



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 Altura 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.



3

PISA 2012

Quadro di riferimento per le Scienze

Questo capitolo presenta il quadro teorico che sta alla base della rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2012. In esso viene fornita una definizione di literacy scientifica, viene delineato il modo in cui è organizzato l'ambito scientifico in PISA e viene impostata la cornice entro la quale si collocano le domande delle prove cognitive. Il capitolo descrive le conoscenze e le abilità oggetto di rilevazione: individuare questioni di carattere scientifico, dare una spiegazione scientifica dei fenomeni e utilizzare prove basate su dati scientifici. Il capitolo descrive, inoltre, in che modo le conoscenze e gli atteggiamenti entrano a far parte della definizione di literacy scientifica in PISA. Alcuni esempi di prove sono forniti per illustrare la loro classificazione, il formato in cui appaiono e la struttura della rilevazione della literacy scientifica in PISA.



INTRODUZIONE

Questo quadro di riferimento presenta e illustra la definizione di literacy scientifica utilizzata in PISA e definisce il contesto per la formulazione dei quesiti. In PISA 2012 le scienze costituiscono un ambito di rilevazione secondario. La definizione di literacy scientifica è rimasta invariata rispetto a quella utilizzata in PISA 2006, quando per la prima volta le scienze hanno rappresentato l'ambito principale di rilevazione (OCSE, 2006; Bybee e McCrae, 2009), anche se alcuni cambiamenti sono stati introdotti rispetto alla terminologia, come tentativo di allineare meglio il linguaggio usato in PISA con il linguaggio utilizzato nell'iniziativa DeSeCo dell'OCSE (OCSE, 2003).

In questo quadro di riferimento, il termine "literacy scientifica" denota una competenza di livello superiore che racchiude in sé un insieme di tre competenze scientifiche specifiche. Una competenza non è soltanto una somma di conoscenze e abilità (OCSE, 2003), essa comprende la capacità di mobilitare risorse cognitive e non cognitive in un contesto dato. Quando si analizzano le dimensioni cognitive di specifiche competenze scientifiche, come accade nel presente ciclo di PISA, si fa riferimento a conoscenze e abilità scientifiche rilevanti dimostrate dagli studenti. Tuttavia, le sotto-scale della scala complessiva di literacy scientifica, come definite in PISA 2006 (OCSE, 2006), fanno riferimento alle competenze scientifiche.

Poiché le scienze sono un ambito di rilevazione secondario nel presente ciclo di PISA, né il questionario studenti né lo strumento che rileva le abilità cognitive e le conoscenze includono domande sugli atteggiamenti degli studenti nei confronti delle scienze, come in PISA 2006. Nel quadro di riferimento di scienze di PISA 2012, come in quello di PISA 2009, la sezione che descrive la rilevazione della literacy scientifica in PISA è stata rivista in modo da riflettere questi cambiamenti, quella che illustra le scale per la restituzione dei dati è stata aggiornata e sono state inserite alcune prove rilasciate di PISA 2006 per meglio esemplificare quanto esposto nel quadro di riferimento.

Una adeguata comprensione di come funzionino la scienza e la tecnologia è fondamentale perché un giovane sia preparato alla vita nella società odierna. È questa comprensione che consente a ciascun individuo di partecipare pienamente ad una società in cui scienza e tecnologia rivestono un ruolo particolarmente importante. Questa comprensione, inoltre, mette gli individui in condizione di partecipare in modo consapevole alla determinazione di quelle decisioni politiche in cui i problemi scientifici e tecnologici abbiano un impatto diretto sulla loro esistenza. La comprensione della scienza e della tecnologia contribuisce, dunque, in modo significativo alla vita personale, sociale, professionale e culturale di ciascuno.

Gran parte delle situazioni, dei problemi e dei temi con cui un individuo si trova a confrontarsi nella propria vita quotidiana richiedono una qualche comprensione della scienza e della tecnologia per poter essere compresi pienamente e affrontati. I problemi legati alla scienza e alla tecnologia pongono gli individui di fronte a sfide su più piani: personale, della comunità, nazionale e perfino globale. È per questo motivo che i responsabili politici nazionali dovrebbero essere incoraggiati a domandarsi in che misura i cittadini dei loro paesi siano preparati ad affrontare tali problemi. In questa prospettiva, acquista una particolare rilevanza indagare come i giovani siano in grado di rispondere a domande di tipo scientifico al momento di lasciare scuola. Una rilevazione condotta sugli studenti quindicenni fornisce un'indicazione precoce di come essi potrebbero in futuro reagire di fronte a un ventaglio di situazioni diversificate che richiedono il ricorso alla scienza e alla tecnologia.

A fondamento di una rilevazione internazionale condotta sugli studenti quindicenni sembra quindi ragionevole porre la seguente domanda: "Che cosa è importante che un cittadino conosca, a che cosa è importante che dia valore e che cosa è importante che sia in grado di fare in situazioni che richiedono il ricorso alla scienza e alla tecnologia o che sono in qualche modo da esse determinate?". Dare una risposta a questa domanda significa stabilire le basi per una valutazione degli studenti, nella consapevolezza che le loro conoscenze, i loro valori e le loro capacità attuali sono connesse a ciò che servirà loro nel futuro. Le competenze che costituiscono il nucleo centrale della definizione di literacy scientifica di PISA sono fondamentali per rispondere a questa domanda. Esse si riferiscono a quanto gli studenti sappiano:

- individuare questioni di carattere scientifico;
- dare una spiegazione scientifica dei fenomeni;
- usare prove basate su dati scientifici.

Tali competenze richiedono agli studenti di affrontare i problemi legati alla scienza e alla tecnologia e di dar loro risposta, dimostrando sia di possedere conoscenze e abilità cognitive sia di essere portatori di atteggiamenti, valori e motivazioni.

Scoprire che cosa un cittadino debba sapere, a che cosa debba dare valore e che cosa debba essere in grado di fare, di fronte a situazioni che coinvolgono la scienza e la tecnologia, sembra una questione semplice e diretta.



All'atto pratico, tuttavia, essa solleva domande sul cosa si intenda per comprensione scientifica dei fatti e non implica che vengano padroneggiate tutte le conoscenze scientifiche. Alla base di questo quadro di riferimento ci sono i bisogni dei cittadini: quali conoscenze sono più necessarie ad un cittadino? I concetti base delle diverse discipline scientifiche costituiscono sicuramente una risposta a questa domanda, ma anche il saper utilizzare tali conoscenze in contesti legati alla propria vita quotidiana. Le situazioni che le persone si trovano ad affrontare richiedono inoltre, spesso, anche di comprendere la scienza come un processo che produce conoscenza e propone spiegazioni sul mondo naturale¹. Non solo, ma sarebbe anche necessario essere consapevoli dei rapporti di complementarità che legano scienza e tecnologia e di come la tecnologia pervada e influenzi la natura stessa della vita contemporanea.

A quali aspetti della scienza e della tecnologia è importante che un cittadino attribuisca valore? Una risposta a questo interrogativo dovrebbe includere sia il ruolo della scienza e della tecnologia, e il loro contributo alla società, sia la loro importanza in molti contesti, personali, sociali e globali. Ci si aspetta quindi che i cittadini dimostrino un interesse per la scienza, che sostengano l'avanzare della ricerca scientifica e che si comportino responsabilmente nei confronti delle risorse naturali e dell'ambiente.

Che cosa è importante che le persone siano in grado di fare coerentemente con un approccio scientifico? Accade spesso di dover trarre conclusioni compatibili con gli elementi di prova e le informazioni che vengono fornite, di dover valutare criticamente le affermazioni fatte da altri fondandosi sui dati di fatto disponibili e di dover distinguere fra opinioni e affermazioni sostenute dai fatti. Spesso gli elementi di prova disponibili sono anche stati costruiti scientificamente, ma il ruolo della scienza è un ruolo più generale, che riguarda il processo razionale attraverso cui idee e teorie vengono sottoposte alla prova dei dati empirici. Ciò non significa, ovviamente, che la scienza escluda la creatività e l'immaginazione, le quali, anzi, hanno sempre rivestito un ruolo fondamentale nel far progredire la comprensione che l'uomo ha del mondo.

Un cittadino è in grado di distinguere fra affermazioni che sono scientificamente fondate e affermazioni che non lo sono? Il cittadino comune di solito non è chiamato a giudicare del valore delle teorie o dei potenziali progressi della scienza. E tuttavia, ogni cittadino prende decisioni, ad esempio rispetto alla pubblicità, basandosi sui dati di fatto, rispetto a questioni di carattere legale basandosi su prove, rispetto alla sua salute e a temi legati al territorio e alle risorse naturali basandosi sulle informazioni che ha. Una persona mediamente istruita dovrebbe saper distinguere il tipo di domande alle quali gli scienziati possono dare risposta e il tipo di problemi che scienza e tecnologia possono risolvere, da quelli che richiedono un altro tipo di risposte.

DEFINIZIONE DI LITERACY SCIENTIFICA

L'opinione corrente circa i risultati attesi dall'insegnamento scientifico pone l'accento sulle conoscenze - ivi inclusa la conoscenza dell'approccio scientifico alla ricerca - e sul riconoscimento del contributo dato dalla scienza alla società. Simili risultati richiedono una comprensione dei concetti e delle spiegazioni scientifiche più importanti e delle potenzialità e dei limiti della scienza nel mondo reale, e presuppongono quindi una posizione critica e un approccio riflessivo nei confronti della scienza (Millar e Osborne, 1998).

Questi obiettivi orientano e connotano un insegnamento delle scienze che si rivolga a tutti (Fensham, 1985). Le competenze rilevate in PISA sono ampie e comprendono aspetti legati all'utilità della conoscenza scientifica per la singola persona, alla responsabilità sociale della scienza e al suo valore intrinseco ed estrinseco.

Quanto detto finora individua uno dei nodi centrali della rilevazione delle competenze scientifiche in PISA: la rilevazione, infatti, dovrebbe concentrarsi su quelle competenze che mostrano che cosa uno studente quindicenne sa, a che cosa dà valore e che cosa è in grado di fare all'interno di contesti - personali, sociali e globali - ragionevoli e appropriati alla sua età. Questa impostazione si differenzia da quella fondata esclusivamente su programmi scolastici e su una visione disciplinare e propone, invece, i problemi situandoli in contesti sia educativi sia professionali e dà il dovuto riconoscimento alle conoscenze, ai metodi, agli atteggiamenti e ai valori che sono propri delle discipline scientifiche (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber e Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1993; UNESCO, 1993).

