



PISA 2012

Quadro di Riferimento analitico

per la Matematica, la Lettura, le Scienze,
il Problem Solving e la Financial Literacy



Programme for International Student Assessment

PISA

PISA 2012

Quadro di Riferimento analitico

per la Matematica, la Lettura, le Scienze,
il Problem Solving e la Financial Literacy

Il presente volume è pubblicato sotto la responsabilità del Segretariato dell'OCSE. Le opinioni espresse e le argomentazioni utilizzate non riflettono però necessariamente le posizioni ufficiali dell'Organizzazione o dei governi dei paesi membri.

Il presente documento e qualsiasi carta geografica eventualmente utilizzata all'interno di esso sono da intendersi senza pregiudizio della sovranità territoriale, delle frontiere internazionali, dei confini e delle denominazioni di territori, città o aree geografiche.

Titolo originale dell'opera:

OECD (2013), *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>

ISBN 978-92-64-19052-8 (versione originale a stampa)

ISBN 978-92-64-19051-1 (versione originale scaricabile in PDF)

Edizione italiana:

PISA 2012, *Quadro di Riferimento analitico per la Matematica, la Lettura, le Scienze, il Problem Solving e la Financial Literacy*

http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2012.php?page=pisa2012_it_06

La versione italiana è stata curata dall'INVALSI (Istituto nazionale per la valutazione del sistema educativo di istruzione e di formazione).

Traduzione a cura di BRANTRA bvba. Revisione dei capitoli a cura di M. Alessandra Scalise.

I dati statistici riguardanti Israele sono forniti dalle autorità israeliane competenti e sotto la responsabilità delle stesse. L'utilizzo di tali dati da parte dell'OCSE, secondo il diritto internazionale, è senza pregiudizio per lo status dei territori denominati Alture del Golan, Gerusalemme Est e degli insediamenti israeliani in Cisgiordania.

Crediti fotografici:

© khoa vu/Flickr/Getty Images

© Shutterstock/Kzenon

© Simon Jarratt/Corbis

L'elenco delle correzioni alle pubblicazioni dell'OCSE può essere consultato online presso:

www.oecd.org/publishing/corrigenda. © OECD 2013

I diritti di riproduzione totale o parziale delle pubblicazioni, dei dati e dei prodotti multimediali dell'OCSE in documenti, presentazioni, blog, siti web o testi didattici appartengono all'OCSE, che deve essere debitamente citata come fonte nel rispetto del diritto d'autore. Ogni richiesta di autorizzazione all'uso pubblico o commerciale dei materiali deve essere indirizzata a rights@oecd.org

Le richieste di autorizzazione a fotocopiare parte del materiale devono essere indirizzate direttamente al Copyright Clearance Center (CCC) presso info@copyright.com o al Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) presso contact@cfcopies.com.



4

PISA 2012

Quadro di riferimento per il Problem Solving

Questo capitolo descrive il quadro di riferimento concettuale sotteso alla rilevazione delle competenze individuali di risoluzione dei problemi, o problem-solving, di PISA 2012, compresi i fondamenti logici alla base dell'indagine, la ricerca di riferimento e una definizione di ciò che s'intende per competenza in problem-solving. La definizione viene analizzata nel dettaglio e, con essa, le tre caratteristiche chiave per la rilevazione: contesto, natura della situazione problematica e processi cognitivi coinvolti nella risoluzione di problemi. Si sottolinea il fatto che nella rilevazione vengano utilizzati anche problemi che richiedono al soggetto di interagire con la situazione problematica per portare alla luce informazioni indispensabili ma non esplicitamente fornite. Sono quindi presentati e commentati esempi di item, nei quali si illustra come i dati di risposta (captati dal sistema di somministrazione computerizzata) siano utilizzati per migliorare l'attribuzione del punteggio.



INTRODUZIONE

La competenza in problem solving (ossia la capacità di risolvere problemi) è un obiettivo chiave nei programmi scolastici di molti paesi. L'acquisizione di competenze in problem solving di livello più elevato fornisce una base all'apprendimento a venire e alla capacità di partecipare alla vita sociale e di condurre le proprie attività in modo efficace. I cittadini devono essere in grado di applicare quanto hanno appreso a situazioni nuove. Lo studio delle competenze di problem solving apre una finestra sulla capacità delle persone di attività cognitive di base altri approcci cognitivi di ordine generale per far fronte alle sfide della vita (Lesh e Zawojewski, 2007).

Il contesto in cui s'inscrive il Problem Solving nell'indagine 2012

Nel ciclo PISA 2003, il problem solving era un ambito aggiuntivo. Ecco alcuni dei principali risultati della rilevazione (OCSE, 2005):

- in alcuni paesi il 70% degli studenti era in grado di risolvere problemi relativamente complessi, mentre in altri paesi meno del 5% era in grado di farlo;
- nella maggior parte dei paesi, più del 10% degli studenti non era in grado di risolvere problemi elementari;
- in media, nei paesi OCSE, la metà degli studenti non era in grado di risolvere problemi di livello superiore a quello elementare;
- la distribuzione del grado di competenza in problem solving degli studenti all'interno di uno stesso paese variava in modo sostanziale nei diversi paesi;
- la distribuzione delle differenze fra il grado di competenza in problem solving e le competenze specifiche relative agli altri ambiti (matematica, lettura e scienze) all'interno di uno stesso paese variava in modo sostanziale nei diversi paesi.

Da quando è stato messo a punto il quadro di riferimento per il problem solving nel 2003 (OCSE, 2003a), sono stati condotti molti studi in materia di risoluzione di problemi complessi, transfer di conoscenze, rilevazione computerizzata e su larga scala delle competenze di problem solving (si veda Blech e Funke, 2005; Funke e Frensch, 2007; Greiff e Funke, 2008; Klieme, 2004; Klieme, Leutner, e Wirth, 2005; Leutner et al., 2004; Mayer, 2002; Mayer e Wittrock, 2006; O'Neil, 2002; Osman, 2010; Reefer, Zabal e Blech, 2006; Wirth and Klieme, 2004). Tali studi hanno consentito di progredire nella comprensione e nella misurazione delle capacità individuali di problem solving.

Inoltre, i continui progressi nello sviluppo di strumenti informatizzati e nell'uso di computer in rete hanno reso possibile una maggiore efficienza ed efficacia nella rilevazione, permettendo anche di somministrare problemi dinamici e interattivi, di suscitare maggiore interesse negli studenti e di rilevare un maggior numero di informazioni in merito al modo in cui il processo di risoluzione dei problemi si esplica. A proposito di quest'ultimo aspetto, la somministrazione computerizzata permette di raccogliere dati quali il tipo, la frequenza, la durata e la sequenza delle azioni intraprese dagli studenti nel rispondere agli item.

Alla luce di ciò, appare opportuno reintrodurre il problem solving tra gli ambiti di rilevazione dell'indagine PISA, non prima, però, di aver elaborato un nuovo quadro di riferimento e messo a punto metodi di rilevazione che consentano di cogliere in tempo reale le capacità degli studenti. Pertanto, nel ciclo PISA 2012, le prove di problem solving sono somministrate via computer e l'interazione dello studente con il problema costituisce un aspetto fondamentale della rilevazione.

La rilevazione delle competenze di problem solving in PISA 2012 è una rilevazione di tipo individuale. Le competenze collaborative, ovvero le competenze necessarie a risolvere problemi in quanto membri di un gruppo, sono essenziali nella vita professionale, dove sovente si è parte di un gruppo di specialisti ubicati in sedi diverse, e incorporare prove collaborative all'interno di un'indagine di respiro internazionale come PISA pone problemi di misurazione non indifferenti (Reefer, Zabal e Blech, 2006) e richiede tempo per mettere a punto una piattaforma informatica adeguata il che non ha consentito che simili prove entrassero a far parte del ciclo d'indagine 2012.

Da varie ricerche emerge come dato ricorrente che la competenza in problem solving dipende da conoscenze e strategie specifiche per ambito (si veda Mayer, 1992; Funke e Frensch, 2007). L'indagine 2012 eviterà, per quanto possibile, la necessità di ricorrere a conoscenze specifiche, per concentrarsi sulla misurazione dei processi cognitivi fondamentali del



problem solving. Questa caratteristica differenzia le prove di rilevazione del problem solving da quelle dei grandi ambiti delle literacy, ossia comprensione della lettura, matematica e scienze, che richiedono conoscenze specifiche in tali ambiti.

Un'altra conclusione che si può trarre dagli studi più recenti è che le prove del ciclo PISA 2012 dovrebbero privilegiare problemi autentici e relativamente complessi, in particolare quelli che richiedono, da parte di chi deve risolvere il problema, un'interazione diretta per poter portare alla luce e individuare le informazioni necessarie. Esempi tipici di questo tipo di problemi sono quelli che ci troviamo di fronte quotidianamente quando si tratta di utilizzare dispositivi come telecomandi, apparecchi digitali per uso personale (p. es. il cellulare), elettrodomestici o macchine distributrici. Ma altri problemi di questo genere si presentano situazioni disparate quali, ad esempio, la preparazione atletica, l'allevamento di animali, la coltivazione di piante e le interazioni sociali. Le competenze in problem solving sono indispensabili per raggiungere un livello di abilità più che elementare quando si affrontano situazioni di questo tipo e, inoltre, le evidenze mostrano che sono richieste abilità che travalicano quelle cui si ricorre tradizionalmente nel problem solving basato sul ragionamento (si veda Klieme, 2004). Questa è la prima volta che problemi 'interattivi' di questo tipo entrano a far parte di un'indagine internazionale su larga scala, grazie alla somministrazione computerizzata.

