

## RELAZIONE SUL PROGETTO

Il progetto non è stato pensato come un percorso di eccellenza, riservato soltanto agli studenti più interessati e capaci, ma ha coinvolto alunni di diverse classi in modo che le attività svolte avessero da un lato una ricaduta costruttiva all'interno della normale attività curricolare e dall'altro permettessero a tutti i partecipanti di valorizzare le proprie personali attitudini, conoscenze, competenze e abilità.

Abbiamo proposto agli studenti un viaggio, sulle orme di Archimede, che è partito dall'analisi delle opere dello scienziato siracusano e ci ha portato fino alla matematica dei giorni nostri, al calcolo di volumi e aree, agli integrali e ai frattali, passando attraverso l'analisi del *Timeo* di Platone e delle opere di artisti come Dalì o Escher, l'osservazione dei poliedri in natura e la loro costruzione con cartoncino colorato, le verifiche sperimentali con materiali poveri e l'uso dei moderni strumenti informatici, superando la tradizionale divisione tra conoscenza scientifica e umanistica, tra teoria e applicazioni pratiche, nella convinzione che *“se siamo giunti così lontano è perché abbiamo seguito le orme dei giganti”*, e fra loro c'è sicuramente Archimede.

Un viaggio lungo 2300 anni che da Archimede e dalla Scuola di Atene ci ha portato alla scuola del XXI secolo e che ci ha permesso di conoscere l'evoluzione nel tempo di alcuni aspetti del pensiero scientifico e di scoprire la modernità dell'opera archimedea.

Gli obiettivi che abbiamo perseguito durante il nostro percorso sono stati:

- favorire il lavoro di gruppo tra studenti, in modo da abituarli a collaborare in modo efficace, condividendo conoscenze e competenze e valorizzando le differenze;
- abituare gli studenti alla ricerca autonoma di testi tratti da libri o da siti internet, alla loro lettura critica e alla consapevole rielaborazione personale, per la produzione di un testo finale;
- consolidare l'abitudine ad affrontare i vari argomenti in una prospettiva pluridisciplinare e interdisciplinare, superando in particolare la divisione tra cultura scientifica e umanistica, tra aspetti teorici e pratici;
- stimolare la progettazione e realizzazione di verifiche sperimentali di leggi fisiche, anche con materiali poveri, che siano in grado di descrivere e spiegare la realtà che ci circonda;
- favorire l'acquisizione e l'uso consapevole dei moderni strumenti informatici;
- sollecitare l'uso della lingua inglese, soprattutto con lettura di testi in lingua;
- avvicinare e appassionare gli studenti allo studio della matematica e alla risoluzione di problemi, anche con la realizzazione di percorsi originali;
- recuperare, riapplicare e approfondire le conoscenze matematiche acquisite nelle ore curricolari (teoremi di geometria euclidea, di trigonometria, di geometria solida, di meccanica newtoniana)
- mostrare l'evoluzione della matematica e della fisica nel corso del tempo, del suo linguaggio, del concetto di “rigore matematico”, dei diversi “metodi dimostrativi”
- far apprezzare quegli aspetti della matematica e della fisica come l'intuizione, che precedono la scoperta e la successiva dimostrazione di una proprietà, e che sono alla base della capacità di risolvere un qualunque problema.

Le attività a carattere laboratoriale sono state svolte, sotto la guida di un insegnante tutor, sia in orario curricolare, dalle 3 alle 8 ore a seconda della classe coinvolta, sia in orario extrascolastico, con un totale di circa 50 ore. Non è possibile conteggiare il numero di ore che sono state necessarie per la programmazione e organizzazione dei lavori, per la

ricerca dei materiali o per la ripetuta lettura delle proposizioni archimedee, per la “stesura” dei lavori fatti o il “montaggio” dei video e la realizzazione pratica del sito.

Alcuni studenti hanno analizzato le opere di Archimede e sviluppato quelle parti che richiedevano buone competenze matematiche, altri hanno potuto approfondire quelle meno articolate, risolvere problemi più semplici ma non meno interessanti, soffermandosi anche sugli aspetti storico-filosofici; un gruppo di ragazzi ha elaborato quelle parti che richiedevano maggiori competenze informatiche, dall'utilizzo di Cabri a Picasa, da Excel alla capacità di scrivere un programma in *python*; altri infine si sono dedicati alla progettazione e realizzazione di varie verifiche sperimentali, come quelle sul Principio di Archimede. Tutti, studenti e insegnanti, hanno potuto trovare uno spazio adeguato ai propri interessi.

