

LA SCIENZA IN AZIONE: RESEARCH IN ACTION

Vogliamo che il mondo sia fonte di osservazione, di scoperta, di analisi.

Relazione per il premio Cesare Cancellieri – Sezione A: didattica della matematica

Un progetto del liceo scientifico G.B. Grassi di Latina (<http://www.liceograssilatina.org/>) ideato e coordinato dal professor Gualtiero Grassucci (gualtiero.grassucci@liceograssilatina.org).

Una descrizione più ampia si può trovare sul *blog* del progetto: <http://researchinaction.it/43-2/>.

Partner

Il progetto è stato realizzato in collaborazione con l'Istituto delle Applicazione per il Calcolo (CNR-IAC), l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie di Roma (CNR-IFN), l'Istituto di Ingegneria del Mare (CNR-INM) e l'Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR).

In breve

Di cosa si tratta? Di un tentativo di *dare un senso* all'insegnamento della matematica nel liceo scientifico, spronando alunni e alunne a *fare da soli* davanti a un problema, qualunque esso sia, cercando di mettere a frutto le loro conoscenze e (soprattutto) le loro competenze in contesti diversi da quelli usuali.

Sostanzialmente a studenti e studentesse sono stati proposti problemi concertati con i ricercatori di alcuni istituti del CNR di Roma e basati su dati ed esperimenti reali, richiedendo la soluzione di questioni, anche complesse, legate al contesto. Le strategie risolutive e i risultati ottenuti sono stati discussi con i ricercatori di cui sopra, e da ogni problema/laboratorio è stato tratto un fascicolo che descrive l'esperienza.

Ognuno di questi fascicoli è stato pensato e realizzato *per consentire ai lettori di ripetere il percorso fatto*, di replicare la scoperta, lasciando loro la possibilità di scegliere la strategia risolutiva ma senza abbandonarli lungo la strada. La seconda metà di ciascun fascicolo, infatti, ripercorre il tragitto suggerito nella prima parte, fornendo spiegazioni, completando tabelle, rappresentando i dati, perfezionando i calcoli fino alla soluzione. Ai fascicoli principali si affianca un fascicolo di supporto, il *Toolbox*, che fornisce gli strumenti matematici necessari per affrontare gli altri laboratori, strumenti che magari non sono trattati nel normale percorso scolastico.

I fascicoli e il materiale che li accompagna (*video-tutorial*, grafici, file, ...) è disponibile:

- ✚ sul blog realizzato insieme agli studenti riaexplorer.blogspot.it;
- ✚ sulla pagina Facebook <https://www.facebook.com/Research-in-Action-341307966417448/>;
- ✚ sul canale YouTube <https://www.youtube.com/channel/UC1PA7Zu78RUMBjnkaiOR8kA/>;

Il progetto è nato nel 2016 e prosegue tutt'ora. Ha coinvolto fino a oggi tre classi di triennio nella loro interezza: non si tratta di un progetto per le *eccellenze* in matematica ma per tutti e tutte le alunne del gruppo, ciascuno con le proprie specificità, inclinazioni e caratteristiche.

A oggi sono stati realizzati 13 laboratori (e uno è in via di completamento) con il materiale didattico di supporto che spazia dai *videotutorial* per *xMaxima* e *Blockly* fino a un simulatore della macchina Enigma (costruibile con carta, forbici e colla) per il laboratorio di crittografia.

Finalità

La scienza non è solo identificabile con la formula, il modello, la teoria. In altre parole la scienza non rappresenta solo un corpo di conoscenze organizzate e formalizzate. La scienza è anche e fondamentalmente ricerca. Una ricerca volta a conoscere e a capire sempre più e sempre meglio come è fatto e come funziona questo nostro complicatissimo mondo.

Fare scienza si identifica con l'interrogarsi, con l'indagare ed esplorare fatti e cose. Il progetto Research in Action tiene conto di questo e vuole fornire stimoli, occasioni e strumenti per far acquisire agli studenti capacità sempre più ampie e raffinate per poter compiere questo lavoro di indagine mantenendo viva (o risvegliando) la curiosità cognitiva, la voglia di sapere e di scoprire, la fiducia di poter capire.

Pensare in senso creativo, in campo scientifico, significa aggredire i problemi, attivare processi vivi del pensiero, attuare la capacità di progettare e formulare ipotesi, controllare e verificare quanto prodotto e ricercato. Per questo è necessario bandire forme di apprendimento consumate entro schemi rigidi di elaborazione del pensiero e puntare al recupero della congettura, dell'ipotesi, di una coscienza scientifica aperta a interrogare ogni problematica.