La competenza in problem solving può essere sviluppata attraverso un'istruzione di qualità. Vi sono metodi didattici ispirati alla cosiddetta "pedagogia progressiva", quali ad esempio l'apprendimento basato sui problemi, l'apprendimento "per scoperta" e strumenti formativi quali i project work, individuali o di gruppo, che possono stimolare una comprensione più profonda e preparare gli studenti ad applicare le conoscenze acquisite a contesti inediti. Un buon insegnamento promuove l'apprendimento autoregolato e la metacognizione e sviluppa i processi cognitivi sottesi al problem solving, prepara gli studenti a ragionare in modo efficiente in situazioni per lo più nuove e li aiuta a colmare le lacune cognitive mediante il ricorso all'osservazione, all'esplorazione e all'interazione con sistemi per loro inediti. La somministrazione computerizzata delle prove di problem solving nell'indagine 2012 intende determinare fino a che punto gli studenti siano preparati per rispondere a sfide future e sconosciute, per le quali l'insegnamento delle conoscenze attuali non è sufficiente.

Il problem solving nel quadro del programma dell'OCSE sulle competenze degli adulti

Il programma dell'OCSE per la rilevazione delle competenze degli adulti misura le abilità di lettura di base (reading component skills), le competenze alfabetiche (literacy) e matematiche (numeracy) funzionali e la capacità di risolvere problemi in ambienti ad elevata componente tecnologica (problem solving in a technology-rich environment). Le prove sono somministrate faccia a faccia a un campione di popolazione tra i 16 e i 65 anni di età. L'indagine è stata effettuata nel 2011 e i risultati sono stati resi noti nel 2013.

La rilevazione delle competenze in problem solving in ambienti ad elevata componente tecnologica differisce dalla rilevazione delle competenze in problem solving effettuata nel ciclo PISA 2012 per due aspetti importanti.¹ In primo luogo, tratta problemi "a elevata componente d'informazione". Citeremo ad esempio la necessità di reperire e valutare informazioni su Internet o sui social network, navigare attraverso pagine web con cui non si ha dimestichezza e decidere quali informazioni siano pertinenti e quali no ai fini di un determinato compito.

Una seconda differenza di rilievo è che le soluzioni dei problemi richiedono l'uso di una o più applicazioni informatiche (gestione dei file, browser, email e fogli di calcolo). Nell'indagine PISA, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) sono parte integrante delle prove di problem solving, ma non rientrano nella definizione di problem solving. Bastano infatti competenze informatiche elementari (saper usare il mouse e la tastiera) per risolvere le prove computerizzate PISA di problem solving. Le applicazioni informatiche più comuni sono ausili preziosi per la soluzione di problemi a elevata componente d'informazione e, nell'era digitale, è indispensabile possedere competenze informatiche a un certo livello. Tuttavia, l'indagine PISA è incentrata su quei processi cognitivi fondamentali che sono necessari per la soluzione di problemi, con o senza l'aiuto dell'informatica.

DEFINIZIONE DELL'AMBITO

Per quanto riguarda il problem solving, il ciclo PISA 2012 intende valutare la competenza in problem solving individuale. Prima di passare a definire che cosa si intende per "competenza in problem solving" in questo contesto, è importante chiarire che cosa intendono i ricercatori per "problema" e per "problem solving".

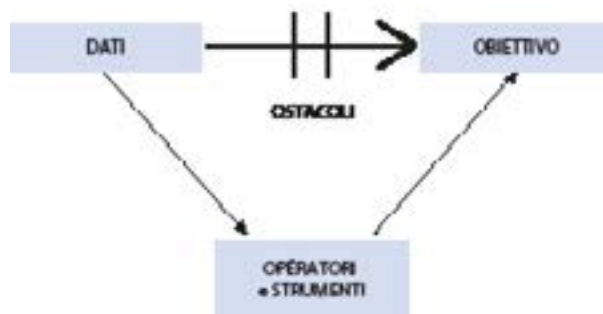
¹ Il programma OCSE sulle competenze adulte definisce la rilevazione delle competenze degli adulti

Definizione di problema

Si ha un problema allorché una persona ha un obiettivo ma non sa come raggiungerlo (Duncker, 1945). Questa definizione è illustrata alla Figura 4. 1. Lo stato iniziale (i dati) è la conoscenza che la persona ha del problema in partenza e gli operatori sono le azioni ammissibili che possono essere messe in atto per raggiungere lo stato finale desiderato (i risultati) con l'aiuto degli strumenti disponibili. Ostacoli da superare (p. es. mancanza di conoscenze o di strategie immediatamente identificabili) si frappongono al raggiungimento dell'obiettivo. Il superamento di tali ostacoli può mettere in gioco non solo l'aspetto cognitivo, ma anche fattori motivazionali e affettivi (Funke, 2010).

• Figura 4. 1 •

Situazione problematica (Frensch e Funke, 1995)



Consideriamo per esempio il semplice problema di trovare l'itinerario più rapido tra due città, avendo a disposizione una carta stradale con i tempi di percorrenza stimati e una calcolatrice. Lo stato iniziale è l'informazione fornita: la carta stradale senza indicazione dell'itinerario; lo stato finale è la risposta desiderata: l'itinerario più rapido. Le azioni possibili (gli operatori) sono: selezionare un possibile itinerario, calcolare la durata totale e fare un raffronto con altri itinerari. Uno strumento (calcolatrice) è a disposizione per facilitare il calcolo dei tempi di percorso.

Definizione di problem solving

Conformemente a questo modo di considerare che cosa sia un problema, Mayer (1990) definisce il problem solving come un processo cognitivo volto a trasformare una situazione data in una situazione desiderata (obiettivo) allorché non si dispone di un metodo ovvio di soluzione. Questa definizione è ampiamente condivisa nella comunità scientifica (si veda p. es. Klieme, 2004; Mayer e Wittrock, 2006; Reeffer, Zabal e Blech, 2006).

Definizione della competenza in problem solving

Nel ciclo PISA 2012, la definizione di competenza in problem solving, si fonda sulle nozioni di "problema" e "problem solving" illustrate sopra e comunemente accettate ed è la seguente:

La competenza in problem solving è la capacità di un individuo di mettere in atto processi cognitivi per comprendere e risolvere situazioni problematiche per le quali il metodo di soluzione non è immediatamente evidente. Questa competenza comprende la volontà di confrontarsi con tali situazioni al fine di realizzare le proprie potenzialità in quanto cittadini riflessivi e con un ruolo costruttivo.

Non sorprende che la prima frase della definizione sia quasi identica alla prima parte della definizione adottata per il ciclo PISA 2003.² Tuttavia, mentre la definizione 2003 presentava solo una dimensione cognitiva, la

²Per problem solving si intende la capacità di un individuo di mettere in atto processi cognitivi per affrontare e risolvere situazioni reali e interdisciplinari, per le quali il percorso di soluzione non è immediatamente evidente e nelle quali gli ambiti di competenza o le aree curriculari che si possono applicare non sono all'interno dei singoli ambiti della matematica, delle scienze o della lettura" (OCSE, 2003a, p. 156).



definizione 2012, dove l'ultima parte sottolinea la natura transdisciplinare di tale rilevazione, introduce anche una componente affettiva in linea con la definizione di competenza riconosciuta dall'OCSE (OCSE, 2003a).

Ciò che distingue la rilevazione del problem solving nel ciclo 2012 rispetto al 2003 non è tanto la definizione di competenza in problem solving quanto la modalità di somministrazione delle prove (computerizzata) e l'introduzione di problemi che non possono essere risolti senza l'interazione di chi li risolve con la situazione problematica.

I paragrafi successivi prendono in considerazione ciascuna parte della definizione di competenza in problem solving per il ciclo PISA 2012 per chiarirne il significato ai fini della rilevazione.

La competenza in problem solving ...

Una competenza è molto più che la riproduzione elementare di conoscenze accumulate. Comport la sollecitazione di abilità cognitive e pratiche e di capacità creative oltre ad altre risorse di tipo psicosociale quali atteggiamenti, motivazioni e valori (OCSE, 2003b). Nell'ambito dell'indagine PISA 2012, la rilevazione delle competenze di problem solving non è tesa tanto a verificare la semplice capacità di riprodurre conoscenze riferite a un determinato ambito, quanto piuttosto le competenze cognitive necessarie per risolvere problemi con cui non si ha dimestichezza che però si possono incontrare nella vita quotidiana³ e che non ricadono in ambiti curriculari specifici.

Il bagaglio di conoscenze acquisite è importante per risolvere i problemi. E tuttavia, per possedere competenze di problem solving occorre avere la capacità di acquisire e utilizzare nuove conoscenze o di utilizzare le conoscenze che già si possiedono in modo nuovo per risolvere nuovi problemi (cioè problemi non di routine).

... è la capacità di un individuo di mettere in atto processi cognitivi ...

Il problem solving è un processo interno al sistema cognitivo di una persona e può essere desunto solo indirettamente dalle azioni e dai risultati di quella persona; richiede la rappresentazione e la manipolazione di vari tipi di conoscenze nell'ambito del sistema cognitivo di chi risolve il problema (Mayer e Wittrock, 2006). Le reazioni degli studenti alle prove – le loro strategie esplorative, le rappresentazioni cui ricorrono per modellizzare il problema, le loro risposte numeriche e non o le spiegazioni più o meno articolate che danno del procedimento utilizzato per risolvere il problema – serviranno a dedurre i processi cognitivi utilizzati.

Il pensiero creativo (divergente) e il pensiero critico sono componenti importanti della competenza in problem solving (Mayer, 1992). Il pensiero creativo è un'attività cognitiva che permette di trovare soluzioni a problemi inediti. Il pensiero critico accompagna il pensiero creativo e si usa per valutare le possibili soluzioni. L'indagine PISA 2012 mira a valutare entrambe le componenti.

... per comprendere e risolvere situazioni problematiche ...

In che misura riesce un individuo a rispondere alle sfide di una situazione problematica e ad attivarsi per risolverla? Oltre alle risposte esplicite ai quesiti, la rilevazione intende misurare in che modo un individuo progredisce verso la soluzione del problema, comprese le strategie che adotta. Laddove è appropriato, si tiene traccia di tali strategie per mezzo di dati comportamentali registrati grazie al sistema di somministrazione computerizzata: tipo, frequenza, durata e sequenza delle interazioni con il sistema possono essere registrati e utilizzati per l'attribuzione dei punteggi o per ulteriori analisi sulle prestazioni degli studenti.

