

Science Summer School sulla chimica e la sostenibilità per gli studenti delle scuole primarie

Massimo Calamante, Maria Caporali, Sara Desideri, Andrea Ienco

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Chimica dei Composti Organo Metallici (CNR-ICCOM), Sesto Fiorentino (FI)

1. Introduzione

Comunicare il ruolo fondamentale della ricerca e della chimica nella sostenibilità ai bambini deve essere fatto in modo che per loro sia un'esperienza coinvolgente oltre che educativa. Da un lato è importante semplificare i concetti chiave utilizzando un linguaggio appropriato all'età. La chimica viene definita come “la scienza di come le cose sono fatte e come cambiano”, mentre la sostenibilità può essere introdotta come “prenderci cura del nostro pianeta affinché rimanga sano per tutti”. Dall'altra parte, la chiave sta nell'utilizzare metodi ludico-educativi che rendano l'apprendimento coinvolgente e divertente con esperimenti pratici e giochi educativi per aiutarli a comprendere il mondo che li circonda. Sono presenti in letteratura esempi recenti che mostrano l'efficacia dell'insegnamento della chimica (Filippas *et al.*, 2023; Ochs *et al.*, 2023) e della sostenibilità (Tan *et al.*, 2023) attraverso i giochi didattici rivolti per lo più a studenti di scuole secondarie e con strumenti digitali. Recentemente alcuni di noi hanno riportato alcune esperienze per studenti delle elementari e che sono strettamente legate ai temi della chimica e sostenibilità (Deganello *et al.*, 2024). Queste iniziative possono essere comprese nell'educazione scientifica informale (ISE) la quale consiste nella partecipazione volontaria all'apprendimento delle scienze durante le ore extrascolastiche. L'ISE permette di alimentare un interesse duraturo nelle discipline STEM (Science, Technology, Engineering e Mathematics), e di fatto le esperienze di apprendimento informale possono avere effetti a cascata, con ricordi ed esperienze cumulative che influenzano positivamente i risultati nel campo scientifico a lungo termine (McCreedy *et al.*, 2013). La partecipazione ai programmi ISE non solo alimenta l'interesse per le specializzazioni e carriere STEM, ma ha anche un impatto sulle carriere artistiche. (Habig *et al.*, 2020).

Nell'ambito del progetto “SiSTEMiamo le conoscenze”, abbiamo proposto, progettato e realizzato una Summer Science School rivolta ad un gruppo

di studenti della scuola primaria (fascia d'età 8-10 anni) dedicata alla chimica, all'energia e al riciclo, organizzata dai ricercatori di CNR-ICCOM presso l'Istituto Comprensivo "Città di Castiglion Fiorentino" a Castiglion Fiorentino (Arezzo). Il campo estivo si è svolto nell'arco di tre giornate durante le quali gli alunni erano impegnati in un percorso educativo che prevedeva sia momenti comuni sia attività laboratoriali di gruppo per favorire la partecipazione attiva e la collaborazione tra gli studenti. Il nostro scopo era duplice: da una parte, creare un percorso didattico educativo sui temi della chimica, della sostenibilità e dell'energia e dall'altra quello di creare dei collegamenti trasversali tra questi.

2. La progettazione

Nell'organizzazione delle tre mattinate dalle 8 alle 13 è stato fin da subito chiaro che fosse necessaria un'attività laboratoriale principale che si sviluppasse per tutti e tre i giorni. Inoltre, il numero di bambini previsto (oltre 30) suggeriva di svolgere alcune attività tutti insieme in momenti comuni per approfondire le tematiche proposte e le attività di laboratorio divisi in gruppi più piccoli. Le altre attività e laboratori dovevano riprendere e approfondire il tema generale del percorso ed essere collegate alla attività principale.

