

ELETTRA E FERMI, LE DUE SORGENTI DI LUCE PRESSO ELETTRA SINCROTRONE TRIESTE

Lezione 3: FERMI, il laser a
elettroni liberi

Marco Zangrando

DALL'ALTRA VOLTA...

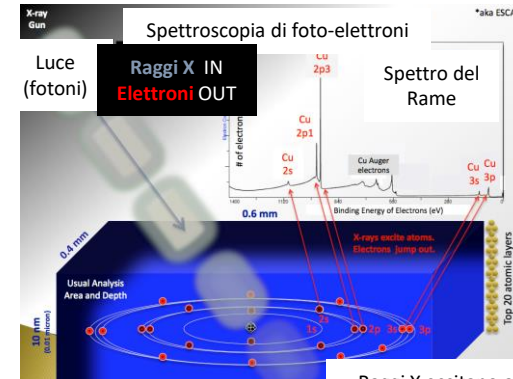
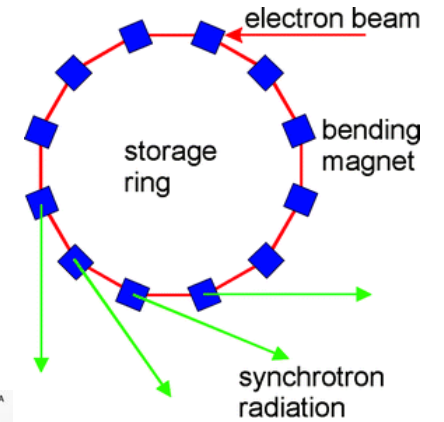
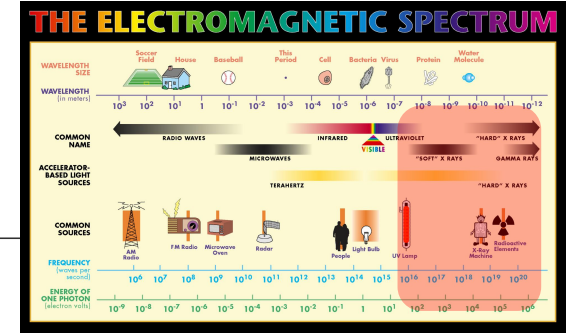
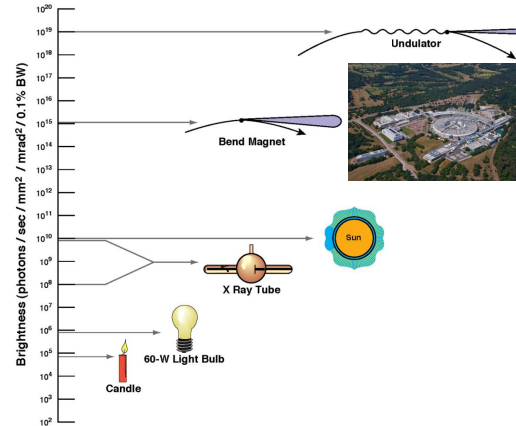
PER "VEDERE" GLI ATOMI SERVONO I **RAGGI X**

BRILLANZA: PIÙ LA SORGENTE DI LUCE È BRILLANTE, MEGLIO VEDO LE COSE E IN MINOR TEMPO

IL SINCROTRONE USA GLI **ELETTRONI** PER GENERARE LUCE (RADIAZIONE E.M.)

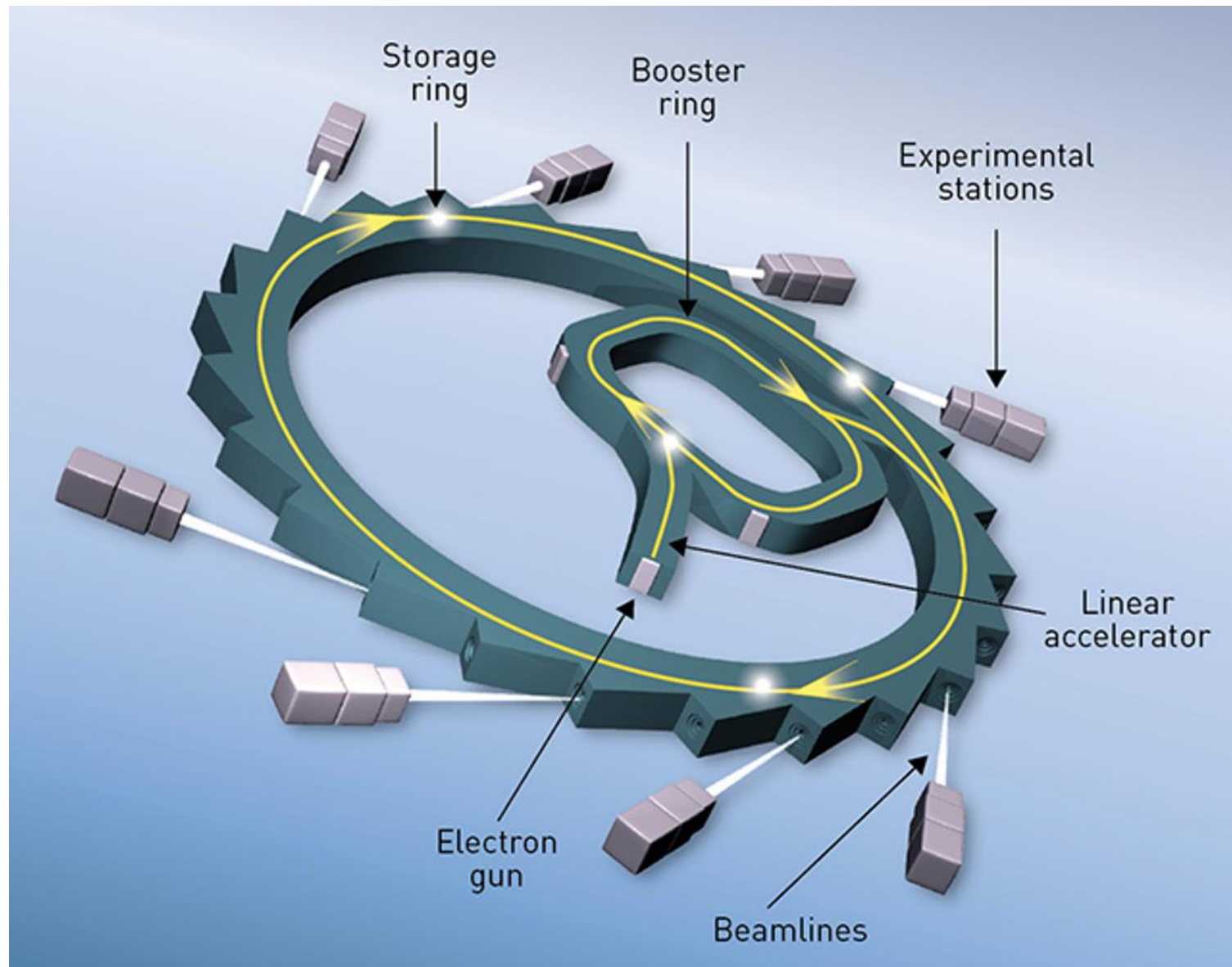
LA **FOTOEMISSIONE** PERMETTE DI CONOSCERE LA COMPOSIZIONE CHIMICA DEL SISTEMA IN ESAME

Quanto brillante è Elettra?



Raggi X eccitano atomi
Elettroni saltano fuori

STRUTTURA DEL SINCROTRONE



La luce del sincrotrone possiede delle proprietà uniche:

- Ultra-brillante
- Dagli infrarossi ai raggi X «duri»
- Continua (come una luce normale)
- Generata da elettroni accelerati
- Usata per «vedere» gli atomi e conoscere la composizione dei materiali

...e se per certi esperimenti non bastasse
questa brillantezza?

IMPORTANZA DELLA BRILLANZA

VI RICORDATE DELLA STANZA BUIA?



