

Dalle *mystery box* ai *transistor*: un percorso di scienza e tecnologie per la scuola media inferiore

Stefano Brivio^a, Federica Broggi^b, Elena Cianci^b, Giuseppina Pace^a,
Graziella Tallarida^a

^a Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (CNR-IMM), Agrate Brianza (MB)

^b Scuola media “Paolo VI”, Tradate (VA)

1. *Introduzione*

Nel giugno 2024 abbiamo organizzato presso la scuola media “Paolo VI” di Tradate un percorso di orientamento e formazione per il potenziamento delle competenze STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) aperto a studenti al termine del secondo anno. L’iniziativa rientra nelle attività di comunicazione con il pubblico e valorizzazione della ricerca che il CNR-IMM porta avanti con varie iniziative nelle diverse sedi; tra queste citiamo in particolare il progetto “Science, Technology, Engineering and Math – Women in Science” (STEM-WiS¹; Puglisi 2021), che organizza incontri presso le scuole per far conoscere ricercatori/trici che all’interno del più grande ente di ricerca pubblica in Italia lavorano in ambito STEM, specificatamente nel settore della micro- e nanoelettronica e della ricerca sui materiali.

La nostra proposta ha avuto il duplice obiettivo di fornire ai ragazzi una prospettiva di studio (e di carriera) nell’ambito delle discipline STEM e, più in generale, di mettere in luce vari aspetti del lavoro di ricerca: la curiosità come motore primario della scienza; il valore del metodo scientifico; l’importanza di confrontarsi e di collaborare; lo stretto legame tra il progredire della scienza e lo sviluppo tecnologico e sociale.

L’attività si è inserita perfettamente nel piano dell’offerta formativa della scuola media “Paolo VI” di Tradate (VA), che dal 2018 sperimenta in collaborazione con Avanguardie Educative - Istituto Nazionale di Documentazione Innovazione e Ricerca Educativa (INDIRE), un uso flessibile del tempo scuola

¹ <https://hq.imm.cnr.it/womeninscience>.

per costruire un curriculum personalizzato² che consente a ciascun studente di scegliere come completare una parte del proprio monte ore: la scuola propone annualmente più di 60 laboratori disciplinari che mirano a sviluppare risorse e talenti e alimentare passioni e interessi. Nel passare dal secondo al terzo anno, è stata osservata una diminuzione progressiva della partecipazione ai laboratori STEM che ha riguardato maggiormente le ragazze, in linea con quello che accade a livello nazionale³. La nostra offerta ha perciò intercettato una progettualità in essere della scuola, mirata a realizzare un percorso orientato a favorire l'interesse per le carriere STEM e il superamento dei divari di genere⁴.

Abbiamo scelto di proporre un percorso incentrato sulla ricerca in micro- e nanoelettronica perché è uno dei settori ingegneristici più avanzati dal punto di vista tecnico e scientifico ed è estremamente diffusa in molteplici contesti del nostro vivere quotidiano. È inoltre un perfetto esempio dello stretto legame tra scienza, tecnologia e industria. Infatti, l'elettronica che utilizziamo oggi, nasce dalla rivoluzione della meccanica quantistica avvenuta agli inizi del 1900, che ha permesso la comprensione delle strutture atomiche e ha portato allo sviluppo di materiali con proprietà specifiche e di tecniche per modellarli in geometrie sempre più piccole.

Nel giro di un secolo lo sviluppo dell'elettronica ha generato nuove applicazioni (telecomunicazioni audio e video, elettrodomestici casalinghi, sistemi di calcolo da calcolatrici a personal computer...) e ha rivoluzionato molti settori produttivi, ad esempio l'industria automobilistica, dell'abbigliamento o quella alimentare, ma essa è spesso usata come una scatola nera di cui non si conosce il contenuto. Alla meraviglia per dispositivi e prodotti con funzionalità impensabili fino a poco tempo fa, si affianca spesso una certa diffidenza e la percezione che sia una tecnologia troppo difficile per essere compresa. D'altra parte, le giovani generazioni saranno sempre più influenzate dai progressi nel campo della micro- e nanoelettronica e, al contempo, sono chiamate a guidarne gli sviluppi seguen-

² https://innovazione.indire.it/avanguardieeducative/scuola?i_id=VA1M012005.

³ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00217__custom_10079895/default/bar?lang=en; <https://www.openpolis.it/in-italia-ampi-divari-di-genere-nellapprendimento-delle-stem/>; https://doi.org/10.2908/SDG_04_40.

⁴ Progetto "BE THE CHANGE", CUP di progetto: F64D23002610006, Codice locale di progetto: M4C1I3.1-2023-1202-P-27495, finanziato da D.M. n. 65/2023 a valere sul PNRR linea di investimento 3.1 "Nuove competenze e nuovi linguaggi" Missione 4 – Componente 1. <https://www.istitutopavoni.it/pnrr/>.

do criteri di sostenibilità e responsabilità (si pensi ad esempio all'impatto che sta avendo e avrà nel prossimo futuro lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale).

Durante gli incontri abbiamo adottato strategie volte a mettere i ragazzi al centro del percorso, rendendoli protagonisti delle attività pratiche. Per catturare l'attenzione, sollecitare la curiosità e rendere significativo l'apprendimento, i ragazzi sono stati invitati a indagare alcuni quesiti tecnologici permettendogli di *mettere le mani in pasta* in esperimenti pratici. Il nostro ruolo è stato quello di registi e facilitatori del processo di apprendimento, lasciando spazio e tempo alla cooperazione tra pari, al *brainstorming*, alle domande e alla ricerca delle soluzioni prima che alle soluzioni stesse. In apertura e chiusura del percorso abbiamo utilizzato un approccio più marcatamente ludico con l'obiettivo di creare un contesto stimolante e coinvolgente, che sfidasse gli studenti a pensare fuori dagli schemi e li motivasse alla mobilitazione di conoscenze disciplinari e abilità comunicative, strategiche, di iniziativa, relazionali, attentive etc., che messe in atto ed esercitate favoriscono lo sviluppo delle competenze chiave di cittadini di Europa⁵.

2. *Scienziate e scienziati come role model*

I ragazzi delle scuole medie si trovano in una fase di crescita in cui maturano la propria autostima e il senso di identità attraverso una maggiore consapevolezza di sé e del mondo che li circonda. Sono perciò particolarmente sensibili a captare stimoli che li possano portare a un riconoscimento delle proprie capacità e a rivolgere la propria attenzione a interessi nuovi, che possono andare dallo sport, all'arte, e, se opportunamente stimolati, verso le discipline STEM. Sebbene il mondo ci presenti costantemente esempi di come la chimica, la fisica e l'ingegneria regolino molte delle nostre esperienze giornaliere, le materie STEM sembrano tuttora complesse e alienanti per molti studenti. Per colmare il divario fra la scienza che viviamo giornalmente (dall'ebollizione dell'acqua, all'accensione di un'auto e oltre), e l'apprendimento delle materie STEM svolto sui banchi di scuola, un primo passo importante è quello di spolverare via quell'alone di inaccessibilità che spesso avvolge gli "scienziati" proponendo dei role model.

⁵ Raccomandazione del Consiglio EU del 22 maggio 2018 relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente (2018/C 189/01).