L'attività principale che ha caratterizzato tutti e tre i giorni è rappresentata dal percorso "I colori dell'energia" con cui gli studenti si sono cimentati nella costruzione della cella solare a colorante, DSSC (Smestad, Graetzel, 1998). Le celle solari a colorante, a differenza delle celle solari al silicio, hanno come elemento attivo un colorante, ovvero una molecola che cattura la luce del sole e permette il movimento degli elettroni all'interno del circuito elettrico. Il colorante durante le attività didattiche, come nel nostro caso, è di origine naturale ed estratto da frutti o piante. Il percorso è estremamente flessibile, permette di essere svolto in contesti differenti ed essere modulato nel tempo con laboratori che si svolgono in un paio di ore o in più lezioni come nel caso presente (Deganello *et al.*, 2024). Le altre attività di approfondimento si collegavano all'attività principale sviluppando i temi del colore, di come sono fatte le molecole e del riciclo. La mappa concettuale, che riassume come logicamente è stato organizzato l'evento, è riportata in figura 1.

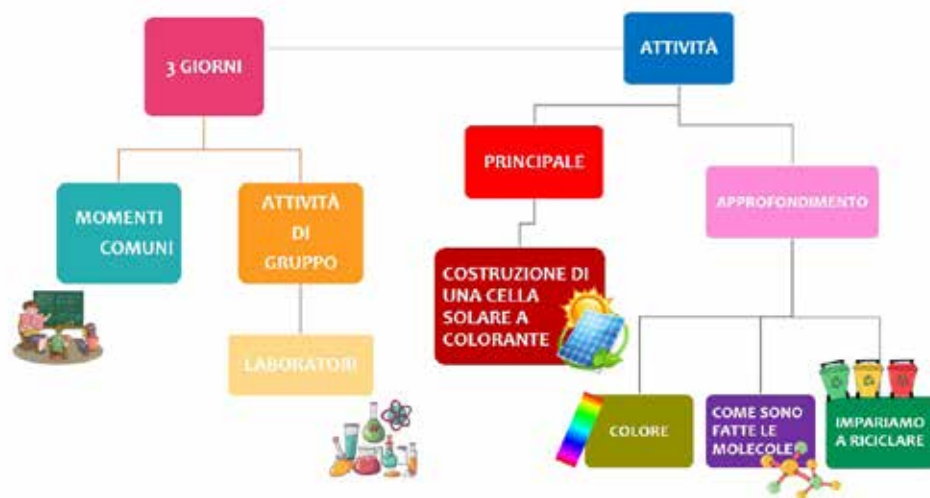


Figura 1
Mappa concettuale dell'organizzazione dell'evento

La singola mattinata invece è stata divisa iniziando con una attività comune e dopo la pausa i partecipanti sono stati divisi in tre gruppi per svolgere a rotazione i laboratori con l'attività principale e quelle di approfondimento. La giornata finisce con un momento comune in cui sono ripresi i temi svolti durante le attività. Tutta l'attività è stata condivisa e valutata con le insegnanti/tutor che poi durante il percorso ci hanno aiutato nella gestione dei bambini.

3. La realizzazione

Il primo giorno per rompere il ghiaccio, farci conoscere dagli alunni ed agganciare la loro attenzione nei confronti dei temi scientifici abbiamo iniziato con un quiz sui nomi degli oggetti che i chimici utilizzano all'interno dei loro laboratori (becher, pallone codato, cilindro graduato ecc.) e ne è stato spiegato l'utilizzo.

Una volta ottenuta la loro fiducia, siamo passati ad una lezione frontale interattiva sull'energia (figura 2) descrivendo le varie fonti di energia (rinnovabili e non), le molecole che vengono usate per generarle (ottano (benzina), metano, carbone) e le loro alternative. Per quantificare l'energia che ogni giorno

utilizziamo è stata introdotta la metafora degli schiavi energetici. Il concetto di schiavo energetico ci permette di paragonare l'energia che può essere prodotta da un essere umano a quella che serve a far funzionare alcuni dispositivi elettrici o mezzi di trasporto. Il calcolo di quanto lavoro di uno schiavo energetico serve per fare azioni quotidiane come asciugarsi i capelli, guardare un'ora di televisione e andare a scuola in automobile è stato fatto insieme ai bambini (Armaroli *et al.*, 2017). Inoltre, è stato spiegato il percorso e le attività del giorno.