Candela



Torcia elettrica

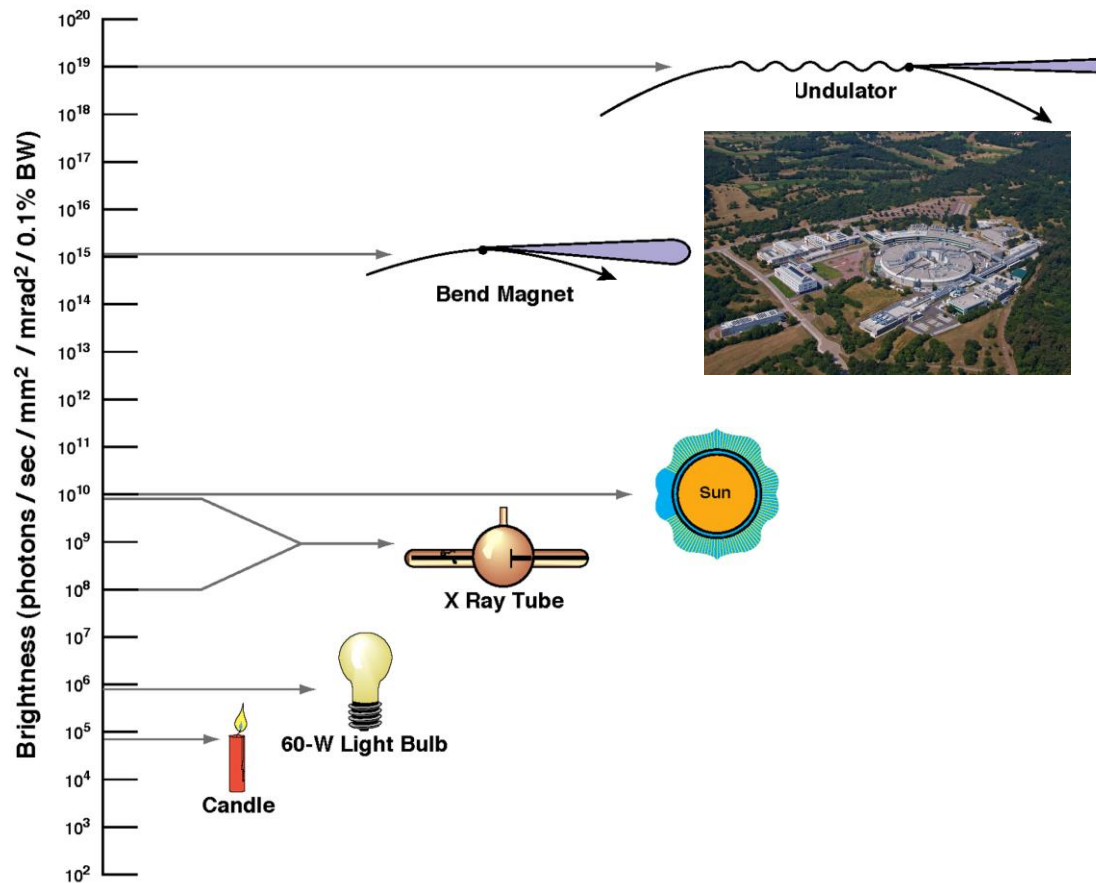


Riflettori



BRILLANZA DEL SINCROTRONE

Quanto brillante è Elettra?

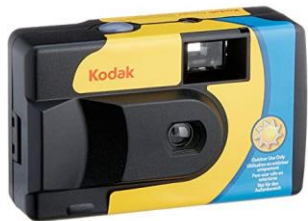


Un Sincrotrone come Elettra
 è 1.000.000.000 di volte più
 brillante del Sole!!!

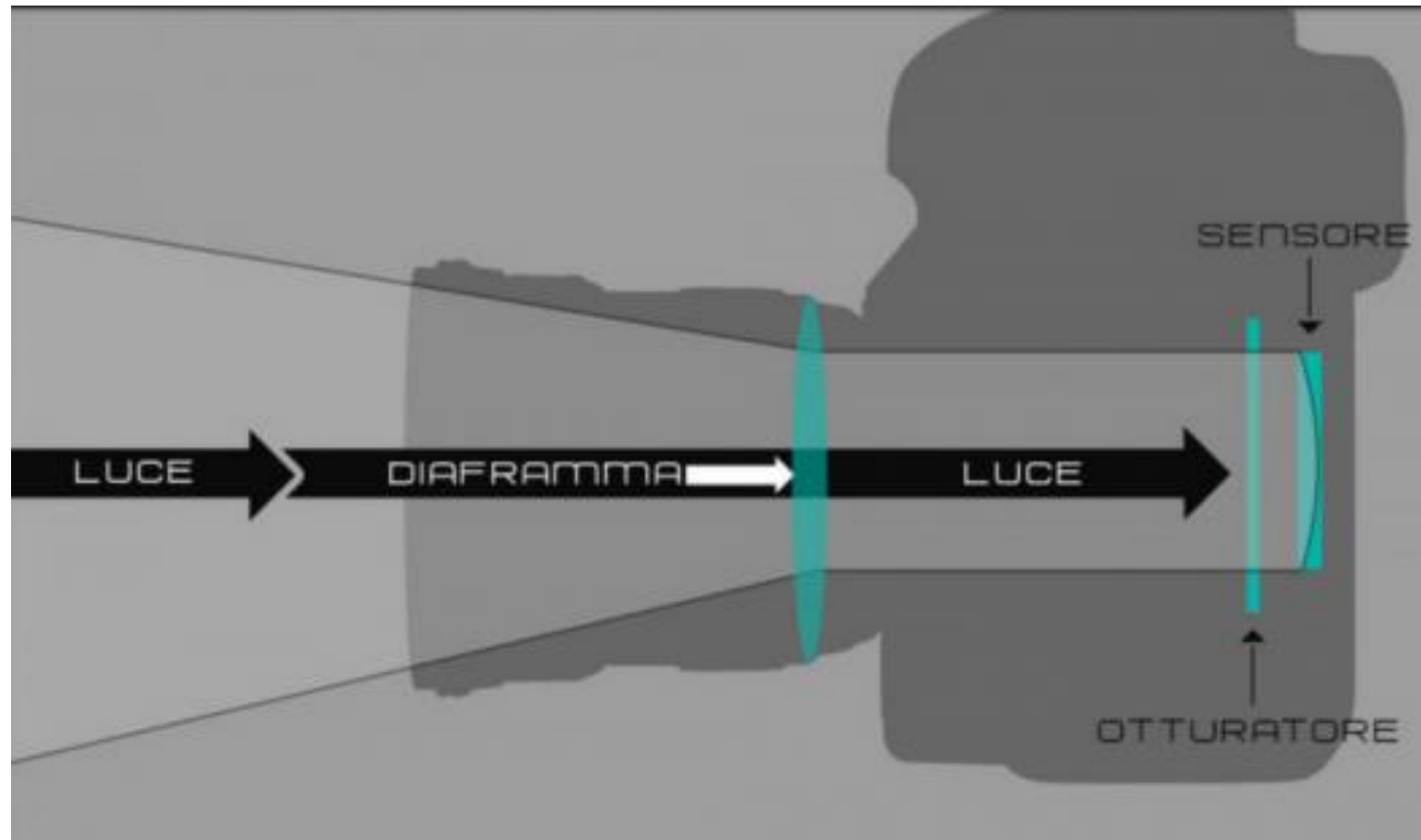
...e se volessi di più?

...e se volessi anche studiare la dinamica di
processi ultraveloci?

FOTOGRAFARE UNA FORMULA 1

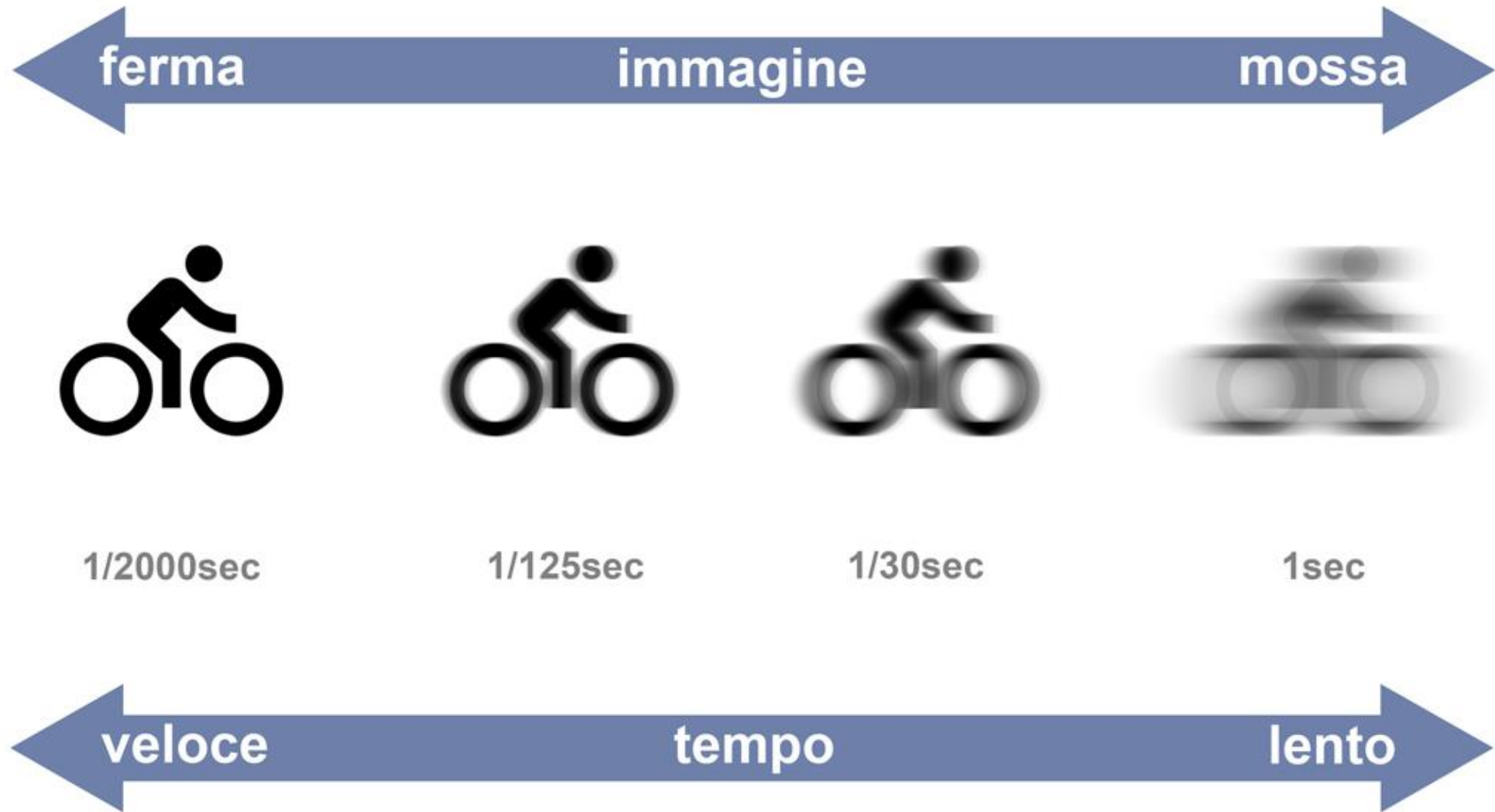


Cosa cambia tra i vari casi?



