

IFIS A_{per}TO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO

This is the author's final version of the contribution published as:

[Giorda C., **Leone M.**, Morselli F., Sabena C. Lo spazio in geografia, fisica e matematica. Un concetto ponte per didattiche interdisciplinari? *Ambiente Società Territorio* 3 (2014) 10-15.]

When citing, please refer to the published version.

Link to this full text:

[<http://hdl.handle.net/2318/150542>]

Cristiano Giorda, Matteo Leone, Francesca Morselli, Cristina Sabena¹.

Lo spazio in geografia, fisica e matematica. Un concetto ponte per didattiche interdisciplinari?

1. Introduzione. Lo spazio è un concetto ponte?

Il concetto di spazio non è solo geografico. Le discipline scientifiche hanno da sempre affrontato il tema dello spazio da diversi punti di vista: la matematica per esempio ha sviluppato la geometria a partire dalla misura e dalla riflessione sullo spazio, in fisica il concetto ha subito mutamenti radicali legati alle idee su materia e tempo; la geografia, infine, è passata dall'utilizzarlo come categoria assoluta ad ordinatore logico di processi sociali, economici, politici e culturali.

Il suo uso è altrettanto fondamentale nelle scienze umane, si pensi al ruolo dello spazio geografico nella ricerca storica o in quella linguistica e alla riflessione sui suoi significati che proviene dagli studi filosofici.

Inteso come strumento di pensiero, il concetto di spazio è indispensabile in tutti i campi di ricerca e in tutte le materie scolastiche. Ma di quale *spazio* stiamo parlando? Si tratta sempre della stessa idea o da una disciplina all'altra esso muta significativamente il proprio valore semantico e il proprio campo di applicazione? Questo contributo intende proporre una riflessione sul concetto di spazio a partire dalla sua sistematizzazione in geografia, in fisica e in matematica. La domanda di fondo è: possiamo utilizzare il concetto di spazio come "ponte" fra queste discipline, trovando sufficienti elementi di continuità tali da poter sviluppare percorsi inter e trans-disciplinari?

2. Lo spazio in geografia.

In campo disciplinare si aggiunge al termine spazio l'aggettivo *geografico*, che permette di specificare a quale grandezza spaziale e a quale idea di spazio ci si riferisce. Lo *spazio geografico*, oggetto di studio della geografia, è tradizionalmente inteso come la superficie terrestre, o meglio l'area del pianeta, che comprende anche una parte aerea e una parte di sottosuolo, sulla quale si svolgono la vita e le attività umane e che fa quindi da base alle relazioni tra sistemi ambientali e sistemi umani.

¹ Il contributo è frutto di una riflessione comune che si inserisce fra gli esiti del progetto di ricerca locale "L'educazione scientifica nella scuola dell'infanzia e nel primo ciclo di istruzione: modelli teorici e proposte di intervento" sviluppato dai tre autori presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino. La scrittura dei paragrafi 1 e 5 è da attribuire a tutti gli autori, quella del paragrafo 2 a Cristiano Giorda, quella del paragrafo 3 a Matteo Leone e quella del paragrafo 4 a Francesca Morselli e Cristina Sabena.

Tutto così semplice, “naturale”? Niente affatto. Lo spazio, nell’uso in campo geografico, non è solo un’estensione materiale, misurabile e definibile in modo oggettivo, ma anche una rete di interazioni e di fenomeni. Comprende inestricabilmente l’estensione materiale e l’organizzazione sociale, il contenitore e il contenuto. Se parliamo di una città, a esempio, intendiamo sia una realtà fisico-spaziale sia un complesso di relazioni sociali, politiche, economiche e culturali. Sostiene Dematteis (1985) che in questa geografia, nella quale il centro dell’indagine sono i fenomeni, non esistono entità spaziali assolute, e la nostra comprensione dello spazio riguarda quindi le proprietà dei fenomeni studiati.

