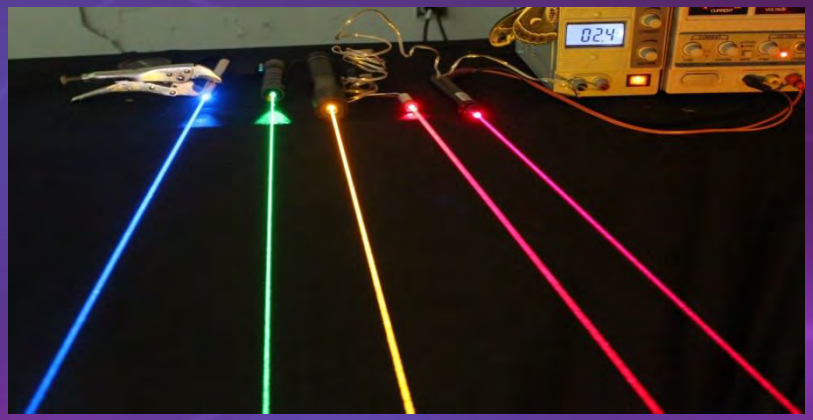
Laboratorio Laser-disprosio

- Utilizzare vari laser per raffreddare il disprosio
- Ottenere il condensato di Bose-Einstein
- Studiare la fisica quantistica

Laser

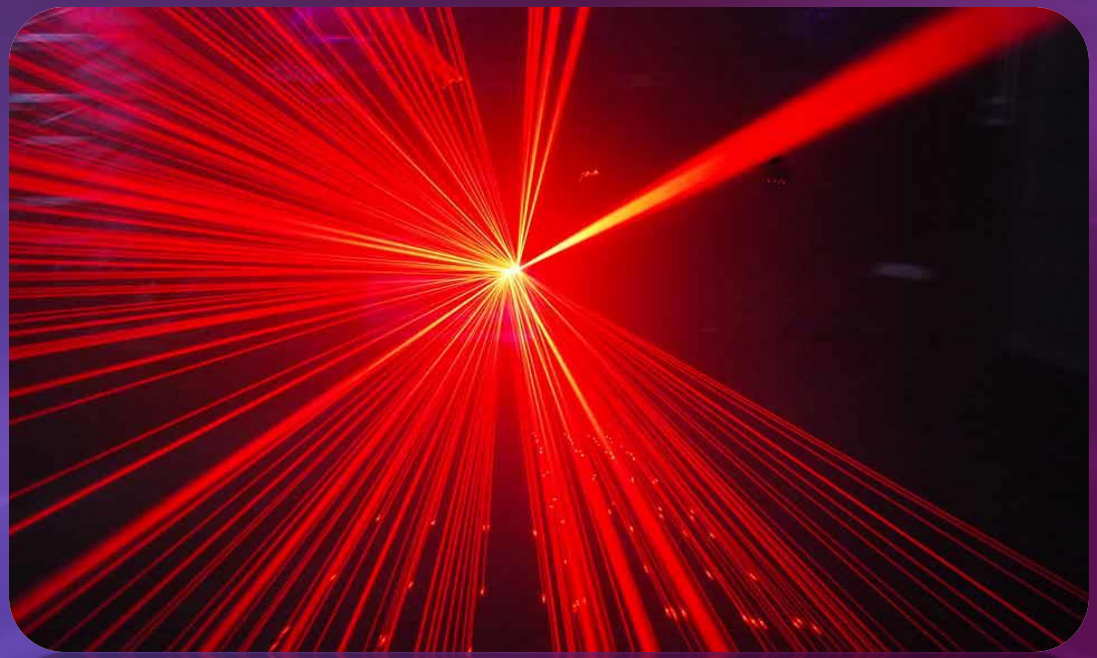
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificazione di luce tramite emissione stimolata di radiazione)