PISA mira a rilevare sia le componenti cognitive sia quelle affettive della literacy scientifica degli studenti. Per componenti cognitive s'intendono sia le conoscenze degli studenti sia la loro capacità di servirsi efficacemente di tali conoscenze, nel momento in cui quei processi cognitivi che sono caratteristici delle scienze e dell'indagine scientifica vengono posti in atto in contesti di rilevanza personale, sociale o globale. Nel rilevare le competenze scientifiche, PISA si occupa di quelle questioni alle quali le conoscenze scientifiche possono dare un contributo e che, ora o nel futuro, chiameranno in causa gli studenti richiedendo loro di prendere decisioni. Dal punto di vista delle competenze scientifiche, gli studenti reagiscono a queste questioni sulla base della propria comprensione delle conoscenze scientifiche pertinenti, della propria capacità di accedere



alle informazioni e di valutarle, della propria capacità di interpretare gli elementi di prova che hanno rapporto diretto con il problema e della propria capacità di individuarne gli aspetti scientifici e tecnologici (Koballa, Kemp e Evans, 1997; Law, 2002). PISA, inoltre, rileva anche aspetti non cognitivi relativi alla dimensione affettiva. Gli atteggiamenti indagati all'interno di questa dimensione sono quelli che influenzano l'interesse degli studenti per la scienza, ne rafforzano il sostegno nei suoi confronti e li motivano all'azione (Schibeci, 1984).

Riquadro 3.1 **conoscenze scientifiche: la terminologia di PISA**

L'espressione "conoscenze scientifiche" è sempre usata nel quadro di riferimento per designare contemporaneamente la conoscenza della scienza e la conoscenza sulla scienza. Per conoscenza della scienza s'intende una conoscenza del mondo naturale che attraversi gli ambiti principali della fisica, della chimica, delle scienze biologiche, delle scienze della Terra e dell'Universo, nonché della tecnologia. Per conoscenza sulla scienza, invece, s'intende la conoscenza dei mezzi ("indagine scientifica") e dei fini ("spiegazioni di carattere scientifico") della scienza.

La rilevazione sulle scienze in PISA abbraccia le conoscenze scientifiche in un continuum con le abilità cognitive associate all'indagine scientifica, incorpora una molteplicità di dimensioni e affronta il rapporto fra scienza e tecnologia. Essa fornisce una misura della literacy scientifica degli studenti valutando la loro capacità di utilizzare le conoscenze scientifiche (Bybee, 1997a; Fensham, 2000, Diritto, 2002; Mayer e Kumano, 2002).

Riquadro 3.2 **la literacy scientifica in PISA**

Nell'ambito di PISA, per literacy scientifica di un individuo s'intende:

- l'insieme delle sue conoscenze scientifiche e l'uso di tali conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti riguardo a questioni di carattere scientifico;
- la sua comprensione dei tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d'indagine propria degli esseri umani;
- la sua consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale;
- la sua volontà di confrontarsi con temi e problemi legati alle scienze, nonché con le idee della scienza, da cittadino che riflette.

Definizione di literacy scientifica

Le note che seguono chiariscono la definizione di literacy scientifica così come è definita ai fini dell'indagine.

L'aver adottato il termine "literacy scientifica" piuttosto che un più generico "scienze" intende sottolineare l'importanza che la rilevazione delle competenze scientifiche di PISA attribuisce all'applicazione delle conoscenze scientifiche nel contesto di reali situazioni di vita piuttosto che alla mera riproposizione delle tradizionali conoscenze scientifiche di tipo scolastico. L'utilizzo funzionale delle conoscenze, infatti, comporta l'applicazione dei processi caratteristici della scienza e dell'indagine scientifica (le competenze scientifiche, appunto) e dipende dall'interesse, dai valori e dalle esperienze dell'individuo per quel che riguarda le questioni di carattere scientifico e dall'importanza che ad esse viene attribuita. La capacità di uno studente di mettere in campo le proprie competenze scientifiche presuppone non solo conoscenze di scienze, ma anche una comprensione di quali siano le caratteristiche proprie della scienza intesa come mezzo per acquisire conoscenze (cioè una conoscenza sulla scienza). La definizione tiene anche conto del fatto che la disponibilità a mettere in campo tali competenze dipende dagli atteggiamenti di un individuo nei confronti della scienza e dalla sua volontà di confrontarsi con questioni di carattere scientifico.

Conoscenze e uso delle conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti

Secondo la definizione, le "conoscenze" implicano assai più che non la semplice capacità di richiamare alla mente fatti e sulla scienza in quanto tale. La conoscenza della scienza comporta la comprensione di concetti scientifici e di teorie



nomi. La definizione racchiude in sé sia la conoscenza della scienza (conoscenza del mondo naturale) sia la conoscenza fondamentali, mentre la conoscenza sulla scienza comporta la comprensione della natura della scienza, intesa come attività umana, e del potere e dei limiti della conoscenza scientifica. Le domande che devono essere identificate sono quelle alle quali è possibile rispondere attraverso l'indagine scientifica e, ancora una volta, ciò presuppone, oltre alla conoscenza degli specifici argomenti toccati, anche conoscenze sulla scienza. Inoltre, è importante tenere presente che spesso gli individui acquisiscono nuove conoscenze non attraverso indagini scientifiche condotte in prima persona, ma attraverso fonti quali le biblioteche o Internet. Trarre conclusioni basate sui fatti significa dunque conoscere, selezionare e valutare informazioni e dati, riconoscendo che spesso le informazioni non sono sufficienti per trarre conclusioni certe, il che rende necessario avanzare ipotesi, in modo prudente e consapevole, sulla base delle informazioni disponibili.

Tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d'indagine propria degli esseri umani

Nell'accezione adottata, la literacy scientifica implica che gli studenti siano in grado di comprendere per sommi capi in che modo gli scienziati acquisiscano i dati e propongano spiegazioni e di riconoscere gli aspetti fondamentali delle metodologie scientifiche di ricerca e il tipo di risposte che è ragionevole attendersi dalla scienza. Quando, ad esempio, gli scienziati ricorrono alle osservazioni e agli esperimenti per raccogliere dati su oggetti, organismi ed eventi del mondo naturale, tali dati vengono poi usati per proporre spiegazioni che diventano di pubblico dominio e possono essere utilizzate in diverse aree dell'attività umana. Tratti distintivi della scienza sono allora: la raccolta e l'uso dei dati - tenendo presente che la raccolta dei dati è guidata da idee e da concetti (talvolta dichiarati sotto forma di ipotesi) e solleva questioni di pertinenza, di contesto e di accuratezza; la natura provvisoria delle conoscenze dichiarate; l'apertura a un riesame critico; il ricorso ad argomentazioni logiche; l'obbligo di collegare le nuove conoscenze con quelle esistenti e storicamente acquisite e quello di rendere noti metodi e procedure usati per acquisire i dati.

Come scienza e tecnologia plasmano il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale

In questa frase il punto chiave è l'idea di scienza come impresa umana collettiva che influenza sia la società sia noi stessi in quanto individui. Anche lo sviluppo tecnologico d'altronde è un'impresa umana (Fleming, 1989) e sebbene scienza e tecnologia differiscano quanto a obiettivi, processi e prodotti, esse appaiono anche strettamente legate e, sotto molti aspetti, complementari. Da questo punto di vista, la definizione di literacy scientifica proposta qui racchiude tanto la natura della scienza e della tecnologia quanto il loro rapporto di complementarità. In quanto individui, prendiamo decisioni che si esprimono attraverso politiche pubbliche che, a loro volta, influenzano il cammino della scienza e della tecnologia. La scienza e la tecnologia rivestono nella nostra società un ruolo paradossale visto che, da una parte, offrono risposte a domande e soluzioni a problemi esistenti e, dall'altra, sollevano nuove domande e nuovi problemi.

Volontà di confrontarsi con temi legati alle scienze e con le idee della scienza, da cittadino che riflette

La prima parte di questo enunciato (volontà di confrontarsi con temi legati alle scienze) veicola significati più ampi che non il semplice prendere atto e agire di conseguenza: si tratta di mantenere vivo l'interesse per la scienza, di avere opinioni in proposito e di essere partecipi dei problemi, presenti e futuri, legati alla scienza. La seconda parte dell'enunciato (con le idee della scienza da cittadino che riflette) copre vari aspetti dei valori e degli atteggiamenti che un individuo potrebbe avere nei confronti della scienza. L'asserzione presuppone una persona che nutre interesse per argomenti scientifici, che ragiona su temi di carattere scientifico, che si preoccupa per i problemi legati alla tecnologia, per le risorse e per l'ambiente e che riflette sull'importanza della scienza da un punto di vista personale e sociale.

La literacy scientifica richiede inevitabilmente anche una literacy in lettura e una literacy matematica (Norris e Philips, 2003). La literacy matematica, ad esempio, si rende necessaria in contesti che richiedono una interpretazione dei dati. Analogamente, in contesti che richiedono di dimostrare la comprensione della terminologia scientifica, entra in gioco la literacy in lettura. Evitare che queste altre literacy si vadano a intersecare con la definizione e l'accertamento della literacy scientifica di PISA è impossibile e tuttavia il nucleo di ciascuna prova dovrebbe essere costituito da elementi che rimandino inequivocabilmente alla competenza scientifica.