Il processo del problem solving inizia a partire dal riconoscimento che una situazione problematica esiste e dalla comprensione della natura della situazione stessa. Chi è chiamato a risolvere il problema deve identificare il problema specifico (o i problemi specifici) da risolvere, pianificare porre in atto una soluzione, sempre controllando e valutando la procedura nel suo svolgersi.

Nella vita reale capita sovente che per un problema non vi sia una soluzione univoca o esatta. Per di più, la situazione problematica può evolvere durante il processo di soluzione, vuoi per l'interazione con chi sta risolvendo il problema, vuoi per la natura dinamica della situazione stessa. Nell'elaborazione le prove della rilevazione si è tenuto conto di tali complessità, cercando di trovare un equilibrio tra autenticità della situazione e fattibilità della prova.

³ Compresi quelli che si possono incontrare nel prosieguo degli studi e della vita professionale.



...per le quali il metodo di soluzione non è immediatamente evidente ...

Il modo per arrivare alla soluzione non dovrebbe essere immediatamente evidente a chi deve risolvere il problema. Ci dovrebbero essere degli ostacoli, oppure dovrebbero mancare delle informazioni. La rilevazione riguarda problemi non di routine (cioè quei problemi ai quali è chiaramente applicabile una procedura di soluzione già appresa); per arrivare alla soluzione, lo studente deve attivamente esplorare e comprendere il problema e/o concepire una nuova strategia o applicare una strategia già appresa in un contesto diverso.

Il fatto che un problema sia di routine oppure no dipende da quanto chi deve risolverlo ha dimestichezza con lo stesso. Quello che per una persona è un "problema" potrebbe avere una soluzione ovvia per un'altra persona che si è già trovata a dover risolvere situazioni analoghe. Per questo è stata prestata particolare attenzione a porre problemi che dovrebbero risultare non di routine per la maggior parte dei quindicenni.

Non è detto che il contesto o gli obiettivi saranno ogni volta inediti, ma è importante che i problemi in sé siano inediti o che il percorso per arrivare alla soluzione non sia immediatamente evidente. Lo studente potrebbe dover esplorare la situazione problematica o interagire con essa prima di tentare di risolverla. Nel PISA 2012 l'interazione diretta è resa possibile dalla somministrazione computerizzata.

... Questa competenza comprende la volontà di confrontarsi con tali situazioni ...

Il problem solving è un processo al tempo stesso personale e guidato, nel senso che chi deve risolvere il problema è guidato dai propri obiettivi personali (Mayer e Wittrock, 2006). Le conoscenze e abilità personali di chi deve risolvere il problema determinano la difficoltà o la facilità con cui questi supera gli ostacoli per arrivare alla soluzione. Ma occorre considerare che sulla capacità di attingere a tali conoscenze e competenze influiscono fattori motivazionali e affettivi come le convinzioni personali (ad esempio la fiducia in sé stessi) e l'interesse e la capacità percepita di risolvere il problema (Mayer, 1998).

Si aggiungano poi il contesto del problema (più o meno familiare e compreso), le risorse esterne disponibili (accesso a determinati strumenti), e l'ambiente in cui si deve operare (nel quadro di un esame, per esempio): altrettanti fattori che influiscono sul modo di percepire e affrontare il problema.

Nelle prove cognitive di problem solving i fattori motivazionali e affettivi non sono misurati, tuttavia, il questionario destinato agli studenti contiene gruppi di item che permettono di misurare la perseveranza e l'apertura mentale rispetto alla risoluzione dei problemi in generale. Il questionario prevede altresì alcune domande dirette a raccogliere informazioni sulle strategie di problem solving degli studenti quando devono affrontare determinati problemi (p. es. rivolgersi a qualcuno che se ne intende, consultare le istruzioni, mettere in atto comportamenti non mirati, rinunciare).

...al fine di realizzare le proprie potenzialità in quanto cittadini riflessivi e con un ruolo costruttivo.

La competenza è uno dei fattori importanti che permettono alle persone di dar forma al mondo e non solo di subirlo: "... le competenze chiave possono avvantaggiare sia gli individui sia le società" (Rychen e Salganik, 2003). Gli individui dovrebbero "gestire la propria vita in modo significativo e responsabile esercitando un controllo sulle loro condizioni di vita e di lavoro" (ibid). Possedere elevate competenze di la problem solving è indispensabile per realizzare il proprio potenziale di cittadini riflessivi e capaci di assumere un ruolo costruttivo nella società.

Oggetto della rilevazione

In PISA 2012, la rilevazione della competenza in problem solving non prevede problemi che richiedono, per essere risolti, conoscenze specialistiche. In particolare non vi sono problemi che possono ragionevolmente rientrare in uno dei tre ambiti principali dell'indagine. Le prove di rilevazione sono incentrate su situazioni della vita quotidiana e presentano un'ampia gamma di contesti per ridurre al minimo l'effetto delle conoscenze già acquisite in generale.

In molte situazioni della vita reale fare appello a conoscenze già acquisite non basta per risolvere problemi inediti. Anziché applicare direttamente le conoscenze già acquisite, è necessario riorganizzarle e combinarle con nuove conoscenze applicando tutta una serie di abilità di ragionamento. Le eventuali carenze di conoscenze devono essere colmate mediante l'osservazione e l'esplorazione della situazione problematica. Spesso ciò significa interagire con un nuovo sistema per scoprire regole che devono poi essere applicate per risolvere il problema. La somministrazione di questo tipo di problemi,



che costituisce l'aspetto principale della rilevazione delle competenze di problem solving per PISA2012, è resa possibile dalle prove computerizzate.

ORGANIZZAZIONE DELL'AMBITO

Il modo in cui l'ambito è rappresentato e organizzato determina il disegno di rilevazione e, in ultima analisi, gli elementi che è possibile raccogliere e presentare a riprova della competenza degli studenti. Numerosi aspetti fanno parte del costruito, e non tutti possono essere presi in considerazione ed elaborati nel quadro di un'indagine come il PISA. Occorre pertanto identificare gli elementi più rilevanti, in modo da variarli adeguatamente al fine di elaborare una serie di prove che presenti una gamma adeguata di difficoltà e un'ampia copertura dell'ambito.

In PISA 2012, gli elementi chiave dell'ambito per la rilevazione della competenza in problem solving sono:

- il contesto del problema: che può (o meno) comportare un'applicazione tecnologica e che può essere di carattere personale o sociale.
- la natura della situazione problematica: che può essere interattiva o statica;
- i processi di problem solving: i processi cognitivi che intervengono nella risoluzione del problema.

Gli item sono stati messi a punto per misurare le prestazioni degli studenti quando pongono in essere i diversi processi del problem solving nei due tipi di situazione problematica e in un'ampia gamma di contesti. Gli elementi chiave sono analizzati e illustrati nelle sezioni che seguono.

Il contesto del problema

La difficoltà che un certo problema rappresenta dipende da quanto chi deve risolverlo conosce il contesto del problema e ha familiarità con esso. Due sono le dimensioni individuate per garantire che le prove siano rappresentative di un'ampia gamma di contesti autentici e interessanti per dei quindicenni: l'ambientazione (tecnologico o meno) e l'argomento (personale o sociale).

I problemi ambientati in un contesto tecnologico hanno alla base il funzionamento di un dispositivo tecnologico. Esempi di questo tipo riguardano telefoni cellulari telecomandi o biglietterie automatiche. Ovviamente, tali prove non richiedono agli studenti una conoscenza dei meccanismi interni di funzionamento dei dispositivi, quanto piuttosto di esplorare e comprendere il funzionamento dei dispositivi al fine di controllarne l'utilizzo o di avviare a un malfunzionamento. Le situazioni che danno adito ad altri tipi di problemi, per esempio pianificare un itinerario, fare una scaletta di cose da fare e prendere delle decisioni, presentano un contesto non tecnologico.

I contesti di carattere personale riguardano principalmente la sfera del sé, della famiglia e dei pari. I contesti di carattere sociale riguardano principalmente situazioni che si incontrano in un ambito più ampio, nella propria comunità o più in generale nella società (ad esempio sul lavoro e nel proseguimento degli studi). In altri termini, il contesto di un item che richiede di impostare l'ora su un orologio digitale sarà classificato come tecnologico e personale, mentre un contesto che richiede di decidere la formazione di una squadra di basket sarà classificato non tecnologico e sociale. Nell'ultima sezione del capitolo sono riportati ulteriori esempi: il primo esempio di prova descritto, che riguarda le regole che governano il funzionamento di un lettore MP3, presenta un contesto tecnologico e personale; il secondo, che riguarda la disposizione a tavola degli ospiti a una festa di compleanno, ha un contesto non tecnologico e sociale.

La natura della situazione problematica

La modalità di presentazione di un problema ha importanti conseguenze sul modo in cui può essere risolto. Un elemento cruciale è la completezza delle informazioni a disposizione di chi deve risolvere il problema nel momento iniziale, come nel caso del problema di trovare l'itinerario più rapido discusso in precedenza (si veda alla sezione Definizione di problema). Le situazioni problematiche di questo genere sono definite statiche. La prova "Festa di compleanno", illustrata nella sezione "Esempi di prove", è una tipica prova statica.

D'altro canto, le situazioni problematiche possono anche essere interattive, consentire, cioè, di esplorare la situazione per scoprire ulteriori informazioni rilevanti.⁴ La navigazione in tempo reale con un sistema GPS che riporta la situazione del traffico, automaticamente o su richiesta, presenta questo tipo di situazione. "Lettore MP3", nella sezione "Esempi di prove", è una tipica prova interattiva.

⁴ Talvolta per descrivere situazioni problematiche in cui non tutte le informazioni sono inizialmente disponibili si utilizza il termine "intrasparente" (si veda Funke e Frensch, 1995).