I *role model* possono contribuire a spingere i ragazzi a esplorare interessi alternativi per il loro futuro accademico e professionale, e possono essere efficaci per rappresentare l'utilità delle materie STEM per risolvere problemi concreti e per creare innovazioni in grado di migliorare vari aspetti della nostra società, dalla medicina all'ambiente, dalle comunicazioni alla tecnologia (Gladstone, 2021). La presenza di modelli femminili di successo nelle STEM permette di dimostrare che queste discipline non sono riservate ai maschi. Oltre alla questione di genere, ove possibile, è importante che anche i ragazzi provenienti da comunità minoritarie o con risorse economiche limitate possano beneficiare dall'incontro con i *role model*, per dimostrare che il successo nelle STEM non è un privilegio di pochi, ma il risultato di impegno, passione e curiosità. Esempi concreti di *success stories* dove gli scienziati mostrano i loro percorsi formativi e professionali senza nascondere le proprie origini e le difficoltà riscontrate durante il percorso, possono aiutare i ragazzi a superare il peso degli stereotipi di genere e culturali. Diviene quindi importante mostrare ai ragazzi quali sono state le sfide e come sono state superate, i fallimenti trasformati in lezioni e percorsi che magari non sono stati lineari, ma che hanno condotto comunque a traguardi importanti.

Con questi intenti, durante il ciclo di incontri abbiamo presentato (2 ricercatrici e 1 ricercatore) il nostro percorso di studi e professionale nel campo della chimica, della fisica e dell'ingegneria. Abbiamo raccontato ai ragazzi le motivazioni che ci hanno portato alla scelta di un percorso professionale nelle STEM, mostrando degli esempi tangibili di persone che una volta erano studenti come loro. In tal modo gli *scienziati* assumono una dimensione più umana, più a portata dei ragazzi, mostrandosi nella loro semplicità e "appartenenza al genere umano".



Figura 1

I ricercatori raccontano il proprio percorso nel mondo della ricerca

Dalle mystery box ai transistor

3. Le tappe del percorso

Il percorso si è sviluppato in 5 incontri di 3 ore, ognuno con un tema specifico illustrato in figura 2 e descritto di seguito; per tutte le attività le/gli studenti (10 in tutto) erano divisi in gruppi di 3-4 unità, per stimolare l'interazione e la collaborazione.

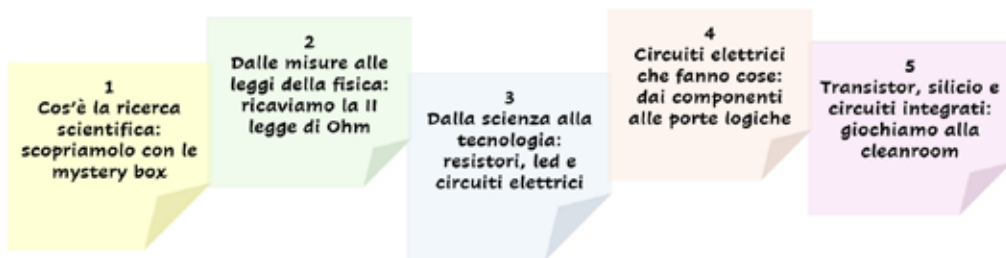


Figura 2
Le tappe del percorso

3.1. Le *mystery box*

Il gioco delle *mystery box* consiste nell'esaminare delle scatole sigillate e formulare delle ipotesi sul loro contenuto, "misterioso" e inaccessibile, a partire da osservazioni e deduzioni. Mettendo insieme varie proposte trovate in rete⁶, abbiamo realizzato tre scatole uguali (figura 3), ciascuna con un contenuto specifico: una manciata di chiodini in ferro; del detersivo liquido per i piatti; un tappo di sughero. Abbiamo inoltre messo a disposizione dei ragazzi una bilancia da cucina, una scatola identica alle altre ma vuota, dei magneti, un foglio di carta millimetrata da usare come righello, un blocchetto di biglietti adesivi colorati (un colore diverso per ciascun gruppo). Abbiamo infine predisposto un cartellone suddiviso in tre sezioni numerate come le scatole.

Ciascun gruppo ha potuto esaminare una scatola alla volta per un tempo massimo di 20 minuti. Abbiamo suggerito loro di impiegare questo tempo per analizzare le scatole, anche toccandole e muovendole; di utilizzare i propri sensi e gli strumenti messi a disposizione per fare delle osservazioni; di avanzare delle ipotesi sulla natura del contenuto. Osservazioni e ipotesi sono state scritte sui

⁶ <https://learning.sciencemuseumgroup.org.uk/wp-content/uploads/2020/04/SMG-Academy-Mystery-Boxes.pdf>; <https://www.scienceinschool.org/article/2022/mystery-box-challenge/>.

bigliettini adesivi, e questi sono stati attaccati sul cartellone in corrispondenza del numero sulla scatola.

