

Neuroscienze ed educazione: il ruolo delle emozioni

**di Silvia Cattaneo, PhD, Assegnista Researcher Unit of Neuroscience - Docente a contratto
Università Cattolica di Milano, Docente SSIG - SSIIG**

I contributi delle neuroscienze, come visto nell'articolo di novembre, forniscono chiavi di lettura capaci di tenere conto di tutte le variabili e le situazioni ("la complessità" che abbiamo nelle nostre classi) e allo stesso tempo di ciascun alunno, di ciascun cervello. Questo significa collegare la sapienza, le basi epistemologiche, le teorie e le pratiche pedagogiche del passato e attuali con la possibilità di garantire azioni per l'oggi e prevederne per il futuro. Significa collegare la scuola con il reale, senza gap di conoscenze e possibilità. È più che mai indispensabile oggi adottare una visione olistica. Si tratta della seconda e ultima puntata sul tema, dedicata al rapporto tra emozioni e cognizione, alla luce della ricerca neuroscientifica, a partire dal tema dei neuroni specchio.

Numerosi sono gli studi che dimostrano come tra il bambino e gli adulti con cui si relaziona, e le esperienze precoci, in gran parte di tipo emozionale, siano in grado non solo di sviluppare le capacità cognitive, ma – attenzione! – anche di fungere da regolatori di ormoni che influenzano in modo diretto la trascrizione genica, facendo sì che alcuni geni si possano esprimere e altri invece siano "silenziosi". D'altro canto è stato anche dimostrato che l'assenza di esperienze o la carenza di cure educative affettive possono esercitare effetti negativi sui contatti tra le cellule nervose, le sinapsi, sui circuiti neurali, riducendone funzioni e complessità. L'educazione dà quindi forma al cervello: un concetto non certo nuovo, l'avevano già descritto bene i filosofi greci, ma che oggi si basa su risultati empirici dimostrati in laboratorio dalle neuroscienze.

Prima di concentrarci sul tema delle emozioni, riprendiamo due concetti importanti.

Il primo è quello della plasticità neuronale. La struttura fisica del cervello non dipende soltanto da un programma genico, strettamente determinato, ma anche dal fatto che l'esperienza favorisca o meno lo stabilirsi di nuove connessioni neuronali, la produzione di mediatori nervosi e di principi trofici come il fattore di crescita del sistema nervoso (NGF), che facilita la trasmissione dell'informazione, l'efficienza dei circuiti neurali, quindi l'attivazione di funzioni cognitive, ovvero l'apprendimento.

Il secondo, più che un concetto, è una constatazione: oggi sappiamo molto di più sullo sviluppo cerebrale. Le tecniche di neuroimaging (come la PET o la risonanza magnetica) ci hanno fornito in questi ultimi anni un quadro del cervello e della mente molto diverso rispetto a ciò che si riteneva in passato. Oggi sappiamo come maturano le varie aree cerebrali, come si pongono in relazione tra loro e come gli stimoli – sensoriali, motori e culturali – agiscono sulla

corteccia cerebrale rendendola più o meno efficiente. Il cervello incomincia la sua evoluzione già nel grembo materno, quando l'embrione ha circa 16 giorni di vita, a partire da una struttura chiamata tubo neurale. Durante la quarta settimana i neuroni si riproducono a un ritmo spaventoso: 250.000 al minuto. Alla fine della 24^a settimana il cervello può già contare su un discreto carico di neuroni; nel bambino, una volta nato e fino ai due anni di vita, si registrano picchi di 2 milioni di sinapsi nuove al secondo: 100 migliaia di miliardi, il doppio di quelle di un adulto! (fig. 1).

