4 Uno sguardo aperto fuori dalla scuola.

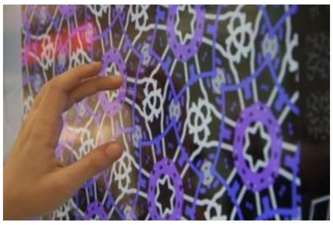
Viviamo nell'era dell'informazione. Prima dell'esistenza dei mezzi di comunicazione di massa (giornali popolari, radio, TV, Internet…) le fonti di informazione, e l'accesso alla conoscenza, erano essenzialmente due: i libri e gli insegnanti esperti. Per più di due secoli le società in tutto il mondo concordavano che l'educazione universale fosse un risultato auspicabile, e che l'istituzione scolastica fosse il sistema più efficiente inventato dalla società per realizzarlo, per trasmettere così la conoscenza, i valori e la formazione da una generazione all'altra. Insegnanti e libri sono risorse preziose e il loro impatto è amplificato da questa istituzione. Una scuola, un piccolo gruppo di esperti e una fornitura di libri possono educare un grande numero di bambini. Tuttavia, con l'attuale tecnologia, l'informazione è abbondante ovunque, istantanea e virtualmente libera.

L'informazione però non è la conoscenza. Gli uomini hanno ancora bisogno di elaborarla in maniera ordinata, strutturare le idee, imparare ad essere critici, applicare i concetti e sviluppare abilità. La confusione e le informazioni inutili impediscono l'emergere delle idee, e il grande flusso di stimoli sottrae l'attenzione e il tempo da bambini e adulti. Tuttavia l'altra preziosa risorsa di conoscenza e saggezza, gli insegnanti esperti, restano una risorsa limitata; scuole e università sono e saranno ancora per lungo tempo le strutture principali per l'educazione e la trasmissione del sapere alle nuove generazioni.

L'istruzione scolastica deve essere formale e generale, dare una base solida per preparare gli studenti per i passi successivi. I suoi metodi devono essere sistematici ed esaustivi in modo che gli studenti sviluppino le competenze desiderate e raggiungano una buona padronanza della materia. In matematica ciò implica che il sistema formale debba essere verticale: un argomento deve essere consolidato prima del successivo, nessun argomento va saltato. In principio ciò è innegabilmente efficace: manca però una panoramica, o vista orizzontale, della materia. Questioni legate a motivazioni, applicazioni, filosofia della matematica, sviluppi attuali, sviluppo storico ecc. spesso non sono ben inseriti nello schema verticale. Tuttavia, questo dovrebbe far parte della cultura di cittadini ben formati. Un'impostazione non-formale, fuori dalla scuola, può migliorare questa situazione, fornendo un punto di vista orizzontale e complementare, utilizzando tutte le risorse disponibili oggi. Fra queste non può essere dimenticata la componente umana fatta dai comunicatori matematici, guide nelle mostre, che possono anche essere gli stessi insegnanti dell'educazione formale. Discuteremo, con molti esempi, alcuni aspetti della matematica che possono essere trattati in un contesto non-formale.

Contributi per un concorso internazionale SURFER, creati da bambini in età scolare.

4.1. Astrazione.



Il programma Morenaments permette di disegnare tassellazioni usando i 17 gruppi di simmetria del piano.

Un'idea fondamentale in matematica è l'astrazione. Non solo in opposizione al "concreto", ma come "estrazione" di un principio fondamentale che governa l'oggetto dello studio e che viene condiviso spesso con altri oggetti apparentemente slegati ad una prima analisi. Useremo il concetto di simmetria, approfondito spesso nelle mostre di matematica, come esempio per descrivere diversi livelli di astrazione e come possono essere utilizzati dentro e fuori dalla scuola.

La simmetria compare in motivi ripetuti, in fiori, animali e altri fenomeni naturali, nei cristalli e nella chimica, nelle arti come la pittura e la scultura, in molti brani musicali, in innumerevoli giochi e indovinelli… Molti musei della matematica ma anche parchi di divertimento ed attività ricreative hanno sviluppato exhibit con un tema matematico su specchi, caleidoscopi e altri giochi ottici [1]. Con i caleidoscopi possiamo generare infinite immagini che riproducono un oggetto riflettendolo sugli specchi. Tuttavia tutte queste immagini hanno la stessa struttura, le stesse simmetrie, che sono determinate dalla posizione degli specchi e non dall'oggetto che viene riflesso.