Per distinguere l’idea dello *spazio assoluto* dall’idea di spazio come sistema sociale, politico, economico e culturale si usa allora il concetto di *spazio relativo*, che sottolinea come questo spazio sia espressione di un punto di vista variabile nel corso del tempo in base alle idee dei gruppi sociali che lo riconoscono. Lo spazio relativo può essere misurato in scale spazio-temporali: lo *spazio-tempo* che separa due luoghi in base alle vie di comunicazione disponibili, al mezzo di trasporto scelto o ad altri fattori economici o strumentali. Mentre lo spazio assoluto porta a concentrarsi sulla posizione e sulle variazioni spaziali, lo spazio-tempo porta ad aspetti dinamici come la diffusione spaziale e ai modelli sistemici di analisi delle relazioni umane con l’ambiente.

Ma lo spazio relativo viene indagato anche in base alla percezione mentale e alle idee sullo spazio della società che lo controlla e lo trasforma (*spazio culturale*). Si parla di *produzione di spazio* (Lefebvre, 1991) così come di *consumo di spazio*, di *controllo dello spazio* e di *configurazioni dello spazio* (Johnston *et al.* 2000). Lo spazio diventa per il geografo una metafora, una costruzione sociale, il risultato di processi (Harvey, 1996).

Dematteis si sofferma sul significato metaforico delle categorie geografiche e sul loro ruolo preminente nelle descrizioni (Dematteis, 1995). Partendo da queste basi, si sviluppa la critica delle rappresentazioni geografiche, viste come strumento ideologico di normalizzazione e di controllo economico e culturale. La presunta oggettività cartografica viene allora riconosciuta come *retorica cartografica*, un dispositivo spaziale che è stato la matrice della modernità (Farinelli, 1992), e che però ha ridotto il mondo a una mappa, a una tavola, per cui “la carta e il territorio non sono più distinguibili fra loro, nel senso che quel che del secondo si vede ha assunto compiutamente la forma del primo” (Farinelli, 2003, p. 201).

Spostando l’attenzione sulle componenti soggettive e culturali viene posta maggiore attenzione alla componente relazionale dello spazio geografico. Per definire in modo specifico le relazioni e i legami emozionali e percettivi dei singoli individui con i luoghi del loro spazio di vita si può utilizzare il concetto di *spazio vissuto* (Frémont, 2007), che incentra la sua attenzione sulla conoscenza esperienziale. Il soggetto non è più un osservatore distaccato dello spazio geografico,

ma un attore territoriale che interagisce con uno spazio in cui si identifica e in cui incide una propria progettualità. Con quest'idea arriviamo a definire un elemento fondamentale dell'educazione geografica: quella che lo spazio di vita sia insieme sociale, culturale e relazionale, oltre che fisico-ambientale, integrando il dato esperienziale con quello delle rappresentazioni, dei valori e dei simboli.

Più che di spazio parliamo allora di *spazialità*, intendendo le conoscenze, le abilità e le competenze umane in relazione allo spazio geografico. La *spazialità umana* comprende l'orientamento, lo spostarsi intenzionalmente nello spazio (si pensi ai viaggi o alle migrazioni) ma anche il linguaggio con cui lo si descrive, i modi per pensarlo in modo astratto o simbolico e quelli per rappresentarlo, progettarlo, governarlo e trasformarlo materialmente. Tutte queste competenze non sono separate, e la loro acquisizione necessita certamente dell'integrazione fra diverse conoscenze e abilità.

La molteplicità di interpretazioni sul concetto di spazio geografico (Scarpelli, 2003) spiega in parte il suo uso limitato nella letteratura geografica. Ad esso si sostituiscono frequentemente dei termini più specifici, che chiariscono meglio le proprietà dello spazio oggetto di indagine. Concetti come quelli di territorio e sistema territoriale, luogo, regione, sito, con le loro diverse sfumature, possono essere preferiti per meglio definire il campo della ricerca. Nessuno di questi termini può però essere considerato sinonimo degli altri e di quello di spazio geografico, e la loro distinzione è importante per comprendere l'utilità del lessico disciplinare come strumento per la comprensione dei fenomeni (Giorda, 2014).

