



Co-funded by
the European Union

Unità didattica: Fisica laser e applicazioni mediche

DiFC - Università degli Studi di Palermo



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Contenuto

Introduzione:	2
La luce come portatrice di informazioni	2
Sezione 1: Esplora	5
Atomi	5
Qual è la struttura dell'atomo?	5
L'effetto laser	7
L'emissione laser	8
L'atomo a tre livelli	9
Sezione 2: Eseguire	11
Sezione 3: Migliorare	12
Laser ad anidride carbonica (CO ₂)	12
Laser ad argon	12
Laser Nd:YAG (Neodimio: Ittrio-Alluminio-Granato)	13
Trattamento del cancro con il laser	13
Ridurre o distruggere direttamente i tumori	13
Laser che utilizzano la terapia fotodinamica	14
Conclusione:	15
Riferimenti:	16





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biofotonica ebasato sulla lucediagnostic
Nome specifico dell'unità di apprendimento	LaserFisica e applicazioni mediche
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti per lo studente	Conoscenze di base di matematica, fisica, chimica, biologia.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Guiderà insegnanti e studenti attraverso un percorso di insegnamento/apprendimento multidisciplinare per scoprire le basi della tecnologia laser.
Oggetto: Parti coinvolte	Biologia, Chimica, Fisica, Matematica, Ingegneria
Parole chiave	Luce, laser, atomo, meccanica quantistica, realtà aumentata, visualizzazione
Qualifiche chiave, competenze e conoscenze che possono essere acquisite	Risoluzione dei problemi, pensiero progettuale, ragionamento, conoscenza concettuale e pratica della fisica, della chimica, della matematica,
Risorse e supporti didattici utilizzati	Risorse web, laboratori virtuali, articoli di ricerca, database scientifici
Criteri di valutazione e valutazione	Diversi livelli di conoscenza dei concetti e delle competenze acquisite





Introduzione:

La luce come portatrice di informazioni

La luce, come tutti sappiamo, è un mezzo molto importante per esplorare l'universo. Il colore della luce che vediamo ci fornisce dati importanti. Fin dall'inizio, possiamo distinguere le cose che vediamo dai loro colori.

La discussione sull'origine e la sua struttura ha lasciato perplesso filosofi dall'inizio stesso della storia. Ciascuno dei primi filosofi ha scritto la propria opinione sulla natura della luce. Solo nel 17° secolo, con lo sviluppo della scienza moderna, la discussione di questo argomento è in modo moderno con una teoria matematica.

Sappiamo che le cose vengono in particelle (di queste è fatta la materia) e in onde (lo sanno bene i marinai e i musicisti...), quindi dobbiamo capire se la luce è composta da particelle o da onde.

Isaac Newton, partendo dall'esistenza dei raggi e dei loro percorsi lineari, affermò che la luce è composta da diverse particelle di materia (una per ogni colore), che vengono emesse dalla materia. La rifrazione è quindi spiegata dalle forze che agiscono sulle particelle di luce durante la loro transizione attraverso la superficie di separazione di due mezzi.

Al contrario, Christiaan Huygens scrisse nel suo *Traité de la Lumière* (Trattato sulla luce) che la luce è fatta di onde che scorrono in una materia molto sottile e speciale chiamata etere, che si estende in tutto l'universo. L'etere è un mezzo elastico composto da particelle di materia molto leggere. Questa idea gli permise di spiegare le proprietà della luce (rifrazione, interferenza, diffrazione, colori) in





modo molto simile. A IL ben noto proprietà del suono. Come possiamo avere da

diverse lunghezze d'onda della perturbazione nell'aria/acqua/fluido, i diversi suoni che proviamo dalle diverse lunghezze d'onda della perturbazione nell'etere, i diversi colori che possiamo vedere.

Il successo della teoria ondulatoria di Huygens nello spiegare portò la comunità scientifica ad adottare la sua teoria e a metterla da parte. IL corpuscolare teoria della luce.

Lo sviluppo dello studio delle proprietà elettriche e magnetiche fenomeni ha portato James Clerk Maxwell a capire che la luce è una forza elettrica e magnetica fenomeno. La luce, nella sua visione, è un'onda. Quello che attraversa lo spazio trasportato da quella sottile sostanza chiamata etere.