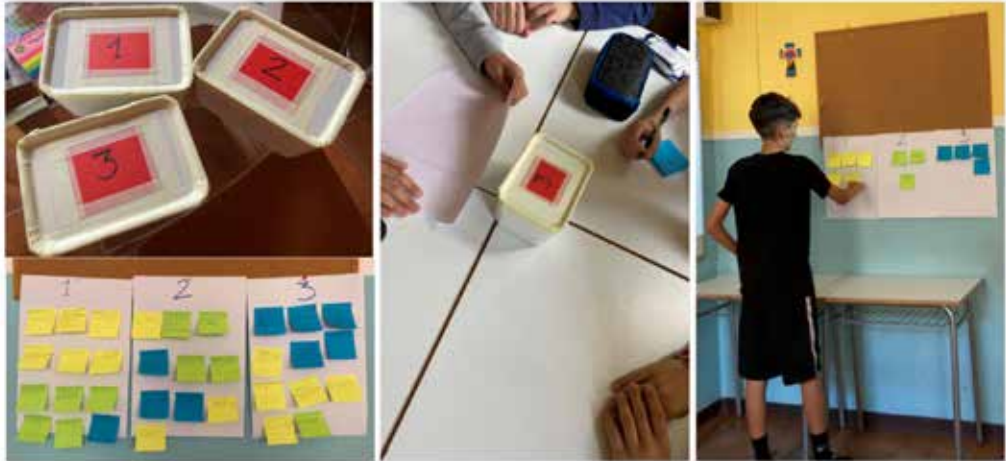


Figura 3
Momenti del gioco con le *mystery box*

Pur lasciandoli liberi di svolgere il gioco a proprio piacimento, abbiamo richiesto ai gruppi di motivare le proprie osservazioni e ipotesi, e di riportarle sui bigliettini in maniera chiara, per facilitare la fase di discussione e confronto. Il nostro ruolo è stato di supervisionare/ascoltare e guidare i ragionamenti dei ragazzi per aiutarli a formulare delle ipotesi “scientifiche” facilmente comprensibili anche da persone estranee all’esperienza stessa, sottolineando l’importanza non solo dell’esperimento e delle conclusioni raggiunte, ma anche di una corretta comunicazione dei risultati.

Gli studenti hanno dimostrato grande interesse per il gioco e ciascuno di loro ha contribuito alle osservazioni e alla formulazione delle ipotesi. Pur con i limitati mezzi a disposizione sono stati capaci di fare osservazioni puntuali, di utilizzare conoscenze sviluppate in attività precedenti e formulare ipotesi originali. Una volta terminata la fase di analisi delle tre scatole, abbiamo messo a confronto per ognuna di esse i biglietti raccolti. Seguendo il nostro invito, i ragazzi hanno discusso i risultati contraddittori, si sono interrogati sulla fondatezza di alcune osservazioni e l’arbitrarietà di alcune ipotesi, fino a essere in grado di selezionare e costruire un insieme di soluzioni plausibili e condivise.

Con vari esempi abbiamo messo in evidenza le analogie tra le *mystery box* e la ricerca scientifica, partendo dalle motivazioni e dal bisogno di interrogarsi su fenomeni sconosciuti e spesso inaccessibili sperimentalmente, riflettendo sulla possibilità di utilizzare metodi indiretti di indagine per elaborare delle ipotesi, realizzando che molto spesso queste ipotesi restano necessariamente tali e possono essere messe in discussione all'emergere di nuove prove sperimentali o nuove teorie. La discussione finale tra gruppi ci ha fornito un esempio efficace per mettere in evidenza l'importanza della collaborazione e del confronto fra pari in seno alla comunità scientifica, nonché la necessità di basare le proprie ipotesi su osservazioni scientifiche riproducibili.

