ARMANDO EDITORE

Valutare le competenze in scienze, lettura e matematica

QUADRO DI RIFERIMENTO DI PISA 2006

OECD

Ministero della Pubblica Istruzione

INVALSI

Valutare le competenze in scienze, lettura e matematica
QUADRO DI RIFERIMENTO DI PISA 2006
ARMANDO EDITORE

ORGANIZZAZIONE PER LA COOPERAZIONE E LO SVILUPPO ECONOMICO

L'OCSE rappresenta un forum nel quale i governi di 30 democrazie lavorano insieme per affrontare le sfide economiche, sociali e ambientali derivanti dalla globalizzazione. L'OCSE è in prima linea nello sforzo di comprendere i problemi emergenti – quali l'indirizzo delle politiche delle grandi imprese, l'economia dell'informazione, la necessità di misurarsi con l'invecchiamento della popolazione – e di aiutare i governi ad affrontarli. L'Organizzazione offre ai governi una sede di confronto sulle esperienze realizzate e sulle politiche, per cercare risposte a problemi comuni, individuare buone pratiche e coordinare le scelte politiche nazionali con quelle internazionali.

I paesi membri dell'OCSE sono: Australia, Austria, Belgio, Canada, Corea, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lussemburgo, Messico, Norvegia, Nuova Zelanda, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Slovenia, Spagna, Stati Uniti, Svezia, Svizzera, Turchia, Ungheria. La Commissione delle Comunità Europee prende parte ai lavori dell'OCSE.

La casa editrice dell'OCSE provvede a una ampia disseminazione dei risultati delle rilevazioni e degli studi dell'Organizzazione in materia economica, sociale e ambientale, nonché alla pubblicizzazione delle convenzioni, delle linee guida e degli standard comuni cui i paesi membri aderiscono.

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.

VALUTARE LE COMPETENZE IN SCIENZE, LETTURA E MATEMATICA

Quadro di riferimento di PISA 2006

ARMANDO
EDITORE

Valutare le competenze in scienze, lettura e matematica. Quadro di riferimento di PISA 2006
a cura dell'OCSE
Roma: Armando, © 2007
208 p. ; 27 cm. - (I libri dell'OCSE)

ISBN: 978-88-6081-166-0

I. OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico)

1. Istruzione/Competenze degli studenti
2. Valutazione della Literacy scientifica/Literacy in lettura/Literacy in matematica

CDD 371

Titolo Originale dell'Opera (pubblicata in inglese e francese a cura dell'OCSE):.

Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A framework for PISA 2006

Compétences en sciences, lecture et mathématique. Le cadre d'évaluation de PISA 2006

© 2006, Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE), Parigi.

Tutti i diritti sono riservati.

Edizione italiana:
Valutare le competenze in scienze, lettura e matematica. Quadro di riferimento di PISA 2006

La traduzione italiana è stata curata dall'Istituto per la Valutazione del Sistema Educativo di Istruzione e di Formazione (INVALSI), Frascati.

© 2007 Armando Armando s.r.l.
Pubblicato per concessione dell'OCSE, Parigi.

I diritti di riproduzione totale o parziale in antologie, citazioni od estratti di questa edizione italiana sono dell'Editore Armando Armando e dell'INVALSI. Ogni richiesta di autorizzazione alla riproduzione di cui sopra va richiesta a:

Armando Armando s.r.l.
Viale Trastevere, 236
00153 Roma
Tel. 06/5894525 Fax 06/5818564
Internet: http://www.armando.it
E-Mail: redazione@armando.it; segreteria@armando.it

INVALSI
Progetto OCSE PISA
Villa Falconieri
Via Borromini, 5
00044 Frascati (RM)

Indice

Prefazione 9

Introduzione 11

Sintesi 11

Tratti distintivi di PISA 2006 13

Che cosa rende unico PISA 15

Una sintesi di che cosa viene valutato in ciascun ambito 17

Modalità di svolgimento dell'indagine e di presentazione dei risultati 19

Questionari di contesto e loro uso 20

Sviluppo collaborativo di PISA e del suo quadro di riferimento 22

CAPITOLO 1

La literacy scientifica 25

Introduzione 26

Definizione dell'ambito 28
- *Literacy scientifica* 30

Organizzazione dell'ambito 32

Situazioni e contesto 34

Competenze scientifiche 37
- Individuare questioni di carattere scientifico 38
- Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni 38
- Usare prove basate su dati scientifici 38

Conoscenze scientifiche 40
- Conoscenza della scienza 40
- Conoscenza sulla scienza 42

Atteggiamenti nei confronti della scienza 44

Rilevare la *literacy scientifica* 46
- Caratteristiche del test cognitivo 46
- Struttura della rilevazione delle competenze scientifiche 50
- Presentazione dei risultati nella *literacy scientifica* 51