ORGANIZZAZIONE DELL'AMBITO

La definizione di literacy scientifica qui proposta si caratterizza come un continuum che va da una literacy scientifica meno sviluppata ad una più sviluppata: in altri termini, le persone sono giudicate più o meno scientificamente competenti e non scientificamente competenti o incompetenti tout court (Bybee, 1997a; 1997b). Uno studente dotato di una competenza scientifica limitata, ad esempio, potrebbe essere capace di richiamare alla mente semplici conoscenze scientifiche di carattere concreto e di servirsene per trarre o per valutare conclusioni. Uno studente con un livello di competenza scientifica più elevato, a sua volta, sarà in grado di elaborare o di utilizzare semplici modelli concettuali per fare previsioni o per fornire



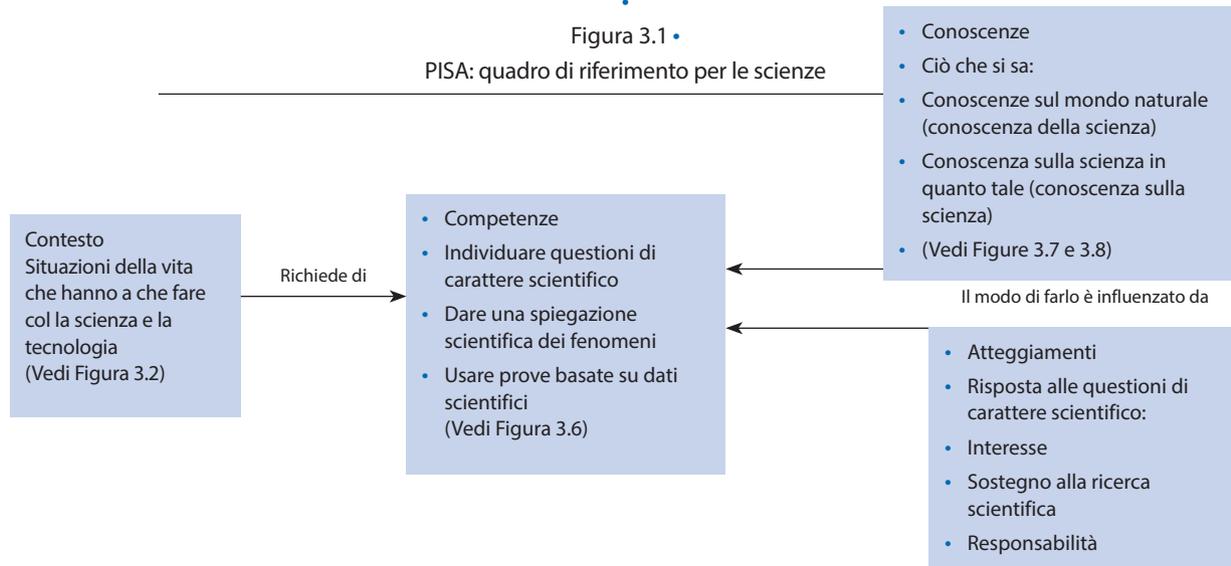
spiegazioni, di analizzare indagini di carattere scientifico, di riportare i dati utilizzandoli come elementi di prova, di valutare spiegazioni alternative dei medesimi fenomeni e di comunicare le proprie conclusioni con precisione.

Per quel che attiene alla rilevazione, la definizione di literacy scientifica adottata da PISA può essere vista come caratterizzata da quattro aspetti fra loro interconnessi (v. Figura 3.1):

- il contesto, ovvero la capacità di riconoscere situazioni di vita che coinvolgono la scienza e la tecnologia.
- le conoscenze, ovvero la comprensione del mondo naturale fondata su conoscenze scientifiche nelle quali confluiscono tanto le conoscenze sul mondo naturale quanto le conoscenze sulla scienza in quanto tale.
- le competenze, ovvero la dimostrazione di competenze che comprendono il saper identificare questioni scientifiche, lo spiegare i fenomeni in modo scientifico e il saper utilizzare dati scientifici.
- gli atteggiamenti, che indicano interesse per la scienza, sostegno nei confronti della ricerca scientifica e motivazione ad agire responsabilmente nei confronti, ad esempio, delle risorse naturali e dell'ambiente..

Nei prossimi paragrafi questi aspetti interconnessi sono presentati in modo più dettagliato. Mettendoli in evidenza, il quadro di riferimento per la literacy scientifica di PISA ha garantito che la rilevazione si incentrasse sui risultati dell'insegnamento scientifico considerato nel suo insieme. Alla base dell'organizzazione di questa parte del quadro di riferimento si trovano molte domande. Tali domande sono

- Quali sono i contesti più adatti a rilevare le competenze di studenti quindicenni?
- Quali competenze possiamo ragionevolmente aspettarci da parte di studenti quindicenni?
- Quali conoscenze possiamo ragionevolmente aspettarci da parte di studenti quindicenni?
- Quali atteggiamenti possiamo ragionevolmente aspettarci da parte di studenti quindicenni?



Situazioni e contesti

Un aspetto importante della literacy scientifica è dato dal confrontarsi con le tematiche scientifiche in una molteplicità di situazioni. Nell'affrontare questioni di carattere scientifico, infatti, la scelta dei metodi e delle rappresentazioni dipende spesso dalle situazioni in cui i problemi stessi si presentano.

La situazione è quella parte del mondo dello studente all'interno della quale le prove vengono presentate. I quesiti vengono proposti all'interno di situazioni di vita in generale e non soltanto in ambito scolastico. Nella rilevazione delle competenze scientifiche di PISA, gli item si riferiscono a situazioni legate al sé, alla famiglia e al gruppo dei pari (personale), alla comunità (sociale) e al vivere nel mondo (globale). Un ulteriore tipo di situazione, coerente con alcune tematiche, è quella storica, attraverso la quale è possibile rilevare la comprensione dei progressi compiuti dal sapere scientifico.



PISA rileva importanti conoscenze scientifiche pertinenti ai curricula scolastici dei paesi partecipanti senza tuttavia essere limitato dal dover considerare solo gli aspetti comuni ai diversi curricula nazionali. Lo fa ricercando elementi che provino che le conoscenze e le abilità scientifiche sono state usate con successo in situazioni che riflettono la realtà e che sono coerenti con l'idea di literacy scientifica proposta da PISA. Ciò, a sua volta, presuppone l'applicazione di specifiche conoscenze sul mondo naturale - e sulla scienza in quanto tale - e la valutazione degli atteggiamenti rispetto alle tematiche di carattere scientifico.

Nella Figura 3.2 si trovano elencati i principali campi di applicazione delle scienze usati come contesti, o situazioni specifiche, nelle prove di rilevazione e suddivisi per situazione (personale, sociale, globale), sebbene vengano utilizzati anche altri tipi di situazioni - ad esempio tecnologica e/o storica - e altri campi di applicazione. I campi di applicazione sono: "salute", "risorse naturali", "ambiente", "rischi" e "frontiere della scienza e della tecnologia". Si tratta di quelle aree nelle quali la competenza scientifica si rivela di particolare valore - sia per l'individuo sia per la comunità - nel mantenimento e nel miglioramento della qualità della vita e nello sviluppo delle politiche pubbliche.

La rilevazione della literacy scientifica in PISA non è una rilevazione di contesti. Ad essere rilevate, infatti, sono competenze, conoscenze e atteggiamenti presentati all'interno di contesti o ad essi riferiti. Nello scegliere i contesti, è importante tenere presente che scopo dell'indagine è quello di rilevare competenze, livelli di comprensione e atteggiamenti che gli studenti hanno acquisito al termine del percorso scolastico obbligatorio.

I quesiti di PISA sono organizzati attorno ad uno stimolo in comune (prova) che stabilisce quale sia il contesto di quei quesiti. I contesti utilizzati per gli item della rilevazione sono scelti alla luce della loro rilevanza rispetto agli interessi e alla vita degli studenti. I quesiti sono stati costruiti tenendo presente le differenze linguistiche e culturali dei paesi partecipanti.

• Figura 3.2 •

Contesti per la rilevazione delle competenze scientifiche in PISA

	Personale (sè, famiglia e gruppi dei pari)	Sociale (la comunità)	Globale (vivere nel mondo)
Salute	Mantenersi in salute, incidenti, alimentazione	Controllo delle malattie e loro trasmissione, scelte alimentari, salute nelle comunità	Epidemie, diffusione delle malattie infettive
Risorse naturali	Consumo personale di materie prime e di energia	Sostentamento della popolazione umana, qualità della vita, sicurezza, produzione e distribuzione del cibo, rifornimento di energia	Risorse rinnovabili e non rinnovabili, sistemi naturali, crescita demografica, uso sostenibile della specie
Ambiente	Comportamento rispettoso dell'ambiente, uso e smaltimento dei materiali	Distribuzione della popolazione, smaltimento dei rifiuti, impatto ambientale, clima locale	Biodiversità, sostenibilità ecologica, controllo dell'inquinamento, produzione e depauperamento del suolo
Rischi	Naturali o causati dall'uomo, decisioni sull'edilizia	Cambiamenti improvvisi (terremoti, condizioni climatiche estreme), cambiamenti lenti e progressivi (erosione delle coste, sedimentazione) valutazione del rischio	Cambiamento climatico, impatto della guerra moderna
Frontiere della scienza e tecnologia	Interesse, per la spiegazione scientifica di fenomeni naturali, hobby di carattere	Nuovi materiali, apparecchiature e procedimenti, modificazione genetica, tecnologia	Estinzione della specie, esplorazione dello spazio, origine e struttura dell'universo

Esempi di prove di scienze

In questa sezione, sono presentati tre esempi di prove di scienze utilizzati in PISA 2006. Essi fanno riferimento all'intero capitolo per illustrare la varietà dei contesti interessati, le competenze scientifiche e le aree di conoscenza scientifica affrontate a cui i quesiti di scienze in PISA si rivolgono, e i tipi di quesiti (formati) impiegati. Inoltre, per ciascun quesito, viene presentata la guida per l'attribuzione dei punteggi (per una descrizione dei livelli di competenza, vedi Figura 3.10).



ESEMPIO 1 - PIOGGE ACIDE

L'esempio 1 di scienze è una prova intitolata PIOGGE ACIDE. Il testo-stimolo è rappresentato da una fotografia delle statue dell'Acropoli di Atene, accompagnata da un breve testo che spiega che le statue originali sono state spostate all'interno del museo dell'Acropoli a causa del loro deterioramento dovuto alle piogge acide. Il campo di applicazione è quello dei "rischi" all'interno dei contesti personale e sociale.

• Figura 3.3 •

Quesiti della prova PIOGGE ACIDE

La fotografia qui sotto mostra alcune statue dette Cariatidi, erette sull'Acropoli di Atene più di 2500 anni fa. Queste statue sono state fatte di un tipo di roccia che si chiama marmo. Il marmo è composto di carbonato di calcio.

Nel 1980, le statue originali, che erano state corrose dalle piogge acide, sono state trasferite all'interno del museo dell'Acropoli e sostituite da copie.



DOMANDA 1

Le piogge normali sono leggermente acide perché hanno assorbito parte del diossido di carbonio (anidride carbonica) presente nell'aria. Le piogge acide sono più acide delle piogge normali perché hanno assorbito anche altri gas, come gli ossidi di zolfo e gli ossidi di azoto.

Da dove provengono gli ossidi di zolfo e di azoto presenti nell'aria? ?

Punteggio pieno (Livello 3: 506)

Uno qualunque fra: gas di scappamento delle auto, emissioni di gas delle fabbriche, combustione di combustibili fossili - quali petrolio o carbone - gas emessi dai vulcani o altre cose di questo genere OPPURE risposte che riportino una fonte di inquinamento giusta e una sbagliata OPPURE risposte che facciano riferimento all'"inquinamento", ma senza di fatto chiarire quale inquinamento dia luogo alle piogge acide.

