

Esperimenti didattici e potenziali sinergie fra Nanoscienze, Sviluppo Sostenibile, Educazione Civica

Paola Ambrogi

paola.ambrogi2206@gamil.com

All'interno della Scuola del Re dedicata alle nanoscienze nell'insegnamento della Chimica di base questo contributo era dedicato alla scuola secondaria di secondo grado. L'intervento si componeva di due parti, una era volta a suggerire attività didattiche utili per portare l'attenzione degli studenti su aspetti basilari dell'argomento, l'altra a sensibilizzare i docenti circa le potenziali sinergie con Educazione Civica che la trattazione del tema può offrire.

Le nanoscienze si stanno sempre più diffondendo dagli ambiti della ricerca ai diversi risvolti della vita quotidiana. La trattazione delle nanoscienze è, quindi, utile per dare agli studenti strumenti di conoscenza e di interpretazione della realtà che li circonda. Tra gli obiettivi educativi della scuola c'è la formazione di futuri cittadini che siano in grado di orientarsi criticamente nelle scelte che dovranno effettuare nella vita e le applicazioni delle nanoscienze, cioè le nanotecnologie, fanno parte del nostro quotidiano. La normativa italiana del Nuovo obbligo scolastico (MIUR, 2007) facendo riferimento alle raccomandazioni del Parlamento Europeo (CE, 2006) ricorda che le strategie educative devono essere finalizzate a far sì che "l'istruzione e la formazione iniziali offrano a tutti i giovani gli strumenti per sviluppare le competenze chiave a un livello tale che li preparino alla vita adulta...". Approcci didattici basati sulle nanotecnologie sono stati usati con buoni esiti per quanto riguarda sia il coinvolgimento degli studenti sia i risultati per la promozione di abilità cognitive e sociali (Ambrogi et al. 2008, Ambrogi 2018).

Per quanto riguarda l'insegnamento delle nanoscienze, l'associazione nazionale per l'insegnamento delle scienze americana (NSTA) ha rilasciato una pubblicazione in cui vengono evidenziate alcune idee "big ideas" (NSTA, 2009), utili ai docenti di discipline scientifiche e tecnologiche che vogliono affrontare con i loro studenti i diversi aspetti che coinvolgono le dimensioni nanometriche. Questa pubblicazione ha fornito un'utile guida, in particolare ci si è soffermati sugli aspetti legati alle dimensioni (Big Idea 1- Size and Scale), sugli strumenti utili nel contesto nanometrico (Big Idea 7- Tools and Instrumentation), e sulle interconnessioni tra Scienza, Tecnologia e Società (Big Idea 9- Science, Technology and Society). Quest'ultima parte ha fornito una chiave di lettura per le interconnessioni con la nuova disciplina Educazione Civica.

Nella prima parte dell'intervento sono state illustrate tre semplici attività introduttive da svolgere con la classe. La prima per aiutare gli studenti a farsi un'idea delle dimensioni nanometriche che sfuggono al senso comune. La seconda per introdurre gli aspetti legati alle proprietà superficie/volume ed al necessario approccio bottom-up in sostituzione a quello top-down quando si arriva a dover assemblare sistemi di dimensioni molto piccole. La terza per sensibilizzare gli studenti alla necessità di usare strumenti congrui alle dimensioni del sistema su cui si

lavora. Le attività, sebbene semplici, sono utili a coinvolgere gli studenti sia sul piano sociale che cognitivo e sono descritte di seguito brevemente, mentre maggiori dettagli sono riportati nell'Appendice.