In questo processo di apprendimento (o di scoperta) la matematica è al tempo stesso mezzo e fine, linguaggio e strumento. Essenziale infatti è la possibilità di usare la matematica per costruire modelli atti a descrivere in modo efficace la realtà in contesti anche molto diversi tra loro. Modelli che rendano il problema (o la situazione) più facilmente manipolabile e controllabile dell'originale.

La società odierna deve far fronte ad un rinnovamento scientifico e tecnico accelerato in cui lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e la creazione di prodotti di alta tecnologia (hi-tech), come anche la loro diffusione subiscono un'accelerazione sempre più rapida.

È necessaria, quindi, una diffusione della conoscenza in genere ed è indispensabile promuovere una nuova cultura scientifica e tecnica basata sull'informazione e sulla conoscenza. E quanto più è solida la base di conoscenze scientifiche scolastiche, tanto più si può approfittare dell'informazione e della conoscenza scientifica e tecnica.

In particolare, il progetto vuole aiutare studenti e studentesse a:

- ✚ evidenziare le proprie motivazioni in relazione al personale progetto di studi;
- ✚ riconoscere e valutare situazioni e problemi di diversa natura: tecnico-operative, relazionali e organizzative;
- ✚ migliorare le proprie strategie di apprendimento;
- ✚ pianificare strategie di azione per fronteggiare situazioni e risolvere problemi;
- ✚ comunicare con altri in situazioni di interazione diretta o mediata da strumenti di diversa natura (soprattutto informatici);
- ✚ operare attivamente nel gruppo di lavoro per affrontare problemi, progettare soluzioni e produrre risultati collettivi.

Matematica applicata

Insegnare matematica è difficile, nella scuola secondaria di secondo grado forse ancora di più. A ragazzi e ragazze, che iniziano a scontrarsi con i simboli e le rappresentazioni della disciplina, con il suo aspetto astratto e *incorporeo* viene spesso

... richiesto un enorme atto di fede nel fatto che la manipolazione di simboli che lì per lì sembra loro del tutto inutile, un giorno sarà loro utile. Naturalmente, una certa abilità nel calcolo e nella manipolazione di simboli è importante – e migliora la comprensione concettuale – ma non dovrebbe essere tutto ciò che viene insegnato. Potremmo anche porre ... delle domande aperte¹

Domande, problemi, quesiti, che richiedono di pensare strategie risolutive, di usare gli strumenti conosciuti in modo originale e creativo, di chiedere e cercare nuovi strumenti perché quelli che si possiedono non sono sufficienti o non abbastanza affinati.

Ecco, è proprio questo uno degli atteggiamenti che il progetto vuole promuovere negli studenti: l'uso della matematica nella sua concezione più alta e generale, un *linguaggio* per la descrizione e la comprensione della realtà. Una volta raggiunta questa comprensione del *pezzetto di realtà* oggetto di studio, la matematica diventa lo strumento ideale per concepire e architettare una soluzione del problema.

L'idea di matematica applicata che è alla base del progetto è questa!

Il metodo di lavoro

La classe è suddivisa in gruppi di 4-5 studenti la cui composizione non è propriamente rigida ma piuttosto flessibile e dinamica nel corso dell'anno scolastico per consentire il trasferimento di competenze da un

¹ Tim Gowers – *Maths isn't the problem - the way it's taught is* (il problema non è la matematica, ma il modo in cui viene insegnata).

gruppo all'altro. A ogni gruppo di lavoro è affidato un problema e ogni *team* ha come riferimento un istituto del CNR e un tutor esterno.

... perché una delle principali responsabilità dell'insegnante è proprio quella di far sì che l'allievo si assuma la responsabilità dell'apprendimento.

Il concetto di responsabilità dell'apprendimento, e della sua centralità per un apprendimento significativo, discende da un modello di apprendimento che vede l'allievo soggetto attivo, interprete dell'esperienza. Si contrappone al modello semplicistico del travaso, secondo il quale l'allievo è un contenitore in cui vanno travasate le conoscenze.²

Libertà organizzativa

L'aspetto che va evidenziato sopra ogni altro è la grande libertà di scelta che hanno gli studenti:

- ✚ libertà di gestire le dinamiche interne al gruppo;
- ✚ libertà di scelta nelle strategie risolutive;
- ✚ libertà nel percorso da affrontare.

D'altra parte, ogni gruppo deve rispettare alcuni vincoli, essenzialmente temporali: per la soluzione del problema proposto, per la realizzazione del materiale da consegnare ai committenti (grafici, relazioni, dati, tabelle, risultati) e infine per il completamento del fascicolo.