Alcune mostre usano un software [2] che permette di generare tutte le 17 tassellazioni regolari del piano attraverso traslazioni, rotazioni e riflessioni di tutti i disegni fatti dagli utilizzatori. Anche se i disegni sono infiniti, le strutture delle simmetrie possono essere soltanto 17 [3]. Le mostre includono spesso moduli sui poliedri, in cui viene introdotta l'idea di simmetria. Essa viene spesso presentata come un concetto geometrico che può essere descritto algebricamente tramite il concetto di gruppo. Quest'ultimo è abbastanza avanzato, non per la difficoltà nella definizione, ma a causa dell'astrazione richiesta per immaginare e manipolare questa struttura algebrica. La teoria dei gruppi viene introdotta nei corsi di algebra del primo o secondo anno di università. Dopo definizione e primi esempi, si prosegue con teoremi e dimostrazioni, come il teorema di Lagrange sull'ordine di un elemento o la classificazione dei gruppi abeliani; si impara quindi a manipolarli e a dedurne le proprietà. Questo rappresenta l'apprendimento formale per un'istruzione matematica avanzata, per chi quindi si sta formando in tal senso.

---

1 Come il Museu de Matemàtiques de Catalunya, Matemilano, Le labosaïque, Mathematikum, e molti altri.

2 Per esempio Morenaments, GeCla or iOrnaments.

3 Una bella dimostrazione del fatto che esistono solo 17 di questi gruppi utilizza la topologia, le varietà orbitali e la caratteristica di Eulero; essa viene presentata in GeCla, a cura di Atractor association (DVD Symmetry – the dynamical view). Questo argomento viene trattato solo in corsi specifici di topologia geometrica.

Il punto cruciale è che l'idea di gruppo, una struttura algebrica composta da elementi (che possono essere combinati per ottenerne di nuovi) con certe proprietà molto semplici, sia un concetto accessibile ad una persona curiosa, quasi indipendentemente dalla sua preparazione matematica.

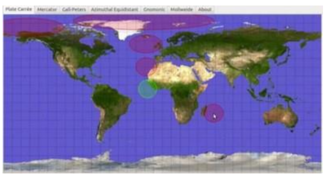
La struttura di un caleidoscopio, una pavimentazione, o un poliedro regolare possono appartenere a un particolare gruppo, con tanto di nome e caratteristiche, che ne governa le simmetrie; un altro caleidoscopio può essere intrinsecamente diverso perché il suo gruppo di simmetria è diverso.

Questa idea può essere trasmessa senza nemmeno usare la parola "gruppo" o la sua definizione (sarà compito del facilitatore identificare la formazione del pubblico e decidere quanto approfondire). Le simmetrie del piano sono trattate in alcuni testi scolastici e gli studenti di chimica potrebbero avere studiato la struttura dei cristalli e la loro classificazione alle scuole superiori. Il messaggio in un contesto extra-scolastico è che la simmetria non dipende da chimica, arte, o poliedri, ma è piuttosto una cornice astratta che spiega i diversi fenomeni.

4.2. Modellizzazione.

Mathematics gallery al London Science Museum.

Lampada e modello 3D di Henry Segerman. Illustrano la proiezione stereografica.



The sphere of the Earth, exhibit vincitore al Mathematics of Planet Earth 2013.

La modellizzazione può essere considerata il concetto duale di astrazione. Modellizzare significa utilizzare in modo pratico la matematica per risolvere, o almeno provare a capire, un problema concreto. Gli insegnanti potrebbero trovare la domanda: "a cosa serve?" quasi irritante. La Matematica infatti non è solo una scienza pratica e può essere studiata solo per l'amore per il sapere; è comunque una domanda legittima che merita una risposta esaustiva. La matematica applicata rappresenta quasi una realtà a sé stante, occupando più della metà della ricerca attuale. Si potrebbe però sostenere che la fisica sia matematica applicata; perciò viene definita meglio come l'utilizzo di matematica non-banale per un problema non-banale in un altro campo, con la collaborazione di esperti di entrambi.