Com'è possibile che in questa fase non si formi un marasma di fili intrecciati, di legami scambiati? Ogni neurone sa perfettamente con quali altri stabilirà le sinapsi: c'è un elenco predefinito, secondo la specializzazione di ogni neurone. Quindi, fino a due anni di età, nella testa di un bambino esistono molte più sinapsi di quante ce ne saranno in futuro: i legami destinati

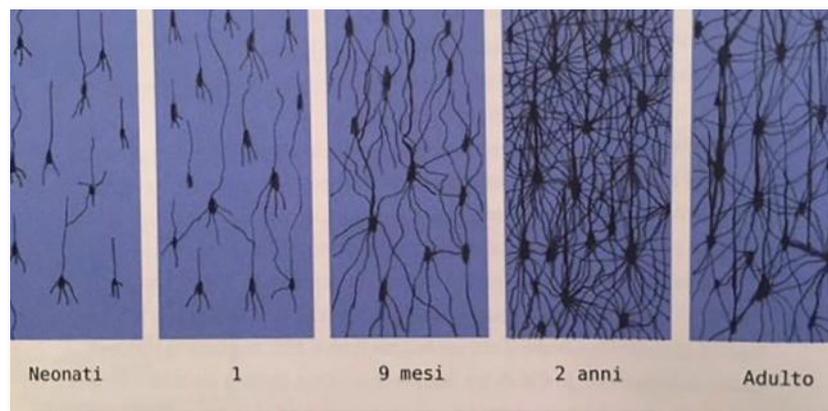
a sopravvivere durante questo periodo saranno quelli stimolati di più e ripetutamente. Quelli che non vengono attivati, saranno eliminati. Gli scienziati chiamano questa eliminazione di legami “potatura sinaptica”, esattamente come se un giardiniere potasse l’albero per farlo crescere forte e con una certa chioma. È un processo che dura fino all’adolescenza, è naturale, ma, per un docente della scuola dell’infanzia, della scuola primaria e della scuola media, è fondamentale conoscerlo: ciò che non viene coltivato, viene spazzato via. Il cervello si specializza, così da funzionare in modo più rapido ed efficiente. La stima è che circa il 50% dei legami sinaptici esistenti a due anni venga eliminato entro i dieci anni. Questo ci dà qualche suggerimento sul cervello adulto che diventa un cervello maggiormente concentrato, specia-

lizzato, pronto a imparare cose nuove, ma che è anche un cervello che può aver perso determinate capacità di autoregolarsi o autoriformarsi.

Nel corso del suo sviluppo, il cervello ha bisogno di fare esperienze tattili e motorie perché si sviluppino le aree che rappresentano il punto di partenza per la maturazione delle aree superiori: quelle del linguaggio e del pensiero complesso: ecco la pedagogia del corpo. Il rapporto tra sensi e motricità è quindi al centro di numerosi aspetti della neuro-pedagogia, focalizzati sul fatto che la mente infantile è concreta, basata sull’interazione diretta, procede per una serie di tentativi, alcuni proposti dal bambino e non prefigurati da programmi innati, altri innati, preordinati geneticamente. Queste caratteristiche della mente infantile furono descritte già da Maria Montesso-

ri nel volume *La mente del bambino*. Prima ancora della nascita delle neuroscienze e della psicologia cognitiva, il medico/pedagogista Montessori aveva notato come le esperienze dirette e le impressioni che esse lasciavano non si limitassero a penetrare nella mente del bambino, ma la formassero, la cambiassero. Tra i punti caratterizzanti l’approccio educativo montessoriano vi sono la libera scelta da parte del bambino del proprio autonomo percorso educativo, all’interno di una gamma di opzioni predisposte dall’insegnante, e un’organizzazione delle attività educative, dei laboratori, degli ambienti e dei materiali didattici a disposizione che favorisca l’apprendimento per scoperta e per costruzione delle conoscenze poste nella cosiddetta zona di sviluppo prossimale (vedi box 1) di ogni singolo discente.

Figura 1



Box 1

Zona di sviluppo prossimale (Zsp) è la distanza tra il livello di sviluppo effettivo attuale e il livello di sviluppo potenziale che può essere raggiunto dal bambino con l’aiuto di altre persone, che siano adulti o pari con un livello di competenza maggiore; essa consente di valutare la differenza tra ciò che il bambino è in grado di fare da solo e ciò che è in grado di fare con l’aiuto e supporto di un individuo più competente. La ragione di questa sensibilità all’apprendimento di nuove abilità va cercata anche nel dislivello tra comprensione e produzione; l’adulto fornisce il supporto necessario affinché il bambino diventi capace di produrre abilità che è già in grado di comprendere.