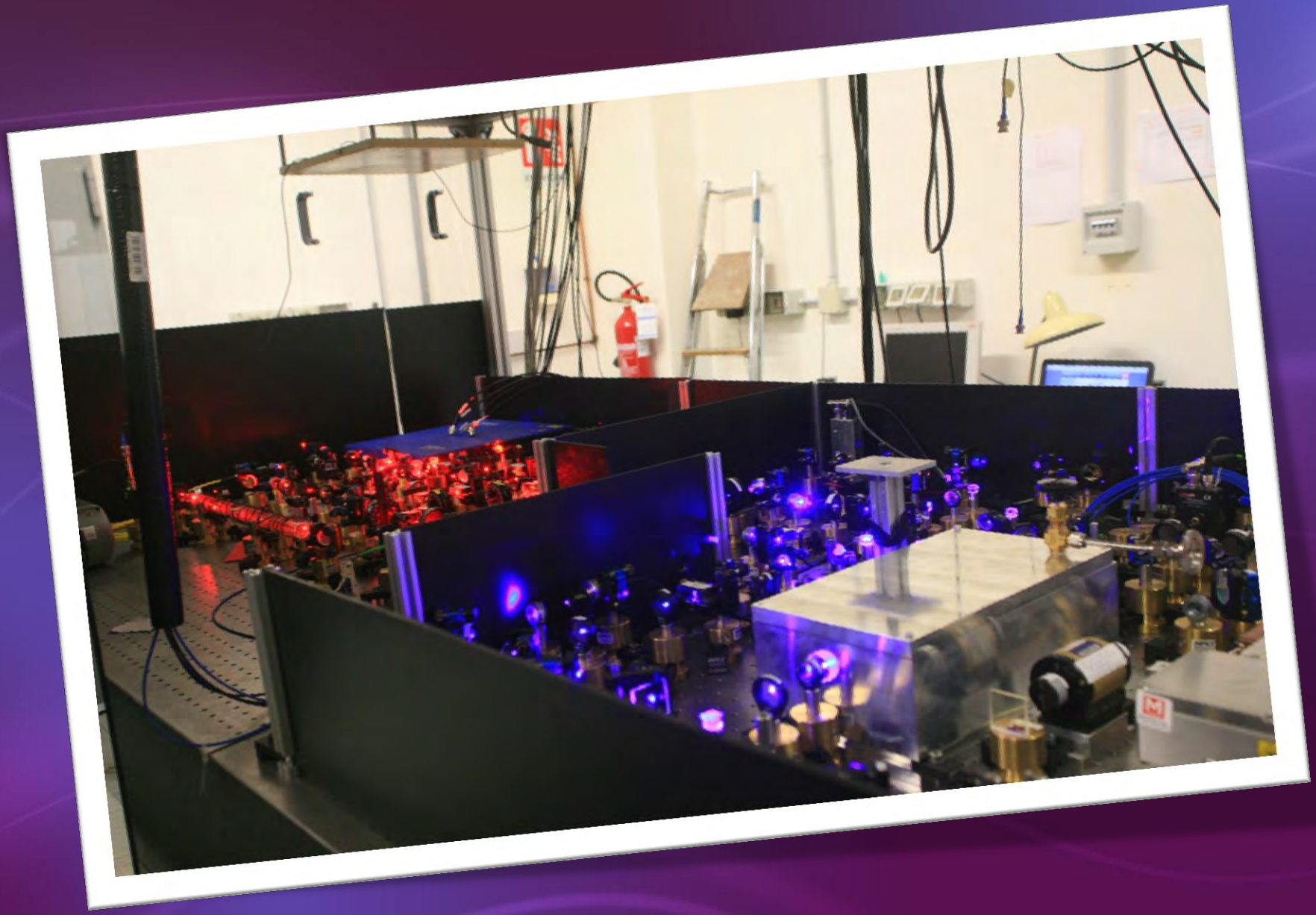
Tipologie di laser

- Laser blu: ha una lunghezza d' onda di 421 nm, una potenza di 1,5 W e viene generato da un laser a Titanio-Zaffiro, raddoppiandone la frequenza

- Laser rosso: ha una lunghezza d’ onda di 626 nm, una potenza di 1 W ed è generato da un laser a diodo (1,2 μm), raddoppiandone la frequenza

