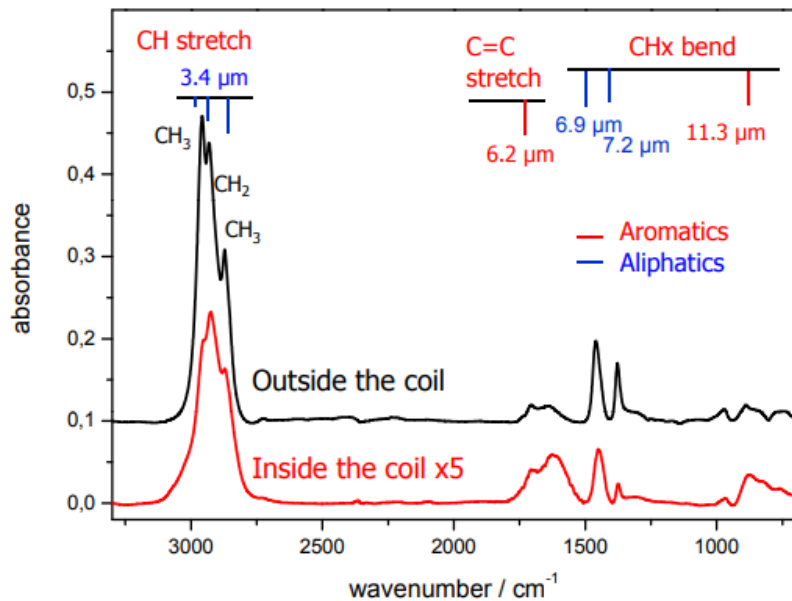
Reactor RF inductivo



Película depositada con plasma de $\text{CH}_4 + \text{He}$

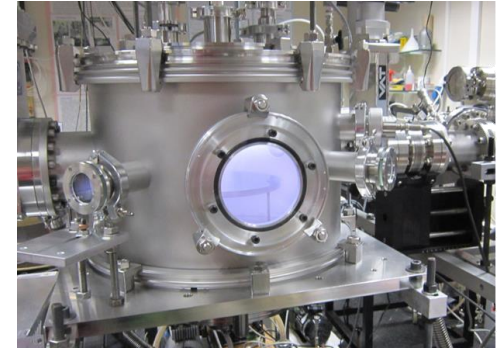
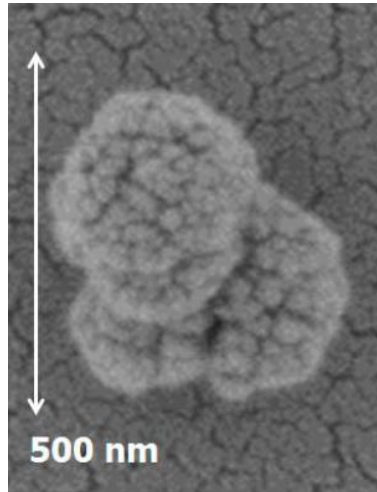
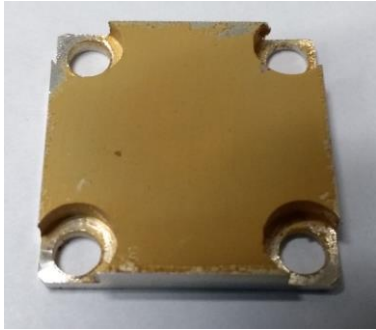


IR spectra of the deposits

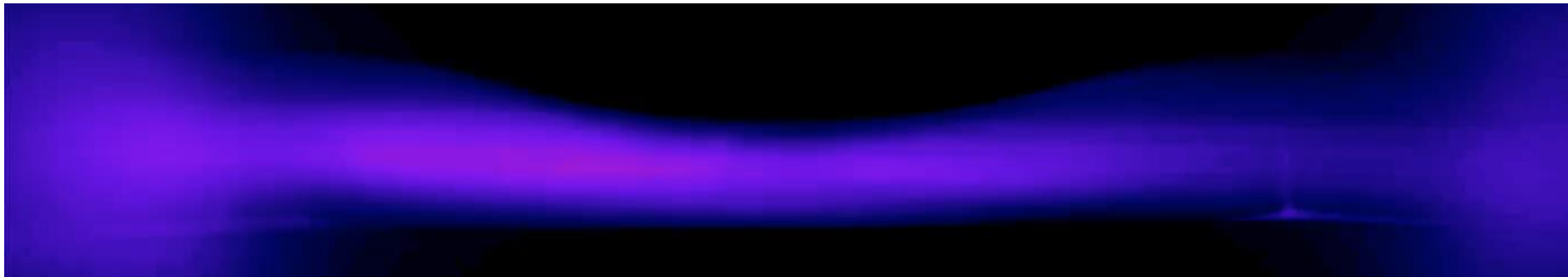
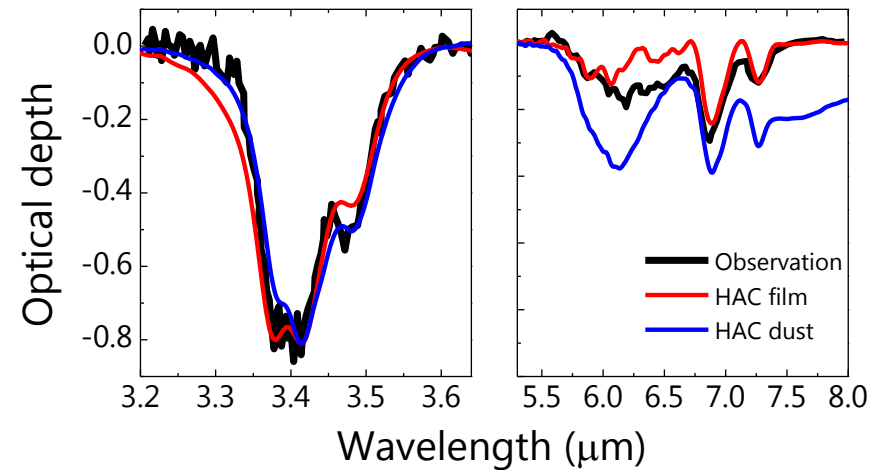


Polvo carbonáceo en el laboratorio

Reactor RF capacitivo



Polvo depositado
con plasma de C_2H_2
+ Ar en descarga
de RF capacitivo



nanocosmos

Gas and dust from the Stars to the Laboratory: Exploring the Nanocosmos

Muchas Gracias

Más en el laboratorio de Plasmas Fríos