I neuroni specchio e l’empatia

Il rapporto tra sensi e motricità è quindi al centro di numerosi aspetti della neuro-educazione. In questo quadro di riferimento si inseriscono gli esperimenti che hanno condotto alla scoperta dei neuroni specchio. Il gruppo di ricerca di Parma (Rizzolatti, Fogassi, Gallese, Fadiga ecc.) stava lavorando con dei maca-

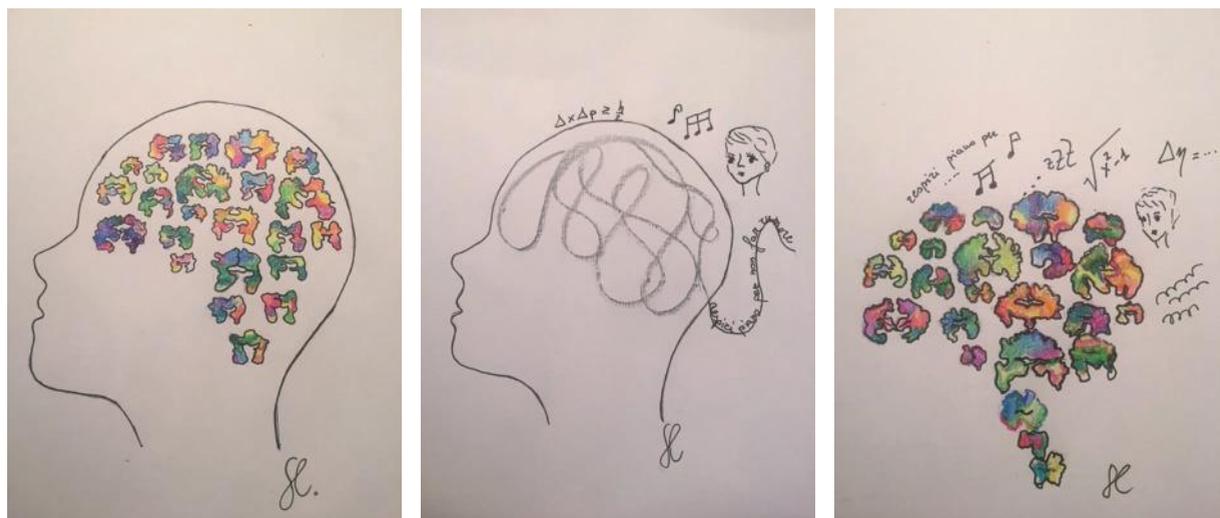
chi sullo studio della visione; da lì arrivarono a scoprire prima i neuroni canonici del sistema motorio e poi i neuroni “mirror”. La scena si svolgeva pressappoco così: la scimmia stava seduta su una sedia, libera di fare ciò che voleva; si cercava solo di indurla a compiere dei movimenti. Le veniva offerto del cibo oppure erano i ricercatori a portare del cibo verso la propria bocca. Le venivano mostrati dei gesti o la si induceva a prendere oggetti di forma e grandezza diversa. Adottando l’approccio ecologico, interessandosi cioè solo agli aspetti fisici del movimento più che ai suoi aspetti cognitivi, i ricercatori scoprirono e descrissero una serie di proprietà nuove del sistema motorio: neuroni visuo-motori che codificano lo spazio peri-personale (li chiamarono neuroni canonici) e neuroni che codificano lo scopo dei movimenti e non i movimenti come tali (vennero denominati neuroni specchio). l’intelligenza già iscritta nell’a-

zione. Si trattava di dimostrare se il meccanismo specchio fosse presente anche nell’uomo. Inizialmente attraverso la stimolazione magnetica transcranica e successivamente soprattutto grazie alla risonanza magnetica funzionale si è potuto dimostrare che nel soggetto si attivavano le aree motorie mentre osservava uno dei ricercatori agire: il meccanismo dell’empatia. I neuroni specchio prendono parte a una delle più importanti missioni del cervello: fare previsioni! Quando vediamo qualcuno fare qualcosa, questi neuroni replicano mentalmente lo stesso comportamento e noi proviamo qualcosa di molto simile a ciò che provano gli altri e in questo modo possiamo formulare ipotesi e decidere come comportarci. Ciò ha ricadute fondamentali sull’educazione. Chi ci vede agire – il bambino, il ragazzo – agirà di conseguenza. Qui si capiscono le basi neurobiologiche della neurodidattica.