La prima attività proposta si è avvalsa della piattaforma aperta e gratuita Kahoot che permette di realizzare quiz che possono essere usati per sfide ludiche online. Gli studenti hanno risposto ad un quiz creato dall'insegnante per coinvolgerli nella stima delle dimensioni di oggetti, animali e altro, usando la notazione esponenziale. Questo può aiutare gli studenti a crearsi un'idea di dimensioni che sfuggono alla percezione diretta. La seconda attività è stata la costruzione di cubi in carta di dimensioni sempre più piccole. L'attività è stata utile non solo per portare l'attenzione sul rapporto superficie/volume di un oggetto, ma anche per problematizzare la creazione di oggetti piccolissimi. Questo ha permesso di introdurre la trattazione dell'approccio bottom up che nelle nanotecnologie sostituisce quello top-down, comunemente impiegato in tecnologia per miniaturizzare gli oggetti. L'ultima attività è stata la manipolazione di un foglio di carta con guanti di diverso tipo, dal guantone da pugilato a quello per la frutta al supermercato, cosa che ha dato agli studenti la possibilità di "toccare con mano" il problema delle dimensioni richieste agli strumenti con i quali vanno manipolati oggetti piccolissimi. Le attività hanno di solito un ottimo riscontro tra gli studenti che vi partecipano con molto entusiasmo.

La seconda parte dell'intervento è stata, invece, dedicata a riflessioni sulle potenzialità che la trattazione delle nanoscienze offre ai docenti di chimica di stimolare negli studenti la consapevolezza della interconnessione tra aspetti che trascendono quello strettamente disciplinare. I curricula italiani sono basati su competenze e l'insegnamento della chimica deve concorrere a promuoverle. Negli anni il focus dell'educazione si è spostato dalla disciplina allo studente. Per usare le parole di Holbrook (2005) si è passati "da educare alle Scienze a educare attraverso le Scienze". Accanto a questa visione incentrata sulla persona, da decenni si è diffusa la visione dell'educazione finalizzata alla formazione di futuri cittadini capaci di fare scelte critiche ed informate per favorire uno sviluppo che sia sostenibile. Il concetto Sviluppo Sostenibile è stato introdotto nel 1987 dal Rapporto Brundtland che lo ha definito come «lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri». L'Agenda 21 (1992) ha rimarcato l'importanza dell'Educazione allo sviluppo sostenibile (ESD) sottolineando che «L'educazione è cruciale per promuovere lo sviluppo sostenibile». L'Agenda 2030 (2015) ha fissato i 17 Goal per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs) e la legge del 20 agosto 2019, n. 92 ha, infine, introdotto la disciplina Educazione Civica nei curricula di tutti gli ordini e gradi della scuola Italiana. L'articolo 3 comma 1.b, della legge (GU, 2019) tra le tematiche da affrontare suggerisce: "L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015". Lo Sviluppo Sostenibile è quindi entrato nei curricula della scuola italiana; una sintetica linea del tempo relativa all'introduzione di questa tematica nei curricula è mostrata in figura 1. Le linee guida rilasciate per l'Educazione Civica si sviluppano attorno a tre nuclei concettuali (MIUR, 2019): Costituzione, Sviluppo Sostenibile e Cittadinanza Digitale.

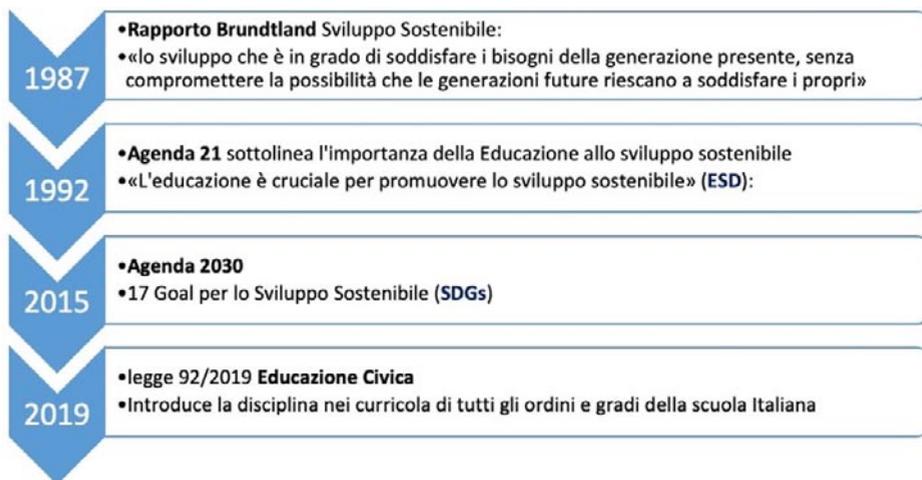


Figura 1. Sintetica linea del tempo della introduzione dello Sviluppo Sostenibile nei curricula italiani