All'inizio del XX secolo, i fisici hanno scoperto che a volte la luce sembra interagire con la materia in un continuo modo come un'onda, ma in modo discreto come una particella o come un pacchetto di energia. L'effetto fotoelettrico, l'effetto Compton, e la radiazione del corpo nero sono alcune di questi fenomeni. La spiegazione di questi effetti è arrivata allo sviluppo della meccanica quantistica.

La scoperta dell'effetto LASER (Amplificazione della luce mediante emissione stimolata di radiazione) è un'altra conseguenza della meccanica quantistica, che forse è la teoria fisica con il maggior successo.

Questo studio si propone di stimolare l'interesse verso un argomento che ben si presta ad un approccio multidisciplinare nel campo STEM attraverso la scoperta delle basi della tecnologia laser e





aumentare la curiosità verso un argomento la cui ricerca è in prima linea e ha importanti implicazioni in ogni campo della vita moderna, compreso il benessere e la salute attraverso la diagnostica e le applicazioni chirurgiche.

L'esplorazione della generazione e dell'uso della tecnologia laser è migliorata attraverso l'esercizio di Realtà Aumentata "Tecnologia laser e applicazioni mediche", sviluppato utilizzando Delightex Studio – Spaces (Marker). Questa esperienza di realtà aumentata guida gli studenti attraverso cinque scene interattive: sistemi atomici a tre livelli con inversione di popolazione, emissione stimolata e amplificazione di fotoni, progettazione di cavità ottiche con specchi e applicazioni laser medicali (CO₂, Argon, Nd:YAG). Sei quiz integrati forniscono un feedback immediato, consentendo agli studenti di visualizzare processi quantistici invisibili e di collegare la fisica atomica alla pratica clinica.

Sezione 1: Esplora

Atomi

Qual è la struttura dell'atomo?

L'atomo è la parte più piccola della materia. Quello ha proprietà chimiche. In 1 grammo di idrogeno, ci sono $6.022 \cdot 10^{23}$ atomi. Contiene i tre tipi delle particelle elementari che costituiscono la materia. I protoni (particelle cariche positivamente) e i neutroni (particelle cariche neutre) sono impacchettati nel nucleo, mentre gli elettroni più piccoli (caricati negativamente) orbitano attorno al nucleo in regioni chiamate





gusci elettronici o livelli energetici, creando una nube di carica negativa che bilancia la carica positiva dei protoni e determina le proprietà chimiche dell'atomo. La massa dell'atomo è la somma delle masse di queste particelle, ma perché gli elettroni sono più leggeri solo lo 0,06% della massa dell'atomo è elettronico.

Tuttavia, gli elettroni dell'atomo tutte le sue proprietà chimiche. Il numero di elettroni è il numero atomico dell'elemento. La meccanica quantistica ci dice che gli elettroni nell'atomo possono avere solo alcune energie in modo discreto.

L'energia del N -esimo livello è data dalla formula

$$E_N = -hcR_\infty \frac{Z^2}{N^2}$$

Dove h è la costante di Planck, c è la velocità della luce, R_∞ è la formula di Rydberg, e Z è il numero atomico dell'atomo.

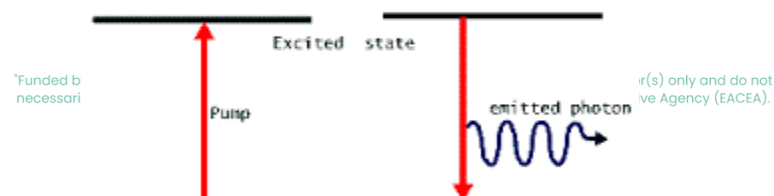
Quando un elettrone passa da un livello di energia più alto a un livello più basso, emette un quanto di energia elettromagnetica (fotone). L'energia è la differenza delle energie dei livelli coinvolti, e viene emesso con una frequenza F data dalla formula

$$F = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

essere E_2 l'energia del livello superiore (cioè il livello iniziale dell'elettrone) ed E_1 l'energia del livello inferiore (cioè il livello di destinazione).

Questo tipo di emissione è chiamata **spontanea emissione radiativa**.

Two-level atom





Per comprendere appieno la dinamica di questo tipo di emissione è importante ricordare alcune caratteristiche della costituzione dell'atomo.