Usando le parole di Rosetta Zan:

Se si dà loro un ruolo più centrale e ci si fida della capacità di muoversi da soli, tutta la classe diventa più reattiva e i ragazzi lavorano volentieri. Spesso l'insegnante pensa di aiutarli porgendo richieste banali e semplici, invece sono proprio queste ad annoiare e togliere spazio alla creatività personale. Il consiglio è di osare di più e avere fiducia nella loro intelligenza.³

Lasciarli sbagliare

L'ampia libertà organizzativa ha un aspetto che va sottolineato: il gruppo e gli alunni devono anche avere la libertà di sbagliare, di scegliere una strada senza uscita, di percorrere una via troppo complessa. D'altra parte, gli stessi soggetti devono avere l'accortezza di valutare il proprio lavoro e i risultati ottenuti e il coraggio e l'abilità di correggere gli errori, di tornare indietro e rivalutare le scelte fatte, finanche di modificare radicalmente la strategia per tentare una strada diversa.

In questi termini l'errore non è più un fallimento ma un *indicatore*, una misura della qualità del lavoro fatto e raggiungere, dopo tanti sforzi, un risultato accettabile diventa estremamente appagante. Per cui la stima dell'errore commesso, la valutazione della precisione delle soluzioni, non sono apparsi agli studenti un mero espediente per fare qualche calcolo in più, ma parte essenziale del percorso, quasi uno strumento di auto-valutazione del lavoro fatto.

I laboratori

Il percorso di matematica delle classi coinvolte nel progetto è stato modificato rispetto a quello consueto. In particolare le derivate sono state affrontate e studiate nel corso del terzo anno, contemporaneamente alla geometria analitica, un po' come fossero un modo differente per determinare il coefficiente angolare della tangente a una conica (quando il punto di tangenza appartiene alla curva). Le stesse abilità sono state riprese, sempre nel corso del terzo anno, contemporaneamente (e applicate) alle funzioni esponenziali approfondendo in modo particolare il concetto di rapidità di variazione. Nello stesso periodo sono state *usate* in fisica, introdotte anche in questo caso come calcolo della *rapidità di variazione* o di cambiamento di una grandezza.

² Rosetta Zan – *I danni del bravo insegnante* - <http://matematica-old.unibocconi.it/interventi/danni.htm>.

³ Nicola Di Turi – *Un bravo prof di matematica insegna a risolvere i problemi. E a sbagliare. Chiacchierata con Rosetta Zan.*

I problemi da cui sono scaturiti i laboratori sono stati pensati e progettati dall'insegnante della classe e dai tutor esterni (i ricercatori del CNR) proprio perché si adattassero alle competenze della classe e alle loro capacità, capacità possedute all'inizio del percorso ma, con una specie di scommessa, alle capacità che sarebbero state conquistate e/o affinate proprio lavorando a questi problemi.

Una volta concertato il problema con l'insegnante, i tutor esterni hanno proposto il problema agli studenti, un po' come se fossero dei committenti, richiedendo l'analisi del problema e i risultati necessari a comprendere la soluzione.

Gli strumenti

La vastità degli obiettivi, la complessità dei dati sperimentali, la complessità delle richieste e dei risultati da fornire agli ipotetici committenti (come detto, i ricercatori del CNR) hanno sollecitato l'utilizzo di strumenti un po' diversi da quelli soliti (carta, penna, calcolatrice, ...) e in parte, hanno richiesto di modificare anche il metodo di lavoro consueto di una classe.

Collaborazione online

Per prima cosa la mole di materiale prodotto per ciascun laboratorio ha richiesto un uso intensivo del *cloud* e di applicazioni *online* per evitare problemi di formato, memorizzazione, disponibilità sempre e comunque di documenti, file, grafici e tabelle. Abbiamo trovato un grande aiuto nelle (e sfruttato a fondo le) potenzialità della *GSuite* di Google. I documenti, di ogni tipo, creati dagli elementi del gruppo di lavoro erano costantemente condivisi tra gli studenti, l'insegnante e, quando necessario, con i tutor esterni. Ogni soggetto poteva quindi non solo avere un'idea dello stato dell'arte del laboratorio ma intervenire con commenti, correzioni, modifiche e aggiunte, da una postazione qualsiasi, che fosse casa propria, uno dei laboratori della scuola o la propria aula potendo cambiare pc o sistema operativo senza nessun timore proprio grazie al fatto che i dati ma soprattutto le applicazioni erano sempre *online* e quindi sempre le stesse.

Davvero la collaborazione *online* sui documenti è stata uno strumento potente ed essenziale!

Software CAS

In secondo luogo, un aiuto vitale è venuto dalle applicazioni CAS (*Computer Algebra System* – sistemi di algebra computazionale), nel nostro caso *GeoGebra*, che gli studenti già conoscevano avendo iniziato a usarla nel biennio del liceo, e *xMaxima*, che invece è stata oggetto di formazione specifica poco dopo aver avuto le consegne dai tutor esterni.