VELOCITÀ OTTURATORE → TEMPO ESPOSIZIONE

OTTURATORE VS. QUALITÀ FOTO



PROCESSI VELOCI (?)

Esempi di processi veloci:

Battito di palpebre → 150 ms (millisecondi)

Schiocco delle dita → 7 ms

Flash fotografico → 3 ms

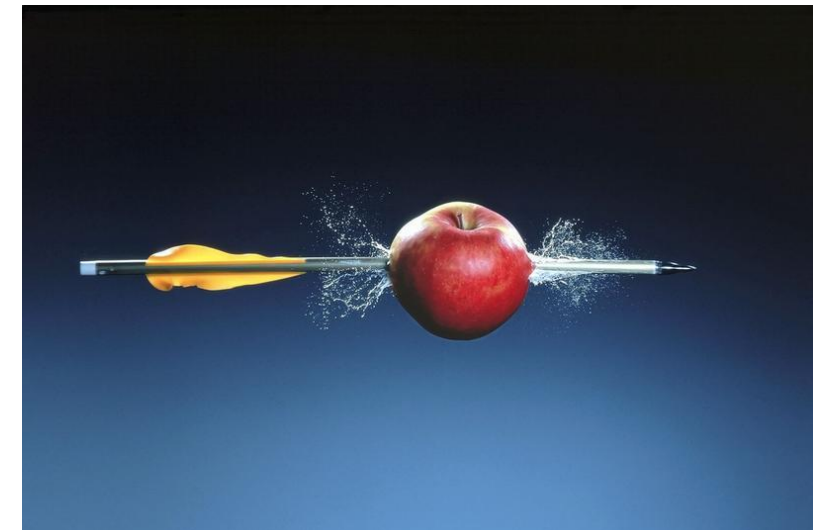


$$1\text{ms} = 1/1.000 \text{ secondo} = 10^{-3} \text{ s}$$

...SEMPRE PIÙ VELOCI



10.000 fps $\rightarrow$ in 1 secondo fanno 10.000 scatti
1 scatto $\rightarrow$ $1/10000$ di secondo = 0.1 ms



...e se il processo che voglio studiare dura meno di
1 decimillesimo di secondo?

...e se dura milionesimi o miliardesimi di secondo?

“LIMITI” DI ELETTRA

Col sincrotrone (Elettra) si riescono a studiare processi molto veloci (fino ai **nanosecondi** o frazioni di nanosecondi)

[1 ns = 1 nanosecondo = $1/1.000.000.000$ s = 1 miliardesimo di secondo = 0.000000001 s = 10^{-9} s]

Esistono, però, processi che durano anche molto meno, tipo millesimi o milionesimi di nanosecondo... come fare?

Più il processo è veloce più luce serve per vedere bene le cose → serve ancora più brillantezza!

Ci serve una sorgente di luce ancora più **brillante**
(sempre "regolabile") che emetta (perlomeno) **raggi X** e
che permetta misure «veloci»

D. Come si può fare?

R. Costruendo i **LASER A ELETTRONI LIBERI !!!**

PS:

D. non c'è luce laser
naturale?

R. NO !

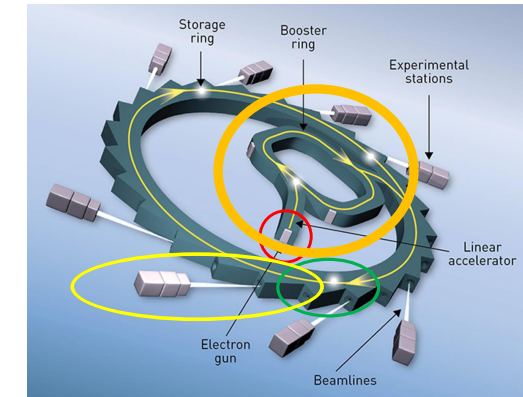
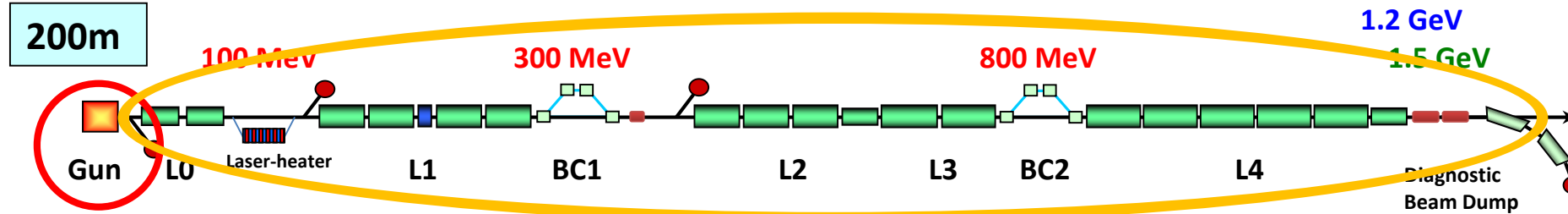


FEL NEL MONDO

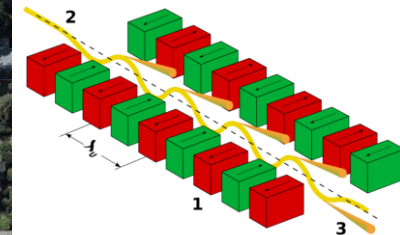
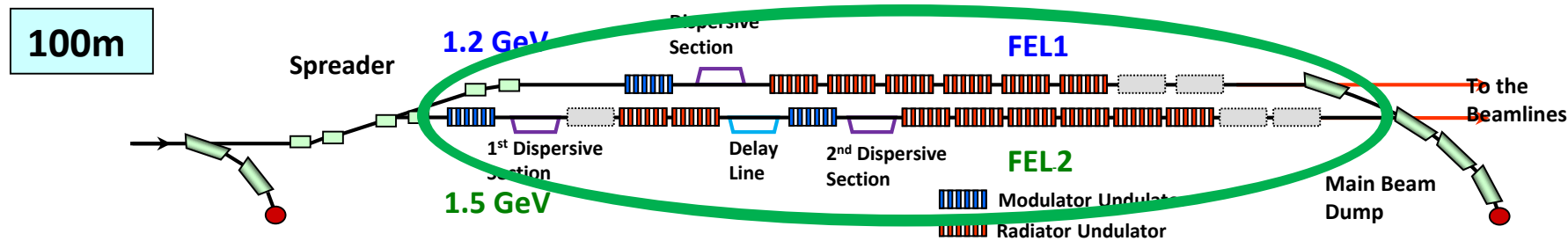


STRUTTURA DI FERMI

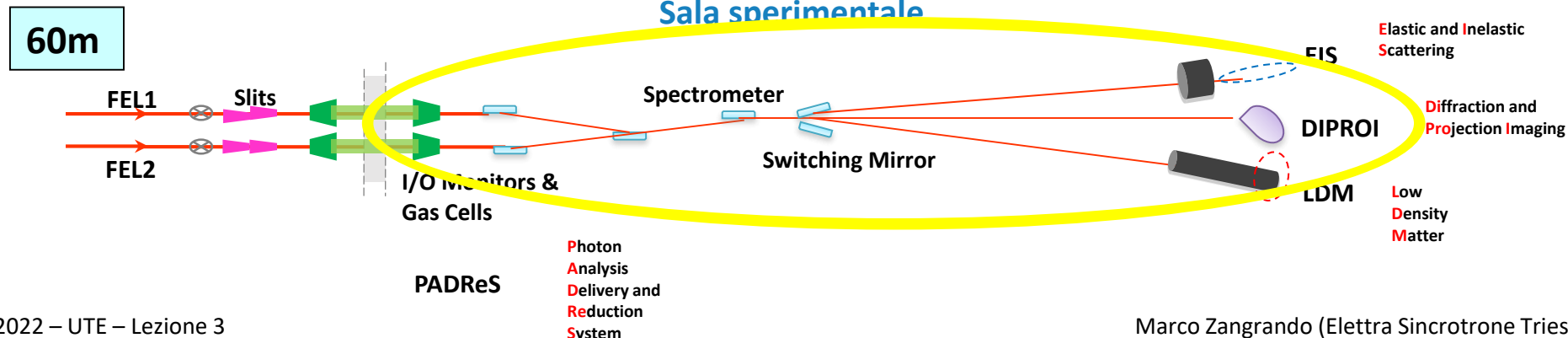
Tunnel LINAC (Linear Accelerator)