Per tener fede fino in fondo all'analogia con la ricerca scientifica più di frontiera, abbiamo scelto di non aprire le *mystery box*; questo ha generato un po' di delusione (piccolo assaggio della frustrazione del ricercatore), ma allo stesso tempo ha permesso un ideale proseguimento del gioco nei giorni seguenti.

3.2. Ricavare una legge fisica utilizzando carta e matita

Se con le *mystery box* i ragazzi hanno avuto modo di cogliere alcuni aspetti della ricerca scientifica in generale, con l'utilizzo di carta, matita e di un multimetro, sono stati in grado di ricavare una legge dell'elettromagnetismo, raccogliendo un set di dati sperimentali e applicando il metodo scientifico.

L'obiettivo dell'attività è stato ricavare la seconda legge di Ohm, che mette in relazione la resistenza elettrica di un materiale e la sua forma geometrica⁷. Per restare nell'ambito della loro esperienza quotidiana, abbiamo selezionato come materiale da esplorare la grafite della matita. Questa scelta ci ha dato l'opportunità di creare un collegamento diretto con le nostre attività di ricerca legate al grafene e ai materiali bidimensionali (Grazianetti, 2024).

Nel preparare il materiale, abbiamo dovuto tener presente che l'elettromagnetismo e alcuni metodi della matematica (grafici, rette, pendenze...) non erano ancora entrati nel percorso scolastico degli studenti. Pertanto, abbiamo introdotto alcuni principi generali dell'elettricità con esempi semplici e familiari, spiegando in particolare che la corrente elettrica è generata dal movimento di elettroni e che la quantità di elettroni che passa all'interno di un materiale dipende dalla sua resistenza elettrica.

Abbiamo quindi presentato il multimetro come strumento in grado di

⁷<https://farelaboratorio.accademiadellescienze.it/esperimenti/fisica/76>.

misurare la resistenza elettrica e dato loro la possibilità di usarlo, lasciandoli liberi di misurare la resistenza di tutto quello che avevano intorno, distinguendo tra oggetti più o meno conduttivi.

Senza anticipare altro, abbiamo consegnato a ciascun gruppo un foglio di carta millimetrata con già tracciati due assi verticali e una scala in *Ohm*, un multimetro e una matita con la mina morbida (6B). Ciascun gruppo è stato invitato a disegnare sulla carta millimetrata, alla base degli assi verticali, due rettangoli pieni di uguale lunghezza (10 cm) e altezza diversa (0.5 e 1 cm). Su ciascuna striscia è stata misurata la resistenza al variare della distanza tra i puntali del multimetro, tenendo uno dei contatti fisso all'inizio della striscia di grafite e spostando l'altro verso destra, 2 cm per volta; in corrispondenza di ogni punto lungo la striscia, il valore della resistenza misurato è stato riportato sull'asse verticale.



Figura 4
Misure e grafici per ricavare la II legge di Ohm

Nello svolgimento dell'attività (figura 4), i ragazzi hanno dovuto affrontare alcune difficoltà: la variabilità dei dati sperimentali, la necessità di ripetere le misure più volte e di essere accurati e metodici per ottenere dati riproducibili e affidabili. Mettendo a confronto i risultati ottenuti dai vari gruppi, abbiamo raccolto le osservazioni sperimentali (la resistenza che aumenta in proporzione alla lunghezza e diminuisce in proporzione all'altezza della striscia) che hanno permesso infine di dedurre la seconda legge di Ohm. Abbiamo concluso l'attività con una contestualizzazione storica delle leggi di Ohm e di altre tappe fondamentali dell'elettromagnetismo, per mettere in evidenza il suo iniziale carattere esplorativo, che tuttavia ha generato un impatto enorme sullo sviluppo tecnologico degli ultimi due secoli.