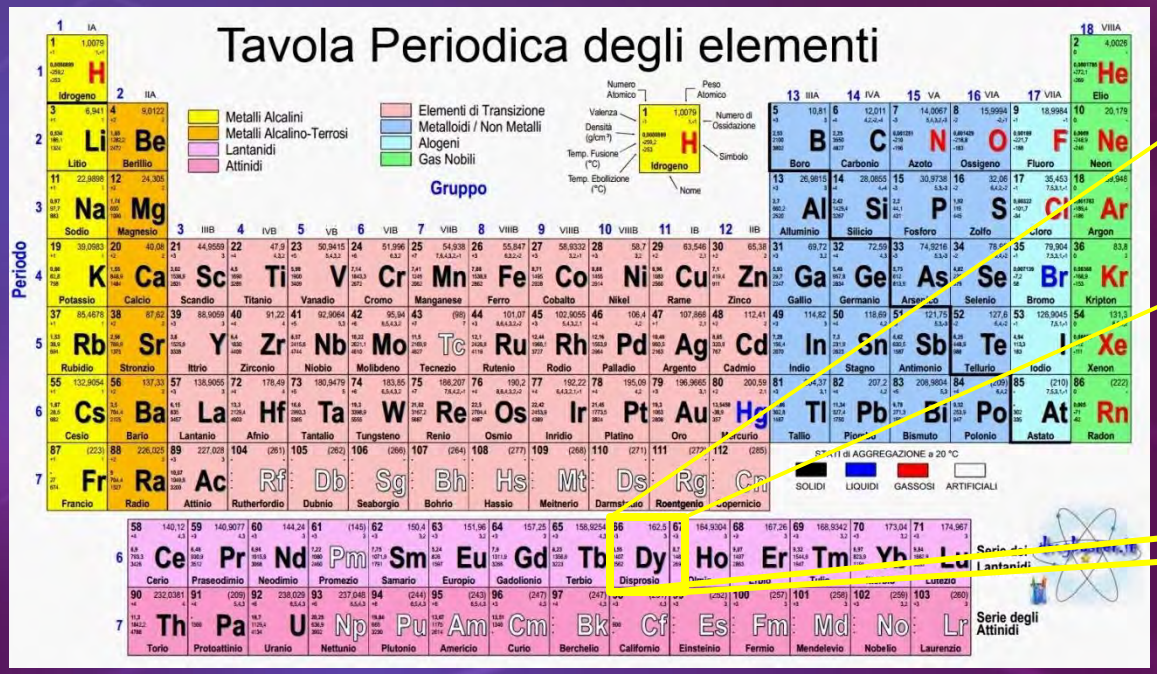


- Laser infrarosso: ha una lunghezza d’onda di 1064nm, una potenza di 10 W ed è un laser Nd-YAG

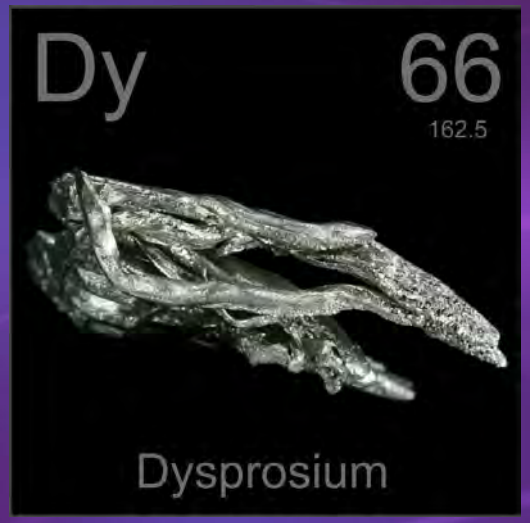


Disprosio

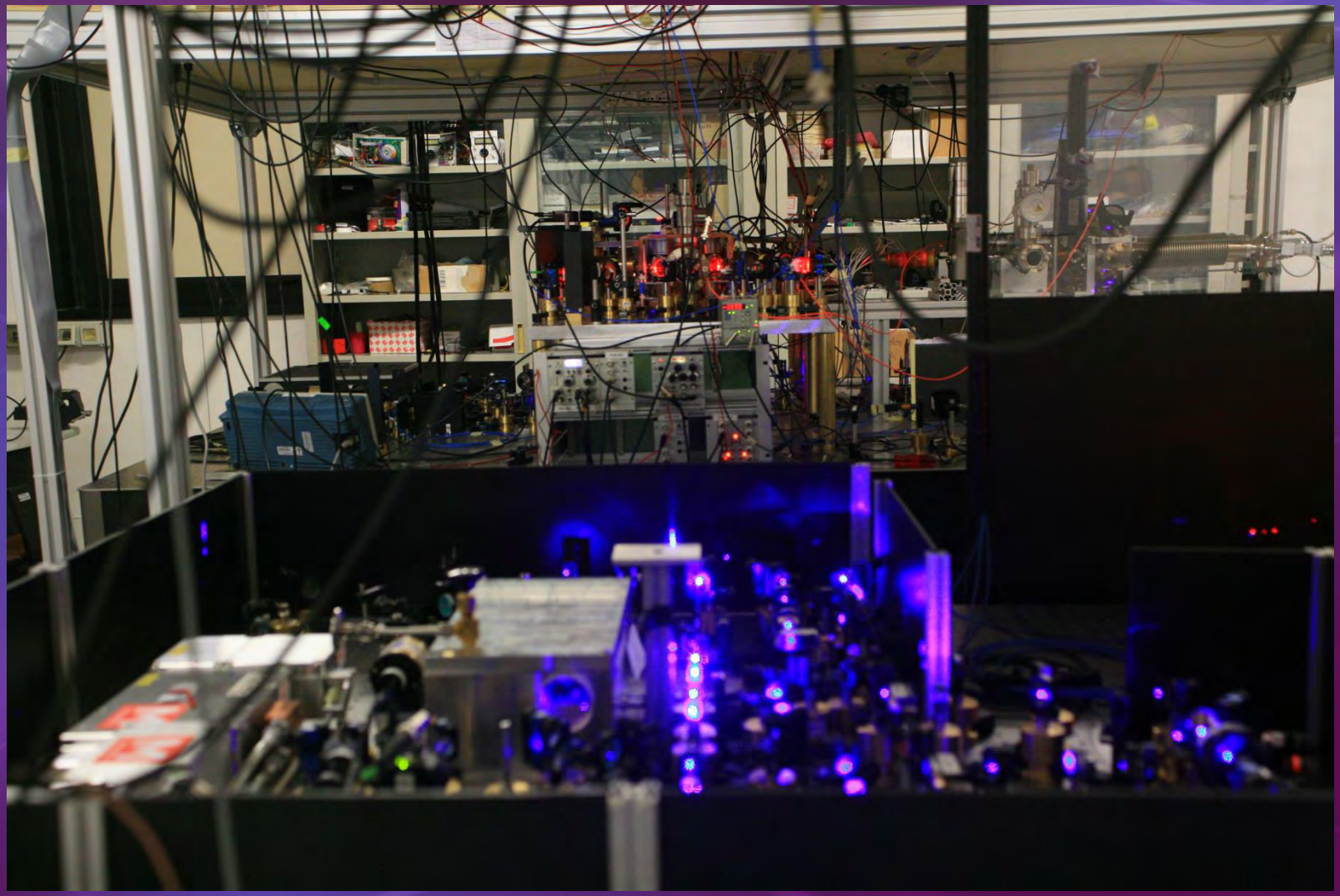
- Elemento chimico di numero atomico 66
- Fa parte degli elementi delle terre rare



