

INTRODUZIONE

Il presente lavoro nasce da un ventennio di esperienza nell'ambito del trasferimento tecnologico tra mondo della scienza e quello dell'impresa.

Dieci anni trascorsi come Presidente del Nucleo di Valutazione dell'Istituto di Ottica Applicata in stretta collaborazione con il Premio Nobel 2005 Theodor W. Hänsch. Altri dieci anni in occupandomi di incubatori e essendo componente della Commissione Brevetti e Spin-Off dell'Università degli Studi di Firenze.

Tali esperienze mi hanno convinto della centralità del ruolo dell'economista, purché d'impresa, nel facilitare il dialogo Università-Mondo del Lavoro.

La pubblicazione vuol proporre un approfondimento, all'interno della letteratura italiana del significato e del ruolo del trasferimento della conoscenza ed in particolare del brokeraggio tecnologico. L'idea è che nel mondo attuale, dominato dalla tecnologia e dalla conoscenza a disposizione di un maggior numero sempre più elevato di persone, le aziende hanno l'obbligo di riconfigurare il concetto di creazione di innovazione, ampliando in termini anche geografici, la ricerca di soluzioni e di innovazioni che mirino a creare uno scambio di conoscenze interdisciplinari e inter-mercato.

Infatti, tutto ciò nasce dall'idea che la tecnologia all'interno dei mercati sia imperfetta e di difficile diffusione. A riguardo, la divulgazione di tecnologie esterne rimane sempre più complessa rispetto alla commercializzazione di un bene o di un prodotto (Callon & Muniesa, 2005). Per rispondere alla necessità della diffusione della conoscenza, la collaborazione tra imprese e la nascita di intermediari pare la soluzione di più facile attuazione (Howells, 2006). Questo può contribuire a ridurre l'inefficienza dei mercati e perciò a facilitare le transazioni di tecnologia (Morgan & Crawford, 1996). Il ruolo degli intermediari (*brokers*) gioca un ruolo fondamentale nei mercati della conoscenza e in particolare in quelli della tecnologia. In anni recenti tre studi hanno sottolineato l'importanza del ruolo dei *technology brokers*: il primo è quello di Muthusamy & White (2005), nel quale emerge che le aziende cercano di incrementare l'acquisto di tecnologie esterne, pertanto forzare alla creazione di un mercato della

tecnologia. Il secondo è quello di Davis & Harrison (2001), il quale descrive che le aziende perseguono l'obiettivo non solo di creare tecnologia per i propri prodotti, ma cercano anche la possibilità di ricavare ulteriori ricavi dalla creazione della propria tecnologia.. Infine Chesbrough (2006), alla luce delle imprese che operano in internet, ha sottolineato il ruolo degli intermediari all'interno di un nuovo *marketplace* come quello sviluppato dal web.

Allo stesso tempo è chiaro che il ruolo dello sfruttamento di tecnologia creata non rappresenta di per sé il *core business* delle imprese industriali che la creano (Teece, 1998). Molti esempi rimarcano anche la difficoltà nella quale spesso le imprese incorrono nel commercializzare conoscenza e tecnologia (Chesbrough, 2003). Molte imprese considerano la ricerca di tecnologia esterna come una fase ad hoc, per particolari prodotti o servizi e chiaramente non replicabile. Ma questa assunzione negli ultimi anni è venuta meno ed il ruolo dell'intermediazione della tecnologia ha assunto un ruolo sempre più significativo. Ciò sta prendendo forma anche all'interno della realtà italiana e tale pubblicazione vuole dare ampia visione agli aspetti che costituiscono la diffusione della conoscenza, al ruolo degli intermediari, alla creazione di mercati della conoscenza.

Nel primo capitolo viene affrontato il tema dell'invenzione come motore che genera scoperta e quindi di conseguenza innovazione. In particolare viene descritto il rapporto tra i concetti di scoperta, invenzione ed innovazione. Vi può infatti essere scoperta con o senza invenzione, innovazione senza alcun tipo di nuova invenzione e viceversa.

La scoperta è un'acquisizione della conoscenza di qualcosa che le preesiste, ma che le era celato. Si scopre qualcosa che già c'è, svelandolo ed esponendolo all'acquisizione sensoriale o intellettuale. La scoperta ha un'accezione più vicina all'idea di un adattamento dei sensi e dell'intelletto ad una realtà che, grazie a questa, diviene sensibile e/o intellegibile.

L'invenzione è quell'attività essenzialmente intellettuale e tecnologica con cui, in modo del tutto originale, vengono concepiti e messi in grado di funzionare prodotti, processi, macchine, strumenti, lavorazioni, eccetera. La focalizzazione è quella creativa, generativa con quale il pensiero concepisce nuove e diverse idee, al limite mai pensate prima, con le quali si costruisce una nuova modalità di agire nel mondo, procedere nel fare, consumare o produrre.

Invenzione è ogni nuova idea suscettibile di novità tecnologica che non è stata ancora realizzata tecnicamente e materialmente, né su piccola né su larga scala. È considerata come invenzione una soluzione nuova e originale di un sentito problema tecnologico. Similmente alla scoperta, l'invenzione ha più il carattere intellettuale che operativo, ma se ne differenzia in quanto ha un

carattere più proattivo che adattivo nei confronti della realtà. Si scopre ciò che c'è, si inventa ciò che non c'è. Infine, viene anticipata l'innovazione che sarà il tema centrale del capitolo successivo.