Emozioni e affetto; mente e cervello. Neuroscienze affettive ed educazione

Cosa sono le sensazioni emotive, come le supporta il cervello? Si tratta di una «reazione affettiva intensa con insorgenza acuta e di breve durata determinata da uno stimolo ambientale. La sua comparsa provoca una modificazione a livello somatico, vegetativo e psichico. Le reazioni fisiologiche a una situazione emozionante investono le funzioni vegetative come la circolazione, la respirazione, la digestione e la secrezione. Le reazioni viscerali si manifestano con una perdita momentanea del controllo neurovegetativo con conseguente incapacità temporanea di astrazione dal contesto emozionale. Le reazioni espressive riguardano la mimica facciale, gli atteggiamenti del corpo, le abituali forme di comunicazione. Le re-

Figura 2



azioni psicologiche si manifestano con la riduzione del controllo di sé, la difficoltà ad articolare logicamente azioni e riflessioni, la diminuzione della capacità di metodo di critica» (cit. da Galimberti, *Nuovo dizionario di Psicologia, Psichiatria Psicoanalisi, Neuroscienze*, Feltrinelli, 2018). «Le emozioni e le biologicamente più primitive pulsioni che le sostengono, come la fame, sono programmi d'azione che si sono evoluti come estensione dei meccanismi di sopravvivenza. Detto semplicemente, le emozioni si sono evolute per mantenerci in vita. Gli esseri umani provano emozioni di base, come paura e disgusto per tenersi lontani dai precipizi delle scogliere e per evitare cibi avariati. Abbiamo emozioni sociali come l'amore che ci permette di affiliarci, procreare e avere cura dei nostri bambini. Grazie alla nostra intelligenza, al cervello plastico, possiamo anche sviluppare emozioni che colorano e orientano i nostri sforzi intellettuali e sociali, come per esempio la curiosità che spinge a esplorare a scoprire» (Immordino-Yang, *Neuroscienze affettive ed educazione*).

Le neuroscienze spiegano come le emozioni entrano in gioco nell'esperienza educativa

Ogni giorno, oltre due miliardi di bambini vanno a scuola: probabilmente è l'esperimento collettivo più vasto della storia dell'umanità. Li imparano a

leggere, intessono amicizie profonde e si costituiscono come esseri sociali. A scuola, in un intensissimo processo di apprendimento, si sviluppa e si trasforma quotidianamente il cervello. Forse finalmente è il tempo propizio per tendere un ponte fra neuroscienze ed educazione. Il filosofo ed educatore John Bruer aveva affermato che questo ponte «è troppo lungo», che mette in connessioni mondi lontani. Certamente, per esempio, capire che una regione della corteccia parietale è la chiave dell'elaborazione numerica può essere importante per un neuroscienziato, ma non aiuta un professore a riflettere su come insegnare la matematica. In quest'esercizio di trasferimenti di conoscenza, in cui le neuroscienze si mettono al servizio della scuola e della società, servono domande precise e serve essere più che mai attenti, rigorosi.

Dal punto di vista evolutivistico e ontogenetico, emozioni e apprendimento si intrecciano inestricabilmente: si impara fronteggiando situazioni che l'obiettivo della sopravvivenza carica di significati emotivi (evoluzione) e si apprende profondamente solo ciò che smuove emozioni e affetti (ontogenesi). Gli approcci psicanalitici di vario orientamento hanno storicamente cercato con vari tentativi di coniugare emozioni, affetti, conoscenza e apprendimento, lavorando su concetti quali: desiderio, mancanza ecc. Nei lavori di Kandel (2005), Siegel (1999) Cozolino (2006), gruppo di Fonagy (2007) si vede lo sforzo assai significativo di sintesi tra le tradizioni «umanistiche» e la

visione «organicistica» della vita della mente. Antonio Damasio e Mary Hellen Immordino-Yang hanno lavorato insieme recentemente per una versione «neuroscientificamente» fondata del binomio agostiniano inscindibile tra amore e conoscenza.