- Forte interazione magnetica fra atomi (ogni atomi è simile a una calamita molto forte)
- Ha vari isotopi (atomi con diverso numero di neutroni e stesso numero di protoni), si utilizza l’ isotopo 162

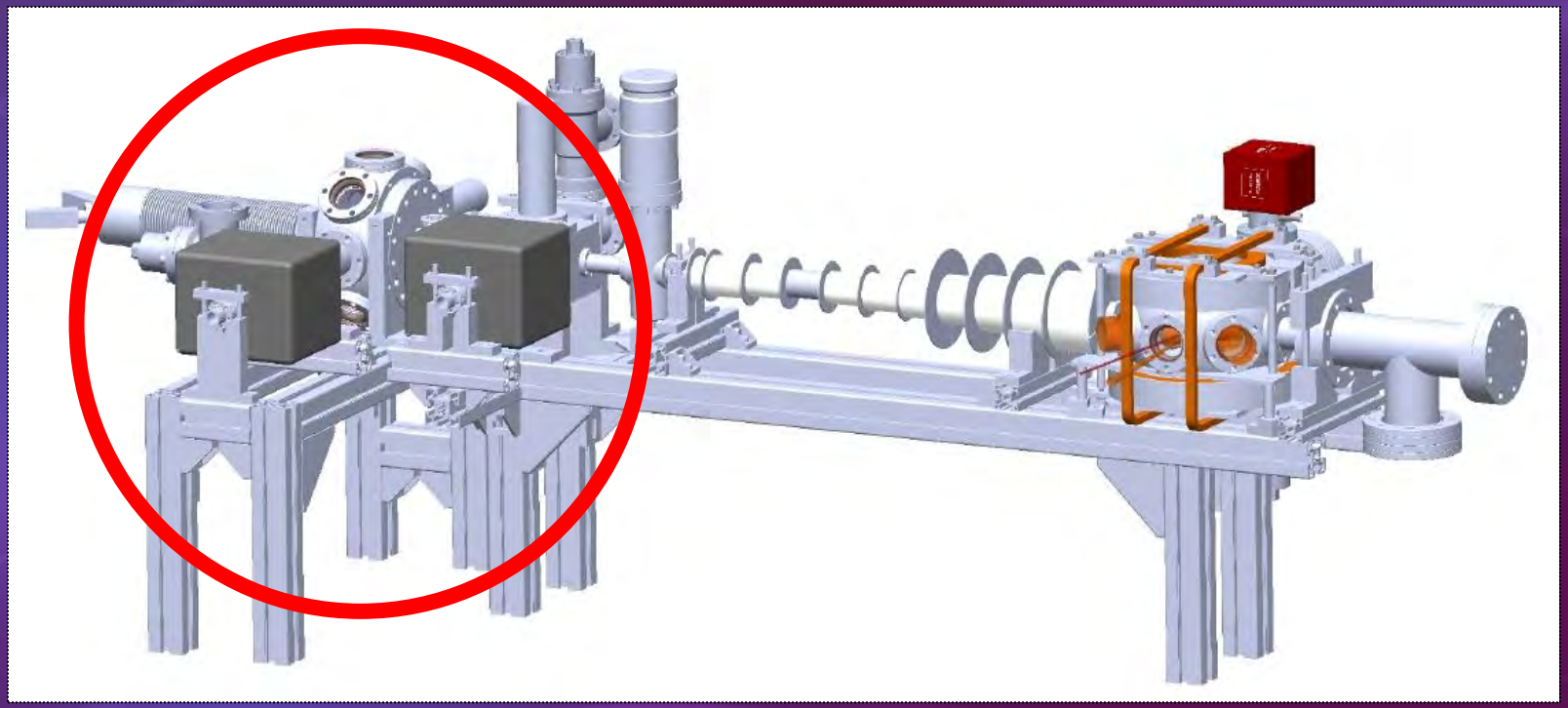


Esperimento



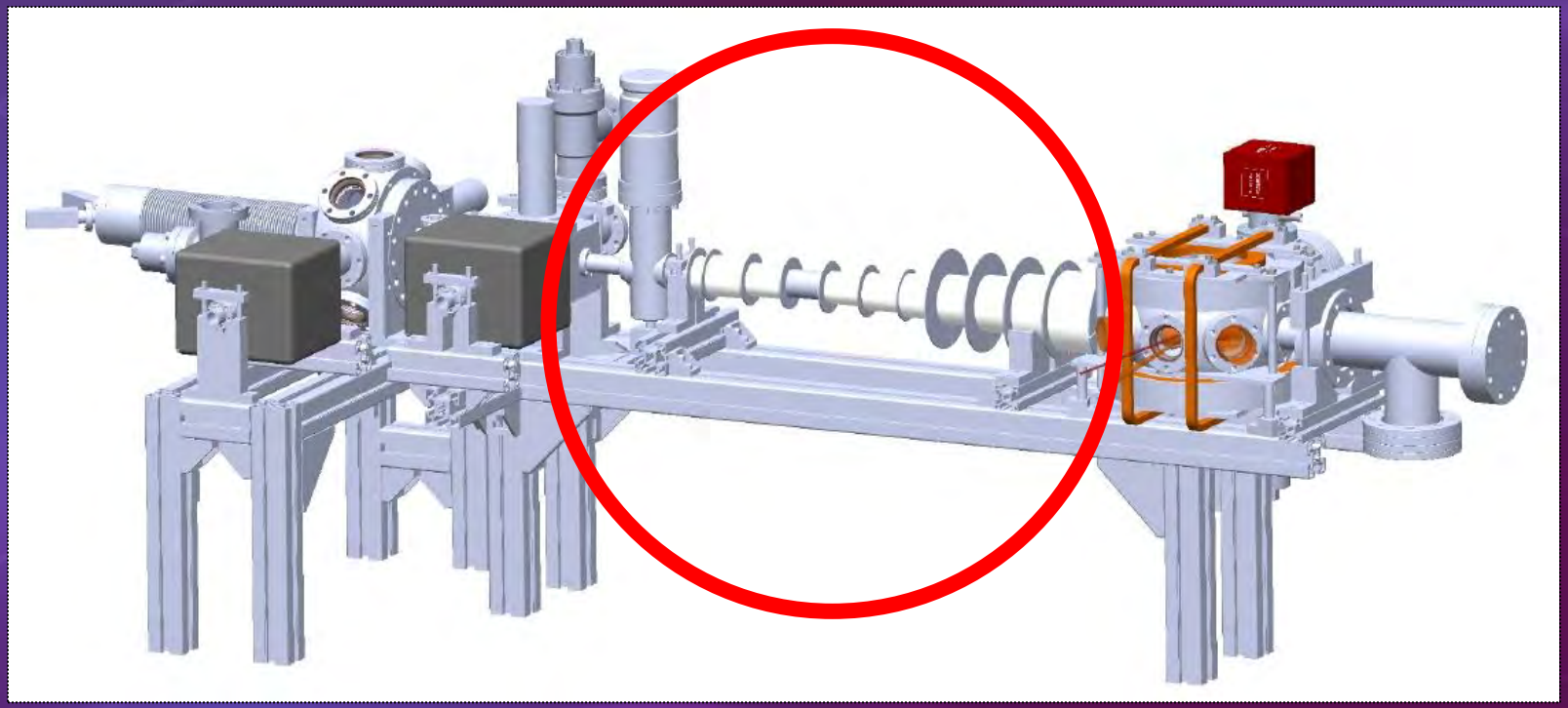
Esperimento

- Il disprosio viene scaldato in un forno a 1200° sottovuoto, usando la fase gassosa e generando un fascio atomico