Il secondo capitolo tratta della genesi dell'intermediazione tecnologica, ovvero dell'innovazione e delle sue caratteristiche. Della tassonomia dell'innovazione e delle teorie economiche, sociologiche ed industriali che ad essa possono riferirsi. In particolare qui, l'innovazione è esposta alla luce dell'impostazione schumpeteriana, quale "processo ad esito incerto e dalla sua comprensione solo ex-post, mentre non lo può essere praticamente mai ex-ante, vale a dire che non può essere prevista applicando le regole ordinarie di inferenza dai fatti preesistenti" (Schumpeter, 1967: 68). Infatti, Schumpeter descrive l'innovazione come reazione creativa, come un processo che presenta tre caratteristiche essenziali, cioè esito incerto, razionalità limitata dell'imprenditore e raggruppamento delle innovazioni nel tempo ed in specifici settori. Ciò che a Schumpeter preme sottolineare è la centralità dell'innovazione nella dinamica economica, la discontinuità e la disarmonia del mutamento industriale e l'importanza dell'imprenditore nel processo innovativo. La centralità dell'innovazione nel suo schema di dinamica economica porta l'economista a separarla nettamente dall'invenzione:

[...] L'innovazione è possibile senza di quello che chiamiamo invenzione, e l'invenzione non necessariamente comporta un'innovazione, né provoca di per sé alcun effetto economicamente rilevante [...]. In secondo luogo, la creazione di un'invenzione e la realizzazione della corrispondente innovazione sono due cose completamente diverse, anche nel caso in cui l'innovazione consista nel rendere effettiva un'invenzione particolare (Schumpeter, 1977: 110-11).

Schumpeter definisce l'invenzione come l'acquisizione di nuove conoscenze scientifiche e tecnologiche potenzialmente applicabili alla produzione. L'invenzione diventa innovazione solo se l'impresa decide di sfruttare economicamente tali conoscenze introducendo un nuovo metodo produttivo o un nuovo prodotto. Mentre l'invenzione rimane qualcosa di puramente scientifico o tecnologico, l'innovazione consiste nel "far qualcosa di nuovo" nel sistema economico e non deriva necessariamente dall'invenzione (Malerba, 2000: 25). In questo approccio, se l'invenzione può essere frutto di una soggettività anche extraziendale (l'inventore indipendente) l'innovazione trova il suo "incubatore" obbligato nell'azienda e l'imprenditore è il soggetto che, valutando ed elaborando l'invenzione, rende possibile l'innovazione.

Nel capitolo terzo viene ripresa l'innovazione in chiave gestionale con l'introduzione del trasferimento tecnologico, quale è il processo mediante il quale si condividono capacità, conoscenza, metodi e tecnologie di privato e pubblico dominio al fine di poter diffondere, in modo più ampio possibile, le conoscenze e le applicazioni di nuovi processi e di nuovi modelli. Il Trasferimento Tecnologico è un processo di condivisione attraverso la valorizzazione e la commercializzazione della tecnologia. Spesso, la valorizzazione avviene attraverso trasferimento dei risultati scientifici e tecnologici sviluppati nei diversi centri di ricerca ed è considerato il motore per accompagnare la transizione da un tessuto produttivo solitamente manifatturiero alla c.d. società della conoscenza (*knowledge-based economy*). Il Trasferimento di tecnologia è un processo di utilizzo delle tecnologie, esperienze, know-how; ciò implica che la tecnologia sviluppata per un settore possa essere utilizzata in diversi ambiti. Chiaramente ciò non è di facile attuazione e richiede la diffusione della conoscenza e delle tecnologie attraverso diversi canali di diffusione. Molto spesso i destinatari di tali innovazioni sono le piccole e medie imprese che talvolta acquistano l'innovazione in esterno poiché al proprio interno non sviluppano una vera politica di R&S anche a causa di limitati budget allocati per la ricerca. Il capitolo continua evidenziando la capacità del Trasferimento Tecnologico di divenire strumento primario nella promozione e valorizzazione dell'innovazione in senso lato, per far sì che non solo le imprese siano coinvolte nel processo di distribuzione della tecnologia ma esse siano un elemento del c.d. sistema a Tripla Elica (Etzkowitz & Leydesdorff, 2005). Un sistema composto da tre componenti tra loro interconnesse: Università, Impresa, Stato dove l'Università non possiede solo un ruolo didattico, ma è il valore aggiunto del sistema innovativo, centro e propulsore della ricerca e dell'innovazione. Infine il capitolo trattando riguardo ai mercati della conoscenza, introduce anche i c.d. ecosistemi della conoscenza, cioè sistemi in cui l'evoluzione della conoscenza è conseguenza del miglioramento delle interazioni e dello scambio di innovazione attraverso i network. A differenza della dottrina di gestione della conoscenza tradizionale, gli ecosistemi affermano che le strategie della conoscenza dovrebbero affermarsi su sistemi auto-organizzati in risposta al cambiamento che nell'ambiente può avvenire. Solitamente questo tipo di approccio incorpora anche elementi tipici dei "sistemi complessi adattativi" (Castells, 2000), termine coniato da Holland (1995) e che descrive quei particolari sistemi complessi che sono formati da diverse e multiple interconnessioni e adattative poiché possiedono la capacità di modificarsi e di migliorare dall'esperienza.

Il quarto capitolo dal titolo “Il Brokeraggio Tecnologico”, è quello in cui viene introdotto e specificatamente affrontato il ruolo degli intermediari, cioè i *technology brokers*. Essi nascono dalla necessità di una sempre più complessa intermediazione della conoscenza, tra richiedente e utilizzatore. Nei mercati tradizionali, le transazioni possono essere operate in via diretta dalle imprese ed avere come oggetto la tecnologia attuale e futura, ma esiste anche la possibilità di transazioni di tipo indiretto cioè attraverso l’intermediazione da parte di operatori specializzati. La nascita di tali brokers è riconducibile alla frequente presenza di “buchi strutturali” nell’ambito dei mercati reali (Burt, 1992) che non permettono il normale flusso di informazioni; difficilmente infatti in un mercato ogni attore è connesso a tutti gli altri attori per lui rilevanti. Tali buchi permettono a terze parti di agire da intermediari, facilitando il passaggio di informazioni che sarebbe in caso contrario impedito (Burt, 2001). Il tema ed il ruolo di questa nuova figura professionale sono balzati all’attenzione degli studiosi con lo sviluppo di internet e del commercio elettronico. Essi forniscono un valido contributo nella sempre più complessa gestione delle informazioni e delle conoscenze. Infatti l’enorme disponibilità di dati e informazioni nel web, se apparentemente allarga le opportunità, al tempo stesso ne complica notevolmente l’individuazione e lo sfruttamento. Da qui la necessità di professionisti, quali i broker tecnologici (Hargadon & Sutton, 1997), ossia imprese ed organizzazioni che fungono da intermediari tra risorse cognitive e idee innovative altrimenti scollegate tra loro. Il capitolo continua esaminando la funzione dell’intermediatore, dall’attività di supporto al cliente nell’individuazione delle esigenze e dei problemi da risolvere, all’identificazione delle soluzioni più adeguate, alla definizione e realizzazione di un accordo di trasferimento tecnologico. Perciò, il ruolo del broker non si limita solo ai servizi d’informazione ma anche ad accompagnare il cliente fino alla stipulazione di un accordo: infatti, gli operatori si caratterizzano per la loro neutralità e la loro capacità di gestire in maniera *super partes* il processo negoziale, contribuendo così alla formazione di mercati senza frizioni e asimmetrie informative.