Gli elettroni obbediscono alle leggi della meccanica quantistica che ci dicono che

- non possiamo trovare la posizione e la quantità di moto delle particelle con precisione infinita (**Principio di indeterminazione di Heisenberg**)
- possiamo conoscere la probabilità di trovare una particella in una certa posizione nello spazio solo attraverso l'uso della **Schrödinger** equazione. Le soluzioni di questa equazione ci danno la probabilità come una funzione delle coordinate spaziali. Di conseguenza, possiamo visualizzare la zona dello spazio in cui la probabilità di interazione con una particella è non trascurabile.

Nel caso degli elettroni nell'atomo, le soluzioni della Schrödinger equazione sono chiamati orbitali.

Il **Principio di esclusione di Pauli** consente solo a due elettroni (uno per ogni direzione della proprietà elettronica chiamata spin) di occupare un orbitale, ovvero di soddisfare le condizioni dell'equazione di Schrödinger.





La struttura dei livelli energetici dell'atomo e le transizioni tra di essi dipendono da queste regole.

L'effetto laser

La parola laser è l'acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Il motivo di questo nome deriva dal fatto che quando abbiamo degli elettroni in un livello superiore al livello di energia minima, un'onda elettromagnetica della giusta frequenza può stimolare il decadimento degli elettroni a un livello inferiore. La cosa sorprendente in questa situazione è che l'onda elettromagnetica emessa ha la stessa frequenza, fase e direzione. Come l'onda stimolante incidente.

Ciò significa che la luce incidente è fortemente rinforzata perché

- la stessa direzione della luce emessa porta ad una diffusione molto bassa del raggio luminoso (**collimazione**)
- la stessa fase implica che non vi sia interferenza tra i fotoni (**coerenza**)

Per raggiungere una tantamente potente emissione stimolata, dobbiamo pompare un gran numero di elettroni allo stesso livello e lasciarli decadere sul livello inferiore insieme allo stesso tempo.

Il problema in questa situazione è che se pompiamo alcuni elettroni in un livello energetico più elevato mediante l'assorbimento stimolato di energia, gli atomi emettono alla stessa velocità con cui avviene il





pompaggio. Dobbiamo "bloccare" gli elettroni a un livello che non decada alla stessa velocità del pompaggio.

L'emissione laser

Le leggi della meccanica quantistica applicate ai livelli elettronici ci dicono che la velocità di decadimento non è la stessa per ogni paio di livelli. Ogni transizione ha un caratteristico tempo di decadimento. Alcune transizioni hanno un tempo molto

breve tempo di decadimento (cioè l'elettrone rimane nel livello superiore per un tempo minimo) mentre altre transizioni potrebbero non verificarsi per un tempo molto lungo.

Un sistema con molti atomi identici in un certo tempo N_2 (in un'unità di volume) gli atomi hanno almeno un elettrone nel livello 2. Qualche volta un'energia maggiore del livello corrispondente 1 (energia inferiore) dove può andare l'elettrone.

Il numero di atomi N_2 che fanno questa transizione (2 a 1) in un certo

intervallo di tempo Δt è dato dalla formula

$$\frac{\Delta N_2}{\Delta t} = -A_{21} N_2$$

dove il numero A_{21} si chiama il coefficiente di Einstein ed è l'inverso della durata media della vita per emissione spontanea τ_{21} dell'elettrone a livello 2.





Dopo la vita T_{lingua} il numero medio di atomi nel livello 2 È $\frac{N_2}{E}$ Dove
 $E = 2.71828...$ è la NE per numero.

Quando l'atomo viene colpito da un'onda elettromagnetica la cui frequenza è la stessa di quella della transizione atomica, i fotoni dell'onda costringono l'atomo a subire la transizione.

La differenza fondamentale fra emissione stimolata e l'emissione spontanea è quella in cui il fotone emesso ha la stessa fase e direzione COME l'onda incidente.

Ovviamente, si ottiene un potenziamento della radiazione se il numero di elettroni (popolazione) nel livello 2 è superiore alla popolazione di livello 1.