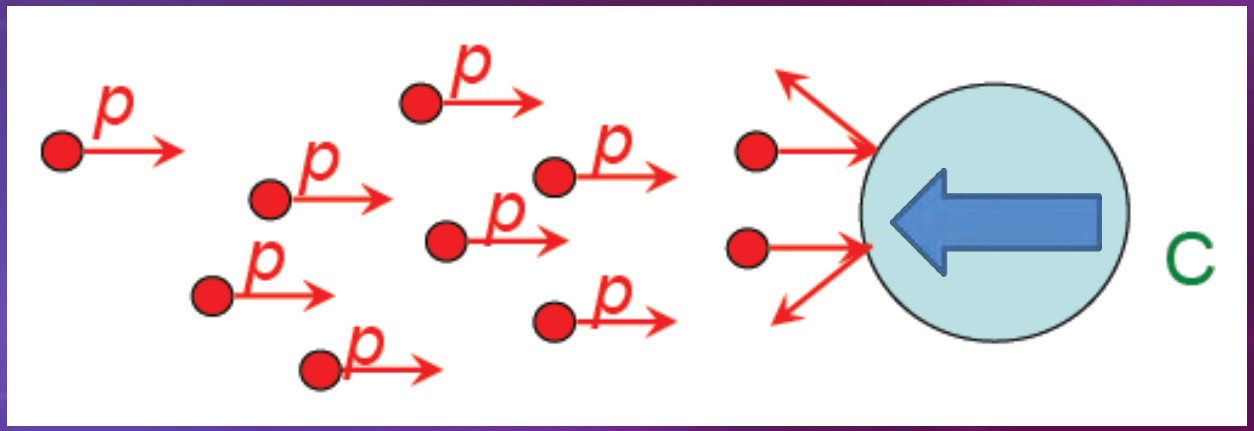
Esperimento

- Qui avviene un primo raffreddamento (chiamato Zeeman Slower) del fascio atomico in uscita dal forno, utilizzando il laser blu



Perché il laser rallenta gli atomi?

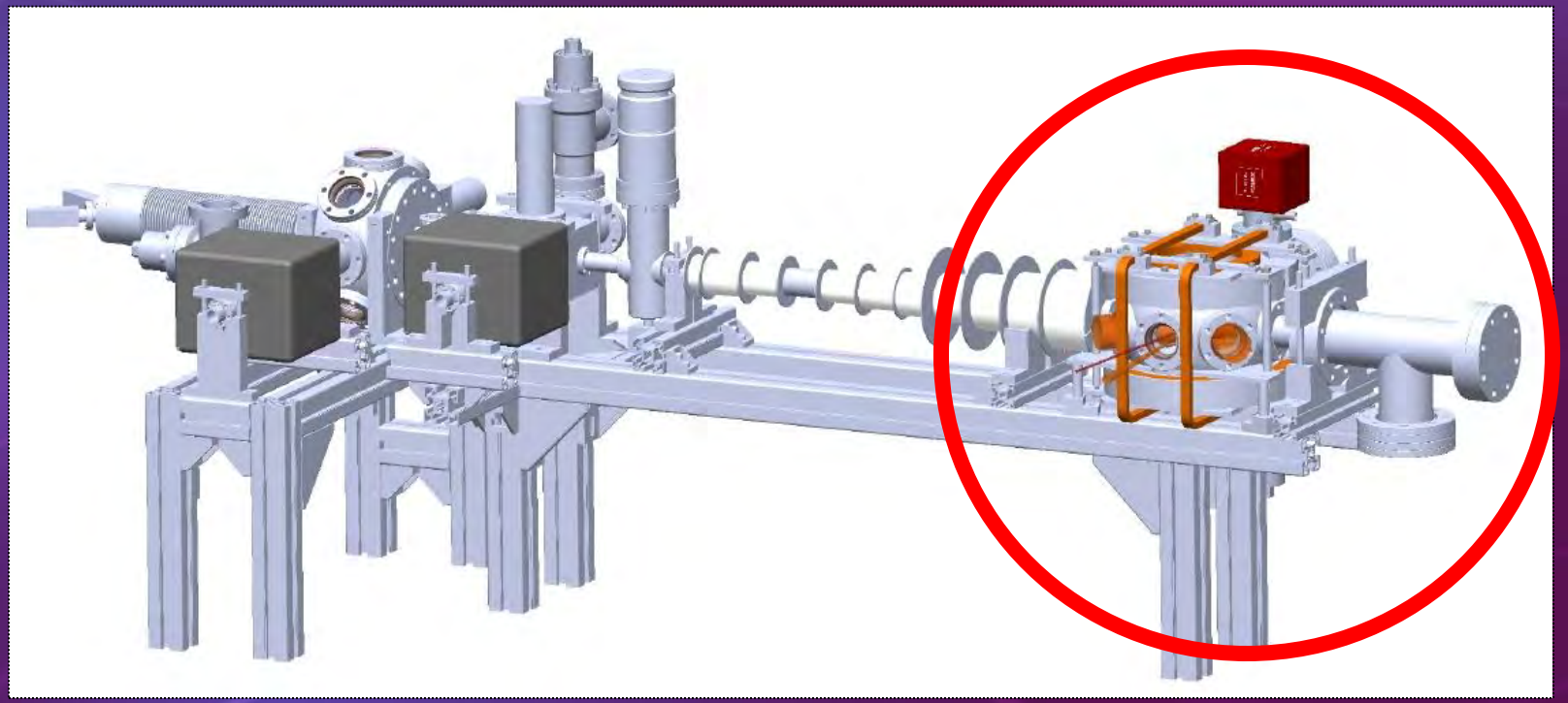
- Si invia un fascio laser che diminuisce la velocità del fascio di atomi, e li raffredda di conseguenza