Studiare matematica applicata e modellizzazione arricchisce da un punto di vista culturale, dà il senso dell'interconnessione fra i saperi umani, rende motivante lo studio, e amplia la libertà della matematica come linguaggio. L'istruzione formale include fisica, chimica, tecnologia e altre scienze, ricche di esempi di modellizzazione, nelle misure, nelle migliaia di vincoli fisici etc. Esclusa o ignorata nel curriculum matematico classico, questa branca di studi è molto utile per una trattazione al di fuori della scuola.

L'iniziativa "Mathematics of Planet Earth [4]" si concentra su ogni fenomeno del nostro pianeta per cui la matematica sia stata uno strumento d'aiuto o risolutivo.

4 Nome della ricerca (www.mpe2013.org) e della relativa mostra a cura di IMAGINARY (http://imaginary.org/exhibition/mathematics- of-planet-earth).

Tali fenomeni possono essere fisici, naturali, umani, o di altro genere. Per esempio, la cartografia è una scienza sviluppata dalla necessità di disegnare mappe di regioni della Terra. Come scienza tocca molti argomenti: come rendere piana la superficie curva della Terra, ma anche come misurare la Terra (geodesia), o creare strumenti per trattare il problema di rappresentare una superficie sferica su un piano, come le proiezioni. Si può pensare a molte rappresentazioni piane della sfera, disegnando le coordinate, proiettando linee immaginarie su piani e cilindri… Servono poi strumenti per analizzare le proiezioni, per definire e misurare lo scarto di curvatura e per valutare l'utilità della mappa per problemi pratici come trovare le strade fra le località [5]. La cartografia e la geodesia furono storicamente il punto di partenza per la geometria differenziale. Vincoli fisici a parte, si tratta di modellizzazione e trarne una teoria rappresenta l'astrazione.

La modellizzazione ci permette di introdurre anche altre aree della matematica, come le Equazioni Differenziali. Mentre la risoluzione di equazioni con funzioni incognite e derivate (sia ordinarie sia parziali) è un argomento avanzato, l'idea di una funzione come modello di una grandezza fisica e di vincoli che comportano delle variazioni di scala, è intuitiva e accessibile. "Mathematics of Planet Earth" presenta modelli su diversi fenomeni: movimenti di un ghiacciaio, venti, particelle sospese nell'atmosfera, correnti marine e tsunami, ecc [6].

La matematica applicata e i suoi modelli si adattano perfettamente anche alle presentazioni di tipo storico. La storia della matematica (antica e recente) è plasmata dagli argomenti a cui si riferisce. Esempi di mostre storiche sono la Winton Gallery del London Science Museum o la sezione di analisi presso Musée des Arts et Métiers a Paris. Entrambi I musei utilizzano le proprie collezioni per mostrare aree in cui la matematica ha avuto un ruolo centrale.

4.3. Creatività.

Costruzioni con il Polydron al MMACA.

Un grosso problema nell'approccio formale alla matematica è la mancanza di libertà nella creazione. La Matematica viene presentata come strumento risolutivo per problemi predefiniti, ma non come strumento creativo. La ricerca può essere un processo creativo, ma è lontana dagli studenti e dal pubblico. Risulta quindi importante sviluppare delle attività matematiche che permettano all'utilizzatore di creare attraverso il linguaggio matematico.

La creatività richiede una soluzione "aperta", essa non può essere pre-definita. Moduli basati sulla costruzione rappresentano uno spazio tradizionalmente creativo, specie per il pubblico più giovane.

5 Vedi l'exhibit The Sphere of the Earth at imaginary.org
6 The Future of Glaciers, Dune Ash, and TsunaMath respectively, at imaginary.org

GeCla, Generazione e Classificazione di tassellazioni del piano, di Atractor.

Spesso si tratta di pezzi per la costruzione di poliedri (da acquistare [7] o auto-prodotti). Essi permettono connessioni e forme multiple, ma hanno anche vincoli geometrici che rendono la composizione più difficile. Divertenti anche i pezzi grandi e morbidi, con cui I bambini possono costruire, ponti, torri e altre strutture.