L'atomo a tre livelli

Una configurazione efficace per realizzare un dispositivo laser è quella di utilizzare non solo due livelli (il livello di transizione laser) di un atomo, ma una tre livelli configurazione per raggiungere l'obiettivo cosiddetto inversione di popolazione nel livello alto da cui lo stimolo dell'onda incidente fa sì che gli atomi emettano contemporaneamente.

In modo da raggiungere l'inversione della popolazione, dobbiamo pompare l'elettrone nel livello 1 al livello 2 tramite un'onda





elettromagnetica della giusta frequenza che fornisce agli atomi l'energia per saltare al livello superiore.

Se abbiamo solo due livelli, l'elettromagnetico l'onda pompa gli elettroni nel livello inferiore al livello superiore alla stessa tariffa. Quella l'onda stimola l'emissione dal livello 2 al livello 1. Dobbiamo "intrappolare" l'elettrone nel livello superiore.

Utilizzando tre livelli di un atomo, possiamo pompare l'elettrone in un livello elevato (livello 3). L'elettrone decade rapidamente in un livello intermedio (livello 2) e rimane lì finché un'onda della giusta frequenza non stimola il decadimento al livello 1.

Questa procedura richiede due diverse onde stimolanti con frequenze diverse. La prima (radiazione di pompaggio) ha la frequenza $F_{31} = \frac{E_3 - E_1}{h}$

mentre la seconda (radiazione stimolante) ha la frequenza

$$F_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

Il dispositivo sarà impostato in uno stato "pronto" dall'inversione di popolazione causata dall'onda di pompaggio. Quando avremo bisogno dell'emissione laser, lasciamo che l'onda stimolante attraversi il materiale, e gli elettroni nel secondo livello decadono tutti in una volta, dando una forte emissione di radiazioni.

Per sfruttare appieno l'onda incidente stimolante nel dispositivo laser, il materiale attivo si trova all'interno degli specchi.





Questi specchi formano una cavità risonante che migliora l'emissione di radiazioni.

Fuori dal materiale attivo, come il rubino nella tecnologia moderna, vengono utilizzati anche i laser a diodi.

Sezione 2: Eseguire

Per comprendere il dispositivo laser, dobbiamo concentrarci sulle caratteristiche principali dell'emissione laser:

- **Monocromaticità:** Tutti i fotoni emessi hanno la stessa frequenza
- **Coerenza:** L'onda emessa ha la stessa fase in ciascuna delle sue parti.
- **Direzionalità:** L'onda emessa ha una ben definita direzione con pochissima diffusione
- **Brillantezza:** La potenza emessa sull'unità di superficie e l'angolo solido sono molto alti

- **Impulso breve:** La luce emessa può avere una durata molto breve

La caratteristica monocromatica del laser è forse la più importante. Trova diverse importanti applicazioni in biotecnologia. Ad esempio, consente di trasferire potenza solo al tessuto selezionato. Per farlo, è sufficiente scegliere un dispositivo laser la cui frequenza di emissione rientri nell'intervallo di sensibilità dei tessuti biologici (ovvero, una lunghezza d'onda specifica che viene fortemente assorbita dal tessuto bersaglio,





come emoglobina, melanina o acqua, a seconda dell'applicazione).

IL **Coerenza** E **Direzionalità** consentono di concentrarsi esclusivamente sulla posizione selezionata.

IL **brillantezza** migliora il trasferimento di potenza ai tessuti.

IL **Impulso breve** permette di evitare di trasferire troppa energia ai tessuti.

Nell'esercizio di realtà aumentata, gli studenti esplorano la generazione laser attraverso scene sequenziali che mostrano l'eccitazione atomica, l'emissione stimolata e la funzione della cavità ottica, quindi applicano queste conoscenze rispondendo a quiz sulla selezione appropriata del laser per diverse procedure mediche.

Sezione 3: Migliorare

Come esempio, gli studenti saranno in grado di scegliere i giusti livelli atomici da utilizzare per calibrare un laser. Quello può distruggere le cellule tumorali della pelle.

Lo studente sceglierà le frequenze giuste sapendo che le cellule da distruggere sono sensibili a frequenze specifiche.

I principali tipi di laser attualmente utilizzati nel trattamento del cancro includono:





- Anidride carbonica (**CO₂**)
- Argon (**Con**)
- Neodimio: granato di ittrio e alluminio (**Nd:YAG**)

I medici e gli altri esperti sanitari che utilizzano questi laser necessitano di una formazione specifica su come utilizzarli e maneggiarli in sicurezza.