Le situazioni problematiche interattive possono essere simulate nei test grazie all'uso del computer. Il fatto che nella rilevazione computerizzata di PISA 2012 vi siano anche situazioni problematiche interattive permette di avere un ventaglio di scenari più autentici e realistici rispetto a quanto si potrebbe ottenere attraverso la sola somministrazione di prove carta e matita. I problemi nei quali gli studenti esplorano e controllano un ambiente simulato sono una caratteristica distintiva di questa rilevazione.

Nella rilevazione è presente anche una selezione di situazioni problematiche di tipo statico. Questo tipo di problemi faceva tradizionalmente parte delle rilevazioni attraverso prove carta e matita. Tuttavia la somministrazione computerizzata presenta numerosi vantaggi, tra cui la possibilità di presentare una gamma più ampia di scenari, con elementi multimediali quali animazioni, strumenti online, e diversi formati di risposta che permettono la codifica automatica.

Taluni studi suggeriscono inoltre che l'acquisizione di conoscenze nell'esplorazione di un problema in un ambiente interattivo, e il modo in cui tali conoscenze vengono applicate, sono competenze distinte dalle abilità cui normalmente si attinge per la risoluzione dei problemi statici (si veda Klieme, 2004; Wirth e Klieme, 2004; Leutner e Wirth, 2005). Pertanto, il fatto che in PISA 2012 si mescolino problemi statici e problemi interattivi consente una misurazione più ampia della competenza in problem solving rispetto a quella che sarebbe possibile con il solo ausilio delle prove carta e matita.

Situazioni problematiche interattive

Le situazioni problematiche interattive spesso insorgono quando si tratta di interagire per la prima volta con un dispositivo tecnologico quale una biglietteria automatica, un condizionatore o un telefono cellulare, specie se le istruzioni per l'uso non sono disponibili o sono poco chiare. Capire come controllare questi dispositivi è un problema che tutti affrontano nella vita quotidiana. Spesso, in queste situazioni, alcune informazioni pertinenti mancano, oppure non sono immediatamente disponibili. Per esempio, l'effetto dell'esecuzione di un'operazione (diciamo, premere il tasto di un telecomando) potrebbe non essere conosciuto e non può essere dedotto, ma deve essere inferito per induzione attraverso un'interazione con il contesto, ovvero eseguendo l'operazione (cioè premendo il tasto) e avanzando un'ipotesi sul suo funzionamento sulla base del risultato. In generale serve una certa esplorazione o sperimentazione per acquisire la conoscenza necessaria a controllare il dispositivo. Un altro scenario tipico è quello in cui occorre porre rimedio a un difetto o malfunzionamento di un dispositivo. In questo caso sarà necessaria una certa dose di sperimentazione per raccogliere dati relativi alle circostanze in cui il dispositivo non funziona o funziona male.

Una situazione problematica interattiva può essere dinamica, cioè il suo stato può cambiare sotto l'effetto di fattori che esulano dal controllo di chi risolve il problema (ovvero senza alcun intervento da parte sua)⁵: ad esempio, nel caso di una biglietteria automatica, se per più di 20 secondi non viene premuto un tasto la macchina si resetta automaticamente. Tali comportamenti autonomi di un sistema devono essere osservati e compresi, e si deve tenerne conto per raggiungere l'obiettivo desiderato (nello specifico l'acquisto di un biglietto).

Situazioni problematiche statiche

Le situazioni problematiche statiche possono dare adito a problemi ben definiti o non ben definiti. In un problema ben definito, come quello di trovare l'itinerario più rapido (vedi la sezione "Definizione di problema"), lo stato iniziale, lo stato finale e gli operatori ammissibili sono chiaramente specificati (Mayer e Wittrock, 2006). La situazione problematica non è dinamica, ossia non cambia autonomamente durante il processo di risoluzione del problema, tutte le informazioni necessarie sono disponibili fin dall'inizio e vi è un unico obiettivo.

Altri esempi di problemi ben definiti sono i tradizionali puzzle logici come "la Torre di Hanoi" e i problemi sulle cisterne d'acqua (si veda, per esempio, Robertson, 2001); i problemi basati su decisioni da prendere, dove occorre comprendere una situazione che prevede diverse alternative e vincoli ben definiti per prendere una decisione che rispetti tali vincoli (p. es. scegliere l'analgesico giusto avendo sufficienti informazioni sul paziente, sul suo problema e sugli analgesici disponibili); e i problemi di pianificazione per progetti quali la costruzione di un edificio o la produzione di un programma informatico, nei quali l'elenco dei compiti con relativa durata e le relazioni di interdipendenza tra questi compiti sono dati a priori.

⁵Il termine "dinamico" è utilizzato da alcuni ricercatori per descrivere qualsiasi sistema fisico simulato con il quale chi deve risolvere il problema può interagire e dal quale può ricevere un feedback. In questi casi, una situazione problematica che evolve autonomamente è talvolta denominata "eigendynamik" (a dinamica interna) (si veda Blech e Funke, 2005).



Mayer e Wittrock (2006) osservano che “i materiali educativi mettono spesso l'accento su problemi ben definiti, mentre molti problemi reali sono non ben definiti [ossia parzialmente in-definiti]”. Questi ultimi, che possono essere di natura sia interattiva sia statica, spesso presentano obiettivi multipli e in conflitto fra loro, cosicché i progressi fatti verso un certo obiettivo possono ostacolare i progressi verso altri obiettivi. È necessario che chi risolve il problema elabori e ponderi le priorità per ottenere un equilibrio fra i diversi obiettivi (Blech e Funke, 2010). Un esempio è trovare l'itinerario “migliore” tra due punti. Migliore significa: la via più breve, quella verosimilmente più rapida, quella più diretta o quella con la minima variazione di durata? E così via. Un esempio più complesso è la progettazione di una vettura che sia potente, economica, sicura e a basso impatto ambientale, tutte caratteristiche desiderabili.

Processi di problem solving

Autori diversi concepiscono i processi cognitivi che intervengono nella soluzione di un problema in modo diverso, ma i punti in comune non sono pochi. I processi identificati in questa sede derivano dai lavori sul problem solving e sul ragionamento di vari psicologi cognitivi tra cui Baxter & Glaser, 1997; Bransford et al., 1999; Mayer e Wittrock, 1996; Mayer e Wittrock, 2006; Vosniadou e Ortony, 1989 nonché dal fondamentale lavoro di Polya (1945). Inoltre, si è tenuto conto di lavori più recenti sul problem solving di tipo complesso e dinamico, quali ad esempio quelli di Blech e Funke, 2005, 2010; Funke e Frensch, 2007; Greiff e Funke 2008; Klieme, 2004; Osman, 2010; Reeff, Zabal e Blech, 2006; Wirth e Klieme, 2004.

Non è detto che i processi relativi alla soluzione di un dato problema siano sequenziali o che tutti i processi citati intervengano nella soluzione di un dato problema. Nella vita reale, può darsi che una persona che si trova ad affrontare un problema inedito, e quindi a strutturarne, rappresentarlo e risolverlo, proceda verso la soluzione in un modo che trascende i confini di un modello lineare e/o progressivo. Gran parte degli elementi oggi a nostra disposizione sul sistema cognitivo umano avvalorano l'ipotesi che questo sia in grado di analizzare più informazioni in parallelo (Lesh e Zawojewski, 2007).

Ai fini della rilevazione delle competenze in problem solving di PISA2012, i processi coinvolti nella risoluzione dei problemi sono i seguenti:

- esplorare e comprendere
- rappresentare e formulare
- pianificare ed eseguire
- monitorare e riflettere

Esplorare e comprendere. Obiettivo di questo processo è quello di costruire una rappresentazione mentale di ciascuna singola informazione presentata nel problema, e richiede di:

- esplorare la situazione problematica: osservarla, interagire con essa, cercare informazioni e individuare limitazioni od ostacoli; e di
- comprendere le informazioni iniziali e quelle reperite attraverso l'interazione con la situazione problematica, dimostrando di comprendere i concetti pertinenti.

Rappresentare e formulare. Obiettivo di questo processo è quello di costruire una rappresentazione mentale coerente della situazione problematica (ossia un modello della situazione o del problema). Per fare ciò occorre selezionare le informazioni pertinenti, organizzarle mentalmente e integrarle con le conoscenze pregresse. Il processo può richiedere di:

- rappresentare il problema in formato tabulare, grafico, simbolico o verbale, sapendo anche passare da un formato all'altro; e di
- formulare ipotesi identificando i fattori rilevanti del problema e le rispettive interrelazioni e organizzando e valutando criticamente le informazioni.

Pianificare ed eseguire. Questo processo comprende:

- la pianificazione, che consiste nel definire gli obiettivi, incluso l'obiettivo finale e, se necessario, gli obiettivi subordinati; ed elaborare un piano o una strategia per raggiungere lo stato finale definendo anche i passaggi da seguire; e
- l'esecuzione, che consiste nel portare a termine tale piano.

Monitorare e riflettere. Questo processo comprende:

- il monitorare, in ogni fase, i progressi fatti verso l'obiettivo. Ciò significa anche controllare i risultati intermedi e finali, rilevare eventi imprevisti e, se necessario, intervenire per rimediare; e



- il riflettere sulle soluzioni considerando il problema da prospettive diverse, valutando criticamente ipotesi e soluzioni alternative, stabilendo l'eventuale necessità di ulteriori informazioni o chiarimenti e comunicando i progressi fatti in modo adeguato.

Abilità di ragionamento

Ciascuno dei processi di problem solving si basa su una o più abilità di ragionamento. Per comprendere una situazione problematica, chi deve risolvere il problema può avere la necessità di distinguere tra fatti e opinioni; nel formulare una soluzione può dovere identificare le relazioni tra diverse variabili; nel selezionare una strategia può dovere considerare relazioni di causa ed effetto e, infine, nel comunicare i risultati può dover organizzare le informazioni in modo logico. Le abilità di ragionamento associate a questi processi sono intrinseche al problem solving. Nel contesto dell'indagine PISA sono importanti perché possono essere insegnate e esemplificate nell'ambito dell'educazione scolastica (si veda Adey et al., 2007; Klauer e Phye, 2008).