Ogni giorno gli insegnanti intuitivamente sanno che né il loro insegnamento né l'apprendimento dei loro studenti è stabile e costante, momento dopo momento, un argomento rispetto a un altro. Tutti noi, pur se equilibrati, viviamo giorni buoni e altri meno buoni, momenti di esaltazione, impegno e ispirazione, alternati a momenti di delusione, disimpegno e frustrazione. Queste differenze influenzano il modo in cui i bambini apprendono e il modo in cui gli insegnanti insegnano. L'apprendimento è dinamico, sociale e dipendente dal contesto: le emozioni ne costituiscono una parte importante.

La vera rivoluzione all'interno delle neuroscienze dell'educazione è quella che ha ribaltato le prime teorie secondo cui le emozioni interferivano in modo negativo con l'apprendimento, rivelando invece che emozione e cognizione sono supportate da processi neurali interdipendenti. È letteralmente impossibile, dal punto di vista neurobiologico, costruire ricordi, impegnarsi in pensieri complessi o prendere decisioni sensate, senza emozioni. E questo ha un senso: il cervello è un tessuto altamente costoso a livello metabolico e l'evoluzione non avrebbe sostenuto lo spreco di energia e ossigeno per pensare a cose non importanti.

In poche parole: pensiamo meglio alle cose che ci stanno a cuore, eliminiamo ciò che non ha importanza.

Quanto detto apre alle questioni riguardanti il come, il quando e il perché gli studenti imparano in maniera significativa. Possiamo spiegare l'argomento più noioso del mondo, ma l'insegnante e la relazione che lui/lei costituisce con i propri alunni fanno e possono fare la differenza se muovono orizzonti di senso e affetto.

Quindi il discorso che abbiamo intavolato pone interrogativi riguardo a come la tecnologia, i new media, la cultura e il web, i social, i modelli di IA modellano l'apprendimento. Gli insegnanti hanno nuove speranze per motivare gli studenti, produrre conoscenze profonde e consentire il trasferimento delle competenze scolastiche nel mondo reale, facendo leva su tutto ciò che ha senso ed è emotivamente significativo per i ragazzi (box 2).

Riferimenti bibliografici

Calissano P. (a cura di) (2017). *Rita Levi Montalcini, La vita fra i neuroni*. Edizioni Clichy Sorbonne, Firenze.

Palmieri C., Prada G. (a cura di) (2008). *Non di sola relazione. Per una cura del processo educativo*. Mimesis, Milano.

Alexandre L. (2018). *La guerra delle intelligenze*. EDT, Torino.

Boncinelli E. (1999). *Il cervello, la mente e l'anima. Le straordinarie scoperte sull'intelligenza umana*. Mondadori, Milano.

Changeux J.-P. (1990). *L'uomo neuronale*. Feltrinelli, Milano.

Changeux J.-P. (2013). *Il bello, il buono, il vero. Un approccio neuronale*. Raffaello Cortina, Milano.

Cohen L. (2014). *Perché le ragazze sono brave in matematica*. Castelvecchi, Roma.

Damasio A.R. (1995). *L'errore di Cartesio, Emozione, ragione e cervello umano*. Adelphi, Milano.

Denes G. (2016). *Plasticità cerebrale, come cambia il cervello nel corso della vita*. Carocci, Roma.

Douglas Fields R. (2012). *L'altro cervello*. Espress Edizioni, CDM, Torino.

Immordino-Yang M.H. (2017). *Neuroscienze affettive ed educazione*. Raffaello Cortina, Milano.

Kandel E.R. (2012). *L'età dell'inconscio*. Raffaello Cortina, Milano.

Kandel E.R. (2017). *Arte e neuroscienze. Le due culture a confronto*. Raffaello Cortina, Milano.

Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. (1999). *Fondamenti delle neuroscienze e del comportamento*. Editrice Ambrosiana, Milano.

Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M., Siegelbaum S.A., Hudspeth A.J. (2015). *Principi di Neuroscienze*. Editrice Ambrosiana, Milano.

LeDoux J. (1998). *Il cervello emotivo. Alle origini delle emozioni*. Baldini e Castoldi, Milano.

Montalcini R.L. (2013). *Elogio dell'imperfezione*. Baldini e Castoldi, Milano.

Oliverio A. (2017). *Il cervello che impara. Neuropedagogia dall'infanzia alla vecchiaia*. Giunti, Firenze.

Rivoltella P.C. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*. Raffaello Cortina, Milano.

Rivoltella P.C. (2014). *La previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica*. La Scuola, Brescia.

Rizzolatti G., Gnoli A. (2016). *In te mi specchio. Per una scienza dell'empatia*. Rizzoli, Milano.

Rizzolatti G., Sinigaglia C. (2006). *So quel che fai, Il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Raffaello Cortina, Milano.

Severino E. (2016). *Cervello, mente, anima*. Morcelliana, Brescia.

Swaab D. (2017). *Il cervello creativo. Come l'uomo e il mondo si plasmano a vicenda*. Castelvecchi, Roma.

Tononi G. (2014). *PHI, un viaggio dal cervello all'anima*. Codice Edizioni, Torino.

Zeki S. (2003). *La visione dall'interno*. Bollati Boringhieri, Torino.

Siti

journals.sagepub.com/home/nro

<https://www.neuroscienze.net/>

www.stateofmind.it/

https://www.gfmer.ch/Medical_journals/Giornali_medici_libero_accesso.htm

App

<https://itunes.apple.com/it/app/brain-anatomy/id548219833?mt=8>

<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.dnalc.threedbrain&hl=it>

<https://xantarmob.altervista.org/anatomia-le-migliori-applicazioni-android-agg/acarrara.blogspot.com/2015/02/3d-brain-app.html>

La nascita delle Neuroscienze

In Italia. Il lungo corridoio dai soffitti altissimi della facoltà di Medicina dell'Università di Torino è silenzioso e le tante porte che vi si affacciano lo rendono ancora più austero. Senza dubbio è un luogo poco adatto a un ragazzo in calzoncini corti, un ciuffo di capelli castani, che cerca di sbirciare attraverso le porte aperte e lancia sguardi un poco perplessi a quelle chiuse. Si tratta di Renato, 16 anni, iscritto alla Facoltà di Medicina, all'inseguimento di un sogno. La fisica era da sempre la sua grande passione, da anni era affascinato anche dalla matematica, ma la medicina aveva qualcosa in più: lo emozionava profondamente. Emozionato e incuriosito, Renato Dulbecco è una matricola che cerca di capire quale sia l'aula dove avrebbe potuto seguire la sua lezione. Non ha nessuna intenzione di arrivare in ritardo, nemmeno di un minuto, anche perché non è proprio il caso di scherzare con il suo docente, il professor Giuseppe Levi, celebre per le sue sfuriate. Dulbecco, nato a Catanzaro il 22 febbraio 1914, con l'inizio della Grande Guerra si trasferisce con la famiglia prima a Cuneo, poi a Torino e quindi a Imperia. Gli anni trascorsi a Imperia sono sereni, anche se non sempre facili: frequenta il liceo classico De Amicis e stringe le prime amicizie. I primi ricordi bellissimi sono legati a un piccolo osservatorio meteorologico dove trascorreva molto del suo tempo libero e dove aveva costruito il primo sismografo elettronico. In quel periodo una brutta polmonite colpisce sua sorella Emma; inoltre muore il suo migliore amico, Peppino. Affonda in questi due episodi l'emozione profonda che, al momento di iscriversi all'università, gli fa accantonare l'amore per la fisica e per la matematica e gli fa scegliere medicina. Nel 1975, quando Dulbecco scrive la propria biografia per la consegna del Nobel per la medicina, quel suo primo sismografo funzionava ancora.

A Torino Dulbecco è uno studente molto apprezzato, ma capisce subito di essere interessato più alla biologia che alla medicina applicata. Così va a lavorare con Giuseppe Levi, il professore di anatomia con il quale apprende l'istologia e i rudimenti della coltura cellulare. Del gruppo di Levi fanno parte Rita Levi Montalcini, sua cugina Eugenia, Salvatore Gorla, Cornelio Fazio e Gigi Magri...