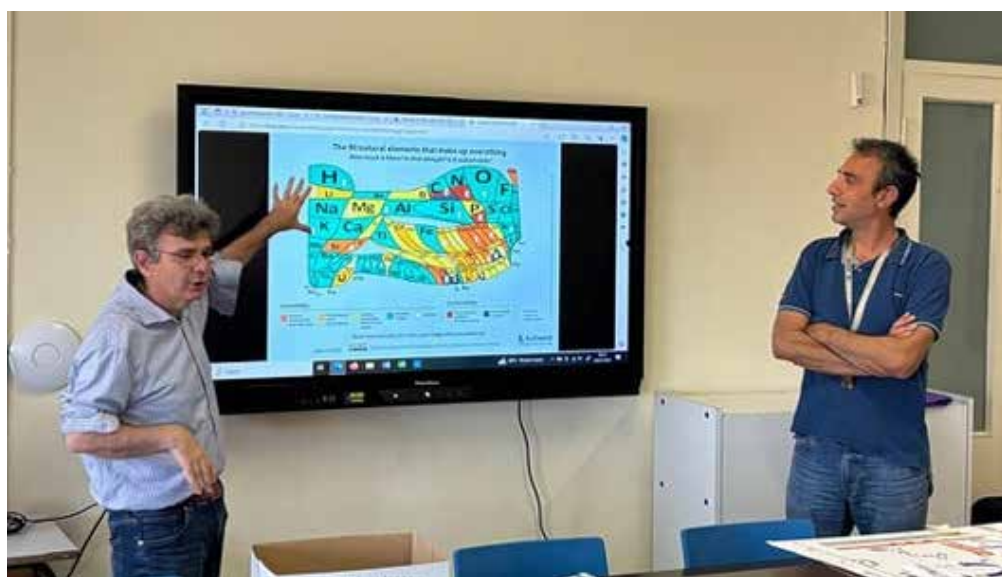


Figura 2
Lezione interattiva in classe

Abbiamo suddiviso i bambini in tre gruppi e, a rotazione, ogni gruppo ha partecipato ai tre diversi laboratori: “I Colori dell’Energia”; “Costruiamo le molecole”; “Lego Sceglitappi”.

Laboratorio “I Colori dell’Energia”

La costruzione della cella solare a colorante è iniziata partendo dalla preparazione dei due vetri conduttori che la compongono. Su uno dei due vetri è stato steso uno strato di pasta di titania, su cui poi verrà assorbito il colorante mentre sull’altro vetro è stato applicato uno strato di grafite. La pasta di titania è stata

preparata al momento e poi stesa sugli elettrodi di vetro dai bambini (figura 3; Deganello *et al.*, 2024)



Figura 3
Costruzione cella solare a colorante

Laboratorio “Costruiamo le molecole”

In questo laboratorio abbiamo affrontato due domande: cosa sono le molecole? Come sono fatte le molecole? Per poter rispondere a tali quesiti abbiamo fatto costruire agli alunni alcuni modelli 3D delle molecole usando oggetti a loro familiari e che potessero rappresentare il più accuratamente possibile gli atomi e i legami chimici. Abbiamo individuato i marshmallow e il pongo come rappresentativi degli atomi e gli stuzzicadenti come rappresentativi dei legami chimici.

I bambini hanno costruito i modellini 3D della grafite, del metano, dell'eptano e dell'ottano (figura 4; Murray *et al.* 2024).