Dalle mystery box ai transistor

3.3. Resistenze e LED: il concetto di resistenza nella pratica

L'esperienza precedente ha permesso di comprendere il senso di misurare una grandezza fisica dell'elettromagnetismo. Nella terza tappa abbiamo illustrato e iniziato a manipolare i primi componenti elettronici di questo progetto: resistori e LED (*Light Emitting Diodes*). Gli studenti hanno imparato a riconoscere il valore di resistenza di un resistore dalla tabella dei colori riportata in figura 5a, verificando poi il risultato con il multimetro. Abbiamo mostrato che i LED hanno una zampetta più lunga dell'altra, in quanto, a differenza dei resistori, non sono simmetrici e hanno una direzione di trasporto di elettroni preferita per il loro funzionamento. Hanno quindi imparato a posizionare i componenti su una basetta di prova (*breadboard*). Ciascun gruppo ha quindi costruito inizialmente circuiti elettrici semplici composti da un resistore, un LED e una batteria seguendo uno schema preparato alla lavagna. In questo modo, hanno potuto osservare come aumentando il valore della resistenza nel circuito, la luce prodotta dal LED diventasse sempre più debole. L'esperimento è stato riprodotto con resistori variabili meccanicamente (*trimmer*) o combinando resistori in serie o in parallelo. In questo ultimo caso, il multimetro ha permesso l'interpretazione dei risultati.

Questa attività illustra in maniera molto immediata il significato di resistenza elettrica, come grandezza che misura quanto viene limitato il passaggio di corrente. Gli studenti hanno quindi dato significato fisico a quello che fino alle attività precedenti era solo un numero letto sul multimetro o trovato seguendo le barre colorate sul resistore.

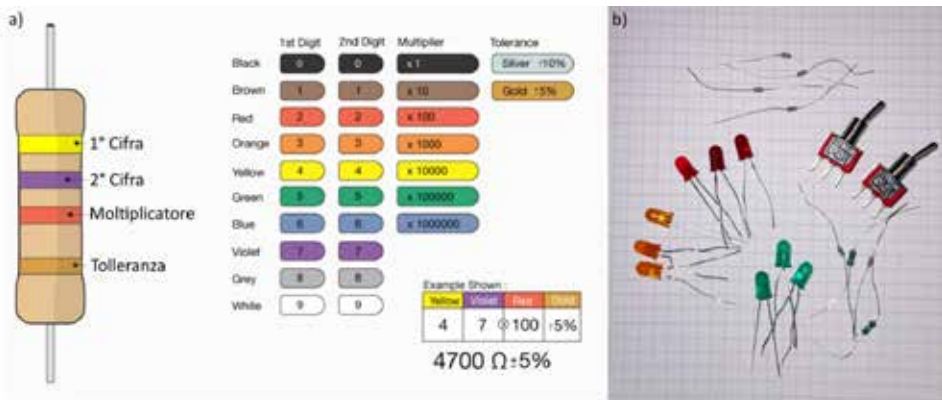


Figura 5

- (a) Schema a colori per il calcolo della resistenza
- (b) Foto dei componenti utilizzati

3.4. Una logica dietro ai circuiti elettronici

Una volta acquisito il concetto di resistenza elettrica, per aggiungere nuove funzionalità ai circuiti abbiamo introdotto l'interruttore a tre terminali, il quale con un azionamento meccanico mette in comunicazione alternativamente uno dei terminali esterni con quello interno (figura 5b) e inserto (figura 6a). Un primo semplice circuito descritto alla lavagna permetteva di accendere un solo LED, utilizzando solo due dei tre terminali dell'interruttore. Gli studenti dovevano interpretare lo schema elettrico e tradurlo in un circuito vero e proprio sulla basetta, passaggio delicato dato l'aumento del numero di componenti da collegare. È stato poi richiesto loro di provare ad aggiungere al circuito la possibilità di accendere alternativamente due LED differenti utilizzando sempre un unico interruttore. Alcuni degli studenti hanno capito immediatamente come fare e tutti hanno realizzato un circuito che accendeva solo il LED rosso o solo il verde.