Le abilità di ragionamento utilizzate nel problem solving possono essere di tipo deduttivo, induttivo, quantitativo, associativo, analogico, combinatorio e multidimensionale. Tali facoltà non sono reciprocamente esclusive e spesso, nella pratica, chi deve risolvere un problema passa dall'una all'altra per raccogliere informazioni e mettere alla prova possibili soluzioni prima di decidere di adottare un metodo piuttosto che un altro. Poiché la difficoltà di un item è influenzata dalla complessità e dal tipo di abilità di ragionamento richieste per arrivare alla soluzione, nelle varie prove sono ampiamente rappresentate tutte le diverse abilità di ragionamento.

RILEVAZIONE DELLA COMPETENZA IN PROBLEM SOLVING

Struttura della rilevazione

La durata della somministrazione computerizzata nel ciclo PISA 2012 è di 40 minuti. Sono state prodotte prove di problem solving per un totale di 80 minuti successivamente organizzate in cluster della durata di 20 minuti. Agli studenti dei paesi che non partecipano alla somministrazione computerizzata facoltativa delle prove di matematica e lettura saranno somministrati due cluster di problem solving secondo uno schema di rotazione equilibrato. Agli studenti dei paesi che partecipano alla somministrazione computerizzata facoltativa delle prove di matematica e lettura potranno essere somministrati due, uno o anche nessun cluster di problem solving in base a uno schema di rotazione differente ma altrettanto equilibrato.

Come di prassi nelle prove PISA, gli item afferiscono a uno stimolo comune che descrive una situazione problematica. Per limitare al massimo il livello di literacy in lettura richiesto, il materiale di stimolo e i testi sono il più possibile chiari, semplici e sintetici. Per evitare lunghi brani scritti si è fatto ricorso ad animazioni, immagini o diagrammi. Anche il livello di numeracy (capacità di calcolo) richiesto è stato limitato al massimo, per esempio fornendo, se del caso, dei totali cumulativi.

Vi sono 16 prove in tutto, per un totale di 40 item circa, che presentano un'adeguata variazione del grado di difficoltà. Questo permette di valutare i punti di forza e di debolezza delle diverse popolazioni e dei relativi sottogruppi principali rispetto ai processi cognitivi relativi al problem solving.

Efficienza della somministrazione computerizzata

Uno dei principali vantaggi di misurare la competenza in problem solving mediante una somministrazione computerizzata è la possibilità di raccogliere e analizzare i dati relativi ai processi e alle strategie messe in campo, oltre a quella di captare e codificare i risultati intermedi e finali. E questo sarà probabilmente un enorme contributo di PISA 2012 alla rilevazione delle competenze di problem solving. A tal fine, le prove sono state costruite in modo da rendere possibile rilevare dati quali tipo, frequenza, durata e sequenza delle azioni compiute dagli studenti.

Le competenze nel campo delle TIC necessarie per queste prove sono elementari: usare una tastiera, un mouse o un touchpad, cliccare sui tasti, usare funzioni come "clicca e trascina", la barra di scorrimento, i menu a tendina e i collegamenti ipertestuali. Si è presa ogni precauzione affinché le abilità tecnologiche e l'interfaccia influissero il meno possibile sulla misurazione della competenza in problem solving.

Sia le prove sia i quesiti al loro interno sono distribuiti secondo un ordine prestabilito, secondo una modalità rigida. Con modalità rigida s'intende che uno studente non può tornare su un quesito o su una prova una volta passato a un altro quesito o alla prova successiva. Ogni volta che gli studenti cliccano sul tasto "Avanti" appare una finestra di dialogo con l'avvertenza che passando all'item successivo non potranno più ritornare su quello precedente. Hanno dunque la facoltà di decidere se confermare e proseguire o annullare il comando e ritornare all'item dove si trovavano.

L'interfaccia grafica delle prove è analoga per tutte le prove (si veda alla figura 4. 2). In ciascuna prova il materiale di stimolo appare nella parte alta dello schermo. Il quesito appare nella parte inferiore ed è separato visivamente dallo stimolo mediante l'uso di cornici. La divisione dello schermo in due parti varia da un item all'altro di modo che non sia mai necessario utilizzare barre di scorrimento per visualizzare tutte le informazioni.

Nella parte superiore destra dello schermo compare una barra che mostra il tempo ancora a disposizione. Un altro indicatore di avanzamento è posto in verticale sul bordo sinistro e consiste nei numeri corrispondenti agli item presenti in ciascuna prova con il numero dell'item cui si sta rispondendo evidenziato da un quadratino.

Caratteristiche e difficoltà degli item

Per quanto possibile, ciascun item sarà incentrato su un unico processo di problem solving. Di conseguenza, per certi quesiti sarà sufficiente dimostrare di saper riconoscere il problema, per altri basterà descrivere un metodo di soluzione, mentre in molti casi sarà richiesta l'effettiva soluzione (o le soluzioni) e si attribuirà particolare importanza all'efficacia e all'efficienza del metodo utilizzato; in altri casi ancora si tratterà di valutare le soluzioni proposte e decidere quale sia la più adeguata per il problema in questione. Il fatto che vi siano item incentrati su un solo processo è appropriato perché, nonostante i curricula diano spesso la priorità all'esecuzione, per molti studenti le difficoltà maggiori riguardano la rappresentazione, la pianificazione e l'autoregolazione (Mayer, 2003).

Alcuni problemi sono intrinsecamente più complessi di altri (Funke e Frensch, 2007) e, in genere, a una maggiore complessità corrisponde anche una maggiore difficoltà. La Tabella 4. 1 riassume le caratteristiche che vengono manipolate nelle diverse prove per garantire un insieme il più possibile ampio e variegato di difficoltà. Tali caratteristiche non si escludono reciprocamente e, in fase di analisi del set di problemi di PISA 2012, possono essere considerate come parti di quattro fattori principali (Philpot et al., 2012).

• Figura 4. 2 •
Interfaccia della prova

LETTORE MP3
Un amico ti regala un lettore MP3 che ti consente di ascoltare e memorizzare musica. Puoi cambiare il genere musicale, aumentare o diminuire il volume e il livello dei bassi cliccando sui tre pulsanti del lettore.
(▶, ●, ◀)
Clicca su RESET per riportare il lettore alle impostazioni iniziali.

Domanda 1: LETTORE MP3 CP043Q03

Le impostazioni che hai scelto sono visualizzate nelle caselle situate in basso sul lettore MP3. Decidi se ciascuna delle seguenti affermazioni sul lettore MP3 è vera o falsa. per ciascuna affermazione, seleziona "Vero" o "Falso" per indicare la tua risposta.

Affermazione	Vero	Falso
Devi utilizzare il pulsante al centro (●) per cambiare il genere musicale.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Devi impostare il volume prima di poter impostare il livello dei bassi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una volta aumentato il volume, puoi diminuirlo solo dopo aver cambiato il genere musicale che stai ascoltando.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Formati di risposta e codifica

Circa un terzo degli item prevede che gli studenti selezionino la/le loro risposta/e cliccando su un tasto o selezionandola da un menu a tendina. Può trattarsi di classici item a scelta multipla dove occorre selezionare una sola risposta corretta, oppure di item a scelta multipla complessa dove si devono effettuare più selezioni oppure di variazioni sul tema che prevedono più di una risposta corretta da selezionare da un elenco o da un menu a tendina. Questo genere di quesiti è sempre codificato automaticamente.

Poco più della metà degli item richiede che gli studenti elaborino una risposta, ma in modo tale da comunque codificati automaticamente codificabile: per esempio, digitare un numero, trascinare un oggetto, disegnare una linea tra due punti o evidenziare parte di un diagramma.

I restanti item richiedono agli studenti di inserire una risposta scritta all'interno di una casella di testo e devono essere codificati da codificatori esperti. Questo tipo di item è utilizzato in particolare quando si ritiene importante chiedere agli studenti di spiegare il metodo adottato oppure di giustificare la scelta di una determinata una risposta.

Per facilitare il lavoro dei codificatori è stato messo a punto un programma di codifica online che elimina la necessità di inserire i dati in un momento separato, riduce al minimo la necessità di "pulire" i dati e permette ai codificatori, volendo, di lavorare a distanza.

Lo schema di codifica degli item permette, quando serve, l'attribuzione di un punteggio parziale, per esempio quando lo studente deve fornire risposte multiple o allorché seleziona la strategia giusta ma poi non la esegue correttamente. Sono registrati anche i comportamenti (p. es. strategie di esplorazione) che forniscono elementi di prova affidabili circa competenze nel problem solving che vanno oltre e sono al di sopra della semplice esecuzione del compito e contribuiscono anch'essi al punteggio.

Tabella 4. 1
Caratteristiche dell'item

Caratteristica	Effetto sulla difficoltà dell'item
Quantità di informazioni	Più sono le informazioni da prendere in considerazione e più difficile è probabile che sia il compito da portare a termine.
Modalità di rappresentazione delle informazioni	Rappresentazioni inconsuete e/o multiple (particolarmente laddove occorre mettere in relazione informazioni presentate sotto forme diverse) tendono ad aumentare la difficoltà.
Grado di astrazione	Il fatto che lo scenario sia più astratto o più concreto influisce sulla difficoltà del compito da portare a termine. Con ogni probabilità, più astratto è lo scenario più difficile sarà il compito da portare a termine.
Familiarità del contesto	Se ha dimestichezza con il contesto, chi deve risolvere il problema può sentirsi meglio equipaggiato per affrontare il problema.
Accessibilità delle informazioni	Più sono le informazioni pertinenti da portare alla luce (p. es. sono effetto di un'operazione, di comportamenti autonomi o di ostacoli imprevisti) e più difficile è probabile che risulti il compito.
Complessità intrinseca	La complessità intrinseca di un compito aumenta con l'aumentare del numero delle componenti o degli elementi e dell'interconnessione fra questi (a causa dell'interdipendenza o dei vincoli). Le prove che presentano un'elevata complessità intrinseca saranno probabilmente più difficili di quelle che presentano livelli più bassi di complessità intrinseca.
Distanza dall'obiettivo	Maggiore è il numero di passaggi necessari per arrivare alla soluzione del problema e più difficile è probabile che sia il compito da portare a termine.
Abilità di ragionamento sollecitate	La difficoltà di un compito è influenzata anche dalla complessità e dal tipo di abilità di ragionamento richiesti per portarlo a termine. È più probabile che compiti che richiedono ragionamenti di un certo tipo (p. es. di tipo combinatorio) siano più difficili degli altri.