Trappole per gli atomi

Gli atomi vengono prima intrappolati nella MOT (trappola magneto-ottica, temp. 10 μK)

Vengono,poi, trasferiti nella trappola ottica dove si raggiungono temperature di centinaia di nK

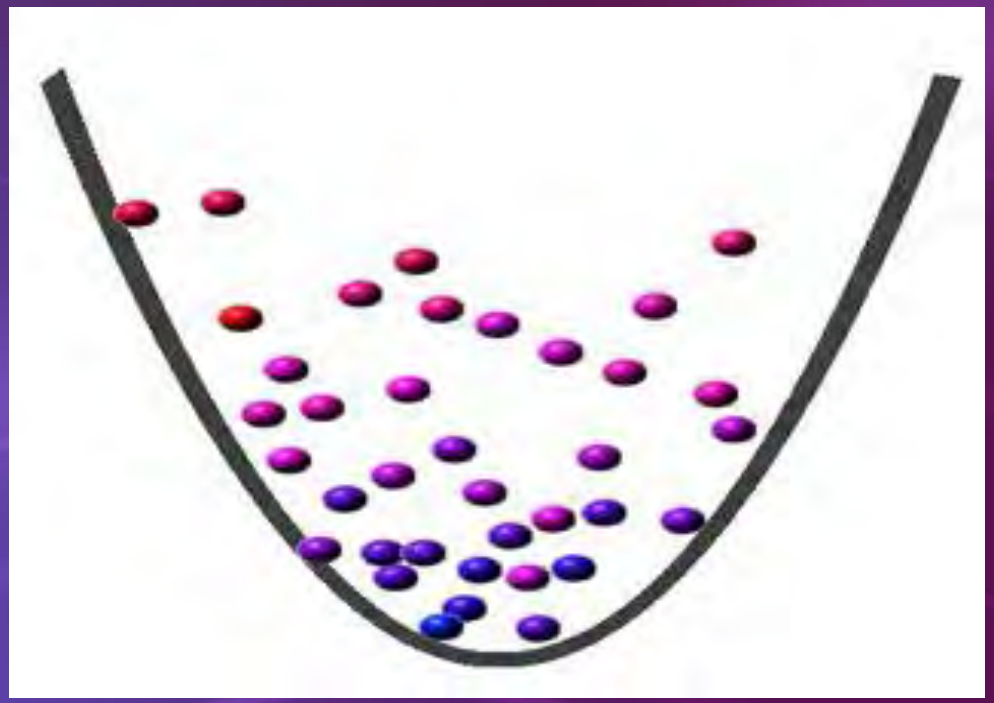


Trappola magneto-ottica per raffreddare gli atomi

- La trappola è costituita da un campo magnetico e da 6 fasci laser che intrappolano e raffreddano il gas.
- Gli atomi assorbono i fotoni del fascio laser, riemettendoli con un'energia maggiore, a discapito della loro energia cinetica
- La temperatura è legata alla velocità degli atomi; rallentandoli, questa diminuisce fino a circa 10 μK

Come si arriva alla condensazione di Bose-Einstein?