Lo Sviluppo Sostenibile è un'area che offre molte opportunità ai docenti delle discipline scientifiche. Secondo il modello suggerito da Purvis (2019), lo Sviluppo Sostenibile poggia su tre pilastri: società, ambiente ed economia. Questi aspetti potrebbero, quindi, essere affrontati nello svolgimento delle attività didattiche anche inerenti le discipline scientifiche. Ma, nonostante queste innovazioni, a volte può essere difficile staccarsi dai vecchi modelli di insegnamento incentrati sulla disciplina. La formazione iniziale e in servizio degli insegnanti è molto importante per fornire un supporto ai docenti che devono mettere in pratica i curricula (Sözbilir, Ambrogi, 2015).

L'attenzione verso lo Sviluppo Sostenibile è crescente e questo sembra essere divenuto non un obiettivo, ma l'obiettivo dell'azione educativa dei futuri cittadini. Lo sviluppo sostenibile e i suoi pilastri sono entrati anche nella Costituzione Italiana. La legge costituzionale del 11 febbraio 2022 ha modificato l'articolo 9, riguardante i principi fondamentali, e l'articolo 41, facente parte del titolo terzo o dei rapporti economici. Tali articoli della Costituzione sono stati integrati con riferimenti agli aspetti inerenti i pilastri dello Sviluppo Sostenibile: ambiente, economia e società. L'articolo 9 che recitava "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica" viene integrato con "... Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali." (G.U., 2022). L'articolo 41 che recitava: "L'iniziativa economica privata è libera." è stato integrato con: "... Non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla salute, all'ambiente, alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana. La legge determina i programmi e i controlli opportuni perché l'attività economica pubblica e privata possa essere indirizzata e coordinata a fini sociali e ambientali" (G.U., 2022a). Si attendono i criteri di valutazione per la disciplina Educazione Civica fissati dal MIUR dato che "A partire dall'anno scolastico 2023/2024 la valutazione avrà a riferimento i traguardi di competenza e gli specifici obiettivi di apprendimento per la scuola del primo ciclo, gli obiettivi specifici di apprendimento per i Licei e i risultati di apprendimento per gli Istituti tecnici e professionali definiti dal Ministero del-

l'istruzione.” (MIUR, 2019, p. 5). Nel frattempo, i docenti di discipline scientifiche, e di Chimica tra queste, possono aprire la didattica ad aspetti trasversali e contribuire, in accordo con il collegio docenti, a sperimentare nuovi approcci.

Ai partecipanti della Scuola Del Re sono stati offerti spunti di riflessione sul possibile impiego di un modulo didattico sulle nanoscienze per affrontare il tema dello Sviluppo Sostenibile e nel supportare la disciplina Educazione Civica, discutendo anche delle possibili attività laboratoriali da svolgere nelle loro classi. A questo proposito si è fatto riferimento ai buoni risultati raggiunti dagli studenti che hanno affrontato il tema della nanotecnologia all'interno del progetto *Irresistibile*, che promuoveva i sei principi della Ricerca e Innovazione Responsabile (Irresistibile 2013, Sutcliffe, 2011): coinvolgimento (di ricercatori, industria e società nel processo di innovazione); parità di genere; educazione scientifica; etica; accesso libero alle informazioni (dei risultati della ricerca con finanziamenti pubblici); governance (responsabilità politica dello sviluppo di modelli armoniosi di RRI). L'impiego di moduli didattici che stimolino le riflessioni degli studenti su aspetti non prettamente disciplinari, quali etica e coinvolgimento delle diverse componenti della società nella scienza, si sono, infatti, dimostrati motivanti ed efficaci nel promuovere abilità cognitive e sociali (Ambrogi et al 2019, Ambrogi, 2018 a, Marks, 2009).