Da qui l'idea di realizzare un sito web, che potesse raccogliere le diverse tipologie dei prodotti realizzati, in accordo con la figura di un Archimede matematico, fisico e ingegnere ma soprattutto di scienziato che rifiutava le ancor attuali divisioni tra i vari ambiti del sapere e tra conoscenza scientifica e applicazione tecnologica.

Vediamolo più nel dettaglio.

Dopo una breve analisi della vita, delle invenzioni e delle opere di Archimede, la parte relativa alle sue opere meccaniche, *Sull'equilibrio dei piani* e *Galleggianti*, è stata analizzata da un gruppo di studenti delle classi prime e terze, che hanno nel proprio programma curricolare la statica del corpo rigido e la meccanica dei fluidi. L'analisi di alcune proposizioni di tali opere ha permesso di evidenziare le differenze tra il linguaggio archimedeo e quello moderno, ma soprattutto tra i diversi metodi dimostrativi.

Agli studenti sono stati poi proposti esperimenti inerenti la legge di Archimede e sul galleggiamento, da realizzare con l'ausilio di materiale povero di uso comune, con l'idea che quanto più i materiali usati in un esperimento illustrativo siano semplici, familiari allo studente, tanto più sarà possibile che egli acquisisca completamente il concetto così presentato. Le fonti della ricerca sono state le più diverse: libri didattici di fisica, riviste e libri scientifici divulgativi, siti internet, video di esperimenti pubblicati in Youtube. Gli studenti hanno preparato le schede descrittive di numerosi esperimenti, curiosi ma non banali, facilmente riproducibili e realizzabili senza l'ausilio di particolari strumentazioni di laboratorio; hanno poi realizzato gli esperimenti, li hanno filmati e montato i video con software specifici.

L'analisi dell'opera *Misura del cerchio* è stata fatta dagli studenti di terza e di quarta. L'analisi della Prop. 1 ha permesso di conoscere per la prima volta il metodo di esaustione e di confrontarlo con il moderno metodo delle classi contigue. Anche per l'analisi della Prop. 3 gli studenti hanno dovuto recuperare e riapplicare le conoscenze di geometria euclidea acquisite in biennio, come il teorema della bisettrice o le proprietà delle proporzioni. In seguito, basandosi proprio sul modello della dimostrazione archimedeo, hanno verificato la stessa proprietà, sia con l'uso di materiale povero, filo e cartoncino, e la costruzione di poligoni inscritti e circoscritti ad un cerchio sia con l'uso della trigonometria piana, del concetto di limite di una successione e di Excel. Alcuni studenti hanno imparato ad utilizzare Cabri, proprio per realizzare i disegni presenti in questo e in altri lavori.

Il carattere pluridisciplinare dato al lavoro ha portato alcuni alunni a conoscere e ad apprezzare le molte opere artistiche dove sono presenti cerchi e sfere.

L'analisi dell'opera *Libro dei lemmi* e di altre opere come *Arenario*, *Stomachion* e *Il problema dei buoi*, è stata l'occasione per conoscere molti aspetti della matematica greca, dalle curve celebri ai tre problemi classici dell'antichità. Il lavoro fatto da un piccolo gruppo di studenti di quarta è stato poi esposto, come nel caso di altri lavori realizzati, all'intera

classe (non dimentichiamo che spesso all'Esame di Stato un quesito è proprio sulla matematica greca!). Da qui ad utilizzare altri teoremi e proprietà di geometria per inventare e risolvere problemi sul pigreco, anche per prepararsi ai prossimi Giochi di Archimede, il passo è stato breve: si può imparare matematica anche "divertendosi con l'ingegno"!

Sicuramente impegnativa, per i passaggi di non sempre facile spiegazione per dei ragazzi di IV liceo, è stata l'analisi delle Proposizioni 1 e 2 del *Metodo di Archimede sui teoremi meccanici ad Eratostene*. Ma la fatica è stata ripagata dalla "scoperta" un nuovo modo di dimostrare proprietà geometriche, lontano dalle dimostrazioni euclidee a cui gli alunni sono abituati, combinando ragionamenti meccanici e geometrici. Anche gli studenti hanno voluto "testare sperimentalmente" la Proposizione 2 "da una parte per desiderio di completezza, dall'altra spinti da curiosità e da senso critico"; sono state perciò realizzate tre verifiche sperimentali dove, utilizzando l'equilibrio di sfere, coni e cilindri su una bilancia a bracci diseguali, si sono dimostrate altrettante relazioni geometriche, come ad esempio quella che Archimede ha voluto incisa nella sua tomba.