L'effetto delle piogge acide sul marmo può essere simulato immergendo scaglie di marmo nell'aceto per una notte. L'aceto e le piogge acide hanno più o meno lo stesso livello di acidità. Quando si immerge una scaglia di marmo nell'aceto, si formano bolle di gas. Si può determinare la massa della scaglia di marmo asciutta, prima e dopo l'esperimento.



DOMANDA 2

Una scaglia di marmo ha una massa di 2,0 grammi prima di essere immersa per una notte nell'aceto. Il giorno dopo, la scaglia viene tolta dall'aceto e asciugata.

Quale sarà la massa della scaglia di marmo asciutta?

- A.. Meno di 2,0 grammi.
- B. Esattamente 2,0 grammi.
- C. Tra 2.0 e 2.4 grammi.
- D. Più di 2.4 grammi.

Punteggio pieno (Livello 2: 460)

A. Meno di 2.0 grammi

DOMANDA 3

Gli studenti che hanno fatto questo esperimento hanno immerso per una notte scaglie di marmo anche in acqua pura (distillata)

Spiega perché gli studenti hanno inserito anche questa fase nel loro esperimento.

.....

.....

Punteggio pieno (Livello 6: 717)

Per dimostrare che l'acido (l'aceto) è indispensabile affinché ci sia la reazione.

Punteggio parziale (Livello 3: 513)

Per poter fare un confronto con il test dell'aceto e del marmo, ma senza spiegare che l'esperimento vuol dimostrare che l'acido (l'aceto) è indispensabile affinché ci sia la reazione.

ESEMPIO 2 - EFFETTO SERRA

L'esempio 2 di Scienze è intitolato "Effetto serra" e riguarda l'aumento della temperatura media dell'atmosfera terrestre. Lo stimolo è costituito da un breve testo che introduce il termine "Effetto Serra" e include informazioni grafiche sulla temperatura media dell'atmosfera terrestre e sull'emissione di diossido di carbonio sulla Terra nel tempo.

Il campo di applicazione è quello dell'"Ambiente", il contesto è globale.



• Figura 3.4 •

Quesiti della prova EFFETTO SERRA

Leggi il brano e rispondi alle domande che seguono.

EFFETTO SERRA: REALTÀ O FANTASIA?

Gli esseri viventi hanno bisogno di energia per sopravvivere. L'energia che mantiene la vita sulla Terra proviene dal Sole che irradia energia nello spazio perché è molto caldo. Una minima parte di questa energia raggiunge la Terra.

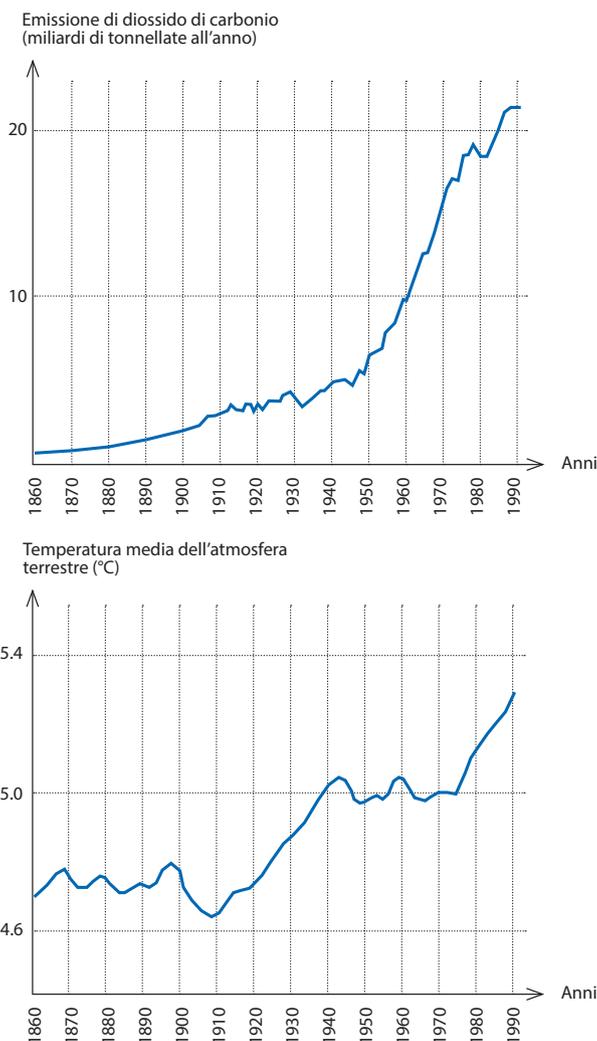
L'atmosfera terrestre funziona come uno stato protettivo sulla superficie del nostro pianeta, impedendo le variazioni di temperatura che si verificherebbero se non ci fosse l'aria.

La maggior parte dell'energia proveniente dal Sole attraversa l'atmosfera terrestre. Una parte di questa energia è assorbita dalla Terra, un'altra è invece riflessa dalla superficie terrestre. Parte di questa energia riflessa viene assorbita dall'atmosfera.

Come risultato di questo processo, la temperatura media sulla superficie terrestre è maggiore di quella che ci sarebbe in assenza di atmosfera. L'atmosfera terrestre ha lo stesso effetto di una serra, da qui il termine effetto serra. L'effetto serra sembra sia diventato più marcato durante il ventesimo secolo.

Che la temperatura media dell'atmosfera terrestre sia aumentata è un dato di fatto. Sui giornali e sui periodici viene spesso citato l'aumento dell'emissione di diossido di carbonio (anidride carbonica) come causa principale dell'aumento della temperatura nel ventesimo secolo.

Uno studente, di nome Andrea, si interessa della relazione possibile tra la temperatura media dell'atmosfera terrestre e l'emissione di diossido di carbonio sulla Terra.



Da questi due grafici Andrea conclude che l'aumento della temperatura media dell'atmosfera terrestre è sicuramente dovuto all'aumento dell'emissione di diossido di carbonio.



DOMANDA 1

Da quale caratteristica dei grafici Andrea trae la sua conclusione?

.....

Punteggio pieno (Livello 3: 529)

Fa riferimento al fatto che, in generale, la temperatura (media) si innalza in concomitanza con l'aumento dell'emissione di diossido di carbonio O fa riferimento (in termini generali) a un rapporto positivo tra temperatura ed emissioni di diossido di carbonio.

DOMANDA 2

Un'altra studentessa, Gianna, non è d'accordo con la conclusione di Andrea. Paragona i due grafici e dice che alcune parti dei grafici non confermano la sua conclusione.

Fornisci un esempio di una parte dei grafici che non conferma la conclusione di Andrea. Spiega brevemente la tua risposta.

.....

Punteggio pieno (Livello 5: 659)

Fa riferimento ad una parte specifica del grafico dove le curve non sono entrambe ascendenti o discendenti e fornisce una spiegazione in relazione al fenomeno constatato.

Punteggio parziale (Livello 4: 568)

Cita un periodo corretto, senza fornire alcuna spiegazione O cita solo un anno specifico (non un periodo di tempo), con una spiegazione accettabile O fornisce un esempio che non conferma la conclusione di Andrea, ma fa un errore nel citare il periodo O fa riferimento alla differenza tra le due curve, senza menzionare un periodo specifico O fa riferimento ad una irregolarità in uno dei grafici O indica una divergenza tra i grafici, ma la spiegazione è insufficiente.

DOMANDA 3

Andrea insiste nel sostenere che l'aumento della temperatura media dell'atmosfera terrestre sia dovuto all'aumento dell'emissione di diossido di carbonio. Gianna, però, pensa che la sua conclusione sia affrettata e afferma: "Prima di accettare questa conclusione devi essere sicuro che altri fattori, che potrebbero influenzare l'effetto serra, siano costanti".

Indica uno dei fattori ai quali si riferisce Gianna.

.....

Punteggio pieno (Livello 6: 709)

Cita un fattore che fa riferimento all'energia/alla radiazione solare O cita un fattore che fa riferimento a una componente naturale o a un agente potenzialmente inquinante.

ESERCIZIO FISICO

L'esempio 3 di scienze, intitolato ESERCIZIO FISICO, riguarda l'effetto dell'esercizio fisico sulla salute personale.



• Figura 3.5 •

Quesiti della prova ESERCIZIO FISICO

Un esercizio fisico regolare ma moderato fa bene alla salute.



DOMANDA 1

Quali sono i vantaggi di un esercizio fisico regolare? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle affermazioni proposte.

Questo è uno dei vantaggi di un esercizio fisico regolare?	Sì o No?
L' esercizio fisico aiuta a prevenire le malattie cardiache e circolatorie.	Sì / No
L' esercizio fisico porta ad una dieta sana	Sì / No
L' esercizio fisico contribuisce a prevenire il sovrappeso.	Sì / No

Punteggio pieno (Livello 3: 545)

Tutte e tre le risposte corrette: Sì, No, Sì, in quest'ordine.

DOMANDA 2

Che cosa succede quando si esercitano i muscoli? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle affermazioni proposte.

Succede questo quando si esercitano i muscoli?	Sì o No?
I muscoli ricevono un maggiore afflusso di sangue.	Sì / No
Nei muscoli si formano i grassi.	Sì / No

Punteggio pieno (Livello1: 386)

Entrambe le risposte corrette: Sì, No, in quest'ordine.

DOMANDA 3

Perché quando si fa esercizio fisico si deve respirare più forte rispetto a quando il corpo è a riposo?

.....

Punteggio pieno (Livello 4: 583)

Per fare abbassare gli aumentati livelli di diossido di carbonio e per fornire al corpo più ossigeno O per fare abbassare i livelli di diossido di carbonio nel corpo oppure per fornire al corpo più ossigeno, ma non per entrambe le ragioni.



Competenze scientifiche

La rilevazione delle competenze scientifiche di PISA dà la priorità alle competenze elencate nella Figura 3.6, ovvero alle capacità di individuare questioni di carattere scientifico, di descrivere, spiegare o predire fenomeni in base a conoscenze scientifiche, di interpretare i dati e le conclusioni che ne derivano, di prendere e comunicare decisioni basandosi su prove scientifiche. Tali competenze chiamano in causa le conoscenze scientifiche, sia la conoscenza della scienza sia la conoscenza sulla scienza in sé, in quanto forma di conoscenza e in quanto approccio all'indagine.

