

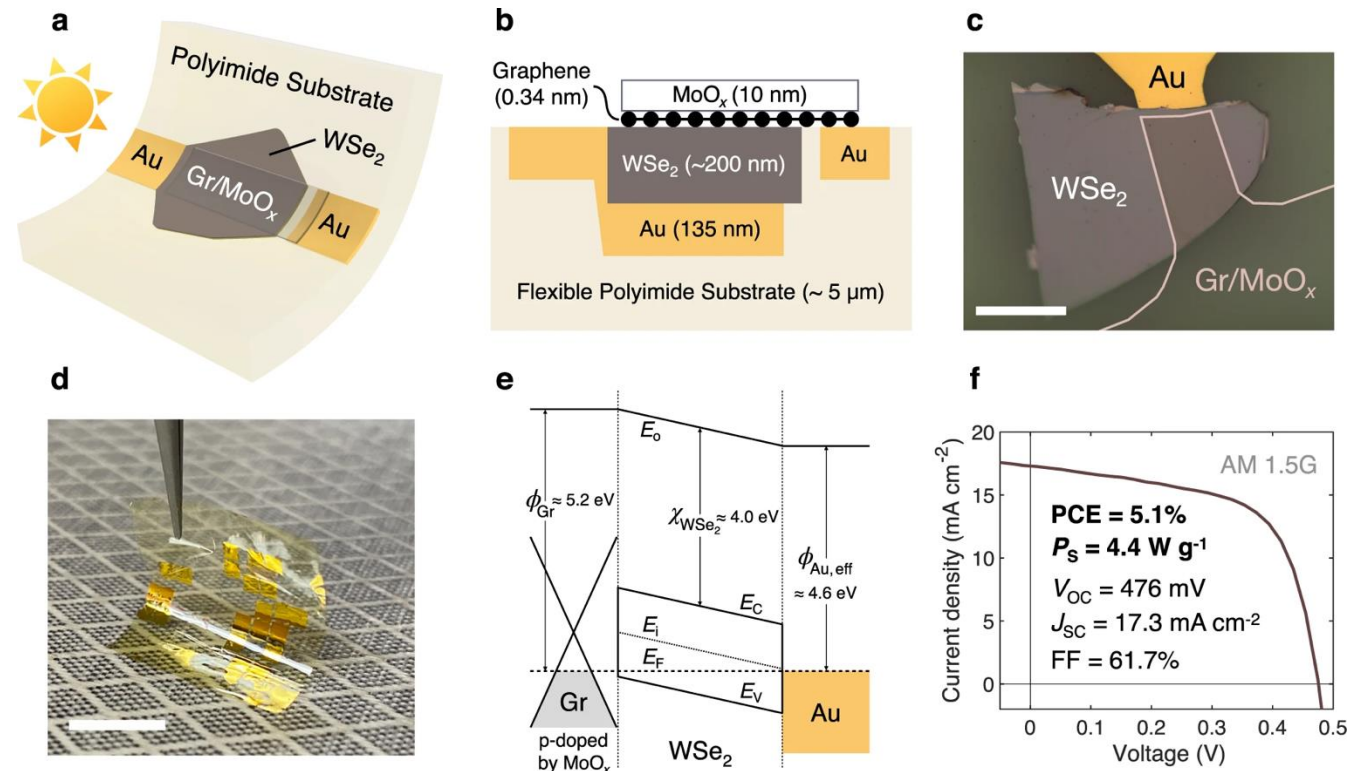
Laboratorio di Fisica della Materia Condensata

Introduzione I

Lo sviluppo di nuovi materiali funzionali è legato allo studio delle loro proprietà fisiche (e chimiche), della risposta a stimoli esterni, etc.