Il disegno è un'altra possibile attività. Esistono software che permettono di disegnare tassellazioni simmetriche, abbinando la creatività alla "magica" moltiplicazione delle linee che creano motivi decorativi. L'Associazione Atractor (Portogallo) ha indetto delle gare fra scuole [8] col proprio software GeCla (Generation and Classification) per pavimentazioni: ciascun concorrente deve disegnare un pattern e indovinare il gruppo di simmetria degli altri disegni.

Superfici algebriche in SURFER.

Nelle mostre IMAGINARY SURFER [9], software interattivo, permette di visualizzare superfici algebriche, cioè superfici nello spazio tridimensionale definite da un'equazione polinomiale nelle variabili x,y,z. Scrivendo o selezionando l'equazione come input, si ottengono le immagini delle superfici come output. Le possibilità per le equazioni sono infinite, ma attraverso tutorial e pratica, si sviluppa un'intuizione su come le variazioni sulla formula agiscono sulla superficie corrispondente. Inoltre lo strumento è stato creato per utilizzare un linguaggio matematico simbolico in modo creativo. SURFER è stato usato in gare [10] per la creazione della superficie più bella, affascinante o interessante, valutata poi da una giuria.

Infine, la massima forma di creatività è far diventare la matematica una forma d'arte. L'arte matematica ha una lunga tradizione, dalla prospettiva alla sezione aurea, dalle tassellazioni geometriche arabe alle opere di M. C. Escher, il cubismo e il pittori moderni, o le sculture geometriche. Gli artisti matematici sono una grande comunità, con organizzazioni [11], piattaforme [12], conferenze [13], e competizioni [14]. Per il pubblico e gli studenti, la relazione fra matematica ed arte non solo è fonte di soddisfazione estetica, ma dà l'importante sensazione che scienza e arte non siano opposte, ma piuttosto entrambi risultati di menti creative.

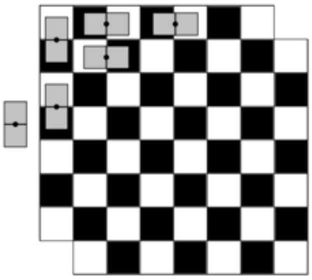
4.4. Ginnastica per la mente.

Fiere matematiche, mostre e musei, hanno di solito una parte importante della collezione dedicata a giochi, puzzle e indovinelli.

---

7 Come Polydron, Zometool, MathLink...
8 http://www.atractor.pt/mat/GeCla/Competicao-_en.html
9 Disponibile qui: https://imaginary.org/program/surfer
10 https://imaginary.org/search/node/surfer%20competition
11 e.g. the European Society for the Mathematics and Arts http://www.math-art.eu/
12 e.g. IMAGINARY
13 e.g. Bridges conference http://bridgesmathart.org/
14 e.g. Math Creations, https://imaginary.org/project/math-creations. See also Violet, Wagner, Eremenko "Math Creations - A math-art competition" Proceedings of the Bridges conference 2017.

Questo rende molte di queste mostre un terreno di esercizio per la mente dei visitatori, cosa che è di per sé positiva. L'istruzione non è solo la trasmissione del sapere, ma anche esercizio ed acquisizione di competenze. Giochi e indovinelli aiutano a sviluppare strategie e abilità nel problem solving, nel ragionamento e nel pensiero logico.



Il problema del domino e della scacchiera mutilata.

Un gioco classico: è possibile coprire una scacchiera con tessere del domino? (sì, lo è), e resta possibile con una casella in meno? (no, le caselle diventano dispari); e se si tolgono due quadrati su due diagonali opposte? (di nuovo impossibile, le caselle bianche e quelle nere sono in numero diverso e ciascuna tessera ne copre solo una per colore). Nel primo caso la soluzione è affermativa perché si può costruire una soluzione. Nel secondo è impossibile perché manca una condizione necessaria. Nel terzo, questa viene rispettata ma resta impossibile a causa di una seconda condizione necessaria (con una griglia 8x8 ma senza colori, la sfida si complica). Per un pubblico poco familiare con le dimostrazioni rigorose, come i bambini (e molti adulti), la sfida è arrivare con passaggi logici a dimostrare il risultato positivo o negativo. Si può approfondire chiedendo anche quali sono le condizioni necessarie sufficienti per l'esistenza di una soluzione nei casi 2 e 3.