• Figura 3.6 •

Le competenze scientifiche in PISA

Individuare questioni di carattere scientifico

- Riconoscere questioni che possono essere indagate in modo scientifico
- Individuare le parole chiave che occorrono per individuare informazioni scientifiche
- Riconoscere le caratteristiche essenziali della ricerca scientifica

Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

- Applicare conoscenze scientifiche in una situazione data
- Descrivere e interpretare scientificamente fenomeni e predire cambiamenti
- Individuare descrizioni, spiegazioni e previsioni appropriate

Usare prove basate su dati scientifici

- Interpretare dati scientifici e prendere e comunicare decisioni
 - Individuare i presupposti, gli elementi di prova e il ragionamento che giustificano determinate conclusioni
 - Riflettere sulle implicazioni sociali degli sviluppi della scienza e della tecnologia
-

Taluni processi cognitivi hanno un significato e una rilevanza speciale all'interno della literacy scientifica. Fra i processi cognitivi che le competenze scientifiche presuppongono ci sono: il ragionare in maniera induttiva (dal particolare al generale) e in maniera deduttiva (dal generale al particolare), il pensare in modo critico e integrato, il trasformare rappresentazioni (ad esempio i dati in tabelle e le tabelle in grafici), l'elaborare e il comunicare argomentazioni e spiegazioni fondate sui dati, il pensare in termini di modelli e l'utilizzo di processi, conoscenze e abilità matematiche.

L'enfasi posta in PISA sulle competenze scientifiche illustrate nella Figura 3.6 è giustificata dall'importanza che tali competenze rivestono per la ricerca scientifica. Esse sono fondate sulla logica, sul ragionamento e sull'analisi critica. Segue un'elaborazione delle competenze scientifiche, che include i riferimenti su come vengono valutati gli esempi di scienze presentati nella sezione precedente.

Individuare questioni di carattere scientifico

È importante saper distinguere questioni e tematiche scientifiche da altri tipi di questioni. L'importante, infatti, è riconoscere che i problemi di carattere scientifico devono prestarsi a risposte basate su dati empirici. La competenza definita come individuare questioni di carattere scientifico comprende sia il saper riconoscere, in una determinata situazione, le domande cui è possibile dare risposta attraverso l'indagine scientifica, sia il saper individuare le parole chiave che occorrono per cercare informazioni su un certo argomento. Essa prevede anche la capacità di riconoscere le caratteristiche essenziali della ricerca scientifica come, ad esempio, gli aspetti da mettere a confronto, le variabili da modificare o da controllare, le informazioni ulteriori necessarie o, ancora, le azioni da compiere per poter raccogliere i dati rilevanti.

Per individuare questioni di carattere scientifico occorre che gli studenti possiedano una certa conoscenza sulla scienza in quanto tale, ma potrebbe anche implicare il ricorso, a vari livelli, alla conoscenza della scienza. Per esempio la domanda 3 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1 di Scienze) chiede agli studenti di rispondere a una domanda su che cosa significhi il controllo nell'ambito di una indagine scientifica. Gli studenti devono mettere a confronto la reazione provocata da un acido (aceto) con le possibili reazioni provocate dall'acqua pura (distillata) per avere la certezza che la reazione sia causata dall'acido.

Gli studenti dimostrano di possedere la competenza definita come dare una spiegazione scientifica dei fenomeni quando applicano le conoscenze scientifiche in una data situazione. Tale competenza comporta anche il saper descrivere o interpretare scientificamente fenomeni e predire cambiamenti e potrebbe richiedere la capacità di riconoscere e individuare descrizioni, spiegazioni e previsioni appropriate. Un esempio di item di questa categoria è la domanda 1 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1 di Scienze) nella quale gli studenti devono spiegare da dove derivino gli ossidi di zolfo e di azoto che si trovano nell'aria. Altri esempi



sono: la domanda 3 di EFFETTO SERRA (Esempio 2 di Scienze) che chiede agli studenti di individuare quali fattori causino l'aumento della temperatura media della Terra e la domanda 3 di ESERCIZIO FISICO (Esempio 3 di Scienze) che chiede agli studenti di applicare le proprie conoscenze relative al sistema respiratorio dell'uomo.

Usare prove basate su dati scientifici

La competenza definita come usare prove basate su dati scientifici richiede agli studenti di accedere alle informazioni scientifiche ed elaborare argomentazioni e conclusioni basate su dati scientifici (Kuhn, 1992; Osborne et al., 2001). La risposta richiesta può chiamare in causa la conoscenza sulla scienza, la conoscenza della scienza o entrambe. La domanda 2 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1 di Scienze) chiede agli studenti di usare le informazioni fornite per giungere a una conclusione sugli effetti dell'aceto sul marmo, come modello semplice dell'effetto delle piogge acide sul marmo. Le domande 1 e 2 di EFFETTO SERRA (Esempio 2 di Scienze) costituiscono ulteriori esempi: entrambe le domande chiedono agli studenti di interpretare i dati presentati in due grafici.

Possono rientrare in questa competenza anche la capacità di scegliere fra conclusioni alternative sulla base degli elementi a disposizione, di fornire motivazioni pro o contro una determinata conclusione in base al processo con il quale le conclusioni sono state tratte dai dati a disposizione, e di individuare i presupposti che sono a monte delle conclusioni cui si è giunti. Anche la capacità di riflettere sulle implicazioni sociali degli sviluppi della scienza e della tecnologia rientra in questa competenza.

In item che rilevano questa competenza, può essere richiesto agli studenti di presentare a un determinato uditorio gli elementi di prova e le decisioni prese, usando parole proprie, grafici o altre rappresentazioni appropriate. In breve, gli studenti dovrebbero essere in grado di illustrare in modo chiaro e consequenziale i nessi che legano gli elementi di prova alle conclusioni o alle decisioni.

Conoscenze scientifiche

Come si è già detto (Figura 3.1), quando si parla di conoscenze scientifiche ci si riferisce sia alla conoscenza della scienza (ovvero alle conoscenze sul mondo naturale) sia alla conoscenza sulla scienza in quanto tale.

Conoscenza della scienza

Poiché in ciascuna rilevazione è possibile rilevare soltanto una piccola porzione dell'insieme delle conoscenze scientifiche degli studenti, è importante che i criteri utilizzati per selezionare le conoscenze che verranno si intendono rilevarerilevate siano chiari. Visto inoltre che l'obiettivo di PISA è quello di descrivere in che misura gli studenti siano in grado di applicare le proprie conoscenze in contesti che abbiano rilevanza per la loro vita, le conoscenze rilevate saranno tratte dai principali campi della fisica, della chimica, della biologia, delle scienze della Terra e dell'Universo e della tecnologia sulla base dei seguenti criteri:

- la loro rilevanza rispetto alle situazioni della vita reale: le conoscenze scientifiche non sono tutte ugualmente utili nella vita degli individui;
- il fatto che esse rappresentino importanti concetti scientifici e, pertanto, abbiano un'utilità duratura;
- il fatto che esse siano appropriate al livello di uno studente quindicenne.

La Figura 3.7 illustra le categorie secondo le quali la conoscenza della scienza è stata suddivisa e alcuni esempi di contenuti scelti sulla base dei criteri appena esposti. Si tratta di conoscenze necessarie per comprendere il mondo naturale e per capire il senso delle proprie esperienze in situazioni personali, sociali e globali. Il quadro di riferimento adotta il termine "sistemi" piuttosto che il termine "scienze" nei descrittori dei principali campi delle diverse discipline scientifiche per trasmettere l'idea che i cittadini devono applicare le proprie cognizioni riguardo alle scienze fisiche e biologiche, alle scienze della Terra e dell'Universo e alla tecnologia in contesti tra loro interrelati a vari livelli.



• Figura 3.7 •

Le categorie della conoscenza della scienza in PISA

Sistemi chimici e fisici

- Struttura della materia (ad esempio, modello particellare, legami)
- Proprietà della materia (ad esempio, cambiamenti di stato, conduttività termica ed elettrica)
- Cambiamenti chimici della materia (ad esempio, reazioni, trasferimento di energia, acidi e basi)
- Moti e forze (ad esempio, velocità, attrito)
- Energia e sua trasformazione (ad esempio, conservazione, degradazione, reazioni chimiche)
- Interazioni tra energia e materia (ad esempio, onde luminose e onde radio, onde sonore e onde sismiche)

Sistemi viventi

- Cellule (ad esempio, struttura e funzione, DNA, piante e animali)
- Biologia umana (ad esempio, salute, alimentazione, sottosistemi [digestione, respirazione, circolazione, escrezione e loro relazioni], malattie, riproduzione)
- Popolazioni (ad esempio, specie, evoluzione, biodiversità, variazioni genetiche)
- Ecosistemi (ad esempio, catene alimentari, flussi di materia e di energia)
- Biosfera (ad esempio, servizi degli ecosistemi, sostenibilità)

Sistemi della Terra e dell'Universo

- Struttura del sistema Terra (ad esempio, litosfera, atmosfera, idrosfera)
- Energia nel sistema Terra (ad esempio, fonti energetiche, clima globale)
- Cambiamenti nel sistema Terra (ad esempio, tettonica a placche, cicli geochimici, forze costruttive e distruttive)
- Storia della Terra (ad esempio, fossili, origine ed evoluzione)
- La Terra nello spazio (ad esempio, gravità, sistema solare)

Sistemi tecnologici

- Ruolo della tecnologia fondata sulla scienza (ad esempio, risolvere problemi, aiutare gli esseri umani a soddisfare bisogni e aspirazioni, pianificare e condurre ricerche)
- Rapporti tra scienza e tecnologia (ad esempio, le tecnologie contribuiscono al progresso della scienza)
- Concetti (ad esempio, ottimizzazione, scelte di compromesso, costi, benefici, rischi)
- Principi importanti (ad esempio, criteri, vincoli, innovazione, invenzione, problem solving)

Gli esempi elencati nella Figura 3.7 danno un senso dell'organizzazione delle categorie e non hanno la pretesa di esaurire tutti gli argomenti che potrebbero rientrare in ciascuna delle categorie della conoscenza della scienza.

La Domanda 2 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1 di Scienze) valuta la conoscenza della scienza degli studenti nella categoria "Sistemi fisici".

La Domanda 3 di PIOGGE ACIDE si concentra sulla conoscenza sulla scienza degli studenti, nella categoria "Ricerca scientifica", ma ci si aspetta da parte degli studenti una certa conoscenza della scienza (categoria "Sistemi fisici").

La Domanda 3 di EFFETTO SERRA (Esempio 2 di Scienze) si occupa della conoscenza degli studenti dei "Sistemi della Terra e dell'Universo"; e le Domande 1, 2 e 3 di ESERCIZIO FISICO (Esempio 3 di Scienze) valutano la conoscenza degli studenti dei "Sistemi viventi".