Durante una sessione specifica della Scuola Del Re dedicata alla presentazione delle attività laboratoriali e non solo, che i partecipanti alla Scuola hanno progettato e sperimentato nelle loro classi, si è notata un'apertura verso i risvolti non prettamente disciplinari, a dimostrazione della sensibilità dei docenti verso le innovazioni introdotte nei curricula. L'aspetto trasversale maggiormente preso in considerazione ha riguardato l'ambiente, seguito dalla tematica della salute e della sicurezza. Gli interventi didattici progettati di cui sono state restituite le presentazioni in formato PowerPoint sono le seguenti: Le miscele e la luce, Le nanoparticelle d'argento come antibatterico nei tessuti, Proteine - nanoparticelle attive negli organismi viventi, Nanotecnologie e Silver NPs.

Alcuni docenti hanno affrontato la tematica della sostenibilità e il problema della scarsità degli elementi facendo riferimento alla tavola periodica dell'abbondanza degli elementi di EuChemS 2019 (Zanichelli).

Sebbene i modelli di sostenibilità facciano riferimento ai tre pilastri riguardanti ambiente, società ed economia, gli ultimi due sono quelli sui quali i docenti si sono soffermati meno. Di solito nell'azione didattica si tende a riproporre gli approcci che si sono incontrati durante il proprio percorso formativo (Phelps & Lee, 2003), ma negli anni i curricula sono mutati. La formazione in servizio dei docenti è quindi un momento importante non solo per l'aggiornamento disciplinare, ma anche come supporto per affrontare il rinnovamento e mettere in pratica i nuovi curricula.

Riferimenti

- P. Ambrogi, M. Caselli, M. Montalti, M. Venturi, Make sense of nanochemistry and nanotechnology, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2008, **9**(1), 5-10.
- P. Ambrogi, Un esempio di arricchimento della proposta formative nella scuola secondaria di secondo grado IIS “L. Nobili” di Reggio Emilia, in *L'avventura del progetto Irresistibile* (cura di M. Venturi), Bononia University Press, Bologna, 2018, pp. 85-90.
- P. Ambrogi, Formal and Informal Education: Italian experiences to promote content knowledge and ethics in the perspective of Sustainability, in *Building Bridges Across Disciplines for*

- Transformative Education and a Sustainable Future* (Eds. I. Eilks, S. Markic, B. Ralle), Shaker, Aachen, Germany, 2018, pp. 129-140.
- P. Ambrogi, M. Venturi, G. Tasquier, Citizenship Education, RRI and the power of CoLs. Poster presented at the *ESERA2019 Conference*, 26-30 August 2019, Bologna.
- M. Burmeister, F. Rauch, I. Eilks, Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2012, **13**, 59-68; <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2012/rp/c1rp90060a>
- Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.195 del 21-08-2019; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/21/19G00105/sg>
- Gazzetta Ufficiale 11 febbraio 2022 art.1; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/02/22/22G00019/sg>
- Gazzetta Ufficiale 11 febbraio 2022 art. 2; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/02/22/22G00019/sg>
- J. Holbrook, M. Rannikmae, Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 2005, **29**(11), 1347-1362.
- Irresistible Project, 2013; <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/rri-aspects>
- R. Marks, I. Eilks, Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching: concept, examples, experiences, *International Journal of Environmental & Science Education*, 2009, **4**(3), 231-245 (Special issue on Scientific Literacy, Eds. Coll. R.K., Taylor, N.); <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884394.pdf>
- MPI, Il nuovo obbligo scolastico cosa cambia nella scuola. La normativa italiana dal 2007, ANSAS, Firenze.
- MIUR, Linee guida per l'insegnamento di Educazione Civica, Legge 20 agosto 2019, n. 20, Allegato A; https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/ALL.+Linee_guida_educazione_civica_dopoCSPI.pdf/8ed02589-e25e-1aed-1afb-291ce7cd119e?t=1592916355306
- B. Purvis, et al., Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins, *Sustain. Sci.*, 2019, **14**, 681–695.
- S. Shawn, L. A. Sutterland, J. Krajcik, *Big Ideas of nanoscale Science & Engineering a guidebook for secondary teachers*, NSTA press, 2009.
- H. Sutcliffe, The Report on Responsible Research & Innovation, 2011; http://www.apenet-work.it/application/files/6815/9956/8160/2011_MATTER_HSutcliffe_ReportonRRI.pdf
- M. Sözbilir, P. Ambrogi, Understanding and Using Chemistry Curricula for Effective Teaching, in *A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers* (Eds. I. Maciejowska, B. Byers), published by Jagellonian University, Krakow, 2015, pp. 49-65.
- M. Venturi (a cura di), *L'avventura del progetto Irresistibile*, Bononia University press, 2018.
- Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente (2006/962/CE); <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:it:PDF>
- La tavola periodica dell'abbondanza degli elementi online (8/09/2022: <https://educazionecivica.zanichelli.it/la-tavola-periodica-della-disponibilita-degli-elementi>)
- Video presentazione** P. Ambrogi: <https://youtu.be/4xfHfQzy5vI>