Successivamente il capitolo affronta alcuni casi di studio che affrontano e descrivono la funzione ed il ruolo del broker tecnologico nella creazione di network aperti, poiché come il principio della Tripla Elica, la costruzione di network è il cuore del nuovo modello, basata sulla creazione di relazioni contraddistinte da interazione, eterogeneità e interdipendenza dinamica tra università, istituti di ricerca, distributori, concorrenti. Nascono così gli *open network*, cioè i casi di studio affrontati nel capitolo: i maggiori sono

NineSigma, InnoCentive, YourEncore e Yet2.com, ciascuno caratterizzato da un modello di business e da un *open network* diverso. *NineSigma* è una rete di aziende, università, laboratori governativi e privati, consulenti che possono risolvere problemi sotto l'aspetto scientifico e tecnologico. *InnoCentive* collabora con 75.000 scienziati e sia le richieste di soluzioni sia le risposte provengono da tutto il mondo. *YourEncore* è un network di 800 tra scienziati e ingegneri in pensione, di grande esperienza in di settori diversi. Infine, *Yet2.com* è un *marketplace* on-line per lo scambio di proprietà intellettuali. Ampio spazio infine è dato anche nella descrizione dello "stato dell'arte" del brokeraggio tecnologico in Italia, ovvero dall'esposizione del Sistema di Innovazione Nazionale (SIN) ai Centri per l'Innovazione e il Trasferimento Tecnologico (CITT) ai Parchi Scientifici e Tecnologici.

Infine, il quinto capitolo tende a dare una panoramica più approfondita sugli aspetti dell'innovazione nella sua ottica relazionale. Tale visione mette in luce un aspetto particolare delle relazioni inter-organizzative che spostano l'attenzione dalla singola relazione fra due attori, richiedente e proponente della tecnologia, portando l'analisi ad un livello più aggregato che comprende le relazioni dell'azienda con le sue controparti commerciali, finanziarie e competitive. In particolare, all'interno del capitolo il trasferimento di tecnologia viene affrontato alla luce di studi che supportano la visione strutturalista e la visione connettivista. Il primo studio è quello relativo a Baum Calabrese & Silverman (2000), basato su un campione di *start-ups* canadesi nel settore *biotech* osservate per sei anni. In questo lavoro lo scopo è quello di evidenziare quali possano essere gli effetti del network sulla performance misurata da quattro dimensioni di cui due correlate al processo innovativo ossia il numero di brevetti e l'incremento nelle spese di ricerca e sviluppo. Invece nel secondo, Ahuja (2000) studia la visione connettivista dove l'autore tende più volte a sottolineare come gli approcci non siano validi in maniera assoluta ma tutto si basa sulla natura del network e sugli effetti studiati. Il capitolo ha lo scopo di dare una complessiva visione sull'innovazione evidenziando come soprattutto il network con istituzione scientifiche quali università e centri di ricerca di per sé non aumenta la performance dell'impresa ma diventa importante quando si confronta l'interazione che tale rete ha con i livelli di *internal capabilities* proprie dell'azienda.

CAPITOLO PRIMO

LA SCOPERTA SCIENTIFICA, L'INVENZIONE TECNOLOGICA, L'INNOVAZIONE IMPRENDITORIALE

Cristiano Ciappei

1. Premessa

La discontinuità e la rapidità del cambiamento che investe i mercati e le aziende elevano la complessità della manovra competitiva, che deve assumere sempre più un contenuto *proattivo*.

La difficoltà nel prevedere l'evoluzione della domanda e della tecnologia nell'ambito di un mercato globale, associata al livello crescente di ipercompetizione, richiede difatti una capacità di rinnovare le competenze aziendali per affermare continuamente in modo originale nuovi e asimmetrici differenziali e competitivi. In un ambiente complesso e ipercompetitivo infatti, nessuna fonte di vantaggio è sostenibile nel lungo periodo. Da ciò emerge l'esigenza di un comportamento *proattivo*, volto a rigenerare continuamente le determinanti del vantaggio concorrenziale.

Tra le varie strategie proattive a disposizione delle imprese, le politiche innovative rappresentano sicuramente una delle manovre più efficaci.

Innovare significa infatti introdurre prodotti, servizi e tecnologie non ancora presenti nel mercato, ricostituendo la leadership nell'ambito del proprio settore o sorprendendo i rivali già affermati.

Innovare significa anche abbandonare il passato e le tradizioni dell'impresa per intraprendere nuove vie di sviluppo e affermare nuove soluzioni in grado di generare valore per la domanda. L'impresa innovativa è, infatti, quella che tenta deliberatamente di alterare lo status quo del confronto competitivo, mettendo in discussione le fonti del proprio vantaggio, conscia del fatto che, se non agisse in tal senso, potrebbero essere i concorrenti a farlo, minacciando così la sua stessa sopravvivenza.

Innovare significa, in sostanza, ri-orientare la propria strategia verso il cambiamento continuo. La proattività di queste imprese non trova giustificazione solo nella necessità di reagire ai segnali di cambiamento, bensì nella deliberata ricerca di nuove opportunità, alterando le regole del

gioco competitivo e distruggendo le convenzioni dominanti che regolano il funzionamento dei propri mercati.