Conoscenza sulla scienza

La Figura 3.8 mostra le categorie e gli esempi di contenuto per quanto riguarda la conoscenza sulla scienza. La prima categoria, "Indagine scientifica", è imperniata sull'indagine intesa come processo centrale della scienza e sulle diverse componenti di tale processo. La seconda categoria, strettamente legata all'indagine, è quella delle "spiegazioni di carattere scientifico". Le spiegazioni di carattere scientifico, infatti, non sono che i risultati dell'indagine scientifica. Si può pensare all'indagine come ai mezzi della scienza (cioè al modo in cui gli scienziati si procurano i dati) e alle spiegazioni come ai fini della scienza (cioè al modo in cui gli scienziati si servono dei dati medesimi). Gli esempi riportati nella Figura 3.8 danno il senso generale di tali categorie e non hanno la pretesa di esaurire tutti gli argomenti che potrebbero rientrare in ciascuna delle categorie.



• Figura 3.8 •

Le categorie della conoscenza della scienza in PISA

L'indagine scientifica

- Origine (ad esempio, curiosità, domande scientifiche)
- Scopo (ad esempio, produrre dati che contribuiscano a dare risposta a domande scientifiche, idee correnti/ modelli/teorie che guidino le indagini)
- Esperimenti (ad esempio, domande differenti sono alla base di differenti indagini scientifiche, progettazione di una ricerca)
- Tipi di dati (ad esempio, quantitativi [misure], qualitativi [osservazioni])
- Misure (ad esempio, incertezza intrinseca, riproducibilità, variazione, accuratezza dei risultati/precisione di strumenti e procedure)
- Caratteristiche dei risultati (ad esempio, empirici, provvisori, verificabili, falsificabili, autocorrettivi)

Spiegazioni di carattere scientifico

- Tipi (ad esempio, ipotesi, teoria, modello, legge)
- Modi in cui si formano (ad esempio, rappresentazione dei dati, ruolo delle conoscenze esistenti e di nuovi elementi di prova, creatività e immaginazione, logica)
- Regole (ad esempio, devono essere coerenti da un punto di vista logico, fondate sui dati, collegate alle conoscenze pregresse e attuali)
- Risultati (ad esempio, dar vita a nuove conoscenze, nuovi metodi, nuove tecnologie; portare a nuove domande e nuove indagini)

La Domanda 3 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1) è un esempio di conoscenza sulla scienza, nella categoria "Indagine scientifica". La domanda richiede agli studenti di individuare le finalità possibili per il controllo di un'indagine (competenza: Individuare questioni di carattere scientifico).

Le Domande 1 e 2 di EFFETTO SERRA (Esempio 2) fanno riferimento alla conoscenza sulla scienza. Entrambi gli item appartengono alla categoria "Spiegazioni di carattere scientifico". Nella Domanda 1, gli studenti devono interpretare i dati presentati nei due grafici ed argomentare che i grafici insieme forniscono una spiegazione del fatto che l'aumento medio della temperatura della Terra è dovuto ad un aumento delle emissioni di diossido di carbonio. La Domanda 2 chiede agli studenti di utilizzare i dati degli stessi grafici per sostenere una conclusione diversa.

Atteggiamenti nei confronti della scienza

Gli atteggiamenti delle persone rivestono un ruolo importante rispetto al loro interesse, alla loro attenzione e al loro modo di rapportarsi alla scienza e alla tecnologia, in generale e nelle questioni che le riguardano da vicino. Uno degli obiettivi dell'insegnamento scientifico è quello di far sì che gli studenti sviluppino atteggiamenti che li avvicinano alle questioni di carattere scientifico e che li portino, di conseguenza, ad acquisire e ad applicare conoscenze scientifiche e tecnologiche a vantaggio proprio e della società in genere.

L'attenzione che PISA pone sugli atteggiamenti nei confronti della scienza si fonda sulla convinzione che la literacy scientifica di una persona comprenda anche gli atteggiamenti e le convinzioni, gli orientamenti motivazionali, il senso di autoefficacia, i valori e le azioni che alla fine compie. Questa convinzione è sostenuta e si fonda sulla struttura per l'ambito affettivo proposta da Klopfer (1976) per l'educazione scientifica, nonché da numerosi articoli di ricerca sugli atteggiamenti (ad esempio, Gardner, 1975, 1984; Gauld e Hukins, 1980; Blosser, 1984; Laforgia, 1988; Osborne, Simon e Collins, 2003; Schibeci, 1984) e dalla ricerca sugli atteggiamenti degli studenti nei confronti dell'ambiente (per esempio, Bogner e Wiseman, 1999; Eagles e Demare, 1999; Weaver, 2002; Rickinson, 2001).

In PISA 2006, quando le scienze sono state ambito principale, è stata inserita una rilevazione degli atteggiamenti e dei valori degli studenti nei confronti delle scienze attraverso il questionario studenti e attraverso quesiti sull'argomento posti alla fine di molte delle prove cognitive (OCSE, 2006). Tali quesiti erano correlati ai temi affrontati nella prova cognitiva. Tuttavia, poiché in PISA 2009 le scienze costituiscono un ambito di rilevazione secondario, in questa rilevazione non sono presenti item volti a rilevare gli atteggiamenti degli studenti.

RILEVARE LA LITERACY SCIENTIFICA IN PISA

Caratteristiche del test cognitivo

In conformità con la definizione di literacy scientifica adottata da PISA, ogni singolo quesito (item) del test chiama in causa competenze scientifiche (vedi Figura 3.6) all'interno di un contesto (vedi Figura 3.2). Ciò implica l'applicazione di conoscenze scientifiche (vedi Figure 3.7 e 3.8).

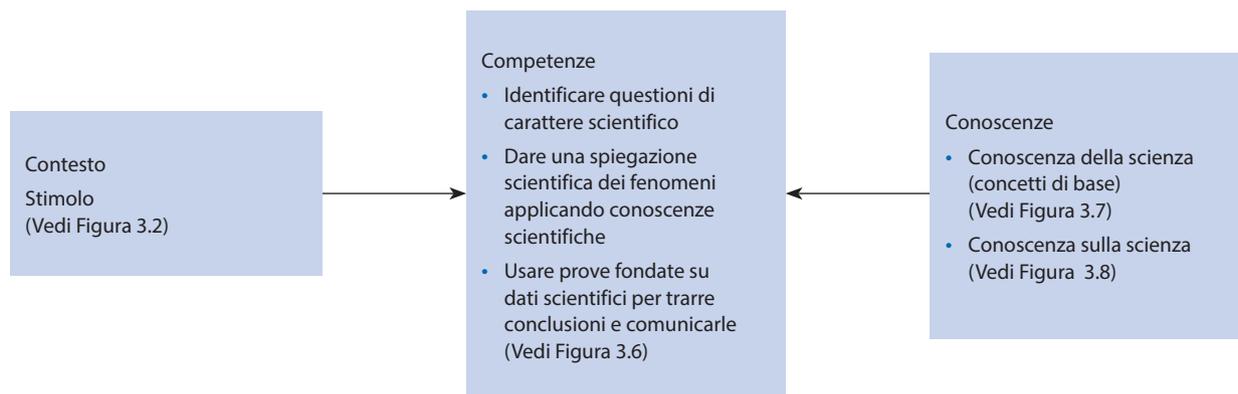


La Figura 3.9 è una variazione della Figura 3.1 e presenta le componenti base del quadro di riferimento di PISA per la rilevazione della literacy scientifica in modo da consentire la messa in relazione del quadro di riferimento medesimo con la struttura e con il contenuto delle prove. La Figura 3.9 potrebbe essere utilizzata tanto, in modo sintetico, come strumento per progettare i quesiti per la rilevazione, quanto, in modo analitico, come strumento per analizzare criticamente i risultati ottenuti attraverso la somministrazione di tali quesiti. Per costruire le prove si possono infatti assumere come punto di partenza sia i contesti degli stimoli, sia le competenze scientifiche richieste per rispondere alle domande o ai problemi, oppure le conoscenze scientifiche che l'esercizio comporta.

Ciascuna prova comprende un gruppo di domande (item) di vari tipi e con punteggio indipendente, accompagnate da uno stimolo, che stabilisce il contesto per i quesiti. Per stabilire il contesto, infatti, vengono utilizzati stimoli di molti tipi diversi, tra cui brevi testi in prosa, fotografie, tabelle, grafici e diagrammi spesso in combinazione fra di loro. Le tre prove incluse in questo capitolo illustrano tale varietà di stimoli. EFFETTO SERRA (Esempio 2) è uno stimolo articolato, composto da un breve testo in prosa e da due grafici mentre, all'estremo opposto, lo stimolo della prova ESERCIZIO FISICO (Esempio 3), diversamente dalla maggior parte degli stimoli, si basa interamente su una suggestione visiva.

• Figura 3.9 •

Uno strumento per costruire e analizzare le prove e gli item



PISA adotta una tale struttura delle prove per far sì che i contesti impiegati siano il più possibile realistici e riflettano la complessità delle situazioni reali, ottimizzando, nel contempo, i tempi della rilevazione. Ricorrere a situazioni rispetto alle quali sia possibile porre più quesiti piuttosto che porre domande isolate riferite a un maggior numero di situazioni diverse riduce, infatti, il tempo di cui gli studenti hanno bisogno per "entrare" nell'argomento relativo a ciascun quesito. Tuttavia, occorre tenere conto che la risposta a ciascun quesito deve essere indipendente da quelle degli altri quesiti della stessa prova. È necessario inoltre avere presente che, poiché un simile approccio diminuisce il numero di contesti nella rilevazione, diventa importante assicurarsi che vi sia una varietà di contesti adeguata, cosicché la distorsione dovuta alla scelta del contesto venga minimizzata.

Le prove di scienze di PISA 2012 includono fino a un massimo di quattro item cognitivi che rilevano le competenze scientifiche degli studenti. Ciascun item implica il ricorso privilegiato a una delle competenze scientifiche descritte e chiama in causa in maniera predominante ora la conoscenza della scienza ora la conoscenza sulla scienza. Nella maggior parte dei casi, in una sola prova, vengono rilevate, attraverso item diversi, più di una competenza e più di una categoria di conoscenza.

Per rilevare le competenze e le conoscenze scientifiche individuate dal quadro di riferimento vengono utilizzati quattro tipi di item. Un terzo circa degli item è costituito da quesiti a scelta multipla che richiedono la scelta di un'unica risposta fra le quattro proposte, come nel caso della Domanda 2 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1). Un ulteriore terzo richiede risposte aperte univoche, oppure è costituito da quesiti a scelta multipla complessa. Le domande 1 e 2 di ESERCIZIO FISICO (Esempio 3), le quali richiedono agli studenti di rispondere a una serie di domande "Sì/No" collegate fra loro, sono un tipico esempio di quesiti a scelta multipla complessa. L'ultimo terzo degli item è costituito invece da quesiti a risposta aperta articolata, come nel caso delle restanti domande di PIOGGE ACIDE e di ESERCIZIO FISICO e delle tre domande di EFFETTO SERRA (Esempio 2), le quali richiedono agli studenti di fornire una



risposta relativamente estesa per iscritto o in formato grafico.