Problemi interattivi

I problemi interattivi possono essere costruiti sulla base di modelli formali soggiacenti i cui parametri possono essere variati in modo sistematico per ottenere gradi diversi di difficoltà. Esistono due paradigmi ormai accettati: le equazioni differenziali lineari e gli automi a stati finiti (FSA).

Nelle situazioni problematiche modellate sulla base delle equazioni differenziali lineari (dette anche equazioni lineari



strutturali)⁶, chi risolve il problema deve manipolare una o più variabili di ingresso (per esempio i comandi di un condizionatore d'aria) e considerarne l'effetto su una o più variabili di uscita (per esempio temperatura e umidità); le variabili di uscita potrebbero anche influenzarsi tra di loro dando vita a un sistema dinamico. Contesti adatti di questo tipo di problemi sono, ad esempio, telecomandi, termostati, miscelatori di vernici ed ecosistemi.

Un automa a stati finiti è un sistema che presenta un numero finito di stati e di segnali in entrata e in uscita (Buchner e Funke, 1993)⁷. Lo stato successivo (e segnale in uscita) del sistema è determinato unicamente dal suo stato attuale e dallo specifico segnale in entrata. Nelle situazioni problematiche modellate sulla base di automi a stati finiti, chi risolve il problema deve fornire segnali in entrata (generalmente azionando tasti in sequenza) per determinarne l'effetto sugli stati del sistema nel tentativo di comprenderne la struttura sottostante e portare il sistema verso lo stato voluto. Molti dispositivi e contesti della vita reale sono governati o vincolati da regole strutturate come un automa a stati finiti. Alcuni esempi: orologi digitali, telefoni cellulari, forni a microonde, lettori MP3, biglietterie automatiche e lavatrici.

Compiti tipici richiesti da problemi interattivi di questo genere sono⁸:

- l'esplorazione: acquisire conoscenze sulla struttura del sistema mediante un'esplorazione attiva o guidata (interazione) [è possibile tenere traccia delle strategie di esplorazione e fissarle grazie alla somministrazione computerizzata]
- l'identificazione: elaborare o completare una rappresentazione, ad esempio in forma grafica o testuale, del modello mentale del sistema che viene a formarsi durante l'esplorazione [l'accuratezza del modello aiuta a rilevare le conoscenze causali acquisite]
- il controllo, un'applicazione pratica delle conoscenze acquisite: trasformare lo stato iniziale nello stato voluto e (se il sistema si presta) mantenere tale stato nel tempo; per minimizzare la dipendenza da item precedenti potrà essere fornito un modello corretto del sistema [in questo modo viene rilevato il trasferimento delle conoscenze acquisite.]
- la spiegazione: descrivere le strategie adottate per raggiungere un obiettivo; spiegare il funzionamento di un sistema o suggerire le possibili cause di un malfunzionamento di un dispositivo.

Gli studenti potrebbero già avere un'idea delle relazioni tra variabili di sistema in situazioni problematiche, poiché sono abituati ad avere a che fare con dispositivi analoghi nella realtà. Tali conoscenze pregresse sono diverse da persona a persona, ed è proprio per evitare che ciò abbia un effetto sistematico in sede di rilevazione che è stata utilizzata una grande varietà di contesti problematici differenti che s'incontrano comunemente nel quotidiano. Sono stati inoltre introdotti anche contesti meno usuali, ma accattivanti e ludici, nei quali le relazioni devono essere inferite soltanto attraverso la manipolazione e l'osservazione delle variabili di sistema.

La difficoltà in questo tipo di problemi dipende soprattutto dalla complessità intrinseca dei modelli formali sottostanti alle situazioni. È possibile impostare problemi di varia difficoltà variandone in maniera sistematica la complessità, la quale, a sua volta, è determinata dal numero di variabili e dalla loro interconnessione. Per esempio, un problema che presenta poche variabili può essere assai facile se riguarda solo effetti diretti tra variabili in entrata e in uscita, ma può essere reso estremamente difficile introducendo effetti multipli ed effetti collaterali tra le variabili in uscita.

Distribuzione degli item

La Tabella 4.2. mostra la distribuzione percentuale dei punteggi in relazione ai processi cognitivi richiesti per la soluzione dei problemi nell'indagine principale. Fra parentesi sono indicati i range raccomandati dal gruppo di esperti di problem solving. Considerando l'importanza della capacità di portare a buon fine una soluzione, il processo cui viene attribuito il peso maggiore è quello del Pianificare ed eseguire. D'altro canto, al processo del Monitorare e riflettere è attribuito un peso inferiore alla media poiché è parte integrante degli altri tre e dunque, seppure indirettamente, viene rilevato anche attraverso gli item mirati a tali processi.

⁶Si veda Greiff e Funke (2008) che utilizzano il termine MicroDYN per descrivere questi sistemi. Una precedente implementazione di un sistema analogo è conosciuta come Dynamis – si veda Blech e Funke (2005).

⁷Ai fini delle prove di rilevazione gli automi a stati finiti sono stati implementati con il nome "MicroFin" – si veda http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg_en/forschun/probleml.html

⁸Per maggiori dettagli si veda Blech e Funke (2005) e Greiff e Funke (2008).

Tabella 4. 2

Distribuzione del punteggio in relazione ai processi

Esplorare e comprendere	Rappresentare e formulare	Pianificare ed eseguire	Monitorare e riflettere	Totale
21. 4% (20 - 25%)	23. 2% (20 - 25%)	41. 1% (35 - 45%)	14. 3% (10 - 20%)	100%

La Tabella 4. 3 mostra la distribuzione percentuale degli item in relazione alle altre due grandi dimensioni che caratterizzano l'ambito: il contesto del problema e la natura della situazione problematica. Anche in questo caso i range raccomandati sono indicati tra parentesi. Il fatto che i problemi interattivi prevalgano nettamente su quelli statici (un rapporto di 2:1 circa) rispecchia la decisione di focalizzare l'attenzione su questa importante classe di problemi che, grazie alla somministrazione computerizzata, per la prima volta entrano a far parte di un'indagine internazionale su larga scala. Analogamente, la netta prevalenza dei contesti tecnologici su quelli non tecnologici rende conto del ruolo sempre più pervasivo dei dispositivi elettronici nella vita quotidiana e anche del fatto che questi si prestino particolarmente alle simulazioni nelle prove computerizzate.

Tabella 4. 3

Distribuzione degli item in relazione alla natura e al contesto del problema*

	Contesto tecnologico	Contesto non tecnologico	Totale per contesto del problema
Situazione problematica statica	11% (10 - 15%)	20% (15 - 20%)	31% (25 - 35%)
Situazione problematica interattiva	45% (40 - 45%)	25% (25 - 30%)	70% (65 - 75%)
Totale per natura del problema	55% (50 - 60%)	45% (40 - 50%)	100%

*Le discrepanze dei totali sono dovute a errori di arrotondamento.

Si è tentato, per quanto possibile tenuto conto dei vincoli imposti dalla distribuzione in relazione alle principali dimensioni dell'ambito illustrata nelle Tabelle 4. 2 e 4. 3., di mantenere un certo equilibrio tra contesto personale e contesto sociale. La distribuzione effettiva dei punteggi nell'indagine principale è stata del 59% per il contesto personale e del 41% quello sociale.

MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI IN PROBLEM SOLVING

Secondo la prassi adottata per gli altri ambiti PISA, i risultati delle prove di problem solving saranno riportati su un'unica scala con media pari a 500 e deviazione standard pari a 100.

I quesiti più facili si trovano nella parte bassa della scala, le più difficili occupano le posizioni più alte. Per cercare di rappresentare tale progressione, la scala è articolata per livelli.

Sono pertanto descritti sei livelli di competenza che riassumono la competenza in problem solving degli studenti aumenta e si sviluppa e che consentono mettere a confronto le prestazioni degli studenti nei diversi paesi partecipanti e anche all'interno di uno stesso paese. Dato il numero ancora relativamente esiguo di quesiti per questo particolare ambito disciplinare, però, la gamma di difficoltà delle prove computerizzate di lettura non consente di presentare i dati anche per sottoscale.

Ciascun livello è descritto analizzando le conoscenze e le abilità richieste per rispondere ai quesiti di quel livello e le caratteristiche dei compiti associati al livello stesso (vedi Tabella 4. 1). Si suppone che gli studenti che si collocano ai livelli più alti abbiano le seguenti capacità:

- la capacità di pianificare e porre in atto soluzioni che comportano il saper anticipare mentalmente un certo numero di passaggi successivi rispettando numerosi vincoli, il saper applicare abilità di ragionamento complesse e il saper monitorare i progressi fatti in vista di un obiettivo fino alla soluzione, modificando i piani se necessario;
- la capacità di comprendere e collegare tra loro informazioni disparate anche se presentate sotto una forma inusuale;
- la capacità di interagire in modo sistematico e consapevole con i problemi per portare alla luce informazioni non evidenti.



Per contro, si suppone che gli studenti che non raggiungono il livello minimo di competenza abbiano al più le seguenti caratteristiche:

- la capacità di pianificare porre in atto soluzioni che richiedono pochi passaggi;
- la capacità di risolvere problemi che presentano una o due variabili e nessun vincolo oppure un solo vincolo;
- la capacità di formulare regole semplici e di portare alla luce informazioni non evidenti esplorando in modo non sistematico.