Infine, gli studenti sono stati invitati a realizzare un circuito che accendesse in maniera esclusiva uno di tre LED, verde, arancione e rosso, come una sorta di semaforo, utilizzando solo due interruttori a tre terminali (esempio elementare di una porta logica). Un possibile esempio di realizzazione del circuito è riportato nella figura 6a, alcune foto scattate durante le attività sono riportate nella figura 6b. L'idea di rappresentare un semaforo è stata raccolta dagli studenti come un gioco e una sfida. I gruppi sono stati lasciati liberi di sviluppare il loro circuito autonomamente e si sono notati diversi approcci al problema: chi

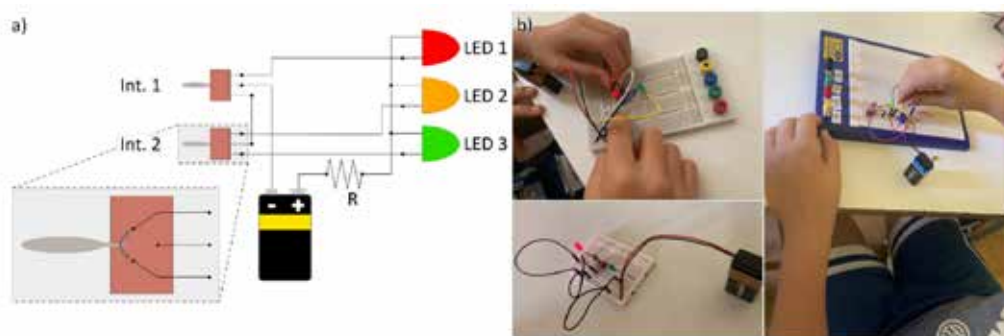


Figura 6

(a) Schema del circuito a semaforo e funzionamento dell'interruttore a tre terminali (inserto)

(b) Foto della attività

provava e riprovava con diverse configurazioni e chi ragionava più a lungo, con carta e penna, prima di collegare i componenti. In ogni caso tutti sono arrivati a capire in maniera pratica il concetto astratto che con due dispositivi a due stati è possibile ottenere un sistema a tre stati.

3.5. Il *transistor*, la nanoelettronica e il lavoro in camera pulita

L'ultima attività proposta culmina in un gioco che ha lo scopo di raccontare come si lavora in un tipico ambiente di fabbricazione di dispositivi nanoelettronici in silicio. Il gioco è stato prima introdotto da alcune spiegazioni e un video.

L'interruttore usato nell'attività precedente è servito da spunto per introdurre il *transistor* in maniera estremamente semplificata, presentandolo come un interruttore controllato elettricamente che quindi permette di compiere in maniera automatica funzioni come quelle operate manualmente nell'attività precedente.

Con l'aiuto di poche diapositive, è stata raccontata la storia della miniaturizzazione del *transistor*, dalla scala macroscopica fino a dimensioni di pochi nanometri, in un arco temporale di pochi decenni. L'evoluzione del *transistor* è stata usata come esempio di interazione tra ricerca di base, sviluppo e industria. È stata poi discussa la necessità di fabbricare tali dispositivi in ambienti puliti (*cleanroom*) dai quali vengono rimosse particelle di polvere che possono essere anche più grandi delle strutture da fabbricare. È stato mostrato un video di ricercatori al lavoro nel laboratorio e nella *cleanroom* dell'Unità di Agrate Brianza del CNR-IMM⁸. Il video illustra la vestizione con tute o camici che non rilasciano polveri, copriscarpe, cuffie e guanti che trattengono sporcizia e contaminanti. Inoltre, la manipolazione di materiale di laboratorio è effettuata con pinzette e utensili mantenuti liberi da contaminazioni.

I ragazzi hanno avuto modo di vedere campioni di silicio ricoperti da strati sottili di altri materiali con colorazioni molto appariscenti e campioni con dispositivi micrometrici disegnati con tecniche litografiche.