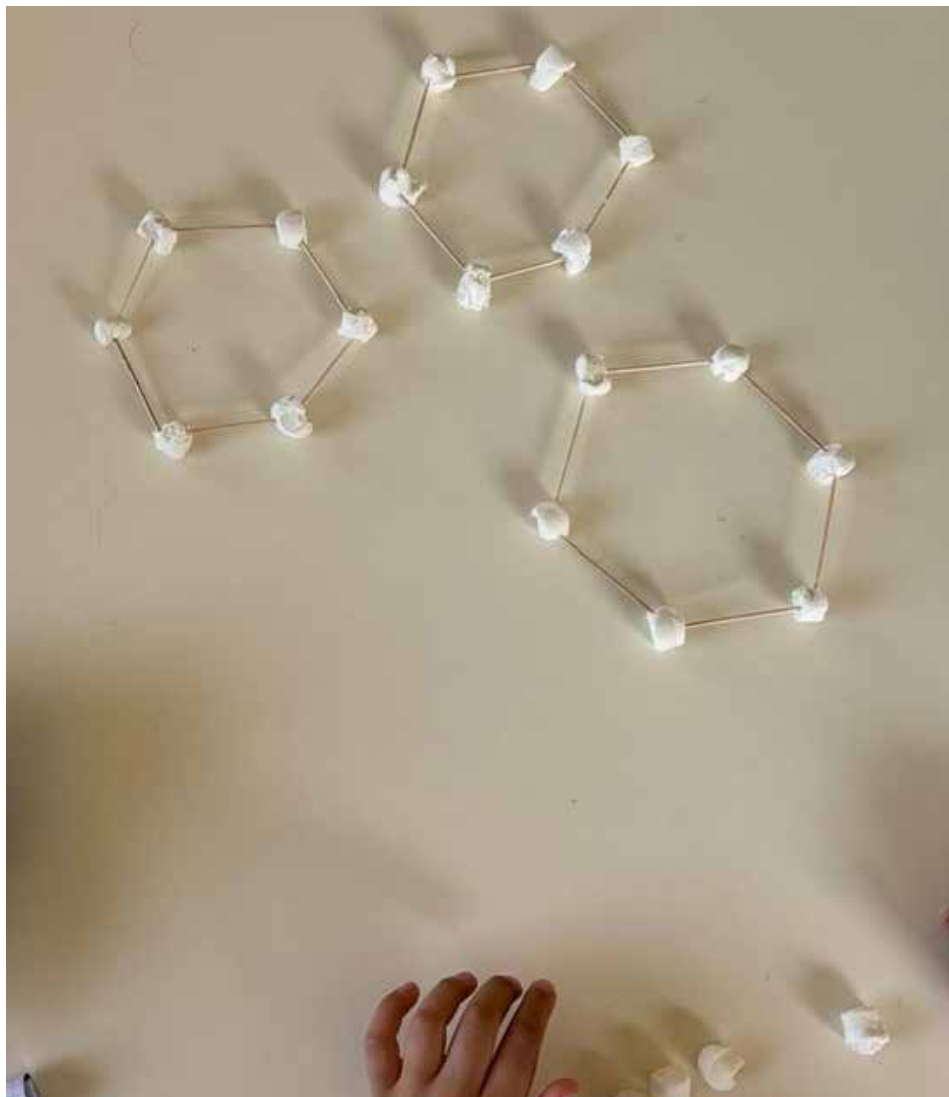


Figura 4
Grafite costruita con marshmallow che rappresentavano gli atomi
e stuzzicadenti che rappresentavano i legami chimici

Laboratorio “Lego Sceglitappi”