Dopo aver compreso il *Metodo* alcuni studenti di quarta e di quinta sono stati pronti ad determinare, utilizzando con Archimede il metodo di esaustione, l'area del segmento parabolico e il volume di un "paraboloide rettangolo", la superficie di una sfera e il suo volume, all'interno delle opere *Sulla sfera e il cilindro*, *Conoidi e sferoidi* e la *Quadratura della parabola*. E' stata necessaria ancora molta logica e geometria per comprendere e spiegare i ragionamenti archimedei e l'uso di Cabri per realizzare alcuni disegni. Il lavoro, che ha richiesto anche la consultazione personale di vari manuali di matematica, ha permesso di comprendere l'evoluzione del pensiero filosofico-matematico che ha portato al moderno calcolo integrale: dalle figure "composte o riempite" da tutti i loro elementi di Archimede, agli indivisibili di Cavalieri, alle successioni dei plurirettangoli inscritti e circoscritti ai trapezoidi della moderna analisi; dai poligoni inscritti e circoscritti che Archimede fa ruotare per ottenere figure solide ai pluricilindri degli integrali definiti nel calcolo dei volumi.

Al termine di questa parte del lavoro, i ragazzi hanno ben compreso perché Archimede possa essere considerato il degno successore di Euclide, con le sue innumerevoli e importanti scoperte geometrico-matematiche, ma anche perché possa essere considerato il precursore del moderno calcolo infinitesimale e integrale, con la sua originale ed eccellente capacità di coniugare, ancora una volta, ragionamenti meccanici e geometrici e il rigoroso metodo di esaustione.

L'opera *Spirali* ha invece permesso di potenziare le conoscenze informatiche di un gruppo di alunni di quarta particolarmente interessato al mondo tecnologico in cui viviamo: scrivere un programma in python, individuare le variabili, saper scrivere un ciclo iterativo, sono abilità utili in generale per saper risolvere un problema, creando modelli e algoritmi. Il risultato è stata la conferma "moderna e animata" di alcune proprietà della spirale a cui era straordinariamente giunto Archimede oltre duemila anni fa.

La spirale archimedea ha suscitato l'interesse di un gruppo di ragazzi di quinta per altre curve, nuove o antiche, ma pur sempre meravigliose: la spirale logaritmica e i frattali. Ne è nato un approfondimento che presenta un interessante connubio tra aspetti matematici, artistici e naturali.

L'analisi matematica dei poliedri archimedei, con il calcolo dei volumi e delle superfici dei primi cinque poliedri troncati, si è presentata come un'attività molto articolata, attorno alla quale sono confluiti i lavori pluridisciplinari di diversi gruppi di allievi di quarta. Da sempre i poliedri, con le loro simmetrie, hanno affascinato filosofi e artisti e quindi il loro studio è

iniziato da un'attenta analisi del *Timeo* di Platone e del *Mysterium cosmographicum* di Keplero ed è poi continuato con l'osservazione delle numerose opere artistiche che li hanno come soggetti; questo ha permesso di conoscerne l'origine e la storia nel corso dei secoli, coniugando conoscenze scientifiche, storico-filosofiche e artistiche.

Il calcolo delle superfici, dei volumi e delle dualità dei solidi regolari, premessa indispensabile per l'analisi di quelli semiregolari, hanno richiesto agli studenti l'applicazione di molte conoscenze acquisite nel primo periodo di quest'anno scolastico (formule goniometriche, teoremi di geometria e trigonometria piana, sezione e rettangoli aurei, elementi di geometria solida), ma anche una certa dose d'intuizione e fantasia, nella ricerca delle strategie risolutive migliori: è stato un ottimo esercizio per tutti gli alunni della classe quarta a cui appartengono i ragazzi impegnati in questa parte del progetto. Una fatica sicuramente gratificante, accompagnata dalla non meno impegnativa, almeno in termini di tempo, costruzione con cartoncino colorato di tutti i cinque poliedri regolari, dei tredici poliedri semiregolari e del loro sviluppo; le fotografie che accompagnano le dimostrazioni matematiche sono la testimonianza di tale lavoro.

Ma poi i poliedri sono poi "usciti" dal loro ambito strettamente matematico e sono comparsi nel mondo che ci circonda: nelle geometrie molecolari, nei cristalli, nei virus e infine nelle moderne e utili "gabbie di Archimede" del XXI secolo.

Il nostro lungo viaggio con Archimede finisce qui, per il momento....