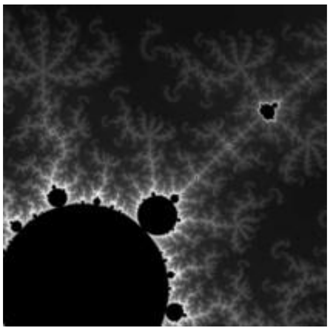
I giochi possono anche servire a valorizzare le conoscenze dei visitatori. Questo li coinvolge di più, rendendoli soddisfatti della posizione di "vantaggio" intellettuale nel caso di risultato positivo. In ogni mostra abbiamo notato un fenomeno interessante: i bambini che risolvono un puzzle corrono subito da genitori, fratelli, o compagni. Sentono di aver imparato qualcosa da condividere e di cui andare fieri. Uno dei rompicapi più famoso e difficile è il cubo di Rubik. Chiunque lo sappia risolvere guadagna rispetto per la sua abilità. Questo perché la soluzione non può essere svelata con un semplice trucco, si è obbligati a dedicare molto tempo ad imparare l' algoritmo, anche con una guida. Negli anni 80 (prima di internet) rappresentava una novità: l'abilità più grande era dunque risolverlo. Negli anni successivi, appaiono nuove sfide, come lo "speedcubing", risolverlo cioè nel minimo tempo possibile. Oggi, che i record di velocità rasentano il limite umano, l'attenzione si è spostata sulle variazioni, con strutture diverse, ai limiti della matematica e dell'ingegneria. Il cubo di Rubik è un ottimo gioco matematico, può portare allo studio (e alla ricerca!) della teoria dei gruppi, allo sviluppo della logica e abilità visive, e continua ad essere un gioco per bambini, ma adatto a tutti [15].

L'ultimo esercizio mentale è incoraggiare la ricerca personale. Non si tratta solo di trovare una soluzione al problema, ma scoprire il problema stesso in un dato contesto. Questo processo può essere guidato da un mediatore, ma è essenziale dare libertà e tempo di esplorazione.

15 See for instance Mathologer's channel on YouTube for mathematical content on the cube. https://www.youtube.com/results?search_query=mathologer+rubik

Ad esempio la lavagna sferica [16], composta da una sfera su cui si può disegnare e da un compasso e un righello curvo per tracciare “linee rette” (più propriamente, geodetiche). Uno spazio da disegno scatena la creatività, e i visitatori proveranno a disegnare figure che riproducono anche i paesi sulla Terra. Alla domanda “si può disegnare un quadrato?” si troveranno di fronte ai problemi dati dallo spazio curvo. Si può infatti disegnare un quadrilatero con lati uguali, ma non con angoli retti. Questa informazione non va svelata, ma può essere scoperta attraverso la sperimentazione. O piuttosto indovinata dopo vari tentativi, ma non senza una spiegazione più approfondita. Il fatto che ci siano infinite possibilità obbliga la creatività a elaborare una strategia di soluzione, e sembra sempre che non si non arrivi alla risposta cercata. Il risultato è NON SI RIESCE a disegnare un quadrato… E i triangoli? I pentagoni? E disegnare un poliedro sulla sfera…?

4.5. Nuove scoperte.



Frammento del frattale di Mandelbrot.

Molti argomenti non sono presenti nell’istruzione formale, molte volte per “mancanza di tempo”. In matematica, molti contenuti restano sconosciuti al pubblico, anche se spesso la loro conoscenza è accessibile e arricchente. Una breve introduzione non sostituisce un corso dedicato, ma l’approccio non-formale serve a trattare campi poco o per niente conosciuti. Inoltre alcuni riferimenti popolari possono attirare l’attenzione del pubblico e servire come punto di partenza per la loro presentazione.

I frattali sono uno di questi argomenti popolari. Molte persone hanno sentito parlare dell’insieme di Mandelbrot e forse hanno visto disegni psichedelici su internet. Questo tipo di pubblico è motivato, quindi è possibile fornire più informazioni, e allo stesso tempo risulta per loro piacevole.