In questo contesto, l'innovazione di prodotto rappresenta il luogo naturale da dove origina questo cambiamento che, una volta manifestatosi, può investire successivamente l'intera impresa. Negli ultimi anni si è assistito ad una crescente attenzione della ricerca all'approfondimento di questo tema.

Nonostante ciò, l'unicità, l'intangibilità, e la complessità che caratterizzano il processo di sviluppo dei nuovi prodotti, rendono ardua una chiara definizione dei principi e delle regole che governano i processi di innovazione.

2. La scoperta, l'invenzione e l'innovazione

La scoperta, l'invenzione e l'innovazione sono concetti ben distinguibili. Vi può infatti essere scoperta con o senza invenzione, innovazione senza alcun tipo di nuova invenzione e viceversa.

La scoperta è un'acquisizione della conoscenza di qualcosa che le preesiste, ma che le era celato. Si scopre qualcosa che già c'è, svelandolo ed esponendolo all'acquisizione sensoriale o intellettuale. La scoperta ha un'accezione più vicina all'idea di un adattamento dei sensi e dell'intelletto ad una realtà che, grazie a questa, diviene sensibile e/o intellegibile.

L'invenzione è quell'attività essenzialmente intellettuale e tecnologica con cui, in modo del tutto originale, vengono concepiti e messi in grado di funzionare prodotti, processi, macchine, strumenti, lavorazioni, eccetera. La focalizzazione è quella creativa, generativa con quale il pensiero concepisce nuove e diverse idee, al limite mai pensate prima, con le quali si costruisce una nuova modalità di agire nel mondo, procedere nel fare, consumare o produrre.

Invenzione è ogni nuova idea suscettibile di novità tecnologica che non è stata ancora realizzata tecnicamente e materialmente, né su piccola né su larga scala. È considerata come invenzione una soluzione nuova e originale di un sentito problema tecnologico. Similmente alla scoperta, l'invenzione ha più il carattere intellettuale che operativo, ma se ne differenzia in quanto ha un carattere più proattivo che adattivo nei confronti della realtà. Si scopre ciò che c'è, si inventa ciò che non c'è.

In termini giuridici, si distingue anche il concetto di invenzione da quello di scoperta, definendo questa ultima come il risultato di una ricerca diretta a determinare le leggi e i principi che governano la natura ed in quanto tali non brevettabile (come semplice comprensione di fenomeni già esistenti).

Invece, le invenzioni sono metodi o processi, lavorazioni industriali, macchine, strumenti, utensili, dispositivi, prodotti. L'invenzione è normalmente applicazione tecnologica di un principio scientifico che come

applicazione può essere brevettata, purché essa sia nuova, originale e suscettibile di applicazioni industriali. L'invenzione può avvenire anche sul piano estetico o simbolico, ma la questione esula questo lavoro.

Invenzione e scoperta sono comunque delle innovazioni sul piano gnoseologico che come denotano le etimologie trovano risposte non immediatamente palesi. Invenzione deriva dal latino *invenio*: trovare. L'invenzione è una "trovata" come non a caso viene chiamata nel suo sinonimo dispregiativo. La scoperta toglie il velo da ciò che è coperto portandolo in tutta evidenza. L'invenzione riguarda la sfera della conoscenza tecnologica, mentre la scoperta riguarda prioritariamente la conoscenza scientifica della scienza. L'invenzione è anche lo strumento che è il risultato eventuale dell'omonimo processo, ma anche in questo caso la sua realtà fattuale e non solo cognitiva è esemplare e strumentale rispetto al suo risultato di conoscenza pragmatica: l'invenzione è nuova conoscenza non tanto perché è vera, ma perché funziona. Con l'attuale tecnicizzazione della scienza la distinzione tra scoperta e invenzione è venuta in gran parte meno, anche grazie ad un regime particolarmente estensivo di brevettabilità previsto dalla prassi statunitense. A tal fine, basti pensare che si è riconosciuta la brevettabilità del genoma umano.

L'innovazione è un elemento di novità nell'ambito di un'azione, generalmente modificativo di una *routine*, che indica un ricercato cambiamento realizzato attraverso un intervento di rottura. L'innovazione si distingue dal mutamento perché è un'azione intenzionata che si realizza solo se ed in quanto modifica la situazione iniziale. Si innova se ed in quanto si introduce intenzionalmente un metodo o un criterio diverso che induce un mutamento nel divenire del reale. L'innovazione che non modifichi un comportamento attraverso una condotta non esiste. Nell'innovazione vi è un riferimento più comportamentale, che cognitivo che riguarda il vissuto pragmatico vuoi in termini di prassi (senso dell'azione), vuoi in termini di poiesi (operatività dell'azione).

Mentre sia la scoperta in senso scientifico che l'invenzione tecnologica richiedono un'originalità assoluta, nel senso che nessuno prima le aveva raggiunte, per l'innovazione è sufficiente una novità relativa. L'introduzione di un semplice computer in una piccola impresa può essere un'innovazione per quella azienda anche se quel percorso è stato seguito prima da altri milioni di imprenditori.

Le nuove invenzioni, dal canto loro, non provocano da sole alcun effetto economicamente rilevante: in quanto tali non generano nuovo e diverso valore economico. L'invenzione rimane un evento o un risultato eminentemente tecnologico quindi cognitivo, fino a quando, essenzialmente attraverso le imprese, non si trasforma in innovazione della prassi sociale di produzione e di consumo. L'innovazione economica realizza la diffusione sociale dell'invenzione. L'invenzione che si fa innovazione di impresa può

anche divenire di prevalente adozione sociale o rimanere anche di limitata o marginale applicazione, ma genera sempre nuovo e diverso valore economico nei processi di produzione o fruizione della ricchezza.

La diffusione sociale delle invenzioni è attuata in gran parte dai processi innovativi nella produzione delle imprese e nei comportamenti di consumo dei clienti: il trasferimento tecnologico è il motore di tale diffusione ed è per questo che lo abbiamo assunto ad oggetto privilegiato di analisi.