CONCLUSIONI

Nel 2012, è la seconda volta che la competenza in problem solving individuale (cioè non collaborativo) viene rilevata in un'indagine PISA. Nel 2003, la competenza di problem solving interdisciplinare era stata rilevata per mezzo di tradizionali prove carta e matita. Nel ciclo 2012 le prove sono computerizzate e consentono di utilizzare item che richiedono un'interazione con la situazione problematica. Inoltre, i problemi la cui soluzione richiede conoscenze disciplinari sono stati esclusi a favore della rilevazione dei processi cognitivi fondamentali del problem solving.

Per l'indagine PISA 2012, la competenza in problem solving è definita come la capacità di un individuo di mettere in atto processi cognitivi per comprendere e risolvere situazioni problematiche per le quali il metodo di soluzione non è immediatamente evidente. Questa competenza comprende la volontà di confrontarsi con tali situazioni al fine di realizzare le proprie potenzialità in quanto cittadini riflessivi e con un ruolo costruttivo.

I quesiti sono costruiti a partire da alcune dimensioni chiave che caratterizzano l'ambito: il contesto del problema, tecnologico o non tecnologico, personale o sociale, la natura della situazione problematica, interattiva o statica, e i processi del problem solving, ossia i processi cognitivi richiesti per la soluzione dei problemi: esplorare e comprendere, rappresentare e formulare, pianificare ed eseguire, monitorare e riflettere.

La natura della situazione problematica dipende dal fatto che le informazioni fornite inizialmente siano complete (problemi statici) oppure no e quindi sia necessario interagire con la situazione problematica portando alla luce ulteriori informazioni per risolvere il problema (problemi interattivi). Esempi tipici di problemi interattivi sono i problemi che si affrontano comunemente nell'utilizzare dispositivi con i quali non si ha dimestichezza come ad esempio un telefono cellulare nuovo o una biglietteria automatica. Questa è la prima volta che i problemi interattivi entrano a far parte di un'indagine internazionale su larga scala, e ciò è stato reso possibile dalla somministrazione computerizzata.

Ciascun item, con il relativo materiale di stimolo, occupa una singola schermata del computer, e gli studenti passano da un item al successivo secondo un ordine di procedura "bloccato". Sono utilizzati diversi formati di risposta: risposte a scelta multipla e a risposta univoca che si possono codificare automaticamente (p. es. clicca e trascina), e risposte aperte che richiedono la codifica da parte di codificatori specializzati. Per taluni item vengono tracciati anche dati di tipo comportamentale che forniscono evidenze sulla competenza di problem solving (p. es. le strategie di esplorazione adottate) ed essi contribuiscono al punteggio. La sezione successiva presenta alcuni esempi di item commentati.

ESEMPI DI PROVE DI PROBLEM SOLVING

Illustriamo qui sotto gli item di due prove somministrate nella prova sul campo dell'indagine PISA 2012.⁹ Per ciascuna prova viene presentata una schermata del testo stimolo unitamente a una breve descrizione del contesto della prova. A questo seguono gli item di quella prova, ciascuno illustrato dalla relativa schermata e da un breve commento.

⁹ Le due prove "Lettore MP3" e "Festa di compleanno" sono disponibili sul sito cbasq.acer.edu.au, utilizzando le credenziali di accesso "public" e "access". Il modo ideale per capire la natura interattiva della prova Lettore MP3 è di provare a rispondere ai quesiti.

(Esempio) 1 : LETTORE MP3

• Figura 4.3 •
LettoRE MP3 : stimolo

LETTORE MP3

Un amico ti regala un lettore MP3 che ti consente di ascoltare e memorizzare musica. Puoi cambiare il genere musicale, aumentare o diminuire il volume e il livello dei bassi cliccando sui tre pulsanti del lettore.

(▶, ●, ◀)

Clicca su RESET per riportare il lettore alle impostazioni iniziali.



Nella prova LettoRE MP3, viene detto allo studente che un amico gli regala un lettore MP3. Lo studente non ne conosce il funzionamento e deve interagire con il dispositivo per scoprirlo e quindi, per gli item di questa prova, la natura della situazione problematica è interattiva. Dato che si tratta principalmente di scoprire le regole che governano il funzionamento di un dispositivo per uso personale, il contesto degli item è tecnologico e personale.

• Figura 4.4 •
LettoRE MP3 : quesito1

DOMANDA 1

Le impostazioni che hai scelto sono visualizzate nelle caselle situate in basso sul lettore MP3. Decidi se ciascuna delle seguenti affermazioni sul lettore MP3 è vera o falsa. per ciascuna affermazione, seleziona "Vero" o "Falso" per indicare la tua risposta.

Affermazione	Vero	Falso
Devi utilizzare il pulsante al centro (●) per cambiare il genere musicale.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Devi impostare il volume prima di poter impostare il livello dei bassi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una volta aumentato il volume, puoi diminuirlo solo dopo aver cambiato il genere musicale che stai ascoltando.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nel primo item di questa prova viene presentata una serie di affermazioni sul funzionamento del sistema e si chiede di identificarle come vere o false. Le affermazioni offrono agli studenti il destro per esplorare il sistema. Il processo di problem solving rilevato da questo quesito è esplorare e comprendere, e l'esplorazione è guidata ma non vincolata. È disponibile un tasto 'Reset' che permette di resettare in qualsiasi momento il lettore MP3, ossia riportarlo al suo stato iniziale, e di ricominciare eventualmente l'esplorazione. Questa operazione può essere effettuata un numero illimitato di volte. Nella prova sul campo questo item si è rivelato un po' più difficile della media. Solo il 38% degli studenti ha ottenuto il punteggio



pieno, probabilmente per il fatto che tutte e tre le risposte dovevano essere corrette (Vero, Falso, Vero) e anche perché le informazioni dovevano essere portate alla luce (inizialmente non si hanno informazioni sul sistema e le regole di funzionamento devono essere ricavate attraverso l'interazione con il dispositivo). Il quesito non prevedeva un punteggio parziale.

• Figura 4.5 •

Lettore MP3 : quesito 2

DOMANDA 2

Imposta il lettore MP3 su Rock, Volume 4, Bassi 2.

Fallo con il minor numero possibile di clic. Non c'è pulsante RESET.

Il secondo item è classificato come pianificare ed eseguire. Gli studenti devono pianificare il modo di arrivare a un dato obiettivo e poi metterlo in pratica. In questo item, che permette l'attribuzione di un punteggio parziale, le informazioni rilevate dal computer sulla procedura adottata (nella fattispecie, il numero di passaggi necessari a ciascuno studente per raggiungere l'obiettivo finale) contribuiscono al punteggio. Il compito va portato a termine con il minor numero possibile di click e il tasto 'Reset' è disattivato. Se il numero di click utilizzati (non più di 13) indica che lo studente è stato efficiente nel raggiungere l'obiettivo, viene attribuito un punteggio pieno, se l'obiettivo è raggiunto in modo meno efficiente viene attribuito un punteggio parziale. Il fatto che occorra dimostrare efficienza rende ottenere punteggio pieno in questo item un po' più difficile della media, tuttavia il punteggio parziale non è difficile da ottenere. Nelle prova sul campo, circa il 39% degli studenti ha ottenuto un punteggio pieno e il 33% ha ottenuto un punteggio parziale.

• Figura 4. 6 •
Lettoce MP3 : quesito 3

DOMANDA 3

Qui sotto sono riprodotte quattro schermate del lettore MP3. Tre di queste schermate non si possono ottenere se il lettore MP3 funziona correttamente. La rimanente schermata è quella che mostra il lettore MP3 quando funziona correttamente.

Qual'è la schermata che mostra il lettore MP3 quando funziona correttamente?



Il terzo item di questa prova è classificato come rappresentare e formulare poiché chiede agli studenti di farsi una rappresentazione mentale del funzionamento generale del sistema per identificare quale delle quattro opzioni proposte corrisponda a un possibile stato di questo dispositivo. La possibilità di resettare il lettore, presente nel primo quesito ma disattivata nel secondo, è nuovamente presente, per cui lo studente può interagire con il sistema a piacere e senza limitazioni. L'item non prevedeva punteggio parziale e nella prova sul campo si è rivelato di difficoltà equivalente al primo item, con un 39% di risposte corrette (B).

• Figura 4. 7 •
Lettoce MP3 : quesito 4

DOMANDA 4

Spiega come si potrebbe modificare il funzionamento del lettore MP3 in modo da non aver più bisogno del pulsante situato in basso, (◀).

Deve comunque essere sempre possibile cambiare genere musicale e aumentare o diminuire il volume e il livello dei bassi.

L'ultimo item è classificato come monitoraggio e riflessione e chiede agli studenti di considerare in che modo il funzionamento del dispositivo possa essere ri-concettualizzato. Questo è uno dei pochi item a risposta aperta e richiede l'intervento di codificatori esperti. Le risposte a punteggio pieno sono quelle che indicano in che modo sia possibile fare funzionare il lettore con un solo tasto. C'è più di una risposta corretta e si può pensare a una soluzione creativa, tuttavia la soluzione più ovvia è cambiare la modalità di funzionamento del tasto superiore in modo che, una volta raggiunta l'estremità destra del display, si possa tornare a sinistra con un click. Nelle prova sul campo questo si è rivelato di lunga l'item più difficile della prova, con solo il 25% di risposte esatte, indubbiamente per il fatto che richiede una risposta aperta ed è assai astratto: lo studente deve immaginare uno scenario ipotetico e collegarlo con la rappresentazione mentale di come funziona attualmente il sistema per poi descrivere un possibile funzionamento alternativo. L'item non prevedeva un punteggio parziale.



FESTA DI COMPLEANNO

• Figura 4. 8 •

Festa di compleanno: stimolo

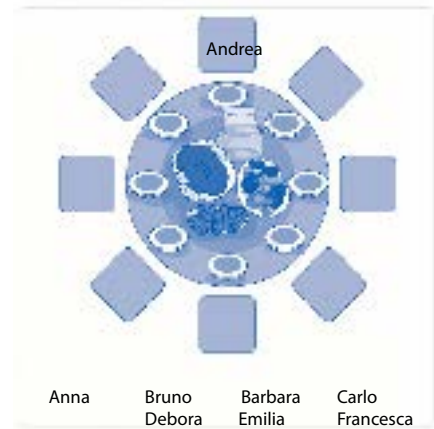
FESTA DI COMPLEANNO

È il compleanno di Andrea, che per l'occasione sta organizzando una festa.