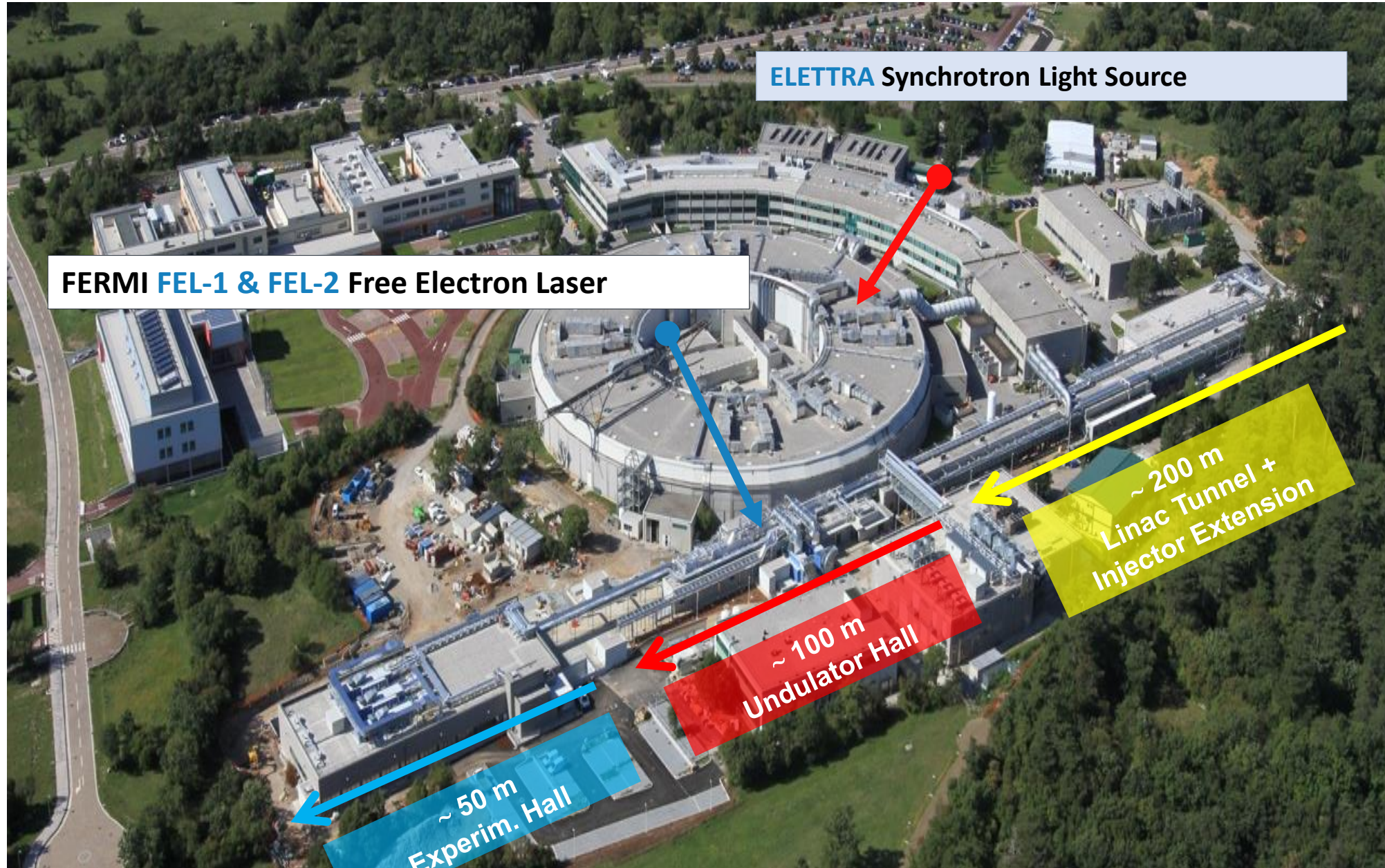


Sala Ondulatori



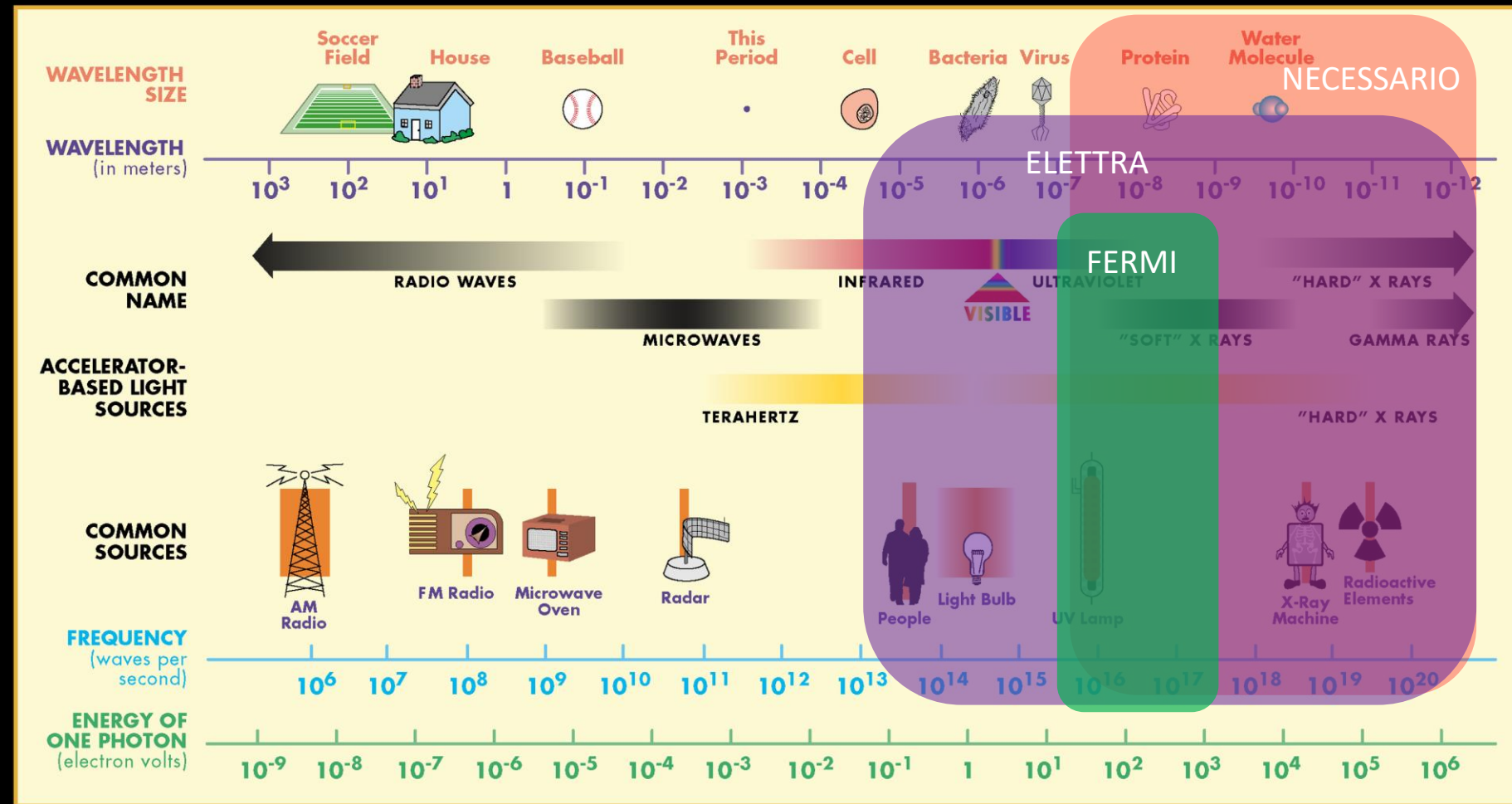
Sala sperimentale





LUNGHEZZE D'ONDA DI FERMI

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



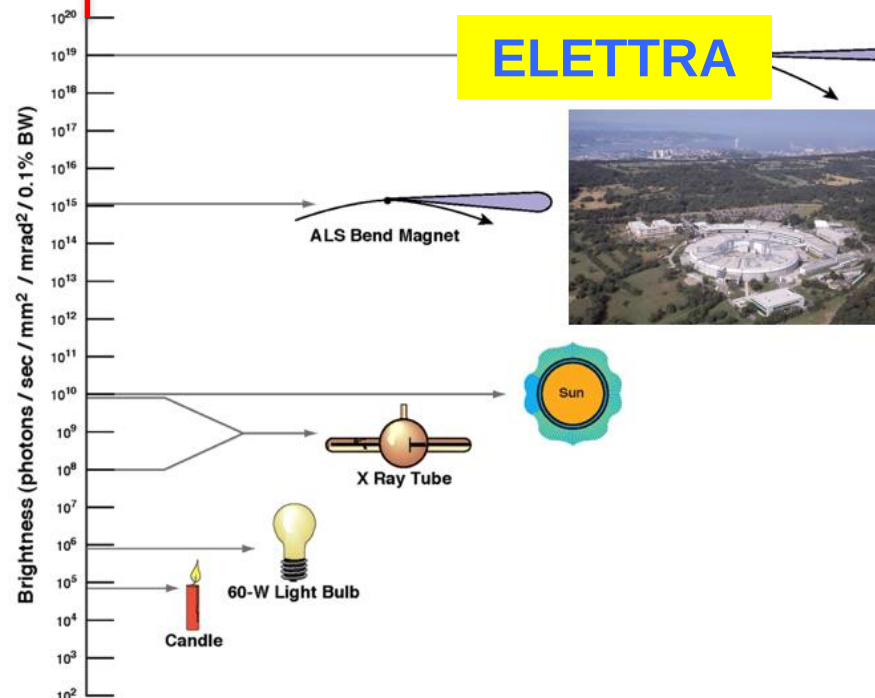
BRILLANZA DI FERMI

10^{33}

FERMI

100.000.000.000.000.000.000.000.000 di volte più
brillante del Sole...!!!
(e 10.000.000.000.000 volte più di Elettra)

Quanto brillante è Elettra?



“VELOCITÀ” DI FERMI

A FERMI l’analogo dell’otturatore è il singolo flash di luce generato dalla macchina.