APPENDICE

Descrizione dell'attività 1

Dopo avere richiamato l'espressione dei dati con multipli e sottomultipli dell'unità di misura e con la notazione esponenziale e scientifica, ad esempio del metro (Tabella 1), si propone alla classe un Kahoot per stimare le dimensioni di alcune cose con la notazione esponenziale. La risposta ai quiz permetterà una discussione dell'espressione dei dati in notazione scientifica e condurrà alla riflessione sulle dimensioni del mondo indagato dalle nanoscienze.

Terometro	Tm	10^{12}	1000000000000 m
Gigometro	Gm	10^9	1000000000 m
Megometro	Mm	10^6	1000000 m
Kilometro	Km	10^3	1000 m
metro	m	10^0	1m
millimetro	mm	10^{-3}	0,001 m
micrometro	μm	10^{-6}	0,000001 m
nanometro	nm	10^{-9}	0,000000001 m
picometro	pm	10^{-12}	0,000000000001 m

Tabella 1. Multipli e sottomultipli del metro

Alla fine del quiz si può vedere e commentare con la classe il video potenze di 10 [1]. Il video è datato, ma ancora efficace per effettuare ulteriori riflessioni sulla difficoltà di razionalizzare dimensioni di estrema entità e fuori dalla diretta portata dei sensi. Per aiutare gli studenti a crearsi un'idea di quali oggetti hanno dimensioni macroscopiche, microscopiche, micrometriche e nanometriche si possono usare anche alcune slide tratte dal sito Oakton [2], alcune delle quali sono mostrate nelle figure 1-3.



Figura 1. Esempi di cose di cui stimare le dimensioni tratte dal sito Oakton [2]

The answers

Object	appropriate Size	
 length of 10 hydrogen atoms	1.1 nm	atomic
 width of DNA helix	2.2 nm	nano
 thickness of cell membrane	9 nm	nano
 width of virus	72 nm	nano
 width of pits on CD	570 nm	micro
 length of bacteria	1.1 μ m (1,100 nm)	micro
 length of a red blood cell	9.2 μ m (9,200nm)	micro
 length of dust mite	293 μ m (293,000 nm)	micro
 head of pin	2,344 μ m (2,344,000 nm)	macro
 width of sugar cube	9,375 μ m (9,375,000 nanometers)	macro
 diameter of a dime	1 μ m (18,750,000 nm)	macro

Figura 2. Dimensioni delle cose di cui si era chiesta la stima

Nanometer: Part of the Metric System

kilometer	km	1,000	1×10^3	 WI is 420 km wide
meter	m	1	1×10^0	 11-year-old human ~ 1.4 m
millimeter	mm	1/1,000	1×10^{-3}	
micrometer	μ m	1/1,000,000	1×10^{-6}	
nanometer	nm	1/1,000,000,000	1×10^{-9}	
picometer	pm	1/1,000,000,000,000	1×10^{-12}	 DNA: 1-2 nm

Figura 3. Diversa rappresentazione di multipli e sottomultipli del Sistema metrico decimale