Come possono essere valorizzati i rifiuti una volta che vengono prelevati dalle nostre case? Alcuni tipi di plastica possono essere riutilizzati semplicemente attraverso un processo termico. Ad esempio, i tappi di bottiglie in HDPE (polietilene ad alta densità) possono essere facilmente riutilizzati mediante fusione. Tuttavia, i tappi di colore misto diminuiscono il valore del materiale riciclato a causa dello scarso controllo del colore nel prodotto finale. La selezione del colore consente un riciclaggio più redditizio, consentendo la produzione di nuovi oggetti con caratteristiche di colore ben definite. Per questo è stato chiesto agli studenti di costruire con un kit LEGO® programmabile, seguendo le istruzioni, un robot “scegli tappi” e di programmarne il funzionamento, insieme agli istruttori, con la “programmazione blocchi a parole”. Il robot doveva avere la capacità di separare i tappi di colore rosso dai tappi di altri colori simulando, appunto, un processo di separazione dei rifiuti come mostrato in figura 5 (Ienco *et al.*, 2024).



Figura 5

Robot lego scegli tappi costruito con i LEGO® a sinistra e schema della “programmazione blocchi a parole” per il robot sceglitappi a destra

Nella seconda giornata la prima attività, comune a tutti i bambini, è stata la simulazione *umana* della cella solare a colorante. Questa attività è stata ispirata da un video divertente e informativo che spiega come funzionano le batterie ricaricabili agli ioni di litio e che poi è diventato anche un gioco da cortile per le scuole. (Driscoll *et al.*, 2021). Nel nostro caso per simulare il meccanismo del funzionamento delle celle DSSC abbiamo chiesto ai bambini di interpretare il ruolo della grafite, della titania, dell'elettrolita, del colorante, del filo elettrico. Una bambina ha interpretato il ruolo della “ventola”. Gli elettroni erano rappresentati da fogli di carta che i bambini si passavano simulando il loro passaggio all'interno del circuito elettrico alimentato dalla cella solare. Lo scopo finale era quello di riuscire a far funzionare la ventola, rappresentata da una bambina che ruotava su sé stessa, nel momento in cui gli elettroni “scorrevano” correttamente all'interno del sistema quando illuminati dal sole. L'obiettivo è stato quello di creare un supporto visivo che mostri il funzionamento delle DSSC e avere uno strumento didattico utile e divertente anche in altri contesti.

Le attività sono proseguite con i laboratori: “I Colori dell'Energia”; “Indicatori e pH”; “Il gioco dell'oca del riciclo”.

Laboratorio “I Colori dell'Energia”

Il secondo passo nella costruzione delle celle DSSC è proseguito estraendo dapprima, il colorante dai mirilli e da altri frutti di bosco e in seguito colorando per immersione il vetro su cui il giorno precedente era stato applicato lo strato di titania (figura 6).



Figura 6

Estrazione del colorante dai mirilli e colorazione della cella solare

Laboratorio “Indicatori e pH”

In questa attività abbiamo mostrato altri impieghi dei coloranti in chimica. Abbiamo svolto alcune attività con i coloranti usati come indicatori acido-base e la cartina tornasole per introdurre agli alunni il concetto del pH e poi andando a misurare il pH per soluzioni di aceto, bicarbonato di sodio e limone.

Laboratorio “Il gioco dell’oca del riciclo”

Come possiamo fare una corretta raccolta differenziata dei rifiuti nelle nostre case e quindi contribuire ad un loro corretto smaltimento? Per rispondere a questa domanda e imparare le regole della raccolta differenziata ci siamo serviti del “Gioco dell’oca del riciclaggio” che si ispira allo storico “Gioco dell’oca” ed è incentrato sul riciclaggio quotidiano.

Il gioco è stato pensato per essere un gioco a squadre ed utilizzato in ampi spazi. Gli obiettivi sono quelli di apprendere le regole base della raccolta differenziata domestica, riconoscere i rifiuti domestici come fonte di materie prime, sviluppare la responsabilità civica ed il lavoro di squadra (Deganello, 2024).

Infine, durante il terzo e ultimo giorno le attività sono iniziate con i laboratori a gruppi: “I Colori dell’Energia”; “Costruiamo le molecole”; “Chimica e cromatografia”.