La velocità dell’otturatore, quindi, diventa la lunghezza/durata del flash di luce:
più corto è, meglio «congelò l’attimo»

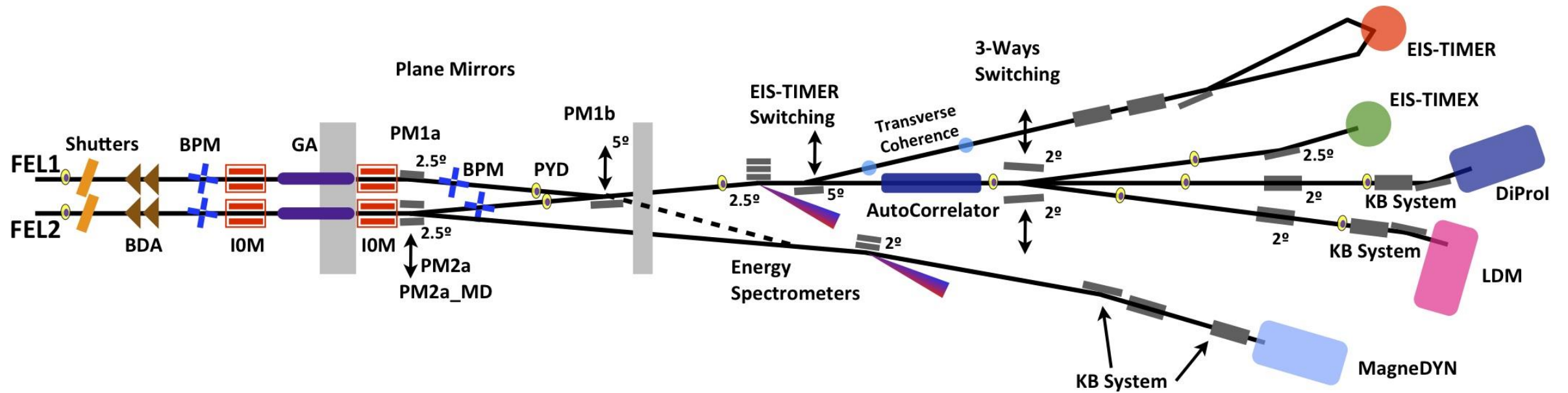
Quanto corto è il flash di luce di FERMI?

10 **femtosecondi** = 10 fs

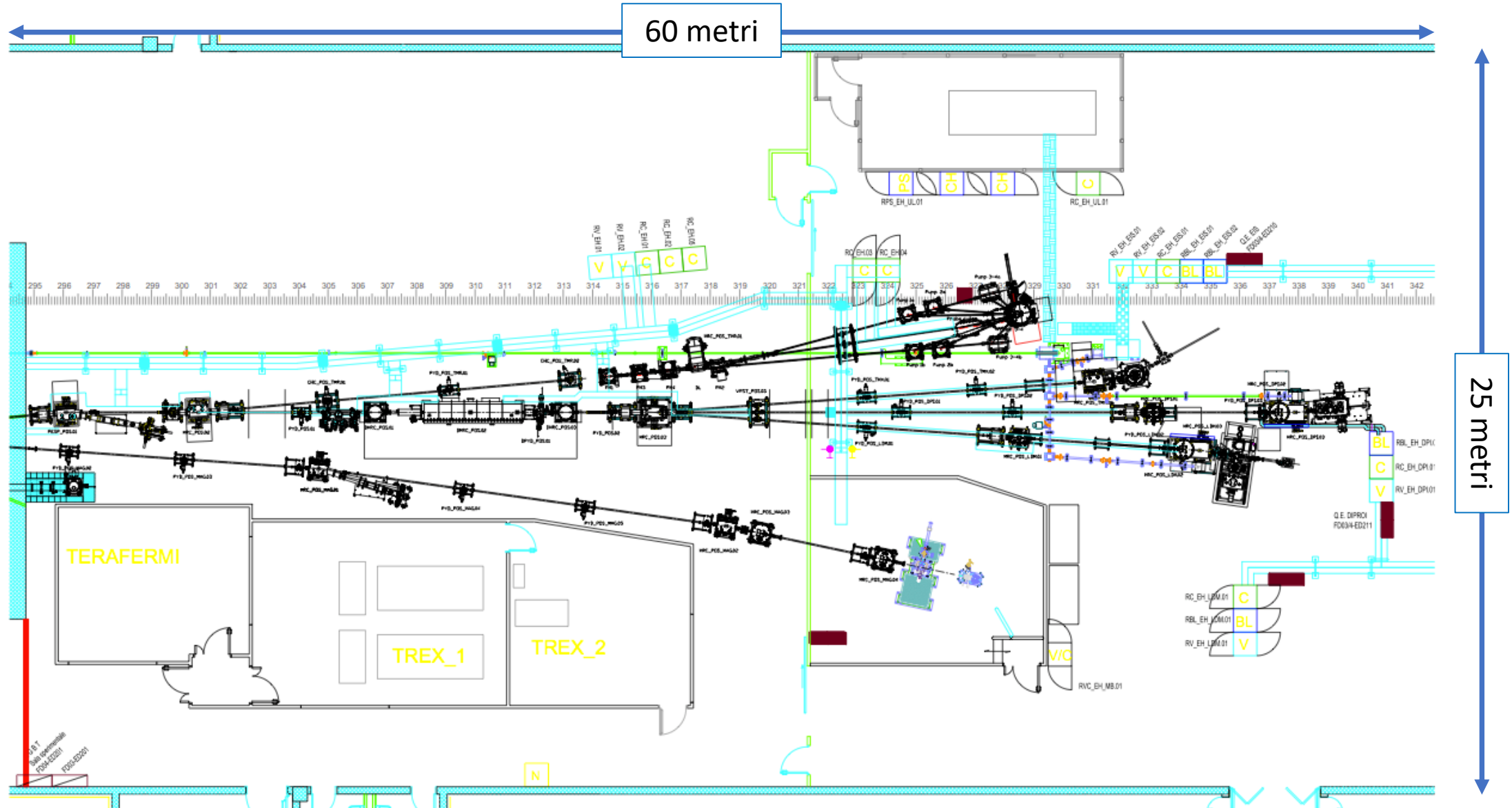
10 fs = 0.000000000000001 secondi = 10^{-14} s

10 milionesimi di miliardesimi di secondo !