3. Lo spazio in fisica.

Il concetto di spazio in fisica ha una storia complessa e affascinante quanto il concetto stesso. Lo spazio, così come oggi lo si intende nella fisica moderna, è infatti il risultato di un lungo e faticoso processo di astrazione le cui origini si perdono in epoche lontane. Le ricerche filologiche, archeologiche e antropologiche mostrano chiaramente che l'uomo primitivo non fu capace di astrarre il concetto di spazio dall'esperienza dello spazio. Sembra che il concetto di *spazio* inizialmente coincidesse con il concetto, psicologicamente più semplice, di *luogo*, inteso come una (piccola) porzione della superficie terrestre identificata da un nome (Jammer 1954). Questa idea di spazio come luogo, dove lo spazio è una qualità relativa alla posizione del mondo degli oggetti materiali, ha trovato una sua espressione importante nella teoria dei luoghi di Aristotele. In tale teoria il luogo di un oggetto è la superficie limitante interna *del corpo contenente (Fisica)*. Nel quadro concettuale di Aristotele, la dimensione è sempre la dimensione di qualcosa, e dunque il luogo di un corpo non può essere semplicemente la sua estensione interna, come nella moderna idea di spazio. Infatti, se un'entità puramente dimensionale, ovvero un'estensione senza un corpo,

potesse esistere, le varie parti di un fluido in movimento in un contenitore produrrebbero un numero infinito di luoghi sovrapposti (Mitrović 2004).

Come ha avuto modo di osservare uno dei fisici che maggiormente hanno contribuito a plasmare la moderna concezione di spazio, Albert Einstein, è tuttavia possibile pensare in un modo diverso: “in una data scatola possiamo mettere un certo numero di grani di riso o di ciliegie, ecc. Si tratta in questo caso di una proprietà dell’oggetto materiale ‘scatola’, la qual proprietà deve essere considerata ‘reale’ nello stesso senso della scatola stessa” (Einstein 1954, pp. 6-7). Questo conduce a un concetto di spazio libero da ogni relazione con un particolare oggetto materiale, ovvero a uno spazio visto come contenitore di tutti gli oggetti materiali.

Isaac Newton comprese che uno spazio inteso come qualità relativa alla posizione del mondo degli oggetti materiali non è adatto a fondare il principio di inerzia, secondo il quale “ciascun corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, eccetto che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse” (*Principia Mathematica*, libro I). Questo principio richiede uno spazio “logicamente più audace”, indipendente dagli oggetti materiali. Secondo Einstein “avere capito pienamente e chiaramente ... che se si desidera dare un esatto significato al principio classico d’inerzia si deve introdurre lo spazio come la causa indipendente del comportamento inerziale dei corpi ... è una delle massime conquiste di Newton” (Einstein 1954). Nel quadro teorico di Newton il principio di inerzia richiede, per la sua validità, un sistema assoluto di riferimento e lo *spazio assoluto* diventa quindi indispensabile per la meccanica newtoniana. Questo spazio assoluto, che Newton identifica anche con Dio o con uno dei suoi attributi, trova per il fisico inglese una sua manifestazione sensibile negli effetti della rotazione, come nel celebre esperimento del secchio pieno d’acqua appeso a un filo che per effetto della torsione si indurisce. Lasciando il filo libero di storcersi, la superficie dell’acqua sarà inizialmente piana per poi cominciare ad incurvarsi e a salire verso i lati del recipiente. Questa deformazione indica che una forza è in azione e che quindi c’è un’accelerazione dell’acqua, ma accelerazione rispetto a cosa? Poiché non può essere un’accelerazione relativa al secchio, dal momento che l’acqua è ferma rispetto al secchio, Newton conclude che deve essere un’accelerazione rispetto allo spazio assoluto.

Sarà solo all’inizio del Novecento che l’esigenza di conciliare la meccanica newtoniana con le leggi dell’elettromagnetismo condurrà, attraverso la teoria della relatività speciale di Einstein, a un superamento del concetto di spazio assoluto e a un ripensamento sulle nozioni di spazio e tempo come enti separati e indipendenti. Come dirà Hermann Minkowski nella sua celebre conferenza *Raum und Zeit* (Spazio e Tempo) del 1908, con la quale introduce una nuova struttura matematica, lo *spazio-tempo*, “gli oggetti della nostra percezione includono invariabilmente luoghi e tempi in combinazione” poiché “nessuno ha mai osservato un luogo se non in un tempo o un tempo se non in

un luogo”. Quindi, “d’ora innanzi, lo spazio in se stesso, e il tempo in se stesso, sono condannati a svanire come pure ombre, e solo una sorta di unione tra i due conserverà una realtà indipendente” (Radicati di Brozolo & Leone 2008).