Parteciperanno altre sette persone. Ognuno prenderà posto intorno al tavolo da pranzo.

L'assegnazione dei posti deve rispettare le seguenti condizioni:

- Anna e Andrea si devono sedere vicini.
- Bruno e Barbara si devono sedere vicini.
- Carlo si deve sedere vicino a Debora o a Emilia.
- Francesca si deve sedere vicino a Debora.
- Anna e Andrea non si devono sedere né vicino a Bruno né vicino a Barbara.
- Bruno non si deve sedere né vicino a Carlo né vicino a Francesca.
- Debora ed Emilia non si devono sedere l'una accanto all'altra.
- Andrea non si deve sedere né vicino a Debora né vicino a Emilia.
- Anna non si deve sedere vicino a Carlo.



Lo scenario di questa prova riguarda una festa di compleanno in cui gli ospiti devono essere sistemati intorno a un tavolo in modo da rispettare i nove vincoli elencati nel testo. Il contesto della prova è non tecnologico e sociale.

• Figura 4. 9 •

Festa di compleanno: quesito 1

DOMANDA 1

Sistema gli invitati intorno al tavolo in modo da rispettare tutte le condizioni elencate sopra. trascina e posiziona gli invitati intorno al tavolo.

Nell'unico item di questa prova gli studenti devono cliccare sui nomi degli ospiti e trascinarli sul posto loro assegnato rispettando le nove condizioni date. L'item è pertanto classificato come pianificare ed eseguire. Poiché tutte le informazioni necessarie alla soluzione sono presenti fin dall'inizio, si tratta di un problema statico. Ma è utile notare che l'item è statico solo per quanto riguarda la definizione della natura della situazione problematica. Il formato di risposta (clicca e trascina) è invece reso possibile dalla somministrazione computerizzata: gli studenti possono elaborare, rivedere e correggere la loro soluzione assai più facilmente rispetto a quanto sarebbe possibile in una versione cartacea dello stesso quesito. Per questo item esiste anche un punteggio parziale. Per ottenere il punteggio pieno vi sono dodici possibili soluzioni che rispettano i vincoli imposti: p. es. Alan-Amy-Emily-Brad-Beth-Charles-Debbie-Frances. Le soluzioni che rispettano solo otto delle nove condizioni ottengono un punteggio parziale (p. es. Andrea-Anna-Emilia-Bruno-Barbara-Debora-Francesca-Carlo; qui Carlo non rispetta la condizione di sedere vicino a Debora o a Emilia). Nella prova sul campo il 54% degli studenti ha ottenuto un punteggio parziale e il 43% un punteggio pieno. La difficoltà dell'item è data dall'elevato numero di vincoli imposti e dalle abilità di ragionamento necessarie per monitorare e adeguare le soluzioni parziali riferite alle condizioni date fino a completa soluzione del problema.

Bibliografia

- Adey, P., B. Csapó, A. Demetriou, J. Hautamäki and M. Shayer (2007), "Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability", *Educational Research Review* 2, pp. 75-97.
- Baxter, G.P. and R. Glaser (1997), *An approach to analysing the cognitive complexity of science performance assessments* (Technical Report 452), National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing (CRESST), Los Angeles, California.
- Blech, C. and J. Funke (2005), *Dynamis review: An overview about applications of the Dynamis approach in cognitive psychology*, Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Bonn, http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2005/blech05_01.pdf.
- Blech, C. and J. Funke (2010), "You cannot have your cake and eat it, too: How induced goal conflicts affect complex problem solving", *Open Psychology Journal* 3, pp. 42-53.
- Bransford, J.D., A.L. Brown and R.R. Cockling (eds.) (1999), *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington, D.C.
- Buchner, A. and J. Funke (1993), *Finite-state automata: Dynamic task environments in problem-solving research*, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 46A, No. 1, pp. 83-118.
- Duncker, K. (1945), "On problem solving", *Psychological Monographs*, Vol. 58, No. 3 (Whole No. 270).
- Frensch, P.A. and J. Funke, (1995), "Definitions, traditions, and a general framework for understanding complex problem solving". In P. A. Frensch and J. Funke (eds.), *Complex problem solving: The European perspective*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 3-25.
- Funke, J. (2010), "Complex problem solving: A case for complex cognition?", *Cognitive Processing*, Vol. 11, pp. 133-142.
- Funke, J. and P.A. Frensch (2007), "Complex problem solving: The European perspective – 10 years after", in D. H. Jonassen (ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems*, Lawrence Erlbaum, New York, New York, pp. 25-47.
- Greiff, S. and J. Funke (2008), *Indikatoren der Problemlöseleistung: Sinn und Unsinn verschiedener Berechnungsvorschriften. Bericht aus dem MicroDYN Projekt [Measuring Complex Problem Solving: The MicroDYN approach]*, Psychologisches Institut, Heidelberg.
- Klauer, K. and G. Phye (2008), "Inductive reasoning: a training approach", *Review of Educational Research*, Vol. 78, No. 1, pp. 85-123.
- Klieme, E. (2004), "Assessment of cross-curricular problem-solving competencies", in J. H. Moskowitz and M. Stephens (eds.), *Comparing Learning Outcomes. International Assessments and Education Policy*, Routledge Falmer, London, pp. 81-107.
- Klieme, E., D. Leutner and J. Wirth (eds.) (2005), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA 2000 Studie*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Lesh, R. and J.S. Zawojewski (2007), "Problem solving and modeling", in F. Lester (ed.), *The Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (2nd ed.), National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia, and Information Age Publishing, Charlotte, North Carolina (joint publication), pp. 763-804.
- Leutner, D., E. Klieme, K. Meyer and J. Wirth (2004), "Problemlösen", in M. Prenzel et al. (PISA-Konsortium Deutschland) (eds.), *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*, Waxmann, Münster, pp. 147-175.
- Leutner, D. and J. Wirth (2005), "What we have learned from PISA so far: a German educational psychology point of view", *KEDI Journal of Educational Policy*, Vol. 2, No. 2, pp. 39-56.
- Mayer, R.E. (1990), "Problem solving", in M. W. Eysenck (ed.), *The Blackwell Dictionary of Cognitive Psychology*, Basil Blackwell, Oxford, pp. 284-288.
- Mayer, R.E. (1992), *Thinking, Problem solving, Cognition* (2nd ed.), Freeman, New York.
- Mayer, R.E. (1998), "Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving", *Instructional Science*, Vol. 26, pp. 49-63.
- Mayer, R.E. (2002), "A taxonomy for computer-based assessment of problem solving", *Computers in Human Behavior*, Vol. 18, pp. 623-632.
- Mayer, R.E. (2003), *Learning and Instruction*, Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Mayer, R.E. and M.C. Wittrock (1996), *Problem-solving transfer*, in R. Calfee and R. Berliner (eds.), *Handbook of Educational Psychology*, Macmillan, New York, pp. 47-62.
- Mayer, R.E. and M.C. Wittrock (2006), "Problem Solving", in P. A. Alexander and P. H. Winne (eds.), *Handbook of Educational Psychology* (2nd ed.), Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, Chapter 13.
- OCSE (2003a), *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, PISA, Pubblicazioni OCSE.



OCSE (2003b), The definition and selection of competencies (DeSeCo): Executive summary of the final report, Pubblicazioni OCSE, www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf.

OCSE (2005), Problem Solving for Tomorrow's World: First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003, PISA, Pubblicazioni OCSE.

O'Neil, H. F. (2002), "Perspectives on computer-based assessment of problem solving", Computers in Human Behavior, Vol. 18, pp. 605-607.

Osman, M. (2010), "Controlling uncertainty: A review of human behavior in complex dynamic environments", Psychological Bulletin, Vol. 136, pp. 65-86.

Philpot, R., D. Ramalingam, J. Dossey and B. McCrae (2012), Paper presented at the 30th International Congress of Psychology, Cape Town, 22-27 July.

PIAAC Expert Group in Problem Solving in Technology-Rich Environments (2009), "PIAAC Problem Solving in Technology-Rich Environments: A Conceptual Framework", OECD Education Working Papers, No. 36, OECD Publishing.

Polya, G. (1945), How to Solve It, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Reeff, J.-P., A. Zabal and C. Blech (2006), The Assessment of Problem-Solving Competencies: A Draft Version of a General Framework, Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Bonn, http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2006/reeff06_01.pdf, accessed 8 May 2008.

Robertson, S. I. (2001), Problem Solving, Psychology Press, East Sussex.

Rychen D. S. and L. H. Salganik (eds.) (2003), Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society, Hogrefe and Huber, Göttingen.

Vosniadou, S. and A. Ortony (1989), Similarity and Analogical Reasoning, Cambridge University Press, New York.

Wirth, J. and E. Klieme (2004), "Computer-based assessment of problem solving competence", Assessment in Education: Principles, Policy and Practice, Vol. 10, No. 3, pp. 329-345.

APPENDICE: GRUPPO DI ESPERTI IN PROBLEM SOLVING

Per il ciclo PISA 2012 il gruppo di esperti era composto da:

Esperto	Organizzazione
Joachim Funke (Presidente)	Università di Heidelberg, Germania
Benő Csapó	Università di Szeged, Ungheria (Ex officio rappresentante PGB)
John Dossey	Illinois State University, Stati Uniti
Art Graesser	University of Memphis, Stati Uniti
Detlev Leutner	Università di Duisburg-Essen, Germania
Richard Mayer	University of California, Stati Uniti
Tan Ming Ming	Ministero dell'Istruzione, Singapore
Romain Martin	Università del Lussemburgo, Lussemburgo

Il quadro di riferimento è stato elaborato sotto la responsabilità di Barry McCrae, Ray Philpot e Dara Ramalingam dell'Australian Council for Educational Research.