A questo punto è stato spiegato il gioco. Il cortile della scuola simulava una *cleanroom* dove era possibile muoversi solo con l'abbigliamento idoneo. Dopo la vestizione con camice, cuffia, guanti e copriscarpe, messi a disposizione dal CNR-IMM, a turno un membro di ogni squadra doveva raccogliere un campione di silicio con delle pinzette da un tavolo posizionato a una estremità dell'area di

⁸<https://www.youtube.com/watch?v=CeFMOOgTF9Y>.

gioco e portarlo su un secondo tavolo posizionato all'altra estremità. La figura 7 mostra alcuni scatti dell'attività.

Non era consentito correre, toccare i campioni con le mani o trasportarli senza indossare il kit di abbigliamento completo. Il gioco terminava una volta esauriti i pezzi di silicio disponibili per ciascun gruppo. È stato assegnato un punteggio pari a 3 per ogni pezzo di silicio portato sul secondo tavolo e una penalità di 1 punto in caso di mancato rispetto delle regole precedenti. Vinceva la squadra che totalizzava il punteggio più alto.



Figura 7
Foto scattate durante l'attività ludica

Il gioco ha appassionato molto i ragazzi: un modo originale per mantenere vivo il ricordo di una esperienza da utente di una *cleanroom* di fabbricazione di dispositivi di silicio.

4. *Considerazioni conclusive*

Riteniamo che il percorso proposto, attraverso la combinazione di modelli di ruolo, attività laboratoriali e ludiche, abbia raggiunto gli obiettivi che ci eravamo posti. Primo fra tutti far emergere vari aspetti del lavoro di ricerca, a partire dal fatto che la ricerca è fatta da persone, di genere diverso, con percorsi di studi diversi e che collaborano. Collegare il lavoro scientifico a chi lo svolge in prima persona ha coinvolto le ragazze e i ragazzi in modo profondo, tanto che a distanza di mesi ricordano le ricercatrici e il ricercatore che hanno incontrato, in particolare i loro viaggi per motivi di studio e di lavoro all'estero. Le ragazze e i ragazzi che hanno seguito le attività hanno presentato la loro esperienza ai compagni di classe, descrivendo le attività sperimentali in cui sono stati coinvolti come se ripercorressero nella loro mente le azioni e i gesti fatti, ad esempio quando hanno collegato led, batteria e resistenza su una basetta, confermando l'efficacia di attività pratiche che favoriscono l'interazione con il materiale di apprendimento per la memorizzazione e la comprensione del fenomeno. Il riscontro delle attività è stato positivo anche in termini di predisposizione verso le materie STEM: il 70% degli studenti che hanno seguito il percorso hanno scelto per il nuovo anno scolastico di dedicare il loro monte ore per le attività extrascolastiche alle iniziative STEM proposte dalla scuola, e di questi il 75% sono ragazze.

Il percorso progettato e sperimentato presso la scuola media "Paolo VI" risponde alle finalità per cui la Settimana Nazionale delle Discipline Scientifiche, Tecnologiche, Ingegneristiche e Matematiche è stata istituita nel 2023⁹. È quindi un percorso pronto per essere proposto nella sua interezza, o nelle sue singole parti, a ragazze e ragazzi per avvicinarli ed educarli verso una cittadinanza consapevole dell'importanza della scienza e delle professioni a essa collegate.

⁹ Legge n. 187 del 2023.

Riferimenti bibliografici

- Gladstone J.R., Cimpian A. (2021), *Which role models are effective for which students? A systematic review and four recommendations for maximizing the effectiveness of role models in STEM*, « International Journal of STEM Education», 8, 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00315-x>.
- Grazianetti C., Molle A., Martella C. (2024), *The future of Xenos beyond graphene: challenges and perspective*, «2D Materials», 11 042005.
- Puglisi R.A. (2021), *STEM Women In Science. Scienza e tecnologia per le giovani al CNR-IMM*, «Quaderni di Comunicazione Scientifica», 1, pp. 153-158.