In Europa. Difficile dire come sia cominciata, ma intorno al 1934 a Berlino un piccolo gruppo di fisici teorici, di biologi e di biochimici ha cominciato a incontrarsi in privato per discutere di un possibile punto di contatto delle loro discipline. Si tratta di un tema nuovo e allo stesso tempo antichissimo: approfondire il rapporto fra il mondo inanimato descritto dalla fisica e quello animato della biologia. Entrambe le discipline si trovano sulla soglia di importantissimi cambiamenti, addirittura vere rivoluzioni. Discutere è entusiasmante e vale la pena di riunirsi, anche se con l'avvento al potere del regime nazista le riunioni devono avvenire in clandestinità. Gli studiosi sono meno di una decina e si incontrano molto spesso in casa di Max Delbrück, un giovane fisico tedesco che intuisce che sta nascendo qualcosa di radicalmente nuovo, una disciplina che ha già l'impatto di una visione del mondo radicale innovativa, che non conosce confini e investe ogni settore della ricerca: la fisica quantistica. Il suo fascino irresistibile comincia a scuotere anche la biologia.

Niels Bohr e Karl Werner Heisenberg, in due celebri conferenze si chiedono se è possibile considerare e studiare un organismo vivente come tale oppure come un insieme di molecole: nasce la biologia molecolare. In Italia il primo a subire il fascino delle nuove idee è Salvatore Lauria, iscritto all'università di Torino a Radiologia, che inizia a studiare fisica combinandola con le competenze in biologia acquisite all'Università. Non ha dubbi: la successiva meta sarà Roma, in particolare quella facoltà di Fisica di cui tanto aveva sentito parlare, e dove lo aspettano altri "ragazzi": Edoardo Amaldi, Franco Rasetti, Emilio Segre, Bruno Pontecorvo, Oscar d'Agostino ed Ettore Majorana.

Anche per Renato Dulbecco arriva il momento di compiere una scelta: dedicarsi alla medicina o continuare a lavorare in un laboratorio? La scelta cade sulla ricerca. Entrato a far parte del gruppo di Levi, inizia a lavorare sull'effetto delle radiazioni sulle cellule embrionali di pollo, in particolare sulle alterazioni che avvengono nello sviluppo delle cellule germinali.

E Rita Levi Montalcini? Anche lei deve affrontare l'incertezza fra dedicarsi alla professione medica o alla ricerca. Dopo essere diventata – subito dopo la laurea – assistente del professor Levi, si iscrive al triennio di specializzazione in Neurologia e Psichiatria nella Clinica per malattie nervose e mentali. Impegnata in una ricerca entusiasmante e decisamente all'avanguardia, studia, sugli embrioni di pollo, il modo in cui, durante lo sviluppo embrionale, i centri nervosi addetti a funzioni diverse cominciano a differenziarsi, usando le tecniche inaugurate da Camillo Golgi e in seguito perfezionate da Santiago Ramón y Cajal. Per ogni stadio era possibile ricostruire, come in un film, il modo in cui si differenziavano i centri nervosi.

Nel mondo. Nel 1937 il fisico Delbrück aderisce al programma di biologia molecolare varato dalla Rockefeller Foundation. In Europa le leggi razziali travolgono anche le vite professionali. Salvatore Lauria emigra negli Stati Uniti; Dulbecco parte per l'Unione Sovietica, Montalcini va prima in Belgio, quindi a Copenaghen e quando inizia la guerra decide di tornare in Italia. Ma a Torino è impossibile esercitare la professione medica, quindi si dedica totalmente alla ricerca comprendendo che sarebbe stata quella la sua strada, che avrebbe proseguito nel lavoro di ricerca in quello spazio angusto che era la sua camera da letto. Le sue carte vincenti sono la microchirurgia e la tecnica di colorazione con l'argento. La storia scrive gli anni più bui, la scienza li sa trasformare in anni di totale ricchezza per l'uomo. Nascono le neuroscienze.