Quest'ultima applicazione, in particolare, è stata scelta per consentire di manipolare numeri con molte cifre decimali, funzioni complesse, risolvere sistemi con un elevato numero di equazioni e variabili, trattare funzioni articolate e difficili, polinomi di grado elevato.

xMaxima infatti è un'applicazione completa per il calcolo simbolico ma anche per quello numerico, in grado di manipolare espressioni, funzioni, vettori, matrici, liste, applicando comandi e istruzioni all'algebra, all'analisi matematica e numerica, alla statistica.

È stato importante offrire agli studenti la possibilità, per una volta, di conoscere operativamente un modo di trattare la matematica diverso da quello solito (come già detto carta, penna e, al limite, calcolatrice). L'uso di queste applicazioni, *xMaxima* soprattutto, ha consentito di concentrare l'attenzione sul problema, sui dati e sulla strategia risolutiva piuttosto che sul calcolo, sulle scelte di progetto anziché sul dettaglio della realizzazione.

Già il fatto che queste applicazioni, ma soprattutto questo metodo, siano diventate per la classe *normali* è di per sé un risultato significativo!

Coding

Alcuni dei problemi proposti nel corso di questi anni hanno richiesto, per la loro soluzione, lo sviluppo di procedure e algoritmi o la realizzazione di librerie di funzioni come strumento per esplorare un certo campo della matematica. Vedere, per esempio:

✚ I numeri trascendenti – <http://researchinaction.it/laboratori/numeri-trascendenti/>

✚ Allineamento LIDAR – <http://researchinaction.it/laboratori/allineamento-lidar/>.

Una vera sfida! Perché nessuno degli studenti si era mai cimentato con un linguaggio di programmazione.

Ecco perché ci è venuto in mente di usare *Blockly*: un sistema, una libreria – *open source* – per implementare un editor che permetta, aggregando e manipolando *blocchi* di programma (veri e propri, non blocchi intesi in senso metaforico), di generare codice completo e pronto per l'uso in svariati linguaggi di programmazione. Le librerie realizzate con *Blockly* sono disponibili, come il resto del materiale didattico a supporto dei laboratori, sul *blog* del progetto.

Risultati

Permettetemi in conclusione di parlare in prima persona, da insegnante.

Ho seguito la classe per l'intero percorso, a volte costringendomi a non intervenire per non compromettere il metodo di lavoro scelto, ma proprio per questo ho avuto la possibilità, il privilegio, di osservare il progetto svilupparsi via via e gli studenti cambiare proprio perché si dedicavano a questo progetto.

La *dedizione*, per l'appunto, è uno degli aspetti, dal punto di vista forse non strettamente didattico, ma sicuramente umano e affettivo, più appariscente e più esaltante.

Poi la *confidenza* che le ragazze e i ragazzi hanno acquisito con il metodo sperimentale, con la ricerca, con le scienze in generale, nel pieno rispetto delle finalità che abbiamo riportato all'inizio di questo articolo.

E infine – ma non meno importante – il coraggio, la determinazione nell'affrontare i problemi, la capacità di trarsi d'impaccio davanti alle difficoltà, l'abilità di superare le incertezze, sono tutte caratteristiche e prerogative che gli insegnanti dell'intero consiglio di classe hanno riconosciuto agli studenti delle classi coinvolte. Prerogative individuate anche in discipline non strettamente legate al progetto o all'ambito scientifico in cui esso è nato e maturato.

Evitare domande difficili, evitare problemi, risparmia all'allievo fallimenti e emozioni negative: ma in tempi brevi e in un contesto come quello dell'apprendimento molto circoscritto e controllabile. ... il confrontare gli allievi con fallimenti ed emozioni negative può avere invece il duplice vantaggio di abituarli ad affrontare le difficoltà e di permettere loro di apprezzare le emozioni positive che nascono dal superamento di un insuccesso.⁴

Valutazione e autovalutazione

Al termine di ogni *step* l'intero progetto è somministrato agli studenti un questionario di valutazione e di auto-valutazione con il quale si vuole misurare la qualità delle attività proposte ma anche sollecitare ragazzi e ragazze a valutare e riflettere sulle conoscenze apprese, l'affinamento delle competenze e l'atteggiamento nei confronti del progetto e della matematica e, infine, le capacità di relazionarsi con il docente, con i tutor esterni, con il gruppo di lavoro e i compagni.

I risultati, negli anni, sono stati pubblicati sul *blog* dedicato al progetto. Come esempio si può vedere l'articolo *Autovalutazione 2019* (l'ultima in ordine di tempo): <http://researchinaction.it/2019/06/17/autovalutazione-studenti-2019/>.

⁴ Rosetta Zan – *I danni del bravo insegnante* - <http://matematica-old.unibocconi.it/interventi/danni.htm>.