Anidride carbonica (CO₂) laser

I laser a CO₂ non penetrano in profondità nei tessuti come i laser Nd:YAG. Possono tagliare o vaporizzare (dissolvere) il tessuto e causare un sanguinamento minimo. Provocano danni minimi ai tessuti circostanti o profondi. Sono utilizzati per trattare lesioni precancerose e alcuni tumori in fase iniziale.

Laser ad argon

I laser ad argon, come i laser a CO₂, penetrano solo per una breve distanza nei tessuti. Sono utili nel trattamento di problemi cutanei e di alcuni tipi di tumori oculari. A volte, vengono utilizzati durante le colonscopie (esami per la ricerca del cancro al colon) per rimuovere i polipi prima che si trasformino in tumori cancerosi. Essi possono anche essere utilizzati con farmaci fotosensibili per uccidere le cellule cancerose in un trattamento noto come terapia fotodinamica (PDT).

Un altro modo in cui possono essere utilizzati è quello di aiutare ad arrestare l'emorragia sigillando i vasi sanguigni nei pazienti sottoposti a radioterapia per alcuni tipi di cancro. Questo potrebbe essere necessario perché a volte la radioterapia può danneggiare i vasi sanguigni vicini ai tumori, causandone la rottura e il sanguinamento.

Laser Nd:YAG (Neodimio: Ittrio-Alluminio-Granato)

La luce di questo laser può penetrare più in profondità nei tessuti rispetto





ad altri tipi di laser e può far coagulare rapidamente il sangue. I laser Nd:YAG possono essere utilizzati attraverso sottili tubi flessibili chiamati endoscopi per raggiungere parti del corpo difficili da raggiungere, come l'esofago (tubo di deglutizione) o l'intestino crasso (colon). Questa luce può anche viaggiare attraverso fibre ottiche flessibili (tubi sottili e trasparenti) inserite in un tumore, dove il calore della luce può distruggerlo.

Trattamento del cancro con il laser

I laser possono essere utilizzati principalmente in due modi per trattare il cancro:

- Per ridurre o distruggere un tumore con il calore
- Per attivare una sostanza chimica (un agente fotosensibilizzante) che uccide solo le cellule cancerose

I laser possono essere utilizzati da soli o in associazione ad altri trattamenti contro il cancro, come chemioterapia (chemio) o radioterapia.

Ridurre o distruggere direttamente i tumori

I laser a CO₂ e Nd:YAG vengono utilizzati per ridurre o distruggere i tumori. Possono essere utilizzati con tubi sottili e flessibili chiamati endoscopi. Gli endoscopi consentono ai medici di vedere e lavorare all'interno di alcune parti del corpo altrimenti irraggiungibili se non con interventi chirurgici più complessi. L'uso di un endoscopio aiuta anche a posizionare il raggio laser in modo che colpisca il bersaglio con precisione.

Ecco alcuni esempi di come i laser trattano il cancro o le lesioni precancerose

condizioni:

- Polipi coloretali: i laser possono essere utilizzati per rimuovere





piccole escrescenze nel colon e nel retto che potrebbero diventare cancerose, chiamati polipi.

- Precancerosi e tumori precoci: i laser possono essere utilizzati per trattare alcune lesioni precancerose della pelle e della cervice, nonché tumori precoci della pelle.
- Cancro avanzato: i laser potrebbero essere utilizzati per trattare i tumori che causano un'ostruzione delle vie aeree, distruggendo una parte del tumore.
- Tumori cerebrali: la termoterapia interstiziale indotta da laser (LITT) può essere utilizzata per trattare alcuni tumori cerebrali. Utilizza il calore per aiutare a ridurre le dimensioni dei tumori danneggiando le cellule o rimuovendo le sostanze di cui hanno bisogno per vivere (come ossigeno e cibo).

Laser che utilizzano la terapia fotodinamica

Per la maggior parte dei tipi di terapia fotodinamica (PDT), uno speciale farmaco chiamato agente fotosensibilizzante viene immesso nel flusso sanguigno. Nel tempo, viene assorbito dai tessuti corporei. Il farmaco rimane più a lungo nelle cellule tumorali che in quelle sane.