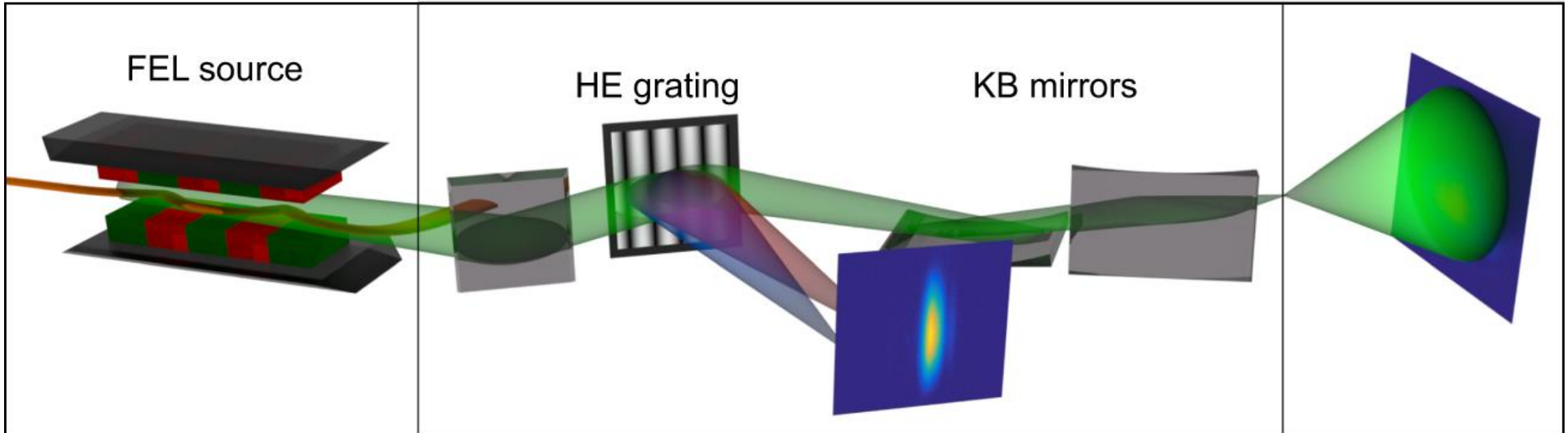
LE LINEE DI LUCE - SCHEMA



LE LINEE DI LUCE - REALTÀ



SCHEMA LINEA DI LUCE

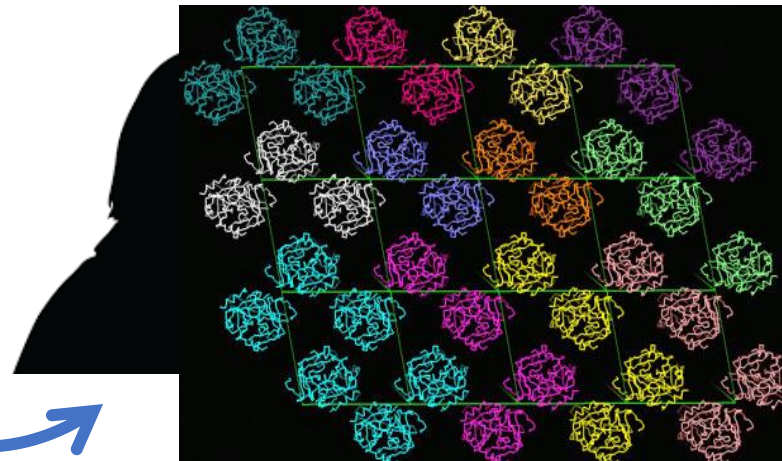


Linee molto simili a quelle presenti al sincrotrone Elettra

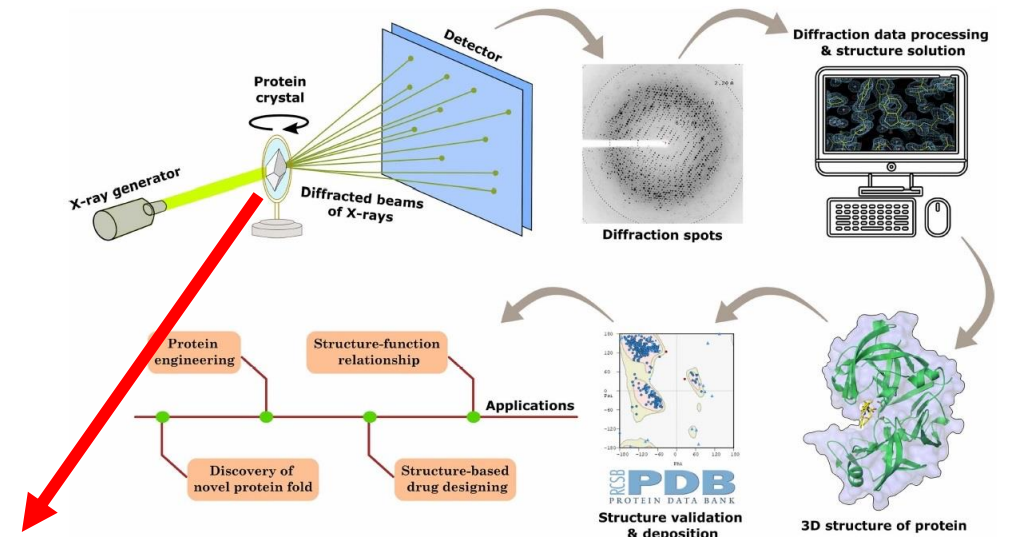
VEDERE LE PROTEINE A ELETTRA

Le proteine sono il cuore di tutti i processi biologici e riuscire a vedere i dettagli più fini delle loro strutture è estremamente importante. Ad esempio, la **cristallografia di proteine** può aiutare a capire perché una mutazione in una proteina può avere effetti drastici.

Vediamo come funziona (usando sempre un'analogia):



Cristallo di proteine



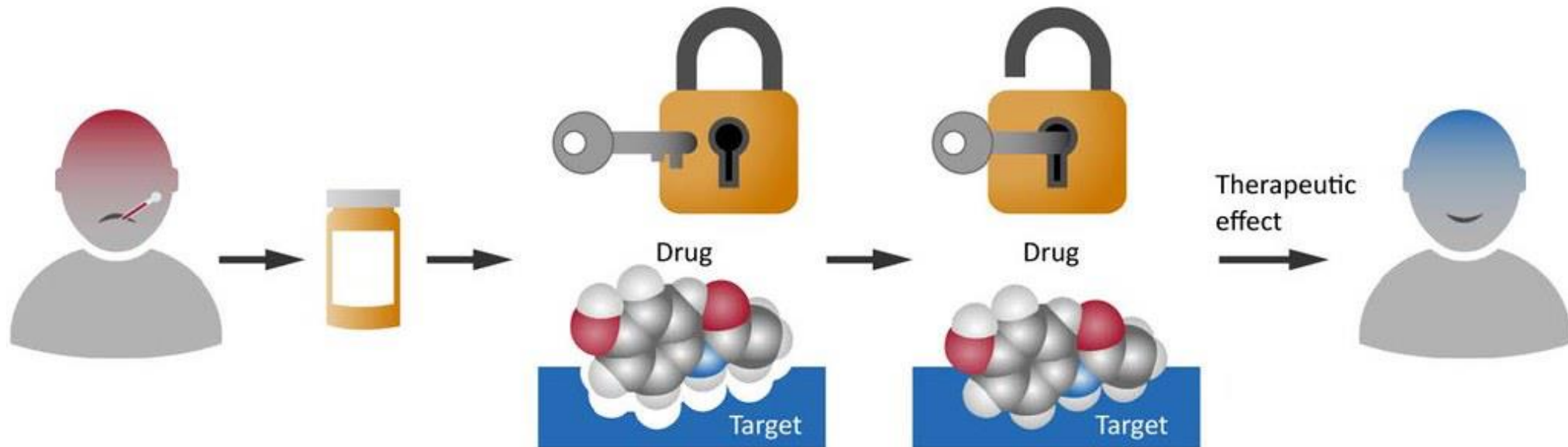
La conoscenza della **FORMA** della proteina può essere un fattore determinante nella progettazione e sviluppo di nuove medicine

Una proteina può sbloccare un processo se ha la forma giusta...



IMPORTANZA STRUTTURA PROTEINE

Figure 2: The lock and key analogy for drug-target interactions

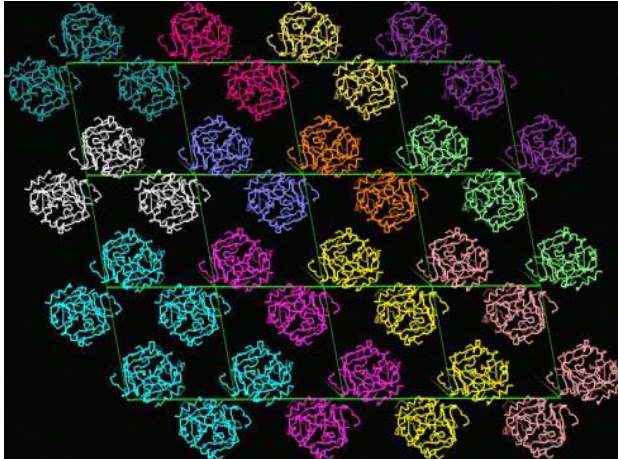


Source: GAO analysis of the scientific literature. | GAO-20-215SP

Conoscere la struttura esatta delle proteine può permetterci di sviluppare nuove (e sperabilmente più efficienti) medicine!!!

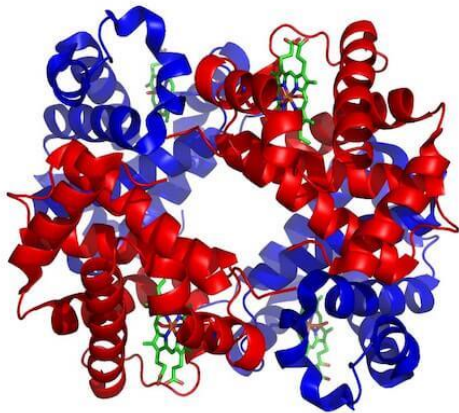
VEDERE LE PROTEINE A FERMI

Cristallo di proteine (Elettra)