Laboratorio “I Colori dell’Energia”

La costruzione della cella solare a colorante è terminata aggiungendo alcune gocce di elettrolita, che svolge il ruolo di conduttore elettronico, su uno dei due vetri e in seguito, i due vetri sono stati uniti tenendoli insieme con due pinze. (Deganello *et al.*, 2024)

Al termine della costruzione ne abbiamo testato il funzionamento attaccando una ventolina alla cella mediante due morsetti ed esponendo la cella al sole. I risultati sono stati molto buoni: infatti 8 celle su 10 sono riuscite a far muovere la ventolina (figura 7).

Laboratorio “Costruiamo le molecole”

Con gli alunni abbiamo continuato a lavorare sulle molecole e in particolare sul concetto di simmetria e chiralità servendoci di un modellino molecolare 3D dell’alanina. Lo scopo di questa attività è stato quello di approfondire il concetto di tridimensionalità e di correlarlo ai concetti di simmetria studiati nel percorso



Figura 7
Verifica del funzionamento delle celle solari

scolastico. L'attività era stata già precedentemente sperimentata in altri eventi di public engagement (D'Errico *et al.* 2023).

Laboratorio “Chimica e cromatografia”

Inizialmente abbiamo verificato l'apprendimento dei concetti del pH e dell'acidità e basicità delle soluzioni imparati il giorno precedente con un quiz interattivo a risposta multipla. Una volta terminato il quiz gli studenti hanno eseguito la cromatografia su carta con i pennarelli imparando che la tonalità di colore che si osserva a occhio è in realtà la risultante di tanti altri colori uniti insieme o meglio di tante molecole differenti (figura 8).



Figura 8
Cromatografia su carta con i pennarelli

Come attività finale è stato chiesto agli alunni, divisi in piccoli gruppi di 2 o 3 membri, di interpretare il ruolo dei ricercatori e come loro al termine del lavoro di ricerca costruire dei poster per presentare il/i momento/i che più li avessero colpiti delle tre giornate che avevano appena vissuto assieme ai propri compagni (figura 9).



Figura 9
Alcuni disegni degli alunni dove hanno rappresentato alcuni momenti significativi dell'esperienza svolta

Infine, abbiamo proposto un maxi-quiz finale a risposta multipla, sia per valutare l'apprendimento sia come autovalutazione da parte degli organizzatori.

Per lo svolgimento del quiz è stato proposto un modello simil "Kahoot!¹": inizialmente sono stati individuati quattro punti nel cortile che rappresentavano ognuno una opzione di risposta (A; B; C o D) e nel momento in cui veniva posta la domanda del quiz i bambini dovevano correre nel punto corrispondente all'opzione che ritenevano corretta. Le risposte esatte sono sempre state di almeno il 70% dei partecipanti.

¹ Piattaforma di apprendimento basata sul gioco, utilizzata a scopo didattico nelle scuole e in altre istituzioni educative.