La caratterizzazione di un materiale ci permette di ottenere informazioni utili a migliorarlo:

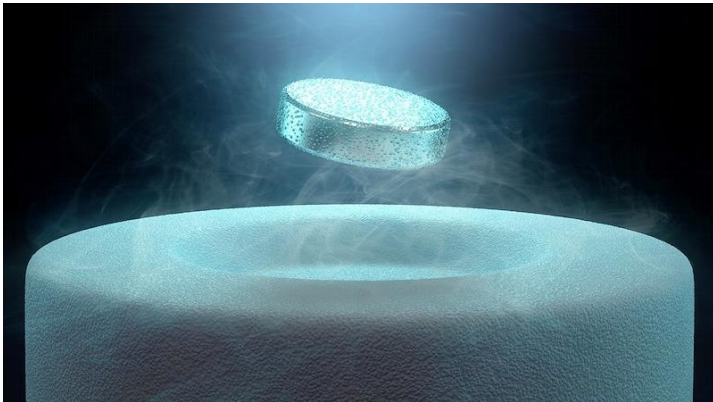
- evitando ossidazione/contaminazioni o degrado nelle performance
- rendendo più efficiente la sintesi
- trovando strategie per cambiare a piacimento le proprietà elettroniche...



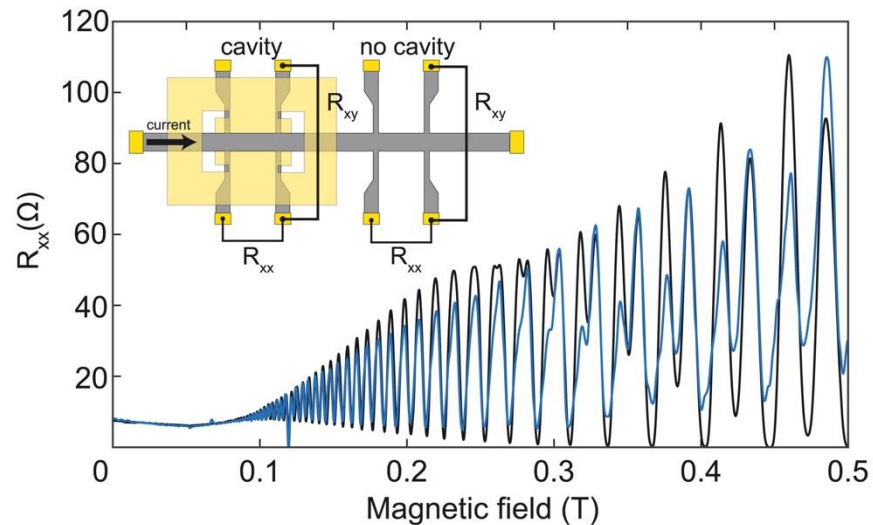
Introduzione II

Alcuni materiali sintetici e/o nanostrutturati permettono di studiare processi fisici fondamentali, ad esempio:

Superconduttività

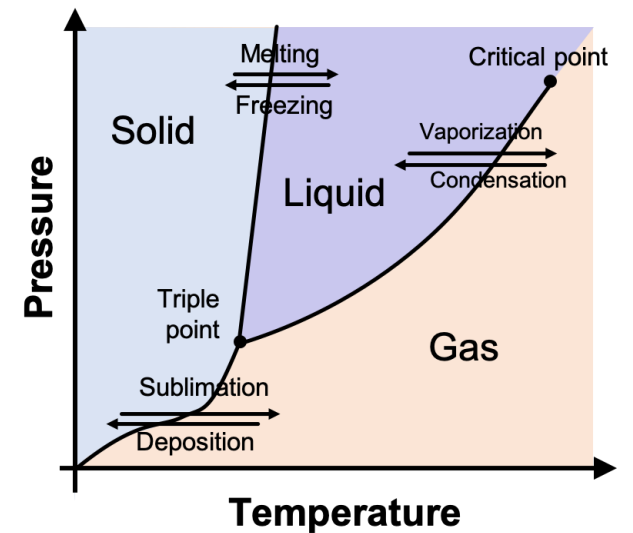


Effetto Hall quantistico

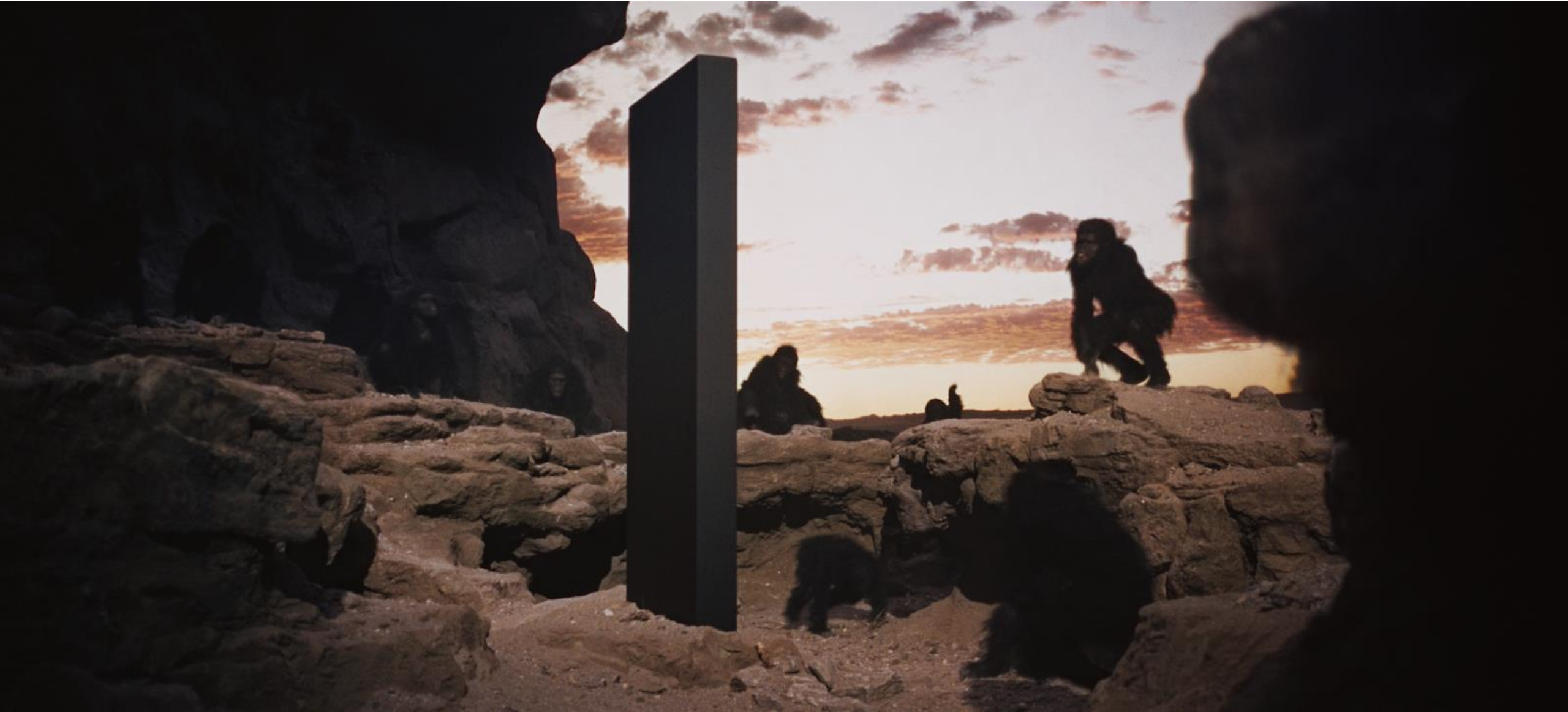


Appugliese *et al.* *Science* **375**, 1030 (2022)