Gli agenti fotosensibilizzanti vengono attivati da determinati tipi di luce. Quando le cellule tumorali che contengono l'agente fotosensibilizzante vengono esposte alla luce di un laser ad argon, si innesca una reazione chimica che le uccide. L'esposizione alla luce deve essere attentamente programmata in modo da essere utilizzata quando la maggior parte dell'agente ha abbandonato le cellule sane, ma è ancora presente nelle cellule tumorali.

La PDT viene talvolta utilizzata per trattare tumori e lesioni precancerose dell'esofago, delle vie biliari, della vescica e alcuni tipi di cancro ai polmoni raggiungibili con gli endoscopi.

È anche in fase di studio per l'uso in altri tumori, come il cervello, pancreas





e prostata. I ricercatori stanno valutando diversi tipi di laser e nuovi farmaci fotosensibilizzanti che potrebbero funzionare meglio.

Conclusione:

In questa unità, esploriamo le caratteristiche principali dei dispositivi laser. Analizziamo le caratteristiche della materia e degli atomi. Quello che faremo è possibile ottenere la luce laser.

Vediamo come il tre livelli. La configurazione atomica è la migliore per creare l'inversione di popolazione. L'inversione di popolazione è come un serbatoio di elettroni. Quando stimolato dalla giusta frequenza, tutti gli elettroni emettono contemporaneamente con la stessa frequenza e fase.

Questo tipo di emissione consente focalizzando l'onda elettromagnetica in una piccola area e producendo un breve impulso con la lunghezza d'onda desiderata. Quantità di potenza. Il riscaldamento successivo del colpo alla materia potrebbe essere utilizzata per fondere e saldare materiali o in campo biomedico. Applicazioni per distruggere i tessuti malati o per cauterizzare.

Gli studenti, tramite l'uso della realtà aumentata, è possibile esplorare tutte queste caratteristiche per avere un'idea chiara dei processi fisici coinvolti nell'effetto laser e nella costruzione dei dispositivi laser.

Gli studenti applicano le conoscenze acquisite valutando le scelte laser appropriate per scenari clinici, tra cui la profondità di penetrazione nei tessuti, i trattamenti superficiali e le applicazioni della terapia fotodinamica.





Fase	Descrizione
Esplorare	- Ricerca e scoperta: meccanica quantistica e configurazione dell'atomo
	- Sviluppo dei contenuti: livelli atomici
	- Analisi delle esigenze: elettromagnetismo, onde, semiconduttori, diodi, anatomia.
Eseguire	- Implementazione del curriculum: verifica delle conoscenze
	- Esercizi interattivi: messa a punto di un dispositivo laser
	- Raccolta feedback:
Migliorare	- Integrazione AR: costruzione di un dispositivo laser
	- Apprendimento interattivo: messa a punto di un dispositivo laser per il funzionamento
	Contenuto gamificato:
	- Punti e distintivi: UN sistema di punteggio dinamico in cui guadagnare "punti" o nessuno rispondendo alle domande
	- Missioni e livelli: IL domandeil livello di difficoltà consente di manipolare i concetti.
	- Ricompense per l'esplorazione: Il sistema di accumulo puntiincoraggialoro di applicare le loro conoscenze per ottenere di piùpuntiin ogni fase e, alla fine, possonocreareuna classifica con i punti guadagnati.
	- Attività collaborative gamificate: Possono lavorare insieme per ottenere i migliori risultati.
	Valutazioni basate sulla realtà aumentata: Sostituisci i test tradizionali con valutazioni basate sulla realtà aumentata.

Riferimenti:

Struttura atomica e livelli: <https://www.youtube.com/watch?v=uiwRhxoZ5sl>

Laser a diodo: https://www.youtube.com/watch?v=_l4fyOtyvPg



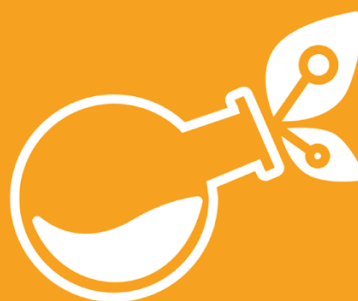


Trattamento del
cancro: <https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/treatment/other/laser-treatment>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.