4. *Considerazioni finali*

L'esperienza Science Summer School mostra come sia possibile comunicare il ruolo della ricerca fondamentale e della chimica nella sostenibilità anche a bambini delle scuole primarie utilizzando gli strumenti dell'educazione scientifica informale (Habig *et al.*, 2020) oltre che utilizzando i giochi sviluppati all'interno dei progetti "ChangeGame" ed RM@Schools. Fondamentale per la buona riuscita del percorso è stata la stretta collaborazione fra i ricercatori ed il personale docente della scuola primaria. Le attività proposte sono risultate vincenti e questo è dimostrato sia dalla capacità degli alunni di svolgere le attività proposte sia dall'alto livello di apprendimento dei temi trattati che è risultato chiaro nell'ultima fase di questo percorso, nel momento in cui è stato chiesto agli alunni di interpretare il ruolo di ricercatori e comunicatori. Gli alunni sono stati in grado di comunicare con un linguaggio semplice, chiaro ma anche tecnico e coinciso gli argomenti che avevano affrontato nei giorni precedenti, dimostrando non solo di averli appresi e di averli fatti propri ma di avere anche acquisito la capacità di saperli rielaborare e raccontare ad altri.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va al dirigente scolastico dott.ssa Maria Corbelli e alle docenti Laura Vestrini, Elisabetta Pazzaglia, Pamela Belmonte e Antonella Cateni dell'Istituto Comprensivo "Città di Castiglion Fiorentino" a Castiglion Fiorentino (Arezzo). Gli autori ringraziano il progetto "SiSTEMiamo le conoscenze" (M4C1I3.1-2023-1143-P-30162) e i progetti "Change the Game: Giocare per prepararsi alle sfide di una società sostenibile" (Progettidiricerca@CNR) e Raw Matters Ambassadors at Schools - RM@Schools 4.0, PA n. 20069, finanziato da EIT/EIT RawMaterials). Gli autori ringraziano inoltre A. Torreggiani e A. Falcicchio per i fruttuosi consigli utili all'organizzazione di alcune attività.

Bibliografia

- Armaroli N., Balzani V. (2017). *Energia per l'astronave Terra: l'era delle rinnovabili*, Zanichelli, Bologna.
- D'Errico C., Rossi F., Ienco A., Romano F., Grasso V. (2023), *Un tesoro di scienza al CNR: una caccia al tesoro a squadre per scoprire l'Area Territoriale di Ricerca di Firenze*, «Quaderni di Comunicazione Scientifica», 4, pp. 91-102.

- Deganello F. *et al.* (2024), *Chimica e sostenibilità: un gioco da ragazzi!*, «Chimica nella Scuola», 1, pp. 39-50.
- Driscoll E.H. *et al.* (2021), *The Building Blocks of Battery Technology: Inspiring the next Generation of Battery Researchers*, «Acta Crystallographica», Section A, 77 (a2), p. C93. <https://doi.org/10.1107/S0108767321095866>.
- Kara N. (2021), *A systematic review of the use of serious games in science education*, «Contemporary Educational Technology», 13, ep295.
- Filippas A., Xinogalos S. (2023), *Elementium: design and pilot evaluation of a serious game for familiarizing players with basic chemistry*, «Education and Information Technologies», 28, pp. 14721-14746.
- Habig B., Gupta P., Levine B. *et al.* (2020), *An informal science education program's impact on STEM major and STEM career outcomes*, «Research in Science Education», 50, pp. 1051-1074. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9722-y>.
- Ienco A. *et al.* (2024), *Sorting Materials using Programmable Lego© Robot: an Educational Activity to Promote Sustainability among Youngsters*, Proceedings of the International Conference “New perspective in education 2024”, Filodiritto, Bologna. <https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0013/FP/8791-STEM6441-FP-NPSE13.pdf>.
- McCreedy D., Dierking L.D. (2013), *Cascading influences: Long-term impacts of informal STEM programs for girls*, Franklin Institute Science Museum Press, Philadelphia.
- Murray C. *et al.* (2024), *Crystals in the Community and the Classroom*, «Journal of Applied Crystallography», 57, pp. 181-186. <https://doi.org/10.1107/S1600576724000207>.
- Ochs A.M. *et al.* (2023), *Connecting active artwork to Chemistry: leading students in inquiry-based learning of density and viscosity*, «Journal of Chemical Education», 100, pp. 3703-3708.
- Smestad G.P., Graetzel M. (1998), *Demonstrating electron transfer and nanotechnology: A natural dye-sensitized nanocrystalline energy converter*, «Journal of Chemical Education», 75, 6, pp. 752-756.
- Tan C.K.W., Nurul-Asna H. (2023), *Serious games for environmental education*, «Integrative Conservation», 2, pp. 19-42.