Sebbene la maggioranza dei quesiti abbiano punteggio dicotomico (ovvero risposta corretta o non corretta), alcuni dei quesiti a risposta aperta articolata prevedono anche un punteggio parziale, ovvero un punteggio per lo studente che fornisca non l'intera risposta corretta ma solo parte di essa. Le categorie "punteggio pieno", "punteggio parziale" e "nessun punteggio" suddividono le risposte degli studenti in tre gruppi a seconda dell'abilità dimostrata dagli studenti nel rispondere alla domanda. Una risposta da "punteggio pieno" prevede che lo studente dimostri un livello di comprensione dell'argomento appropriato a uno studente quindicenne competente nel campo. Risposte meno elaborate o corrette potrebbero comunque ricevere un "punteggio parziale", mentre a risposte del tutto scorrette, non pertinenti o mancanti viene assegnato "nessun punteggio". La Domanda 3 di PIOGGE ACIDE (Esempio 1) e la Domanda 2 di EFFETTO SERRA (Esempio 2) sono item che prevedono il punteggio parziale.

Il fatto che lo studente debba possedere un certo grado di literacy in lettura per poter comprendere quesiti che si presentano in forma scritta attinenti alla literacy scientifica, e per rispondervi, solleva un problema rispetto al livello di literacy in lettura richiesto. Sia il testo-stimolo, tuttavia, sia i quesiti veicolano il significato appropriato usando il linguaggio più chiaro, più semplice e più conciso possibile. Il numero di concetti introdotti in ciascun paragrafo, infatti, è limitato e si evitano i quesiti che richiedono livelli troppo elevati di literacy in lettura o di literacy matematica.

Struttura della rilevazione delle competenze scientifiche

In ogni rilevazione PISA deve esistere un equilibrio tra i quesiti che rilevano le conoscenze e le competenze scientifiche. La Tabella 3.1 mostra la distribuzione dei punteggi tra le categorie Conoscenza della scienza e Conoscenza sulla scienza, espressi come percentuale del punteggio totale, sia per PISA 2006 (quando le scienze sono state ambito principale di rilevazione) che per PISA 2012.

Tabella 3.1
Distribuzione approssimata dei punteggi in relazione alle conoscenze

Conoscenza della scienza	Percentuale dei punti assegnati	
	PISA 2006	PISA 2012
Sistemi chimici e fisici	17	13
Sistemi viventi	20	16
Sistemi della Terra e dell'Universo	10	12
Sistemi tecnologici	8	9
Totale parziale	55	50
Conoscenza sulla scienza		
Indagine scientifica	23	23
Spiegazioni di carattere scientifico	22	27
Totale parziale	45	50
Total	100	100

Le distribuzioni dei punteggi in relazione alle competenze scientifiche sono presentate nella Tabella 3.2.

Tabella 3.2
Distribuzione approssimata dei punteggi in relazione alle competenze scientifiche

Competenze scientifiche	Percentuale dei punti assegnati	
	PISA 2006	PISA 2012
Individuare questioni di carattere scientifico	22	23
Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni	46	41
Usare prove basate su dati scientifici	32	37
Totale	100	100

I contesti dei quesiti spaziano fra situazioni di tipo personale, sociale e globale secondo un rapporto approssimato di 1:2:1, con una selezione dei campi di applicazione, come si vede nella Figura 3.2.

La distribuzione per tipo di item è illustrata nella Tabella 3.3.



Tabella 3.3
Distribuzione approssimata dei punteggi in relazione al tipo di item

Tipo di item	Percentuale dei punti assegnat	
	PISA 2006	PISA 2012
A scelta multipla semplice	35	32
A scelta multipla complessa	27	34
A risposta aperta univoca	4	2
A risposta aperta articolata	34	32
Totale	100	100

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI NELLA LITERACY SCIENTIFICA

I risultati di PISA sono presentati su una scala costruita usando una forma generalizzata del modello di Rasch, come descritto da Adams, Wilson e Wang (1997). Per ciascun ambito (lettura, matematica e scienze), viene costruita una scala con un punteggio medio di 500 e deviazione standard di 100 tra i paesi OCSE; di conseguenza, circa i due terzi degli studenti nei paesi OCSE ottengono un punteggio compreso tra 400 e 600.

Quando nel 2006 per la prima volta le scienze sono state ambito principale di rilevazione, sono stati definiti sei livelli di competenza sulla scala di literacy scientifica. Questi stessi livelli di competenza sono utilizzati per presentare i risultati di scienze di PISA 2012. La competenza in ciascuno dei sei livelli può essere intesa in relazione ai tipi di competenze scientifiche che uno studente deve essere in grado di possedere a ciascun livello. La Figura 3.10 presenta una descrizione delle conoscenze e delle abilità scientifiche di cui gli studenti sono in possesso ai vari livelli di competenza, con il livello 6 che rappresenta il livello più alto di competenza. Nella figura sono indicati, inoltre, il livello e il punteggio di scala per ciascun item delle tre prove di PISA 2006, utilizzate come esempi in questo capitolo.

La descrizione delle capacità degli studenti che, in PISA 2006, si collocavano al di sotto del Livello 1 (circa il 5,2% degli studenti, in media, nei paesi OCSE) potrebbe non essere esauriente dal momento che gli item descrittivi di questo livello della scala non erano presenti in numero sufficiente. Il livello 2, individuato come livello di base di literacy scientifica, indica il livello in cui gli studenti cominciano a dimostrare di possedere le conoscenze e le competenze scientifiche che consentiranno loro di partecipare attivamente alle situazioni di vita interessate dalla scienza e dalla tecnologia.



• Figura 3.10 •

Descrizione sintetica dei sei livelli di competenza in scienze

Livello	Limite inferiore del punteggio	Esempi di item a ciascun livello	Che cosa sono in grado di fare gli studenti a ciascun livello
6	707.9	PIOGGE ACIDE Q3 Punteggio pieno (717) EFFETTO SERRA Q3 (709)	Al livello 6, gli studenti sanno identificare, spiegare ed applicare in modo coerente conoscenze scientifiche e conoscenza sulla scienza in una pluralità di situazioni di vita complesse. Possono essere in grado di mettere in relazione tra loro fonti di informazione e spiegazioni distinte e di servirsi scientificamente delle prove raccolte attraverso tali fonti per giustificare le proprie decisioni. Dimostrano in modo chiaro e coerente capacità di pensiero e di ragionamento scientifico, e usano la loro comprensione scientifica per risolvere situazioni scientifiche e tecnologiche non familiari. Gli studenti a questo livello sono capaci di utilizzare conoscenze scientifiche e di sviluppare argomentazioni a sostegno di indicazioni e decisioni che si riferiscono a situazioni personali, sociali e globali.
5	633.3	EFFETTO SERRA Q2 Punteggio pieno (659)	Al livello 5, uno studente sa individuare gli aspetti scientifici di molte situazioni di vita complesse, sa applicare a tali situazioni sia i concetti scientifici sia la conoscenza sulla scienza. Sa anche mettere a confronto, scegliere e valutare prove fondate su dati scientifici adeguate alle situazioni di vita reale. Uno studente, a questo livello, è in grado di servirsi di capacità d'indagine ben sviluppate, di creare connessioni appropriate fra le proprie conoscenze e di apportare un punto di vista critico. È capace di costruire spiegazioni fondate su prove scientifiche e argomentazioni basate sulla propria analisi critica.
4	558.7	ESERCIZIO FISICO Q3 (583) EFFETTO SERRA Q2 Punteggio parziale (568)	Al livello 4, uno studente sa destreggiarsi in modo efficace con situazioni e problemi che coinvolgono fenomeni esplicitamente descritti che gli richiedono di fare inferenze sul ruolo della scienza e della tecnologia. È in grado di scegliere e integrare fra di loro spiegazioni che provengono da diverse discipline scientifiche o tecnologiche e di mettere in relazione tali spiegazioni direttamente all'uno o all'altro aspetto di una situazione di vita reale. Uno studente, a questo livello, è capace di riflettere sulle proprie azioni e di comunicare le decisioni prese ricorrendo a conoscenze e prove di carattere scientifico.
3	484.1	ESERCIZIO FISICO Q1 (545) EFFETTO SERRA Q1 (529) PIOGGE ACIDE Q3 Punteggio parziale (513) PIOGGE ACIDE Q1 (506)	Al livello 3, uno studente sa individuare problemi scientifici descritti con chiarezza in un numero limitato di contesti. È in grado di selezionare i fatti e le conoscenze necessarie a spiegare i vari fenomeni e di applicare semplici modelli o strategie di ricerca. Uno studente, a questo livello, è capace di interpretare e di utilizzare concetti scientifici di diverse discipline e di applicarli direttamente. È in grado di usare i fatti per sviluppare brevi argomentazioni e di prendere decisioni fondate su conoscenze scientifiche.
2	409.5	PIOGGE ACIDE Q2 (460)	Al livello 2, uno studente possiede conoscenze scientifiche sufficienti a fornire possibili spiegazioni in contesti familiari o a trarre conclusioni basandosi su indagini semplici. È capace di ragionare in modo lineare e di interpretare in maniera letterale i risultati di indagini di carattere scientifico e le soluzioni a problemi di tipo tecnologico.
1	334.9	ESERCIZIO FISICO Q2 (386)	Al livello 1, uno studente possiede conoscenze scientifiche tanto limitate da poter essere applicate soltanto in poche situazioni a lui familiari. È in grado di esporre spiegazioni di carattere scientifico che siano ovvie e procedano direttamente dalle prove fornite.

Fra i fattori che determinano la difficoltà dei quesiti di scienze vi sono:

- la generale complessità del contesto;
- il livello di familiarità con la terminologia utilizzata, i concetti e i processi scientifici coinvolti;
- la lunghezza della concatenazione logica necessaria per rispondere alla domanda, ovvero, il numero di passaggi necessari per giungere a una risposta adeguata e il livello di dipendenza che lega ciascun passaggio al passaggio successivo);



- il grado di astrattezza delle idee o dei concetti scientifici indispensabili a formulare una risposta;
- il livello di ragionamento, di intuizione e di generalizzazione richiesto per formulare giudizi, conclusioni e spiegazioni.