- Il gas viene ulteriormente raffreddato tramite raffreddamento evaporativo in una trappola ottica

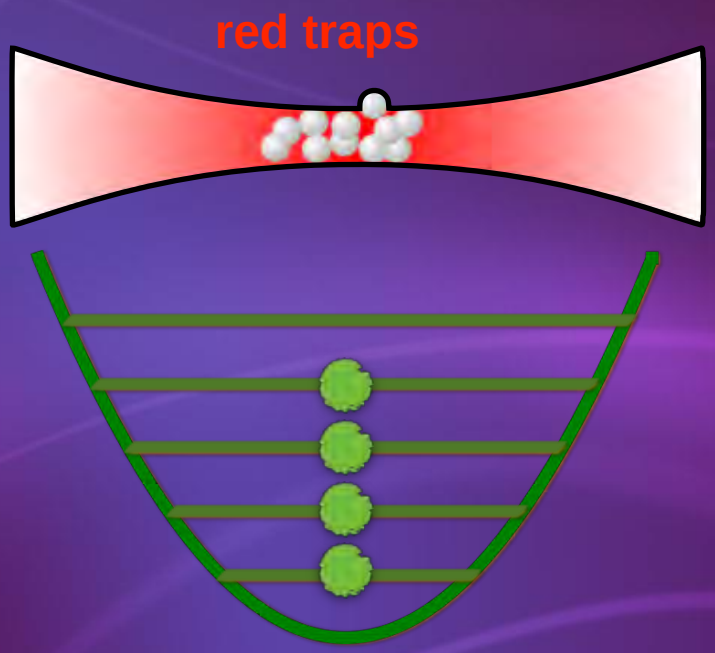


La trappola ottica

- Un laser infrarosso viene focalizzato da una lente
- Nel fuoco del laser si esercita una forza attrattiva per gli atomi
- Gli atomi con velocità più bassa (=molto freddi) vengono intrappolati nel fuoco del fascio (trappola ottica)

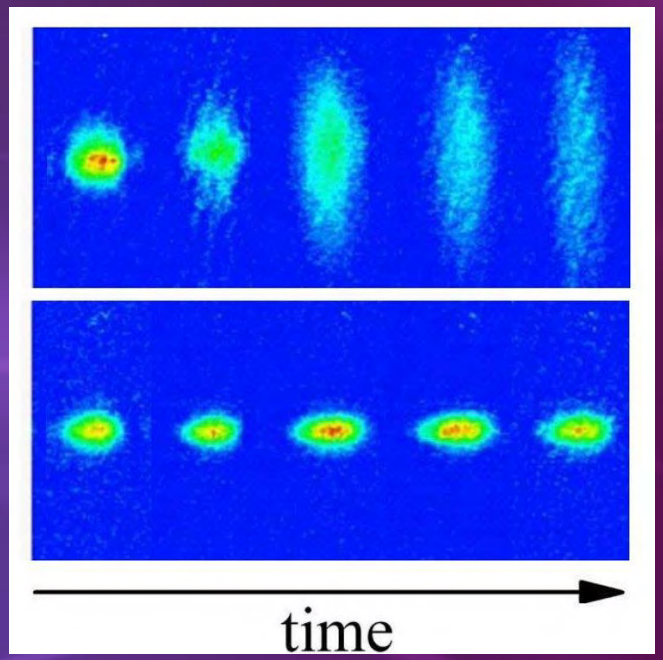
Il raffreddamento evaporativo

- Riducendo l'intensità del laser, l'energia potenziale diminuisce, permettendo agli atomi più energetici di uscire dalla trappola e lasciandone all'interno solo i più freddi



Condensato di Bose-Einstein

- Stato della materia che si ottiene quando si porta un insieme di atomi (bosoni) a temperature estremamente basse



Utilizzi…?

- Lo studio della fisica quantistica e del condensato di Bose-Einstein può permettere la realizzazione dei *computer quantistici*
- Invece di utilizzare i bit, ovvero i numeri 0 e 1, in serie per comporre tutte le informazioni, si cerca di realizzare i quantum-bit (qubit), ovvero dei bit costituiti da particelle quantistiche, che contengono più informazioni dei bit normali.
- Un altro utilizzo possibile del condensato è la *simulazione quantistica*, cioè la simulazione di un sistema fisico complesso attraverso la realizzazione di uno più semplice e controllato.

Grazie per l’attenzione

Samuele Paoletti

Emili Daja

Stefano Benini

LICEO SCIENTIFICO
Ulisse Dini - Pisa

Istituto di Istruzione Superiore Statale
Antonio Pesenti
Liceo Scientifico, Liceo Linguistico, Istituto Tecnico Commerciale
CASCINA (PI)
segreteria@antoniopesenti.gov.it 050 701903-4 Fax 050 711040
International School CAMBRIDGE
International Examinations

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Informatica e Telematica