4. Lo spazio in matematica.

Nella matematica contemporanea si denota col termine di spazio un insieme dotato di una *struttura*: a seconda della struttura considerata, si parlerà nello specifico di spazio euclideo, affine, spazio vettoriale, spazio metrico e così via. A scuola, generalmente lo spazio in matematica viene a coincidere implicitamente con lo spazio euclideo a tre dimensioni, studiato in geometria.

In effetti, la geometria nasce proprio come scienza volta alla rappresentazione e alla misurazione dello spazio fisico. Tuttavia, lo sviluppo storico successivo della geometria come scienza è stato un cammino verso un’astrazione sempre maggiore, in cui il riferimento alla realtà fisica si è fatto sempre più marginale, fino ad essere del tutto assente. Nel seguito, dopo un breve excursus storico, esamineremo la relazione tra spazio geometrico e spazio della realtà, considerandone le principali implicazioni didattiche.

Erodoto sosteneva che la geometria avesse avuto origine in Egitto, in risposta al bisogno pratico di misurare le terre dopo le inondazioni del Nilo. Aristotele sosteneva invece che lo sviluppo della geometria in Grecia fosse legato all’esistenza della classe dei sacerdoti. Come osserva Boyer (1998), queste due diverse opinioni sottendono due ipotesi sulle origini della matematica (e in particolare della geometria): scienza legata a bisogni pratici dell’uomo, o legata alle cerimonie rituali dei sacerdoti. In ogni caso, sostiene Boyer, dobbiamo ammettere che la geometria ha avuto origine ben prima dei greci, e che la sua origine può essere legata a rituali religiosi o a bisogni pratici, o anche, più semplicemente, al senso estetico: “Può darsi che l’interesse dell’uomo preistorico per concezioni e relazioni spaziali sia stato originato dal suo senso estetico e dal piacere provato per la bellezza della forma, motivi che spesso stimolano anche i matematici del nostro tempo” (Boyer, 1998, p.7).

La prima sistemazione assiomatica della geometria risale ad Euclide. Negli Elementi, il rapporto tra geometria e realtà fisica è ancora molto stretto: gli Elementi sono caratterizzati da un lato dal rigore delle argomentazioni, dall’altro dall’evidenza empirica dei principi assunti. L’evidenza empirica delle proprietà espresse dalla geometria ha costituito per molti secoli il fondamento per la generale fiducia nella geometria euclidea. La crisi dei fondamenti e la nascita delle geometrie non euclidee, ha costretto i matematici del XIX secolo a ripensare la concezione stessa di geometria e a rivedere il concetto di verità e verificabilità come legati all’evidenza empirica. Il dibattito sui fondamenti ha portato “ad ammettere l’impossibilità di affermare la verità assoluta per quanto riguarda gli assiomi,

ed in particolare gli assiomi della geometria elementare. Come conseguenza, la geometria ha perso il suo status: da modello tanto vero quanto attendibile dello spazio fisico al quale si riferiva, a teoria sempre più affrancata da ogni riferimento al reale” (Mariotti, 2005, p.3).

Come risultato di questo ripensamento, la geometria va intesa come una teoria assiomatica. Ancora meglio, nella matematica moderna trovano posto geometrie caratterizzate da sistemi assiomatici diversi: geometria analitica, proiettiva, differenziale... Come rileva Mariotti, “Ciascuno di questi sistemi di assiomi cattura aspetti diversi di ciò che tradizionalmente si intende per geometria” (Mariotti, 2005, p. 1).