La domanda 3 di EFFETTO SERRA (Esempio 2 di Scienze) è un esempio di item difficile, che si trova al livello 6 della scala di scienze. Questa domanda combina gli aspetti delle due competenze: individuare questioni di carattere scientifico e dare una spiegazione scientifica dei fenomeni. Come primo passo per risolvere questo problema, lo studente deve essere in grado di identificare il cambiamento e le variabili misurate ed avere una sufficiente comprensione dei metodi di indagine per riconoscere l'influenza di altri fattori. Inoltre, lo studente deve riconoscere lo scenario e identificare i suoi principali componenti. Si tratta di individuare un numero di concetti astratti e le loro relazioni al fine di determinare quali "altri" fattori potrebbero influenzare la relazione tra la temperatura della Terra e la quantità di emissioni di diossido di carbonio nell'atmosfera. Pertanto, per poter rispondere correttamente, uno studente deve capire la necessità di controllare i fattori esterni alle variabili modificate e misurate e deve possedere una sufficiente conoscenza dei "sistemi della Terra" per identificare almeno uno dei fattori che dovrebbero essere controllati. Una sufficiente conoscenza dei "sistemi della Terra" è considerata la capacità scientifica cruciale coinvolta, per questo motivo il problema è stato classificato come dare una spiegazione scientifica dei fenomeni.

La domanda 1 di ESERCIZIO FISICO (Esempio 3 di Scienze) è un esempio di item semplice, che si trova al livello 1 della scala di scienze, al di sotto del livello base di literacy scientifica. Per ottenere un punteggio, lo studente deve richiamare alla mente correttamente le conoscenze sul funzionamento dei muscoli e sulla formazione del grasso nel corpo, in particolare il fatto che quando i muscoli sono esercitati essi ricevono un maggiore flusso di sangue e i grassi non si formano. Questa conoscenza permette allo studente di accettare la prima affermazione di questa domanda a scelta multipla complessa e di respingere la seconda. L'item non richiede di analizzare alcun contesto, le conoscenze richieste sono ampiamente diffuse e non è necessario cercare o stabilire alcuna relazione.

In PISA 2006 i risultati sono stati riportati anche in riferimento a tre sotto-scale corrispondenti alle tre competenze scientifiche. Per le sotto-scale sono stati utilizzati gli stessi sei livelli di competenza della scala complessiva, ma con descrittori specifici per ciascuna scala. Inoltre, i risultati dei paesi sono stati confrontati in riferimento alla conoscenza sulla scienza e alle tre principali categorie della conoscenza della scienza ("Sistemi chimici e fisici", "Sistemi viventi", e "Sistemi della Terra e dell'Universo").

Sebbene le analisi tratte da questi tipi di confronti possano essere considerate utili, bisogna usare cautela nel mettere in relazione i risultati degli studenti con le competenze e le conoscenze, in quanto i dati provengono dagli stessi item classificati in due modi non indipendenti fra loro. Tutti gli item classificati come "individuare questioni di carattere scientifico" sono item relativi alla categoria conoscenza sulla scienza, e tutti gli item classificati come "dare una spiegazione scientifica dei fenomeni" appartengono alla categoria conoscenza della scienza (OCSE, 2009, p. 44).

CONCLUSIONI

La definizione di literacy scientifica adottata da PISA trae origine da considerazioni relative a che cosa è importante che uno studente quindicenne sappia, a che cosa deve dare valore e che cosa deve essere in grado di fare per essere preparato alla vita nella società contemporanea. Cruciali per la definizione nonché per la rilevazione della literacy scientifica sono le competenze caratteristiche della scienza e dell'indagine scientifica: individuare questioni di carattere scientifico, dare una spiegazione scientifica dei fenomeni, usare prove basate su dati scientifici. La capacità degli studenti di attivare tali competenze dipende dalle loro conoscenze scientifiche, sia dalle conoscenze sul mondo naturale (ovvero conoscenze di chimica, biologia, scienze della Terra e dell'Universo e tecnologia) sia dalle conoscenze sulla scienza in quanto tale (ovvero conoscenze sull'indagine scientifica e sulle spiegazioni di carattere scientifico) e dai loro atteggiamenti nei confronti delle questioni scientifiche.

Il quadro di riferimento presenta e illustra le competenze scientifiche, le conoscenze e gli atteggiamenti presi in considerazione nella definizione di literacy scientifica di PISA (vedi Figura 3.11) e delinea la struttura e le modalità di rilevazione delle competenze scientifiche in PISA 2012.



• Figura 3.11 •

Componenti principali della rilevazione della literacy scientifica di PISA

<ul style="list-style-type: none"> • Competenze • Individuare questioni di carattere scientifico • Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni • Usare prove fondate su dati scientifici 	<p>Conoscenze</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza della scienza <ul style="list-style-type: none"> – sistemi chimici e fisici – sistemi viventi – sistemi della Terra e dell'Universo – sistemi tecnologici • Conoscenza sulla scienza <ul style="list-style-type: none"> – indagine scientifica – spiegazioni di carattere scientifico 	<p>Atteggiamenti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interesse per la scienza • Sostegno alla ricerca scientifica • Responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente
--	---	--

Gli item per la rilevazione della literacy scientifica in PISA sono raggruppati in unità, ciascuna delle quali inizia con un testo-stimolo che stabilisce il contesto per i quesiti di riferimento. L'attenzione si concentra sulle situazioni in cui le applicazioni della scienza hanno un valore particolare nel migliorare la qualità della vita degli individui e delle comunità. Viene usata una combinazione di item a scelta multipla e a risposta aperta e alcuni item prevedono un punteggio parziale. A differenza di PISA 2006, in PISA 2012 non sono presenti quesiti volti a rilevare gli atteggiamenti degli studenti nei confronti delle scienze.

I risultati della literacy scientifica di PISA 2012 sono presentati facendo riferimento to alla scala complessiva di literacy scientifica, con media pari a 500 e deviazione standard pari a 100, e facendo riferimento ai sei livelli di competenza individuati nel 2006 quando, per la prima volta, le scienze sono state ambito principale di rilevazione. Il livello 6 è il livello più alto di competenza, mentre il livello 2 è stato definito come il livello base di literacy scientifica. Gli studenti con rendimento inferiore al livello 2 non dimostrano di possedere conoscenze e competenze scientifiche che consentano loro di partecipare attivamente alle situazioni della vita interessate dalla scienza e dalla tecnologia.

Nota

1. In questo testo, l'espressione "mondo naturale" comprende anche i cambiamenti apportati dall'attività umana, incluso il "mondo materiale" progettato e modellato dalle tecnologie.



Bibliografia

- Adams, R.J., M. Wilson and W.C. Wang (1997), "The multidimensional random coefficients multinomial logit model", *Applied Psychological Measurement*, No. 21, pp. 1-23.
- Blosser, P. (1984), *Attitude Research in Science Education*, ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus, Ohio.
- Bogner, F. and M. Wiseman (1999), "Toward measuring adolescent environmental perception", *European Psychologist*, No. 4, Vol. 3, pp. 139-151.
- Bybee, R. (1997a), "Towards an understanding of scientific literacy", in W. Gräber and C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel (IPN).
- Bybee, R. (1997b), *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth.
- Bybee, R.W. and B.J. McCrae (eds.) (2009), *PISA Science 2006: Implications for Science Teachers and Teaching*, NSTA Press, Arlington, Virginia.
- Eagles, P.F.J. and R. Demare (1999), "Factors influencing children's environmental attitudes", *The Journal of Environmental Education*, No. 30, Vol. 4, pp. 33-37.
- Fensham, P.J. (1985), "Science for all: A reflective essay", *Journal of Curriculum Studies*, No. 17, Vol. 4, pp. 415-435.
- Fensham, P.J. (2000), "Time to change drivers for scientific literacy", *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, Vol. 2, pp. 9-24.
- Fleming, R. (1989), "Literacy for a Technological Age", *Science Education*, No. 73, Vol. 4.
- Gardner, P.L. (1975), "Attitudes to science: A review", *Studies in Science Education*, No. 2, pp. 1-41.
- Gardner, P.L. (1984), "Students' interest in science and technology: An international overview", in M. Lehrke, L. Hoffmann and P.L. Gardner (eds.), *Interests in Science and Technology Education* (pp. 15-34), Institute for Science Education at the University of Kiel (IPN).
- Gauld, C. and A.A. Hukins (1980), "Scientific attitudes: A review", *Studies in Science Education*, No. 7, pp. 129-161.
- Gräber, W. and C. Bolte (eds.) (1997), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education at the University of Kiel (IPN).
- Klopfer L.E. (1976), "A structure for the affective domain in relation to science education", *Science Education*, Vol. 60(3), pp. 299-312.
- Koballa, T., A. Kemp and R. Evans (1997), "The spectrum of scientific literacy", *The Science Teacher*, No. 64, Vol. 7, pp. 27-31.
- Kuhn, D. (1992), "Thinking as Argument", *Harvard Educational Review*, No. 62, Vol. 2.
- LaForgia, J. (1988), "The affective domain related to science education and its evaluation", *Science Education*, Vol. 72, No. 4, pp. 407-421.
- Law, N. (2002), "Scientific literacy: Charting the terrains of a multifaceted enterprise", *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, No. 2, pp. 151-176.
- Mayer, V.J. (ed.) (2002), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Mayer, V.J. and Y. Kumano (2002), "The Philosophy of Science and Global Science Literacy", in V.J. Mayer (ed.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Millar, R. and J. Osborne (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London, School of Education, London.
- Norris, S. and L. Phillips (2003), "How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy", *Science Education*, No. 87, Vol. 2.
- OECD (2003), "Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)", Summary of the final report Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society, OECD Publishing.
- OECD (2006), *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*, OECD Publishing.
- OECD (2009), *PISA 2006 Technical Report*, OECD Publishing.
- Osborne, J., S. Erduran, S. Simon and M. Monk (2001), "Enhancing the Quality of Argumentation in School Science", *School Science Review*, No. 82, Vol. 301.
- Osborne, J., S. Simon and S. Collins (2003), "Attitudes towards science: a review of the literature and its implications", *International Journal of Science Education*, No. 25, Vol. 9, pp. 1049-1079.



Rickinson, M. (2001), "Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence", *Environmental Education Research*, No. 7, Vol. 3, pp. 207-208.

Roberts, D. (1983), *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*, Science Council of Canada, Ottawa.

Schibeci, R.A. (1984), "Attitudes to science: An update", *Studies in Science Education*, No. 11, pp. 26-59.

UNESCO (1993), *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All: Final Report*, UNESCO, Paris.

Weaver, A. (2002), "Determinants of environmental attitudes: A five-country comparison", *International Journal of Sociology*, No. 32, Vol. 1, pp. 77-108.