I frattali si legano alla nozione di infinito perché la loro costruzione richiede un processo iterativo senza fine e un passaggio al limite. L’auto-similarità è intuitiva e ha riscontro in natura: a volte più evidente (alberi, foglie di felce, cavolo romano), a volte meno (quanto è lunga la costa della Gran Bretagna? [17]). L’idea di limite può essere esplorata con le curve di Peano e Hilbert (che riempiono il piano e lo spazio e rispettivamente) o il fiocco di neve di Von Koch. Le approssimazioni finite possono essere realmente costruite, e le simulazioni al computer possono servire per l’esplorazione virtuale [18].

16 Lavagne su sfera esistono ma un set educativo recente è la Lénárt Sphere (http://lenartsphere.com/) che è trasparente

17 Citazione di B. Mandelbrot, che porta alla definizione di dimensione frattale

18 Vedi per esempioalcune applet Cinderella a (https://imaginary.org/program/cinderel- la-applets)

Si possono introdurre le nozioni di dimensione frattale, e il processo iterativo è alla base della teoria del caos.

I numeri complessi e la dinamica complessa sono essenziali per capire in profondità i frattali. Purtroppo sono trattati spesso solo nei programmi universitari. Tuttavia, l'idea delle operazioni algebriche fra i punti del piano (coppie di coordinate o numeri complessi) è accessibile anche da un pubblico senza questa specifica formazione. Da qui ci si può immergere nelle funzioni di variabile complessa dell'analisi complessa. Il salto è qualitativamente grande: l'analisi complessa viene insegnata nei corsi universitari di matematica al secondo o terzo anno. L'idea di base però può essere proposta al pubblico. Una funzione di variabile complessa (olomorfa) deve essere conforme, cioè conservare gli angoli. Si può vedere questo con l'aiuto di un software [19], progettato a questo scopo. Un'immagine (statica o video) viene presentata dopo una trasformazione olomorfa, gli angoli possono essere misurati prima e dopo. Si possono anche vedere gli zeri e i poli delle funzioni meromorfe, e giocare con la geometria complessa. Il passo successivo è iterare una funzione (componendola con se stessa più volte) per ottenere la dinamica complessa, e da qui i famosi insiemi "Julia sets" e "Mandelbrot sets".

Questo viaggio nei frattali e nell'analisi complessa richiede un mediatore con la capacità di fermarsi, riprendere, e saltare delle parti, ma in buone condizioni può essere una esposizione adatta ai teenager e al pubblico. L'ambiente ideale sarebbe una conferenza interattiva di 20-25 minuti in un museo o un dopo-scuola, con l'uso del software e di pochi oggetti (scultura di una curva di Hilbert, un cavolo romano…). Una conferenza più classica è sempre un'opzione se il pubblico è molto numeroso, ma è importante che chi assiste abbia la possibilità di toccare ed interagire con una funzione olomorfa o un frattale, variando i parametri e scoprendo da solo i dettagli.

4.6. Perle di matematica.

In matematica ci sono innumerevoli esempi di piccole storie, teoremi, congetture, argomenti di un campo di studi che possono essere raccontati e compresi anche isolati dal proprio contesto e che contengono risultati sorprendenti. Queste "perle" sono preziose per discussioni di matematica informali, sono coinvolgenti e soddisfacenti. Sembrano essere storie isolate, ma tutte le volte che si raccontano e si aggiunge un dettaglio, diventano più ricche e connesse. Per sua natura questo insieme di storie non rientra nell'apprendimento formale ed è sempre stato perfetto per la divulgazione. Ecco alcuni esempi.

19 Vedi Conformal Webcam by Christian Mercat (https://math.univ-lyon1.fr/~mercat/CindyJS/examples/cindygl/22_webcamconf.html)

Il paradosso di Bannach-Tarski è un teorema, afferma che si può tagliare una sfera in 5 pezzi, e ricomporli in 2 sfere, di misura identica all'originale. E' detto paradosso perché è controintuitivo e contraddice la proprietà additiva del volume, ma allo stesso tempo è stato dimostrato ed è assolutamente vero. La spiegazione è legata alla teoria della misura, e col fatto che se agli insiemi di punti che si possono definire non si può assegnare un volume, sono non-misurabili. I pezzi in cui la sfera deve essere tagliata sono così "intricati" che non può essere loro assegnato un volume. Il fatto interessante è che la storia può essere raccontata in poche parole, facendo leva sull'autorità della frase "è una verità matematica" per stupire il pubblico e stimolare la curiosità di approfondire il teorema [20].