Nel periodo a cavallo tra i secoli XIX e XX il dibattito sul rapporto tra realtà e geometria è stato piuttosto acceso. Molti matematici (Dieudonné, Peano, Enriques) continuavano a sostenere l’esistenza di un rapporto privilegiato tra realtà fisica e geometria elementare. Di parere opposto Hilbert e Poincaré, secondo i quali occorre distinguere nettamente tra lo spazio astratto della geometria e lo spazio fisico in cui ci troviamo (un resoconto del dibattito si trova in Mariotti, 2005). Lo spazio della geometria si configura pertanto come uno spazio “astratto” che ha differenze sostanziali con lo spazio della realtà. Infatti, rispetto a quello reale, lo spazio geometrico non può essere direttamente percepito e conosciuto con i nostri sensi, esplorato con il corpo o con strumenti, è isotropo, ossia privo di direzioni privilegiate, e omogeneo, ossia privo di punti privilegiati. Lo spazio in cui viviamo è invece fortemente determinato da alcune direzioni fondamentali (in particolare quella verticale e quelle orizzontali) e da parti o oggetti caratterizzanti (es: la porta è una parte caratterizzante di una casa, un frigorifero di una cucina, ecc.).

In geometria, l’introduzione di sistemi di riferimento come il piano cartesiano ha tra i vantaggi anche quello di introdurre, nello spazio geometrico, dei punti e delle direzioni alle quali riferirsi. Si tratta di sistemi di riferimento oggettivi o assoluti, ossia indipendenti dalla posizione del soggetto che li utilizza.

Ad oggi, il problema del rapporto tra matematica e realtà resta, se non come problema interno alla matematica, come problema centrale per l’apprendimento e l’insegnamento della matematica. Infatti, un problema didattico spesso trascurato a scuola è proprio quello di gestire la dialettica tra la rappresentazione dello spazio fisico e la geometria intesa come teoria matematica.

Da una parte, la realtà è e deve restare, per ragioni cognitive, il punto di partenza per l’avvio allo studio dello spazio geometrico. In quest’ottica, l’insegnamento della geometria dovrebbe pertanto costituire un cammino che porta dalla spazialità, intesa come la comprensione dello spazio fisico che ci circonda, alla geometria, intesa come “scienza dello spazio” (Speranza, 1997). D’altro canto, il ragionamento spaziale, legato all’adattamento dell’individuo alla realtà fisica in cui vive, è distinto dal ragionamento geometrico, inteso come ragionamento condotto all’interno di una teoria

che può allontanarsi anche molto dal riferimento alla realtà. E' diventata celebre in questo senso una battuta di Hilbert riferita dal suo biografo Otto Blumenthal: nella teoria assiomatica della geometria, invece di punti, rette e piani si può parlare di tavoli, sedie e boccali di birra.

In sintesi, la geometria coglie un aspetto fondamentale dell'esperienza fisica, la *spazialità*, e formalizza questa proprietà in una *teoria*. Il ragionamento spaziale, legato all'adattamento dell'individuo alla realtà fisica in cui vive, è quindi distinto dal ragionamento geometrico, inteso come ragionamento condotta all'interno di una teoria. Un problema didattico può nascere dal fatto che la geometria elementare è tanto profondamente radicata nell'esperienza fisica da far pensare ad una concettualizzazione "spontanea". Le idee della geometria euclidea e le proprietà ad esse collegate ci possono sembrare così familiari che il confine tra ciò che è spontaneo (la concettualizzazione spaziale) e ciò che invece è prodotto di elaborazione culturale (la teoria geometrica) non sembra essere più ben definito.

5. Conclusioni. Lo spazio in una didattica interdisciplinare.

Quali considerazioni possiamo trarre da questo confronto preliminare, e necessariamente selettivo, sul concetto di spazio nell'ambito di geografia, fisica e matematica? Abbiamo parlato dello stesso concetto, pur a scale e in ambiti diversi, o stiamo parlando di tre idee molto diverse fra di loro?

La prima risposta che possiamo dare è che si tratta di una domanda troppo dicotomica, alla quale non è possibile far seguire una risposta generale.

La storia del pensiero scientifico ci rivela come il concetto di spazio sia oggetto di una costante evoluzione e rielaborazione, per cui la sua polisemicità emerge già in campo disciplinare e cambia in base alle epoche, ai campi di ricerca e al dibattito scientifico in atto.