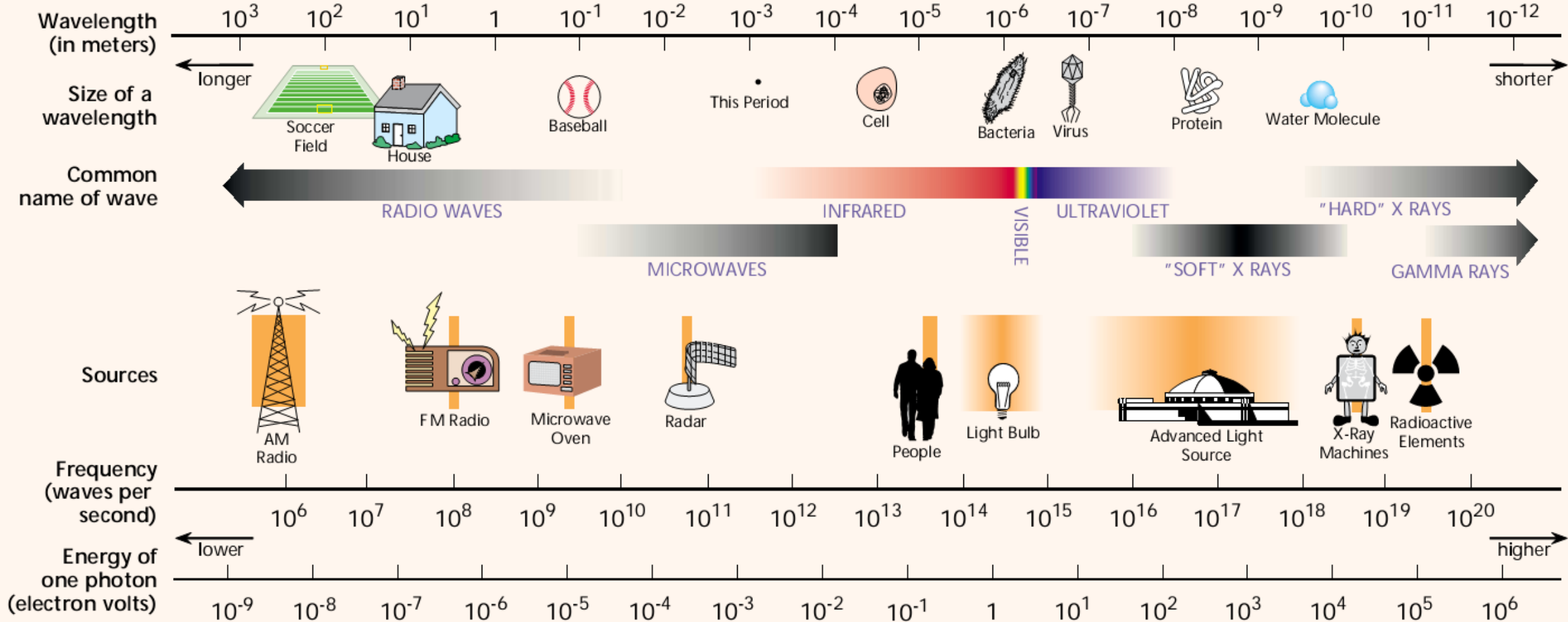
Transizioni di fase



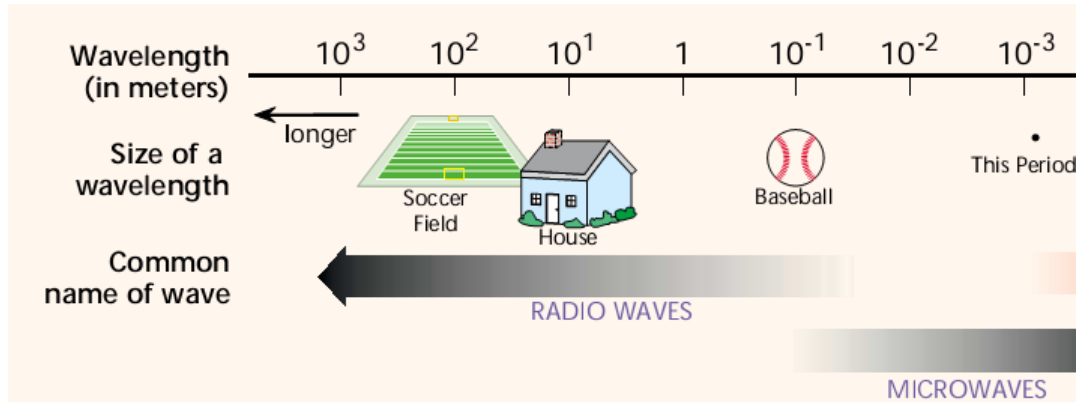
Come analizzo un materiale?



THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

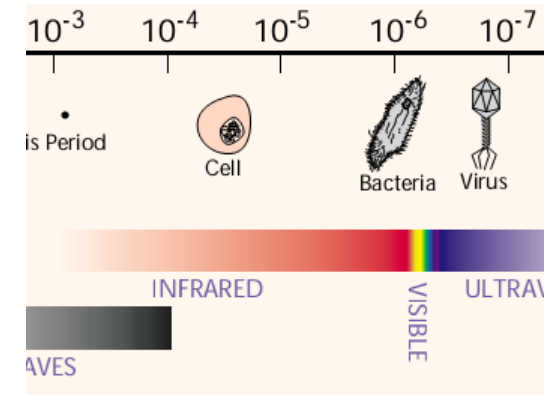


Dimensioni fisiche



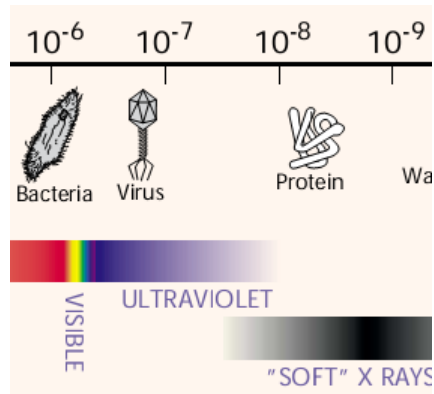
Macrostruttura (>mm)

Topografia, composizione, proprietà macroscopiche (temperatura, conduttività,...)



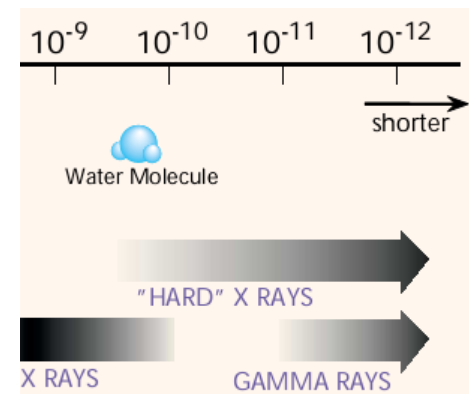
Struttura/microstruttura (mm- $0.1\mu\text{m}$)

Microscopia ottica e elettronica, spettroscopie ottiche, ...



Microstruttura (μm -nm)

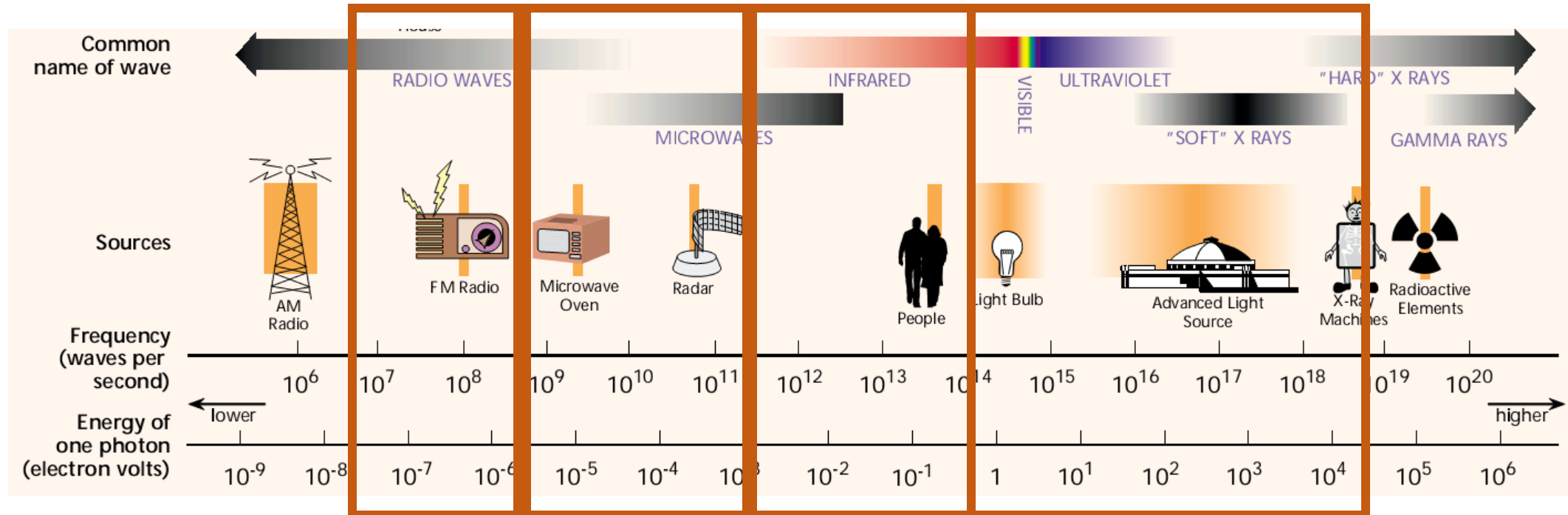
Microscopia elettronica, microscopie a scansione di sonda (AFM, STM, ...), spettroscopie ottiche, diffrazione a basso angolo (SAXS), ...