Per questo si limita l'analisi all'aspetto scientifico della scoperta, l'aspetto tecnologico dell'invenzione e l'aspetto imprenditoriale dell'innovazione

3. *La scoperta nell'epistemologia della scienza*

L'epistemologia descrive il modello di base per la formazione del sapere scientifico che presenta sempre gradi più o meno elevati di formalizzazione. Tra le principali concezioni (modelli) di scienza si ricordano: il descrittivismo illuminista; il positivismo logico; il falsificazionismo; il rivoluzionismo; i programmi di ricerca; le tradizioni di ricerca.

3.1 La concezione descrittiva di scienza

Con Newton e con i filosofi illuministi si forma la concezione descrittiva di scienza, che già trova il proprio fondamento nella distinzione baconiana tra anticipazione ed interpretazione della natura. L'anticipazione indica un'ipotesi gratuita, non confermata dall'esperienza e quindi opinabile. Invece, l'interpretazione consiste nel “condurre gli uomini davanti ai fatti particolari e ai loro ordini” (Novum Organum, 1,26). Merito di Newton è l'elaborazione del concetto descrittivo di scienza contrapponendo il metodo dell'analisi al metodo della sintesi. La sintesi consiste nell'assumere che le cause sono state scoperte, nel porle come principi per spiegare i fenomeni. Invece, l'analisi implica esperimenti ed osservazioni per trarre conclusioni generali per induzione. L'analisi non ammette contro deduzioni non derivate dagli esperimenti o da altre verità certe. L'illuminismo incarnò l'ideale scientifico newtoniano e galileiano che riduceva la scienza a osservazione dei fatti e a inferenze e calcoli fondati sull'osservazione. Si noti che la quasi totalità dell'attuale ingegneria si fonda ancora su questa epistemologia che ha fatto, e continua a fare, la fortuna tecnologica del mondo occidentale.

3.2 Il positivismo logico

Negli anni Trenta si sviluppa il positivismo logico, detto anche neopositivismo, che tenta la formazione di un linguaggio neutrale e invariante. In particolare, il Circolo di Vienna dà origine ad un ambizioso

programma “fondazionista” (Carnap, 1937) che si articola nel criterio empirico di significanza o principio di verifica. Tutto ciò permette di distinguere le proposizioni significanti da quelle non significanti, la scienza dalla non scienza. Obiettivo è quello di espungere dalle assunzioni scientifiche gli elementi metafisici, etici, estetici, e così via. Il linguaggio scientifico è fiscalista che mira alla costruzione di una scienza unificata contrapposta al fenomenismo. La filosofia corrispondente viene concepita come analisi e chiarificazione del linguaggio. I neopositivisti non si ispirano al meccanicistico ottocentesco, ma alla fisica relativistica e quantistica. Il simbolismo logico elaborato da Frege e Russel-Whitehead diviene un potente strumento di ricostruzione razionale del discorso scientifico in un linguaggio formalizzato, logicamente perfetto, da cui espungere le ambiguità e le deformazioni.

Alle estreme conseguenze del neopositivismo giunge l'empirismo radicale che considera una asserzione provvista di qualsiasi significato conoscitivo solo se soddisfa il criterio metodologico della significanza empirica che la riconduca ad proposizioni ultime che esprimono osservazioni percettive. Molte importanti leggi scientifiche sono rifiutate e considerate alla tregua delle asserzioni metafisiche, in quanto non sono riconducibili ad asserzioni di tipo osservativo. Onde evitare questo inconveniente, Carnap sviluppa il principio di confermabilità che assume il linguaggio altamente oggettivo della fisica come modello privilegiato di una scienza unificata: la conferma di un enunciato avviene confrontandolo con altri enunciati contenenti predicati osservabili, senza abbandonare la dimensione linguistica.

La critica al neopositivismo è nata contro il postulato che l'esperienza sia all'origine di ogni conoscenza. Si è osservato che non esiste un'osservazione indipendente da qualsiasi credenza o aspettativa. Contro l'eccesso di empirismo si pongono i due più famosi filosofi della scienza della contemporaneità: Popper e Khun.

3.3 Il falsificazionismo di Popper

Karl Popper sostiene che una teoria è scientifica solo quando è esposta a tentativi continui e sistematici di confutazione attraverso opportuni ed adeguati controlli sperimentali o solo quando è falsificabile, dai fatti dell'esperienza o da osservazioni. La conoscenza scientifica deve essere sempre smentibile e quindi non può essere incompleta e provvisoria: “tutta la conoscenza scientifica è ipotetica o congetturale” (Popper 1969). In contrapposizione al principio di verifica del Circolo Viennese, Popper propone il principio di falsificazione quale criterio di demarcazione tra scienza e pseudoscienza. La critica, già di Hume, dell'induzione e della causalità evidenzia che non esiste una giustificazione logica a conclusioni

universali quando le osservazioni si formano su asserti particolari. Su questo presupposto Popper afferma che nessuna serie, per quanto illimitata, di osservazioni empiriche confermanti, può mai giustificare logicamente o verificare il modo conclusivo un'asserzione universale. Quindi ogni teoria e ogni legge scientifica non soddisfano il requisito della verifica conclusiva dei neopositivisti.

Prima di Popper era comunemente accettato che la scienza parte dall'esperienza dei fatti e formula su di essi le teorie scientifiche. Il metodo galileiano, considerato scientifico per eccellenza, è induttivo: i fatti sono verificati con numerosi esperimenti in laboratorio e se si scoprono regolarità le si traducono in leggi scientifiche. Popper ribalta la prospettiva: i soli fatti dicono poco o nulla e sono suscettibili di qualunque interpretazione: è la teoria che domina l'osservazione dei fatti. Si parte con teorie o con ipotesi e poi le si verificano con fatti per confermarle o smentirle. Osservare i fatti senza teorie preselettive equivarrebbe ad affogare in un mare infinito di fenomeni indistinti e privi di ordine significante. "La conoscenza scientifica, precaria, fallibile e correggibile, si sviluppa con un processo evolutivo non deterministico e grazie alla creazione libera". Il suo metodo, che procede per congetture, confutazioni, tentativi ed errori, è valido per tutte le scienze ivi comprese le discipline storiche e sociologiche. Insieme al mondo delle cose materiali e degli organismi biologici, esistono il mondo della mente umana e il mondo delle teorie, dei miti, il mondo cioè della cultura; la provincia logica di questo mondo è data dai problemi, dalle teorie e dalle argomentazioni scientifiche (Popper, 1994).

