

Liceo Scientifico "Enrico Fermi" Aversa (NA)

III Edizione 2018/2019

A scuola di astroparticelle

"Dalle astroparticelle
alle nanotecnologie...
a scuola di Fisica Moderna"



sito web: www.na.infn.it
mail: direzione@na.infn.it
segreteria di direzione: 081.67.61.86
facebook: [ascuoladiastroparticelle](https://www.facebook.com/ascuoladiastroparticelle)
facebook: INFN Sezione di Napoli

$$E=mc^2$$

$$(i\hbar-m)v=0$$

La ricerca entra nelle scuole
attraverso la disseminazione
di dati scientifici reali

Liceo Scientifico "Enrico Fermi" Aversa (NA) www.liceofermiaversa.gov.it

Docenti Tutor: **Anna Di Nocera, Giuseppa Pagliuca, Giovannella Vassallo**
Tutor esterni: **Loredana Parlato, Mario Barra, Mikhail Lisitskiy, Fabio Chiariella, Giovanni Ausanio, Alessandra Rocco**

Classe IV N
Barbato Matteo Benedetto
Buonanno Rita
Buonanno Valerio
Cacciapuoti Elena
Cantone Rebecca
Dello Margio Vincenzo
Di Domenico Rosalia
Di Foggia Giusy

ivovine Romina Enza
Marano Gianmarco
Martini Giusy
Martino Dalila
Petraroli Anna
Principato Raffaella
Silvestre Paola
Torromacco Annarita
Zotti Gabriele

Classe IV M
Capano Giovanna
Ceneri Francesco
Errico Chiara
Ferrara Francesca Pia
Piccolo Marialuisa
Tulipano Antonio



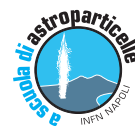
Liceo Scientifico "Enrico Fermi" Aversa (NA) www.liceofermiaversa.gov.it

Docenti Tutor: **Anna Di Nocera, Giuseppa Pagliuca, Giovannella Vassallo**
Tutor esterni: **Loredana Parlato, Mario Barra, Mikhail Lisitskiy, Fabio Chiariella, Giovanni Ausanio, Alessandra Rocco**

Classe IV N
Barbato Matteo Benedetto
Buonanno Rita
Buonanno Valerio
Cacciapuoti Elena
Cantone Rebecca
Dello Margio Vincenzo
Di Domenico Rosalia
Di Foggia Giusy

ivovine Romina Enza
Marano Gianmarco
Martini Giusy
Martino Dalila
Petraroli Anna
Principato Raffaella
Silvestre Paola
Torromacco Annarita
Zotti Gabriele

Classe IV M
Capano Giovanna
Ceneri Francesco
Errico Chiara
Ferrara Francesca Pia
Piccolo Marialuisa
Tulipano Antonio



Questione di... punti di vista! Facciamo un salto nel nanomondo

LA LUCE VERDE

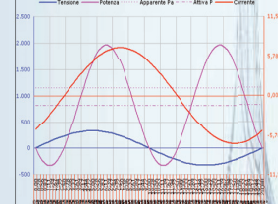
In questa esperienza ci siamo focalizzati sulla conversione di radiazioni (IR) dall'invisibile al visibile (luce verde). Il nostro occhio è capace di vedere luce con lunghezza d'onda compresa tra i 400 e i 700 nm, mentre per cui il laser essendo un infrarosso non è visibile al nostro occhio. In particolare in questo esperimento il laser ha una lunghezza d'onda di 1064 nm mentre quella che otterremo, ovvero la luce verde, avrà una lunghezza d'onda di 532 nm l'esatta metà di quella precedente.

In cosa consiste?

L'esperimento ha il fine di trovare la temperatura capace di ottenere la massima conversione della luce verde misurando la potenza verde in funzione della temperatura del cristallo.

Cosa abbiamo utilizzato?

Per compiere questo esperimento abbiamo bisogno di un banco ottico in quanto questo isola l'apparato sperimentale dalle vibrazioni. Vengono utilizzati diversi specchi piani che colpiti dal fascio riflettono la luce mediante la lente invece utilizziamo un filtro che "taglia" la luce per mostrare soltanto quella verde.



RIFRATTOMETRO IN FIBRA OTTICA

Che cos'è il rifrattometro e a cosa serve?

Un tipico esperimento da laboratorio, utilizzato per misurare l'indice di rifrazione di un mezzo, avviene con il rifrattometro in fibra ottica. Un rifrattometro è uno strumento di misura ottico utilizzato per determinare l'indice di rifrazione di una sostanza o qualche proprietà fisica di una sostanza che sia direttamente correlata al suo indice di rifrazione. Quando la fibra ottica viene immersa e, successivamente, tolta da una sostanza liquida si viene a formare una goccia. Il raggio rifratto dunque, viene ulteriormente rifratto dalla goccia che funge da vera e propria pellicola sottile. Per questo motivo il grafico sull'oscilloscopio non è un grafico retto ma assume un andamento sinusoidale.

Struttura del rifrattometro:

Un rifrattometro è formato da:
Circulatore ottico - che misura l'intensità della luce;
Detector - trasforma l'intensità della luce in segnale elettrico;
Oscilloscopio - macchinario su cui si leggono i risultati ottenuti che riguardano l'oscillazione e l'indice di rifrazione;
Fibra ottica - ago sottile paragonabile ad un capello di vetro.