Descrizione dell'attività 2

Occorre creare gruppi di lavoro di quattro alunni, che possono essere formati a seconda del criterio che meglio si armonizza ai fini educativi selezionati dal docente. I quattro studenti formanti il gruppo dovranno realizzare 4 cubi di identiche dimensioni utilizzando carta, forbici e colla o nastro adesivo (Figura 4). Si deve prevedere un impiego abbastanza largo di tempo e una discreta dose di rumore, ma se questo accade vuol dire che gli studenti si stanno organizzando e si stanno scambiando idee su come realizzare il manufatto. In questo periodo occorre anche vigi-

lare che gli studenti rispettino le norme di prevenzione della diffusione del Covid-19. Una volta ottenuti i 4 cubi si farà notare che il volume totale dei quattro cubi separati e quello del cubo che si ottiene mettendoli assieme è lo stesso ma che le superfici dei due diversi assetti sono molto diverse (Figura 5). Si può arrivare alla stessa conclusione facendo suddividere una gomma da matita, ma oltre ad essere uno spreco di materiale inutile non coinvolge gli studenti nella costruzione della figura geometrica.

Si può lanciare la sfida tra i gruppi per costruire il cubo più piccolo (Figura 6): a un certo punto sarà chiaro che c'è un limite per la miniaturizzazione e, quindi, si può introdurre il concetto della necessità di un approccio bottom-up.



Figura 4. Formazione del cubo con alette da incollare

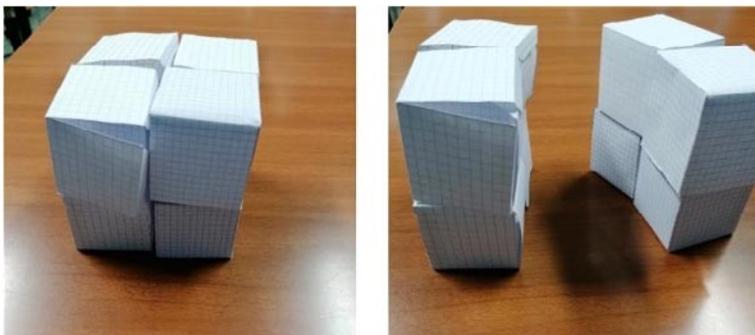


Figura 5. A parità di volume cubi più piccoli forniscono una superficie totale maggiore

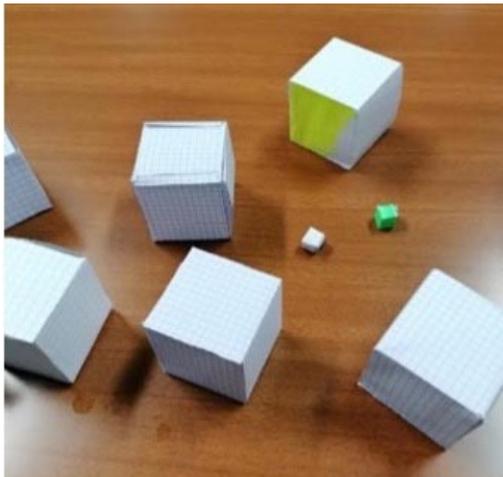


Figura 6. A parità di volume, la superficie aumenta molto se si suddivide il cubo in cubi più piccoli ma c'è un limite alla miniaturizzazione

Descrizione dell'attività 3

Ogni studente dovrà munirsi di un diverso tipo di guanti: di lattice, di lana, da sci, da portiere, da pugile... e dovrà infilare un ago, infilare delle perline, assemblare una costruzione Lego o altro.

Le difficoltà incontrate nello svolgere soprattutto il primo compito serviranno a rendere evidente l'importanza della scelta delle dimensioni degli strumenti in funzione delle dimensioni del sistema su cui si sta lavorando come mostrato nella figura 7.



Figura 7. Diversa difficoltà nella manipolazione di oggetti in funzione dello strumento usato (è possibile afferrare un foglio con guanti di lattice, mentre è ben difficile farlo indossando guanti da pugile)

Riferimenti

- [1] Video potenze di 10, online 23/8/2022: https://www.youtube.com/watch?v=kn_r7QxpMYc
- [2] Slide di Wheeling High School, online 23/8/2022: https://www.oakton.edu/academics/special_programs/nanotech/faculty_resources/files/oakton_presentation_wheeling.pdf