La ricerca inizia dai problemi, da una collisione tra due teorie o tra una teoria o un fatto. La contraddizione tra asserti stabiliti è un oggettivo fatto logico che spesso genera meraviglia e curiosità.

Infatti, ogni teoria per essere ammessa tra le scienze empiriche deve essere stata verificata in via di fatto: solo nel processo di prova si decide l'accettabilità o meno di una teoria. Per essere provata empiricamente una teoria deve essere controllabile cioè sono deducibili conseguenze descrittive osservazioni possibili. Quindi ogni teoria per poter essere vera deve poter essere anche falsa. Se da una teoria non è possibile estrarre o dedurre conseguenze osservabili di conferma o di smentita si è di fronte, secondo Popper, alla teoria metafisica, in cui il "meta" sta per non controllabile.

Il motore di crescita della conoscenza è l'errore. La falsificazione di una teoria o la scoperta di un errore parziale, vuol dire scoprire un più profondo problema. L'implementazione strumentalmente nell'apparato teorico in pericolo ipotesi *ad hoc* per evitare la falsificazione non aumenta il contenuto informativo della teoria, ma proprio proteggendola dalla scoperta dell'errore, si frena il progresso verso teorie migliori.

La conoscenza scientifica avanza per tentativi ed errori, procede sul sentiero incerto delle procedure e delle confutazioni. Per i positivisti logici i

tre passaggi del metodo scientifico sono: osservazione, induzione, ipotesi e verifica, per Popper sono invece: problemi-teorie-critiche per cui una ricerca è scientifica se, controllabile, è stata controllata. Tutta la conoscenza è ipotetica e congetturale. Anche la scienza è fallibile perché umana. La verità è presente solo come ideale regolativi di correzione progressiva degli errori. La via dell'errore è la stessa via della verità. Quindi il realismo critico di Popper si articola in due punti cardine: la possibilità di costruire sempre un esperimento che falsifichi una teoria; l'incrementalità della conoscenza intesa come sviluppo cumulativo (Antiseri, 1987)

3.4 Le rivoluzioni scientifiche di Khun

Kuhn agli inizi degli anni '60 scrive "La struttura delle rivoluzioni scientifiche" (1962) occupandosi più del processo con cui si acquisisce la conoscenza scientifica che non della struttura logica dei suoi risultati sottolineando che, nella scienza non valgono solo i fatti, ma anche lo spirito della vita scientifica. L'epistemologo sostiene che la scienza si costruisce a partire da paradigmi e modelli. I paradigmi sono tradizioni di ricerca dotati di coerenza che comprendono globalmente leggi, teorie, applicazioni e strumenti appartenenti anche a campi scientifici molto diversi. In altri tempi "conquiste scientifiche universalmente riconosciute, le quali, per un certo periodo, forniscono un modello di problemi e soluzioni accettabili a coloro che praticano un certo campo di ricerca" (Kuhn, 1969) e che dà origine a una particolare tradizione di ricerca scientifica dotata di una sua coerenza. Anzi è nella definizione di un paradigma che si forma una comunità scientifica che, all'interno del paradigma, svolgono la scienza normale. "Scienza normale significa una ricerca stabilmente fondata su uno o più risultati raggiunti dalla scienza nel passato, ai quali una particolare comunità scientifica, per un certo periodo di tempo, riconosce la capacità di costituire il fondamento della sua prassi ulteriore".

Tuttavia, la ricerca scopre anche fenomeni nuovi ed insospettati e, fuori dalla scienza normale, vengono formulate teorie nuove ed azzardate. Per Kuhn, quando la comunità scientifica che prende coscienza di un'anomalia sfida gli assunti centrali del paradigma, si crea un contesto favorevole ad una rivoluzione scientifica con la proposizione di un nuovo e diverso paradigma scientifico.

Nella scienza normale gli scienziati ricercano all'interno del paradigma senza metterlo in discussione, propongono nuovi problemi, esprimono un giudizio sulle soluzioni proposte in funzione del paradigma man mano che si accumulano fatti anormali, inconciliabili con i paradigmi esistenti, si sviluppa lo stato di crisi. In effetti, "nei dibattiti sui paradigmi non si discutono realmente le relative capacità nel risolvere i problemi, sebbene, per buone ragioni, vengano adoperati di solito termini che vi si riferiscono". Il

punto in discussione consiste invece nel decidere quale paradigma debba giudicare la ricerca in futuro, su problemi molti dei quali nessuno dei due competitori può ancora pretendere di risolvere completamente. Bisogna decidere tra forme alternative di fare attività scientifica e, date le circostanze, una tale decisione deve essere basata più sulle promesse future che sulle conquiste passate. Colui che abbraccia un nuovo paradigma fin dall'inizio, lo fa spesso a dispetto delle prove fornite dalla soluzione di problemi. Egli deve, cioè, aver fiducia che il nuovo paradigma riuscirà in futuro a risolvere molti dei vasti problemi che gli stanno davanti, sapendo soltanto che il vecchio paradigma non è riuscito a risolverne alcuni. Una decisione di tal genere può essere presa soltanto sulla base della "fede", della simpatia o dell'attrazione estetica della novità.