Nonostante questa diversità, emergono anche importanti segni di continuità e di connessione fra le diverse conoscenze. Scoprendo che il concetto di spazio si origina probabilmente da quello di luogo, possiamo immaginare un progressivo differenziarsi delle diverse sfere di senso da un'idea originaria comune, e riconoscere meglio le successive intersezioni come quella dello spazio assoluto e dello spazio-tempo relativo fra fisica e geografia e quella dello spazio oggettivo fra matematica e geografia, in particolare per quanto riguarda la cartografia.

La conseguenza didattica che possiamo trarre può essere quella di valorizzare il valore formativo della diversità di significati e di idee che le discipline producono. Se ci concentriamo sui processi di concettualizzazione spaziale, è facile immaginare che per tutte e tre le discipline l'apprendimento possa passare attraverso esperienze comuni, attraverso i quali gli alunni sviluppano competenze spaziali indispensabili poi per comprendere e affrontare le differenze disciplinari.

Lo sviluppo della conoscenza spaziale a partire dall'esperienza, dalla sperimentazione laboratoriale

e dell'osservazione diretta può dare origine a unità di apprendimento predisciplinari e transdisciplinari, che formeranno le basi per i percorsi e le concettualizzazioni disciplinari e interdisciplinari. Spostando l'attenzione sulle competenze, potrebbe essere più agevole ipotizzare un curriculum sullo spazio e la spazialità che si sviluppi dalla scuola dell'infanzia alla scuola secondaria di primo e di secondo grado. Ma anche in un'ipotesi più contenuta, quella di una riformulazione dei curricula delle singole discipline, la conoscenza dell'evoluzione e della diversificazione del concetto di spazio è fondamentale per evitare scorrette generalizzazioni e individuare i contesti e i limiti entro i quali le discipline lo indagano e utilizzano.

BIBLIOGRAFIA

- BOYER, T. (1990). *Storia della matematica*. Milano, Mondadori Editore.
- DEMATTEIS G., *Le Metafore della Terra. La geografia umana fra mito e scienza*, Milano, Feltrinelli, 1985.
- DEMATTEIS G., *Progetto implicito. Il contributo della geografia umana alle scienze del territorio*, Milano, FrancoAngeli, 1995.
- EINSTEIN A., *Premessa*, In: JAMMER M. cit., 1954, pp. 6-9.
- FARINELLI F., *Geografia. Un'introduzione ai modelli del mondo*, Torino, Einaudi, 2003
- FARINELLI F., *I segni del mondo. Immagine cartografica e discorso geografico in età moderna*, Firenze, La Nuova Italia, 1992
- FRÉMONT A., *Vi piace la geografia?*, Roma, Carocci, 2007.
- GIORDA C., *Il mio spazio nel mondo. Geografia per la scuola dell'infanzia e primaria*, Roma, Carocci, 2014.
- JAMMER M., *Storia del concetto di spazio*. Milano, Feltrinelli, 1954.
- JOHNSTON R. J., GREGORY D., GERALDINE P., AND WATTS M. (eds), *The dictionary of Human Geography*, 4th edition, Malden - Oxford – Victoria, Blackwell Publishers, 2000.
- MARIOTTI, M. A. (2005). *La geometria in classe. Riflessioni sull'insegnamento e apprendimento della geometria*. Bologna, Pitagora Editrice.
- MITROVIĆ B., *Leon Battista Alberti and the homogeneity of space*. *Journal of the Society of Architectural Historians* 63, 2004, pp. 424-439.
- RADICATI DI BROZOLO L. & LEONE M., *On the emergence of the abstract concept of symmetry in physics*, *Il Nuovo Cimento* 123B, 2008, pp. 121-135.
- SCARPELLI L., *Spazio*, in DE VECCHIS G., PALAGIANO C., *Le parole chiave della geografia*, Roma, Carocci, 2003, pp. 158 – 160.
- SPERANZA, F. (1997). “Dallo spazio alla geometria”. *Atti del 2° Internuclei scuola dell'obbligo*

“Dallo spazio del bambino allo spazio della geometria”.

Torino,

Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'educazione. Università degli Studi di Torino.