Struttura atomica (nm-fm)

Microscopia elettronica o di scansione di sonda ad alta risoluzione, diffrazione di raggi X, elettroni o neutroni, ...

Intervalli energetici



Transizioni di spin
nucleari (NMR)

Rotazioni molecolari

Vibrazioni molecolari

Transizioni elettroniche
Livelli di core e banda di
conduzione-valenza

Alcune tecniche sperimentali

Diffrazione

- Raggi X
- Neutroni
- Elettroni

Microscopia

- Ottica
- Elettronica
- Raggi X
- Di scansione (STM, AFM)

Spettroscopia

- Visibile-IR-UV
- Raman
- Fotoemissione (raggi X o UV)
- Assorbimento di raggi X

E molte altre ancora...

Parametri da considerare (criteri tecnici)

- **Precisione:** Assenza di errori casuali. Prossimità tra i valori ottenuti in diverse misurazioni.
- **Accuratezza:** Assenza di errori sistematici. Prossimità tra i valori misurati e quelli veri.
- **Risoluzione:** Capacità di discriminare tra valori vicini di una grandezza.
- **Limite di rilevamento:** Valore minimo di una grandezza che permette di misurare una tecnica, per un livello di fiducia o affidabilità stabilito.
- **Rapporto Segnale/Rumore (SNR):** Importanza delle interferenze o delle influenze ambientali nella misura.
- **Intervallo dinamico:** Intervallo di valori di una grandezza misurabili con uno strumento (con la calibrazione corretta).
- **Selettività:** Capacità di discriminare segnali diversi o segnali reali dalle interferenze.

Elementi di un sistema sperimentale

Generatore di segnale – perturbazione

- Particelle (elettroni, neutroni, ioni), campi elettromagnetici, forze applicate, ...

Campione – emissione del segnale

- Radiazione, emissione di particelle, cambio di proprietà, ...

Trasduttore + processore di segnali

- Il segnale viene convertito (es. Termocoppia, piezoelettrico, ...) e/o processato (amplificato, filtrato, integrato, ...)

Dispositivo di lettura (trasduttore di uscita)

- A seconda del tipo di segnale questo si converte in una quantità misurabile: lastra fotografica, CCD, fotodiodo, amperometro, ...

Alcuni altri esempi

Segnale di perturbazione	Tecnica	Segnale di risposta
Elettroni	Spettroscopia di elettroni Auger (AES), microscopia elettronica (SEM, TEM, ...), scattering di elettroni (LEED, EELS, ...)	Elettroni
Elettroni	Microanalisi di raggi X (EDX, WDX) Catodoluminescenza	Fotoni
Fotoni	Spettroscopia di fotoemissione a raggi X (XPS) o ultravioletti (UPS)	Elettroni
Fotoni	Diffrazione di raggi X (XRD), fluorescenza di raggi X (XRF), spettroscopia di assorbimento UV-VIS-IR, spettroscopia Raman, fotoluminescenza (PL)	Fotoni