3.5 La metodologia dei programmi di ricerca scientifica di Lakatos

Per Lakatos la scienza è, è stata e dovrebbe essere una competizione tra programmi di ricerca rivali. Qui si propone un falsificazionismo metodologico sofisticato, evoluzione di quello popperiano. Questo falsificazionismo sofisticato si distingue da quello dogmatico e da quello ingenuo. Infatti, il falsificazionismo dogmatico sostiene l'idea che la scienza si sviluppi attraverso congetture ardite e falsificazioni infallibili. Tale impostazione, che secondo Lakatos non è l'idea di Popper, è sbagliata perché se la base empirica della scienza (protocolli, proposizioni, osservazioni, ecc.) non è certa, non si danno neanche falsificazioni infallibili o incontrovertibili. Anche le falsificazioni possono essere sbagliate così come attestato sia dalla logica, sia dalla storia della scienza. Invece, il falsificazionismo metodologico ingenuo corregge l'errore dei falsificazionisti dogmatici, e sostiene che la base empirica della scienza non è infallibile. Quindi non sono incontrovertibili quelle ipotesi ausiliarie che servono per il controllo di quella congettura proposta come tentativo di soluzione del problema. Ma per Lakatos l'ingenuità di Popper sta nel concepire lo sviluppo della scienza come un susseguirsi di duelli a due tra una teoria e i fatti, mentre, per Lakatos, la lotta tra il teorico e il fattuale è per lo meno a tre: tra due teorie in competizione e i fatti. Insomma, una teoria viene scartata non quando qualche fatto la contraddice, ma solo quando la comunità scientifica ne ha un'altra migliore a disposizione: ad esempio la meccanica di Newton viene respinta solo dopo l'affermarsi della teoria di Einstein.

Lakatos non parla però di teorie, ma di programmi di ricerca, cioè di successioni di teorie che si sviluppano da un nucleo centrale che, per decisione metodologica, si mantiene non falsificabile. In tal modo il programma mostra il suo valore, esprime la sua fecondità e si impone per la sua progressività nei confronti di altro programma concorrente. Lakatos sostiene dunque che la storia della scienza è una storia di programmi di

ricerca in competizione. Per evitare di cadere nel neo-convenzionalismo (la scienza è solo ciò che li scienziati ritengono tale) Lakatos propone l'idea di "programma di ricerca", una variante della kuhniana tradizione di scienza normale.

3.6 L'epistemologia anarchia di Feyerabend

Feyerabend ritiene che "l'anarchismo, pur non essendo forse la filosofia politica più attraente, è senza dubbio una eccellente medicina per l'epistemologia e per la filosofia della scienza" (Feyerabend 1979) per cui scrive un libro dal titolo "Contro il metodo". Per l'anarchia epistemologica "l'idea di un metodo che contenga principi fermi immutabili e assolutamente vincolanti come guida nell'attività scientifica si imbatte in difficoltà considerevoli quando viene messa a confronto con i risultati della ricerca storica". Troviamo infatti che non c'è una singola norma per quanto plausibile e per quanto saldamente radicata nell'epistemologia, che non sia stata violata in qualche circostanza. Diviene evidente anche che tali violazioni non sono eventi accidentali, che non sono risultato di un sapere insufficiente o di disattenzioni che avrebbero potuto essere evitate. Al contrario, vediamo che tali violazioni sono necessarie per il progresso scientifico. In effetti, uno tra i caratteri che più colpiscono delle recenti discussioni sulla storia e la filosofia della scienza è la presa di coscienza del fatto che eventi e sviluppi come l'invenzione dell'atomismo dell'antichità, la rivoluzione copernicana, l'avvento della teoria atomica moderna, il graduale emergere della teoria ondulatoria della luce si verificarono solo perché alcuni pensatori decisero di non lasciarsi vincolare da certe norme metodologiche ovvie, o perché involontariamente le violarono.

Insomma, Feyerabend sostiene che le violazioni alle norme del metodo non sono solo un dato di fatto, ma "sono necessarie per il progresso scientifico".

3.7 La metodologia delle tradizioni di ricerca di Laudan

Per Laudan "la scienza mira fundamentalmente alla soluzione dei problemi" (Laudan, 1979) e distingue due generi di problemi: concettuali ed empirici.

I problemi concettuali si articolano in interni o di incoerenza, ed esterni o di conflitto tra teorie. I problemi empirici corrispondono a scoperte empiriche che non riescono a essere spiegate nei termini della teoria corrente e che diventano anomalie solo quando sono spiegate da qualche teoria in una tradizione rivale. I problemi empirici possono anche distinguersi in: problemi insoluti (non ancora adeguatamente risolti da alcuna teoria); problemi risolti (problemi empirici adeguatamente risolti da una teoria); problemi anomali

(problemi empirici che sono stati risolti da più teorie in competizione tra loro). Il progresso scientifico trasforma problemi empirici anomali e non risolti in problemi risolti.

Lo sviluppo della scienza avviene attraverso il problema risolto, empirico o concettuale. La scienza deve massimizzare la portata dei problemi empirici risolti e ridurre la portata dei problemi empirici anomali e quelli concettuali non risolti.

La tradizione di ricerca è unità primaria dell'analisi razionale, ma a differenza di Lakatos, per Laudan il fine primario è la soluzione dei problemi e non la generazione di nuove predizioni. Laudan esplicita alcune caratteristiche comuni a le varie tradizioni. La tradizione di ricerca fornisce un insieme di direttive per la costruzione di teorie specifiche direttive metodologiche e direttive ontologiche, essa è definibile come “un insieme di assunti generali riguardanti le entità e i processi presenti in un certo dominio di studio, ed i metodi appropriati che si devono usare per indagare su problemi e costruire le teorie in tale dominio”.

3.8 La sociologia della scienza

L'evoluzione della scienza è un tema caro alla sociologia. La componente sociale della conoscenza scientifica è di tutta evidenza se si tiene conto che questa emerge dall'interno di un contesto sociale e che viene elaborata, verificata ed accettata da una comunità scientifica. La frequenza del mutamento, per esempio, risente fortemente della articolazione disciplinare della comunità scientifica. Qui si affronta la sociologia della scienza, trascurando invece la sociologia della scienza (Spranzi, 1994).

3.8.1 I principi di Merton

Principio base della sociologia della scienza è la connessione tra crescita della scienza ed organizzazione sociale della comunità scientifica. Robert Merton è un caposcuola dell'esplorazione delle interazioni sociali tra gli scienziati ed in particolar modo di quelle che mantengono l'ordine, che assegnano riconoscimenti e premi e che permettono il controllo sul contenuto e la qualità della scienza scientifica prodotta.