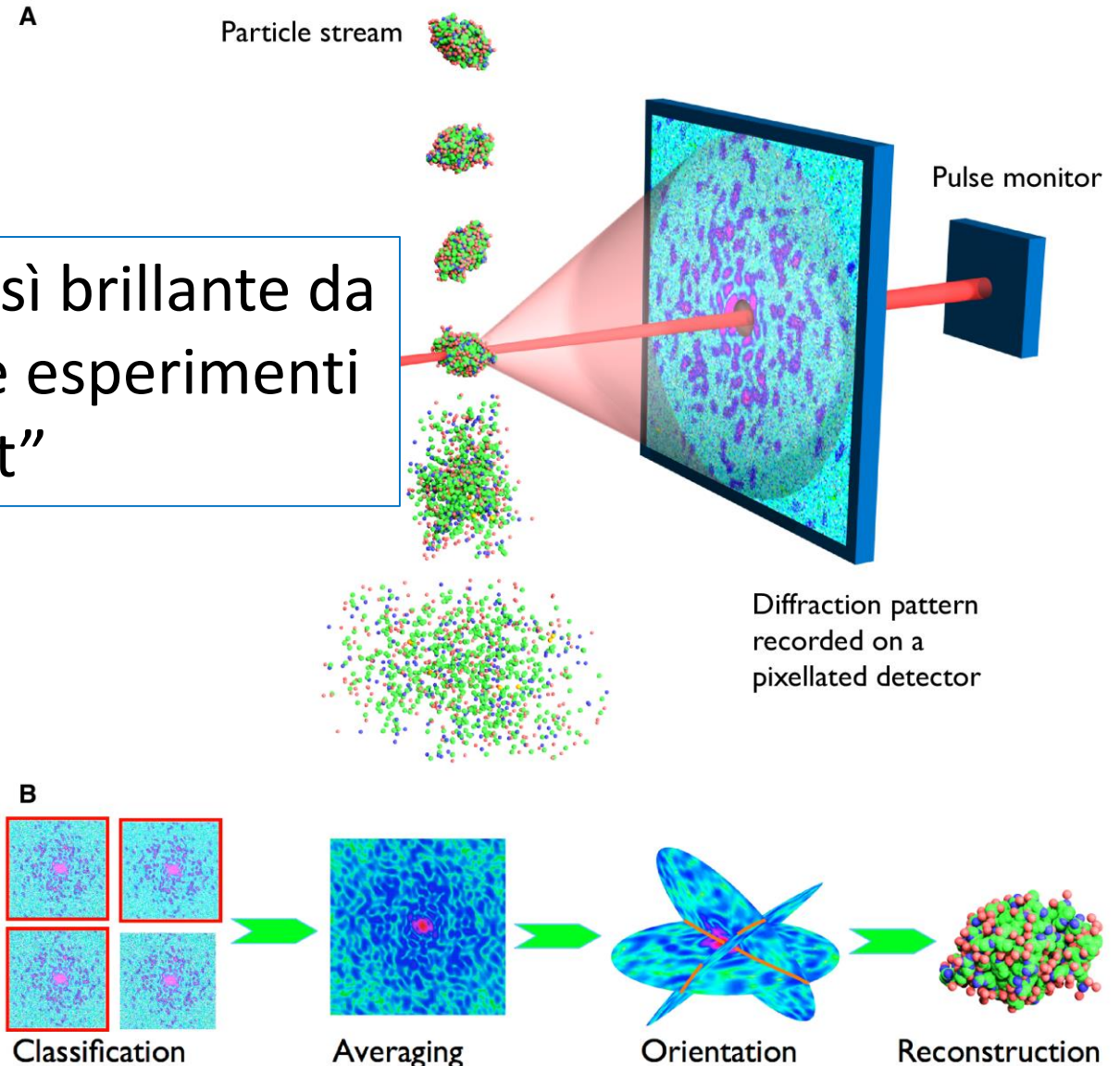


Alcune proteine, però, **non** sono cristallizzabili...

Proteina singola (FERMI)

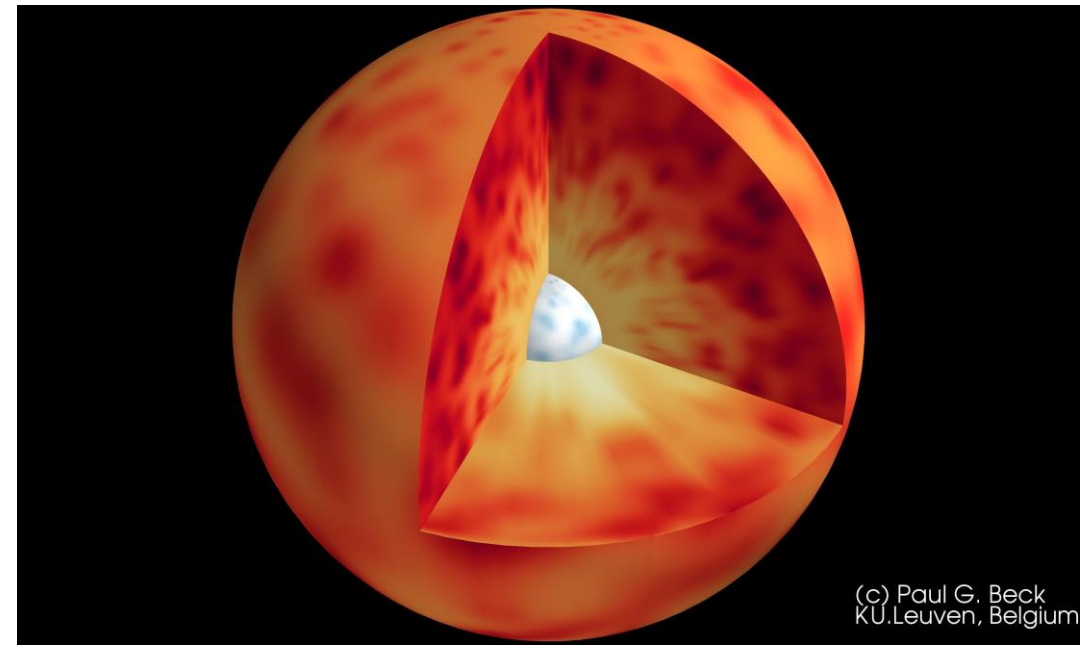
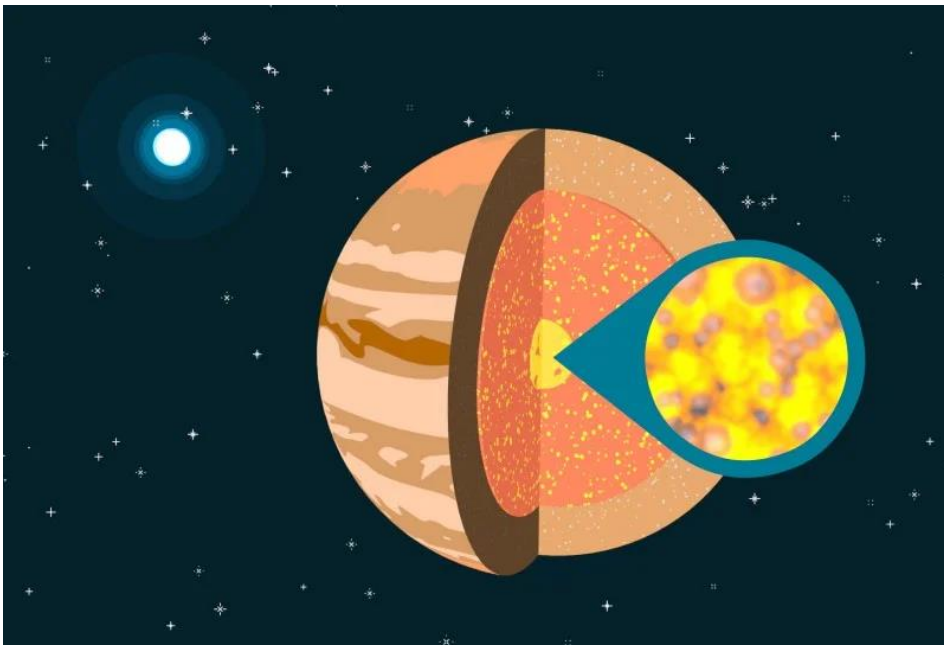


FERMI è così brillante da permettere esperimenti “single shot”



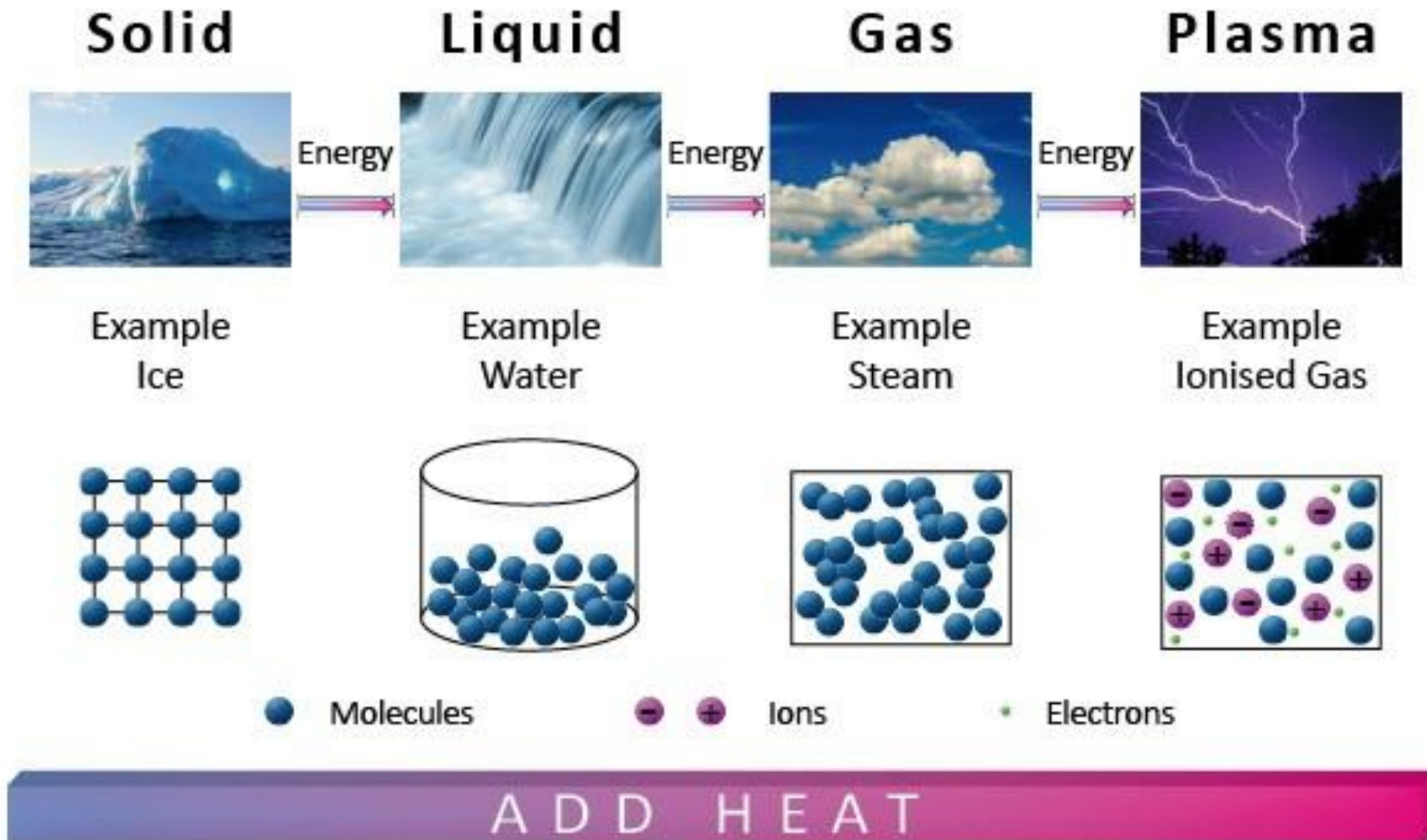
GRANDI PIANETI E PICCOLE STELLE

La brillantezza, la potenza e l'intensità della luce di FERMI sono tali da poter ricreare le condizioni presenti all'interno di grandi pianeti o piccole stelle...!