SPETTROSCOPIA OTTICA

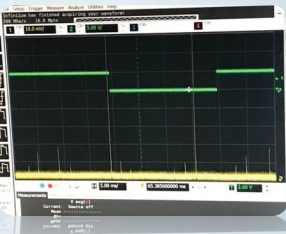
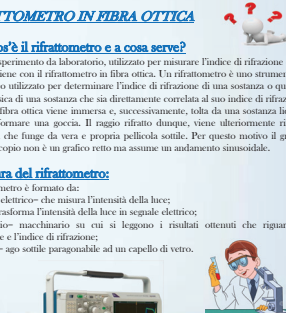
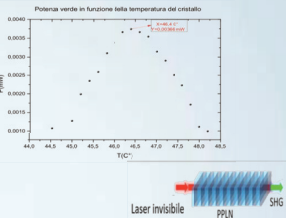
Lo schema base di un esperimento di spettroscopia è costituito da un laser che emette una radiazione elettromagnetica ad una certa frequenza e quindi ad una certa intensità.

Il laser viene fatto passare all'interno di una cella, nella quale viene posto un gas di cui si vogliono studiare le caratteristiche. Tale radiazione viene poi raccolta da un fotodiodo che trasforma la luce in un segnale elettrico e "analizza" tramite un oscilloscopio. La luce diminuisce di intensità a causa della presenza del gas. Maggiori sono la lunghezza della cella e la riflettività degli specchi all'interno di essa, più è probabile che si abbia un'interazione della radiazione con la materia, maggiore è quindi la possibilità di analizzare meglio le proprietà della specie chimica.

L'oscilloscopio: cos'è e a cosa serve?

L'oscilloscopio è uno strumento di misura elettronico che consente di visualizzare, su un grafico bidimensionale, l'andamento nel tempo dei segnali elettrici.

Nel momento in cui la lunghezza della cavità è pari a un multiplo intero della lunghezza d'onda, quindi si ha una condizione di risonanza. Inserendo su uno dei due specchi della cavità un attuatore piezoelettrico dal colore verde, quest'ultimo si sposta e tale spostamento corrisponde, sul monitor dell'oscilloscopio, ad una rampa verde che si sposta: questo spostamento rappresenta l'ampiezza di scansione del picco. Nel momento in cui il picco sposta lo specchio ad una distanza di n, lunghezza d'onda dall'altro, la luce si amplifica e si ha quindi una condizione di interferenza costruttiva. Analogamente se otteniamo una distanza pari ad un multiplo dispari di mezza lunghezza d'onda. Tramite l'apparizione dei picchi è possibile calcolare il tempo impiegato dalla luce per attraversare la cella.



Il grande nanomondo Micro e nanofabbricazione di dispositivi

LA LITOGRAFIA

La litografia (dal greco λίθος, lithos, "pietra" e γράφειν, gráphein, "scrivere") è una tecnica di stampa chimico-fisica delle immagini. Per la fabbricazione di micro-dispositivi si ricorre alla Fotolitografia: con questa tecnica si utilizza la luce per trasferire un pattern da una fotomaskera a un fotorecist fotosensibile. Per la fabbricazione di nano-dispositivi si ricorre alla tecnica dell'EBL (electron-beam Lithography) invece trasferisce il pattern su un resist sensibile agli elettroni.



Fotolitografia ed electron beam lithography

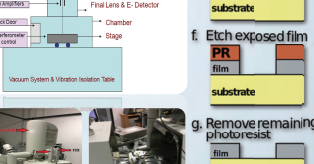
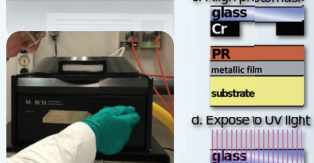
La fotolitografia è un processo che permette il trasferimento di una forma geometrica, patternata da una maskera a un substrato mediante dei polimeri. Tale processo comprende diversi passaggi:

- 1. Pulizia** del substrato: si rimuove ogni tipo di sostanza organica dalla superficie;
- 2. Spinning** del fotorecist: attraverso questo processo con la velocità di una centrifuga si controlla lo spessore del fotorecist;
- 3. Cottura** del fotorecist: il "wafer" viene cotto a circa 90° e in questo modo il solvente evapora e il fotorecist si solidifica;
- 4. Allineamento** della maskera rispetto al substrato ed esposizione: si espone il fotorecist alla luce UV e si forma un contatto diretto tra la maskera e il substrato;
- 5. Sviluppo** del fotorecist: le parti esposte alla luce sono sviluppate con un'immersione in una soluzione alcalina;
- 6. Patterning** del quale esistono due "varianti":
 - **Processo diretto** consiste nella deposizione del film metallico (Au, Ti, ecc.), la riproduzione del disegno con il fotorecist e successivamente l'attacco fotochimico del film metallico nelle parti non volute;
 - **Lift-off** consiste nella deposizione del fotorecist prima nella deposizione del film che viene patternato e riscoperto dunque con il film. L'immersione in un solvente organico (ad esempio acetone) rimuove il fotorecist, al quale sono attaccate le parti di film non volute trasferendo il disegno al film metallico.

Cos'è l'EBL?

La litografia a fascio di elettroni (EBL) è una tecnica potente per la creazione di nanostrutture troppo piccole per la fabbricazione con la fotolitografia convenzionale.

I sistemi EBL all'avanguardia possono raggiungere risoluzioni di pochi nanometri. La tecnica funziona spostando un fascio di elettroni altamente focalizzato su un campione. In tal modo si scrive con un pennello di elettroni sul resist. Il fascio di elettroni induce un cambiamento nella struttura molecolare e nella solubilità del resist. Il resist è poi sviluppato in un solvente adatto per dissolvere selettivamente le aree esposte o non esposte del resist.



- Prepare wafer**
metallic film
substrate
- Apply photoresist**
metallic film
substrate
- Align photomask**
glass
Cr
PR
metallic film
substrate
- Expose to UV light**
glass
Cr
PR
metallic film
substrate
- Develop and remove photoresist**
PR
metallic film
substrate
- Etch exposed film**
PR
film
substrate
- Remove remaining photoresist**
film
substrate