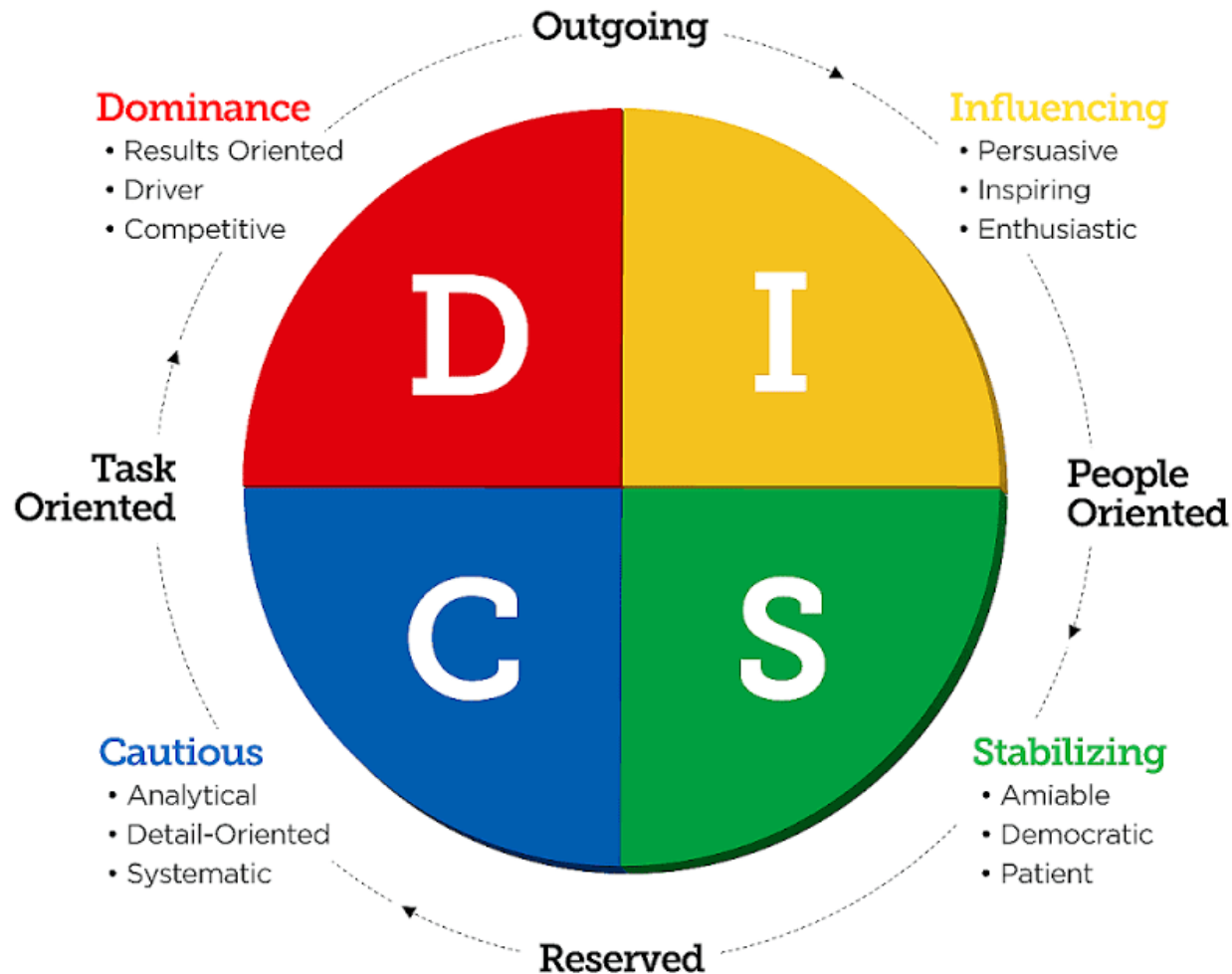
Cose da fare

- Divisione in gruppi: Idealmente 3 gruppi in totale, per svolgere le attività pratiche con 1 o 2 gruppi per volta
- Pianificazione: Da svolgere ~72 ore in totale, ~20 di teoria + ~52 di esercitazioni

Consigli

- Tenere un quaderno di laboratorio, dove annotare i dettagli sul funzionamento degli strumenti utilizzati e i parametri di misura
- Fare domande!