Secondo Merton gli scienziati condividono un *ethos* tipico che governa la vita professionale della comunità scientifica che è contraddistinto da universalismo, comunismo dei risultati, disinteresse e scetticismo. *Ethos* espresso sotto forma di prescrizioni, preferenze e permessi intorno alle quali gli scienziati formano degli stabili schemi consensuali, che superano la proposizione di singole teorie. Queste norme sono “insiemi d'imperativi istituzionali” che, secondo l'autore, sono caratteristici della scienza come

istituzione culturale (Merton, 1966) e in particolare l'universalismo, il comunismo, il disinteresse, il dubbio sistematico.

Per l'universalismo "l'accettazione o il rifiuto di tesi scientifiche non devono dipendere dagli attributi personali o sociali del loro protagonista" o in altri termini le rivendicazioni scientifiche e le argomentazioni teoriche dovrebbero essere valutate sulla base dei loro meriti intrinseci. Per il comunismo, "i risultati effettivi della scienza sono un prodotto della collaborazione sociale e sono ceduti alla comunità" non appartengono ai singoli scienziati. Per il disinteresse, "la richiesta di essere disinteressati a una solida base nel carattere pubblico e provabile della scienza", la scienza in tal senso, viene coltivata per il suo interesse intrinseco, per contribuire al progresso della scienza. Il dubbio sistematico implica "la temporanea sospensione del giudizio e il distaccato esame di credenze in termini di criteri logici ed empirici", lo scienziato non accetta niente sulla fiducia, ma deve validare di continuo per ricercare possibili errori di fatto o possibili incoerenze nell'argomentazione.

La tradizione mertoniana ha evidenziato come il rapporto tra l'organizzazione e crescita della scienza sia ottimale nella scienza accademica: espressione massima degli ideali scientifici e la fonte ultima di autorità metodologica. Il sistema sociale con cui opera la comunità della scienza accademica presenta un sistema di comunicazione, di ricompense, di proprietà che lo istituzionalizzano.

Attualmente, gli scienziati deviano spesso dall'*ethos* mertoniano, violando le norme del comportamento scientifico e tal volta sono perfino ricompensati per tali violazioni. La norma, più spesso violata, sembra essere quella del comunismo stante la crescente partecipazione della comunità scientifica a ricerche commerciali o militari in cui la regola è la segretezza. L'*ethos* scientifico di Merton rimane comunque qualcosa di più di un ideale: un corpus di norme etiche che permane nella coscienza della comunità scientifica nonostante la sua continua violazione.

3.8.2 Il "programma forte" e la scuola di Edimburgo

La tradizione di sociologia della scienza avviata da Merton è per lo più limitata a spiegare la cornice istituzionale e le influenze sociali, senza entrare nel merito dei contenuti scientifici. Come per gli epistemologi (Popper, Lakatos, Laudan, ecc.) questa sociologia così detta storia esterna delle istituzioni scientifiche e delle influenze sociali, non può aiutare a capire i contenuti e la validità della scienza, ma solo i tempi e i modi della sua genesi ed evoluzione. In questa impostazione prevale il modello della "sociologia dell'errore": l'epistemologo con modelli della ricerca preferiti (induttivo, ipotetico-deduttivo, programmi di ricerca) spiega come sia acquisita la verità, il sociologo subentra quando si manifestano deviazioni da questi schemi.

Insomma, la sociologia della scienza interverrebbe a spiegare come gli assunti razionali della ricerca, non vengano applicati per i pregiudizi e le influenze sociali che possono integrare l'insufficiente evidenza empirica e razionale nel determinare l'accettazione di certi contenuti. In contrasto con questa impostazione la scuola di Edimburgo di sociologia della scienza, e in particolare i contributi Barry Barnes e David Bloor (Barnes, 1974; Bloor, 1976), cerca di dare una spiegazione sociale dello stesso contenuto delle teorie scientifiche. La sociologia della scienza deve indagare e spiegare il contenuto e la natura della scienza scientifica per cui si parla anche di "programma forte" di sociologia della scienza (Bloor, 1976) incentrato sui principi di: casualità; imparzialità; simmetria; riflessività.

Secondo il principio di causalità la sociologia della scienza studia le condizioni che producono credenze che possono essere di varia natura: cognitive, psicologiche, sociali. Per l'imparzialità la sociologia della scienza deve essere neutrale rispetto alla verità e alla falsità, alla razionalità e all'irrazionalità, successo o fallimento. Mentre per la simmetria questa deve spiegare in base agli stessi tipi di cause tanto le credenze vere, quanto quelle false. Infine, per la riflessività i modelli di spiegazione devono essere applicabili alla sociologia stessa, in quanto scienza.

Comunque l'immagine del mondo non è una mera costruzione sociale come certa sociologia autopoietica suggerisce, ma dipende anche dall'esperienza che è individuale. La scienza è sintesi della sensibilità dell'individuo con un'organizzazione e interpretazione sociale dei dati. Se la scienza non è esperienza dei singoli ma la rappresentazione collettiva della realtà è pur vero che sono i singoli vissuti a formarla e modificarla.

4. *Un modello interpretativo dell'invenzione tecnologica*

Il fine è qui quello di comprendere il processo di formazione della invenzione sia negli aspetti espliciti, siano essi più o meno formali, verbali o codificati per iscritto, sia negli aspetti maggiormente intuitivi, sociali e psicologici (Ciappei e Bianchini, 1999).

Lo studio delle regole e procedure impiegate, e quindi la metodologia utilizzata, ci consente di pervenire ad un sistema di conoscenze, un *know-how* in grado di spiegare i processi di formazione della invenzione cogliendo gli aspetti comuni e le sfumature e particolarità che le contraddistinguono. In questo modo viene data importanza all'eterogeneità delle situazioni, dei problemi e dei contesti e quindi al carattere di unicità, specificità di ogni singola invenzione.

Viene dunque elaborato un modello con cui studiare la metodologia di sviluppo della invenzione che in concreto è adottata nelle organizzazioni di ricerca. Tale modello non ha la pretesa di essere esaustivo e assoluto; esso