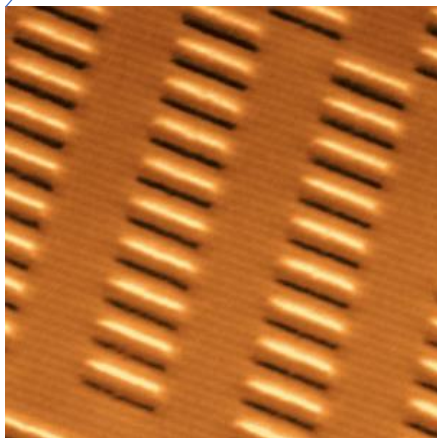
Riusciamo a creare (e studiare) il PLASMA !
(temperature «momentanee» fino a 100.000° C)

IL PLASMA (QUARTO STATO DELLA MATERIA)



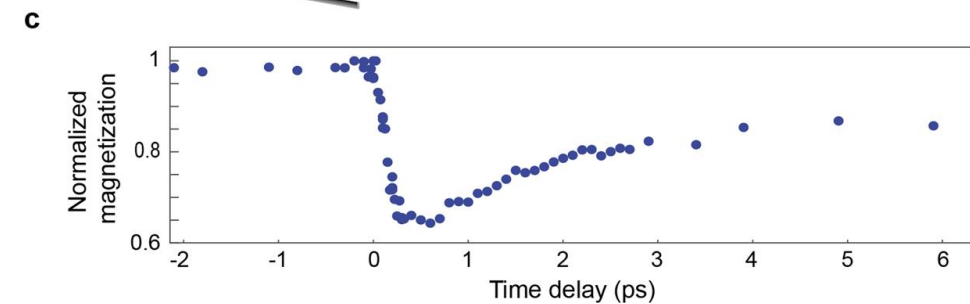
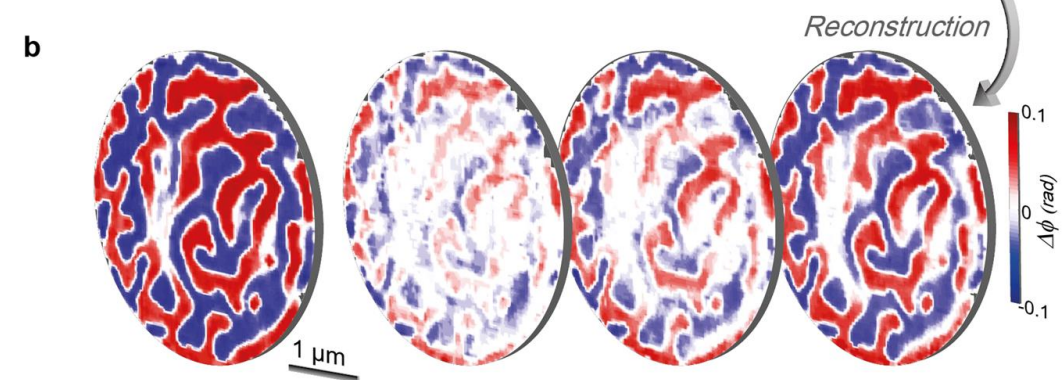
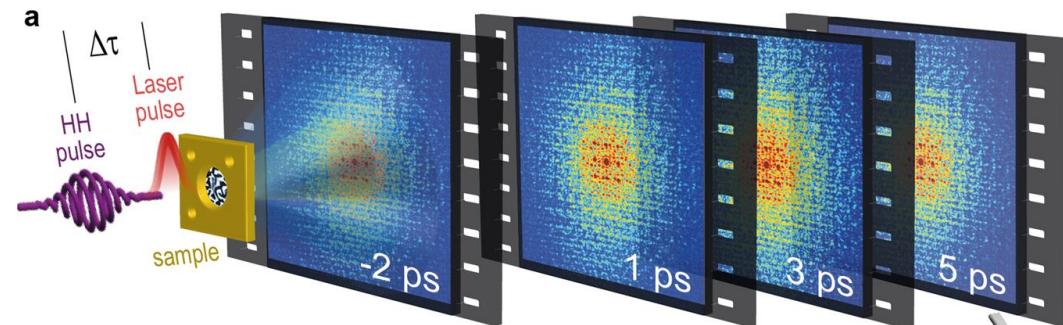
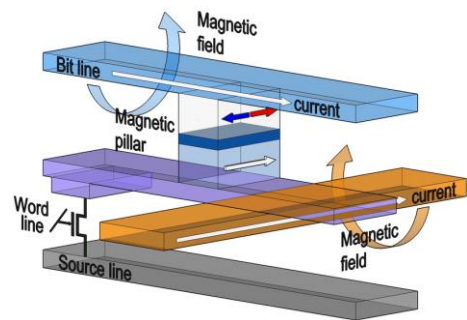
MATERIALI MAGNETICI

Hard disk



«Bit» magnetici

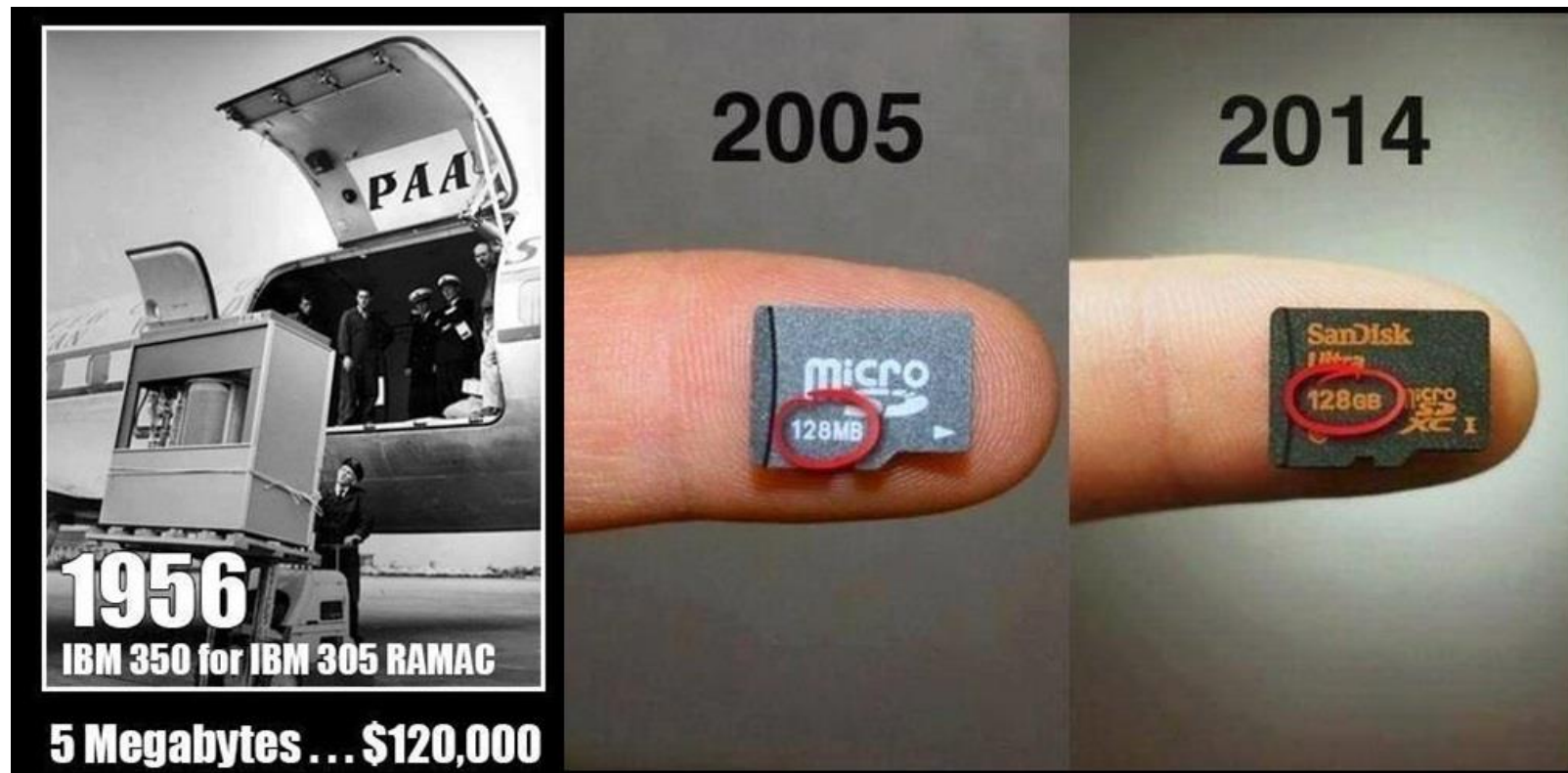
Memorie «volatili» (RAM)



PIÙ PICCOLO E PIÙ VELOCE



Hard disk da 5 MB (IBM – 1956)



L'obiettivo è realizzare dispositivi sempre più piccoli e veloci