Quattro tipi di personalità



In ciascun gruppo, idealmente:

1 rosso

1 giallo

1 o più verde e/o blu

Orario

Ipotesi

Attività pratiche
Martedì e 14-19

Lezioni di teoria
Mercoledì 14-16

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì			
09:00								
09:30	LABORATORIO DI FISICA COMPUTAZIONALE Lezioni PERESSI MARIA, BECCA FEDERICO Aula B [Edificio F] 09:00 - 11:00	MECCANICA STATISTICA Aula B [Edificio F] 09:00 - 11:00	TRANSIZIONI DI FASE E FENOMENI CRITICI PASTORE GIORGIO Aula D [Edificio F] 09:00 - 11:00	STRUMENTI INFORMATICI PER LA FISICA COSLOVICH DANIELE Aula D [Edificio F] 09:00 - 12:00	ATOMI, MOLECOLE E FOTONI SCAZZA FRANCESCO Aula B [Edificio F] 09:00 - 11:00	INTERAZIONE RADIAZIONE-MATERIA E LUCE DI SINCROTRONE VESSELLI ERIK Aula D [Edificio F] 09:00 - 11:00		
10:00								
10:30								
11:00								
11:30		TRANSIZIONI DI FASE E FENOMENI CRITICI PASTORE GIORGIO Aula D [Edificio F] 11:00 - 13:00	FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA I PERESSI MARIA Aula B [Edificio F] 11:00 - 13:00		MECCANICA STATISTICA Aula B [Edificio F] 11:00 - 13:00			
12:00								
12:30								
13:00								
13:30				LABORATORIO DI FISICA COMPUTAZIONALE Laboratori PERESSI MARIA, BECCA FEDERICO Lab. informatico Poropat [Edificio F] 13:00 - 16:00	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA SCAZZA FRANCESCO, MORGANTE ALBERTO, COSTANTINI ROBERTO Laboratorio di Fisica [Edificio C1] 13:00 - 16:00	COMPUTAZIONALE Lezioni PERESSI MARIA, BECCA FEDERICO Aula B [Edificio F] 13:00 - 14:00		
14:00								
14:30	TEORIA DEI CAMPI I BASSI ANGELO Aula B [Edificio F] 14:00 - 16:00	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA SCAZZA FRANCESCO, MORGANTE ALBERTO, COSTANTINI ROBERTO Laboratorio di Fisica [Edificio C1] 14:00 - 17:00	INTERAZIONE RADIAZIONE-MATERIA E LUCE DI SINCROTRONE VESSELLI ERIK Aula B [Edificio F] 14:00 - 16:00				ATOMI, MOLECOLE E FOTONI SCAZZA FRANCESCO Aula 4C [Edificio H2bis] 14:00 - 17:00	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA SCAZZA FRANCESCO, MORGANTE ALBERTO, COSTANTINI ROBERTO Laboratorio di Fisica [Edificio C1] 14:00 - 16:00
15:00								
15:30								
16:00								
16:30	FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA I PERESSI MARIA Aula B [Edificio F] 16:00 - 18:00							
17:00								
17:30			TEORIA DEI CAMPI I BASSI ANGELO Aula 3B [Edificio H2bis] 17:00 - 19:00					
18:00								
18:30								
19:00								

Software

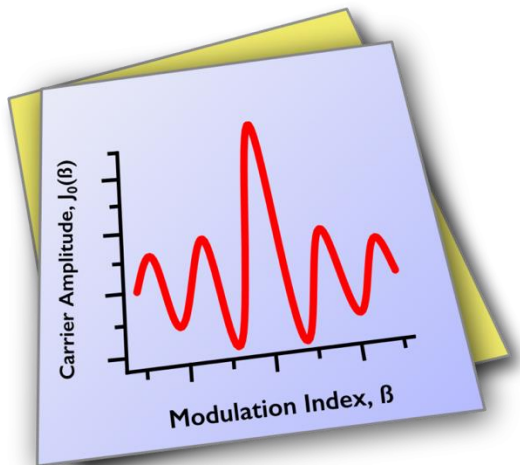
Gli spettri acquisiti saranno dei file di testo, leggibili con diversi software per analizzare i dati

Opzione 1

Igor Pro 9 – licenza annuale

www.wavemetrics.com/downloads/current

Interfaccia grafica pratica, possibilità di programmare, utilizzato in moltissimi laboratori di fisica della materia



Opzione 2

Python

Diversi editor, open source, pacchetti di funzioni per svariati utilizzi, community numerosa, ...