Un'altra perla è la somma di tutti I numeri naturali. Il risultato dice che 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + … = -1/12. Ciò è sorprendente ed a prima vista impossibile da credere. Ma di nuovo, è matematicamente vero. La proprietà viene prima definita per due, tre, o qualunque numero finito di addendi. Se vogliamo fare somme infinite dobbiamo estendere la definizione di addizione, in modo da poter scrivere 1 + 1/2 + 1/4+ 1/8 + 1/16 + … = 2 Questa addizione rappresenta il paradosso di Zeno che per secoli ha stupito i Greci e tutta l'umanità: adesso è accettata e utilizzata in molte aree della matematica. Si basa sulla distinzione fra serie convergenti e divergenti, le prime ammettono un valore numerico, le seconde no. Nello stesso modo, ad esempio nella teoria delle stringhe in fisica, può essere necessario assegnare un valore numerico a serie considerate divergenti, e nel caso della somma di tutti i numeri naturali, il valore coerente con la teoria è -1/12. Questo insegna che si può andare oltre le regole, e la teoria viene messa alla prova. Le ipotesi scartate o "impossibili "dovrebbero sempre essere riconsiderate [21].

Molte di queste perle si trovano di solito su brevi libri o articoli di divulgazione e più recentemente, su siti Internet come YouTube. L'uso dei video è sempre più esteso. La durata breve dei video (spesso meno di 15 minuti) e lo stile informale ne ha decretato il successo, preparando il terreno per una crescente comunità di divulgatori. Certo le barriere di linguaggio e geografiche esistono ancora, ma sono un problema minore per le nuove generazioni. Gli argomenti sono riformulati da diversi punti di vista, considerando tipi diversi di linguaggio a seconda del pubblico. Il video permette di vedere animazioni, diagrammi, cartoni animati, che rappresentano un miglioramento qualitativo rispetto al testo e alle figure sui

---

20 Vedi per esempio il video su Vsauce (https://www.youtube.com/watch?v=s86-Z-CbaHA)

21 Vedi il video su Numberphile (https://www.youtube.com/watch?v=w-I6XTVZX-ww, https://www.youtube.com/watch?v=0Oazb7IWzbA&t=36s), su Mathologer (https://www.youtube.com/watch?v=jcKRGpMiVTw) o su 3brown1blue (https://www.youtube.com/watch?v=sD0NjbwqlYw&t=8s).

libri. Tecnica e abilità degli autori possono arrivare ad essere simili alle produzioni TV, senza i limiti dovuti a tempo e audience.

Avere divulgatori su brevi format, in video o tramite un articolo, è una grande sfida per la didattica. Tempo, attenzione e background portano la capacità di sintesi, risorse visive e fascino al limite. Le “perle” sono spesso la migliore introduzione a molti argomenti, un misto fra divertimento e contenuto. In tal senso il valore educativo è fuor di dubbio e queste risorse dovrebbero essere esplorate anche da docenti ed educatori.

4.7. Aspetti della conoscenza.

La matematica non è una scienza “conclusa”. Ci sono e ci saranno sempre domande di cui non conosciamo la risposta, problemi irrisolti, e interi argomenti da scoprire. E’ difficile trasmettere questo concetto al pubblico, dato che i progressi non sono né evidenti come quelli di altre tecnologie (comunicazioni, ricerca medica…), né possono essere descritti facilmente in relazione ad un chiaro obiettivo come in fisica (es. scoperta di una particella grazie all’acceleratore, per capire meglio la materia). Per molto tempo la divulgazione delle ricerche in corso è stata considerata uno sforzo inutile. E’ compito dei ricercatori e della loro comunità pubblicare e comunicare i progressi non solo ai loro colleghi matematici, ma anche ma anche ai non-specialisti. Fortunatamente questa tendenza è migliorata nell’ultimo decennio grazie a molti progetti in tutto il mondo. Il legame fra la ricerca e il pubblico può essere creato dai ricercatori stessi o da un crescente numero di divulgatori professionisti e di organizzazioni.

SURFER in un allestimento.

Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach è un centro di ricerca in Germania. Nel 2008 ha iniziato un progetto di divulgazione della matematica che portò all’organizzazione IMAGINARY. Molti degli exhibit di IMAGINARY, prodotti da matematici professionisti, visualizzano e divulgano gli argomenti della loro ricerca. Uno di questi exhibit è il già menzionato SURFER, che visualizza le superfici algebriche. Oltre alla possibilità di esplorare le superfici create dagli utilizzatori, il programma propone uno sguardo sulla teoria delle singolarità, punti nei quali una superficie algebrica finisce di essere derivabile, come le cuspidi. Questi punti sono difficili da trovare, quindi interessanti da studiare. Per polinomi di grado fino a 6, ci sono teoremi che trovano il massimo numero di punti singolari per una superficie di un fissato grado. SURFER permette la visualizzazione di superfici che portano il nome dei matematici che le hanno scoperte. Per gradi a partire da 7 non c’è ancora un risultato definitivo al problema di trovare il massimo numero possibile di singolarità. Questi sono problemi aperti, ancora oggetto di ricerca.

Di sicuro SURFER non basta per scoprire un nuovo teorema, ma questo exhibit dà un’idea più vicina a quella di un nuovo teorema, stimola l’immaginazione e chiunque potrebbe trovare un polinomio la cui superficie sia “record del mondo” di singolarità.

“Snapshots of current mathematics” in mostra su pannelli interattivi displayed.

Un altro progetto dello stesso istituto, “Snapshots of current mathematics from Oberwolfach” [22] produce regolarmente libretti editi per il pubblico, che forniscono un “assaggio” degli argomenti discussi nei seminari ad Oberwolfach. Questi libretti hanno dalle 8 alle 10 pagine formato A5, e possono essere distribuiti gratuitamente in tutti gli eventi di comunicazione della matematica, o tradotti e ripubblicati su riviste di matematica “generale”.

Piattaforme virtuali di comunicazione come “Images des Maths [23] (in francese) sono un punto di riferimento per chi scrive di matematica. Film e video sono una nuova tendenza, non solo brevi (come già accennato su YouTube), ma anche film interi come “Dimensions or Chaos” [24] che offre un’introduzione agli attuali argomenti di ricerca in matematica.

La divulgazione della matematica si sta consolidando. Più di 50 musei matematici in tutto il mondo [25], dozzine di conferenze [26], e una crescente comunità di professionisti chiedono visibilità. IMAGINARY promuove e fornisce dei servizi a questa comunità (WikiMathCom [27], Math Communication Network [28], IMAGINARY Conferences [29]), con nuove iniziative, nuovi canali Internet, supportati da Istituti di ricerca come (CNRS, MSRI...) per promuovere la diffusione presso il pubblico. Organizzazioni Internazionali come IMU and EMS promuovono attivamente il supporto matematico verso il pubblico con pubblicazioni, programmi pubblici (come la gara Mathematics of Planet Earth), e specifici materiali per le conferenze [30].

Il ruolo della comunicazione come modalità non-formale di apprendimento, e il suo legame con l’istruzione formale nelle scuole e università è un aspetto che va ancora sviluppato, sperando nella sinergia fra le due facce della stessa medaglia: migliorare l’istruzione e di conseguenza la società.

22 Testi su https://imaginary.org/snapshots, vedi anche una mostra interattiva su https://imaginary.org/program/snapshots-slider

23 http://images.math.cnrs.fr/?lang=fr

24 Entrambi di E. Ghys, J. Leys e A. Alvarez http://www.dimensions-math.org/, http:// www.chaos-math.org/es

25 http://wikimathcom.ntrnt.me/index.php?title=Math_Museums

26 http://wikimathcom.ntrnt.me/index.php?title=Conferences

27 http://wikimathcom.imaginary.org

28 http://imaginary.org/network

29 http://ic16.imaginary.org/

30 Per esempio all’International Congress of Mathematicians ICM (Seoul 2014), https://imaginary.org/event/imaginary-panel-mathematics-communication-for-the-future-a-vision-slam or at the 7th European Congress of Mathematics 7ECM (Berlin 2016) https://imaginary.org/event/ems-session-on-public-awareness-of-mathematics-at-7ecm