Conclusioni 53

CAPITOLO 2

La literacy in lettura 55

Definizione dell'ambito 56

Formato del testo 57
- Testi continui 57
- Testi non continui 58

Caratteristiche dei quesiti 59
- Cinque processi (o aspetti) 60
- Tipi di quesito 64
- Codifica delle risposte 65

Situazioni 66

Modalità di presentazione dei risultati 67
- La costruzione di scale per i quesiti di *literacy in lettura* 67
- La presentazione dei risultati 68
- Costruire una mappa dei quesiti 70
- Livelli di competenza in comprensione della lettura 71

Esempi di quesiti 77

Conclusioni 82

CAPITOLO 3

La literacy matematica 85

Definizione dell'ambito 86

Basi teoriche del quadro di riferimento PISA per la matematica 87

Organizzazione dell'ambito 93

Situazioni e contesti 95

Il contenuto matematico – le quattro "idee chiave" 97
- Spazio e forma 97
- Cambiamento e relazioni 100
- Quantità 103
- Incertezza 106

I processi matematici 109
- La matematizzazione 109
- Le competenze 111

I raggruppamenti per competenze 113
- Il raggruppamento della *riproduzione* 113
- Il raggruppamento delle *connessioni* 116
- Il raggruppamento della *riflessione* 118
- Classificazione degli *item* per raggruppamento di competenze 122

Rilevare la *literacy matematica* 123
- Caratteristiche delle prove 123
- Struttura della rilevazione 127
- Presentazione dei risultati nella *literacy matematica* 127
- Sussidi e strumenti 129

Conclusioni 129

Bibliografia 131

Appendice A – Esempi di prove di scienze 135

Appendice B – I gruppi di esperti di PISA 2006 199

Prefazione

Il progetto PISA (*Programme for International Student Assessment*), che fu avviato nel 1997 da parte dei paesi aderenti all'OCSE, testimonia l'impegno dei Governi di questi paesi a monitorare l'efficacia dei loro sistemi scolastici vagliandone i risultati ottenuti in termini di livello di apprendimenti degli studenti, misurati all'interno di un quadro di riferimento condiviso a livello internazionale. PISA è prima di tutto uno sforzo collaborativo che si avvale della competenza di esperti provenienti da tutti i paesi partecipanti e di una guida congiunta da parte dei loro governi sulla base di interessi condivisi e improntati alla definizione di politiche comuni. I paesi Partecipanti hanno la responsabilità politica del progetto. Gli esperti dei paesi partecipanti siedono in gruppi di lavoro la cui finalità è quella di realizzare gli obiettivi politici affidati al progetto PISA utilizzando le migliori tecniche disponibili a livello internazionale nel campo della valutazione comparata delle competenze. Questa architettura di governo del progetto PISA garantisce che gli strumenti di valutazione adottati

- siano validi a livello internazionale e tengano conto del contesto culturale e curriculare dei paesi membri dell'OCSE;
- abbiano solide basi metodologiche;
- diano il dovuto risalto all'autenticità delle situazioni e alla efficacia dell'azione educativa.

PISA 2006 rappresenta la terza fase della rilevazione avviata nel 1997. Gli ambiti valutati sono gli stessi delle due precedenti indagini , PISA 2000 e PISA 2003. Tuttavia, poiché in PISA 2006 il centro dell'indagine è la *literacy scientifica*, la rilevazione delle competenze scientifiche si avvale di un quadro di riferimento completamente riveduto, che invece per la lettura e per la matematica segue la falsariga di quelli utilizzati nel 2000 e nel 2003 (OECD, 1999; OECD, 2003a).

Per la scuola italiana il progetto PISA ha valenza strategica per valutarne il posizionamento in ambito internazionale e per analizzarne e comprenderne la capacità di far acquisire agli studenti le competenze ritenute essenziali nei paesi a sviluppo avanzato. In Italia i risultati del progetto hanno progressivamente guadagnato visibilità, ricevendo l'attenzione di un pubblico sempre più ampio, ben oltre gli ambiti specialistici; è crescente il loro utilizzo a fini di ricerca, ma anche come base informativa per disegnare e valutare programmi di intervento in materia di politica educativa. Con la pubblicazione, alla fine del 2007, dei dati relativi a PISA 2006 è probabile una ulteriore crescita di questa attenzione.

Questa tendenza ad un sempre maggiore utilizzo dei risultati è naturalmente motivo di soddisfazione per chi ha progettato e lavora alla realizzazione di OCSE PISA; al contempo accresce la necessità di diffondere con altrettanta ampiezza la conoscenza degli aspetti tecnici sottostanti al progetto, a volte molto importanti nella lettura e interpretazione dei risultati. Questa consapevolezza giustifica la scelta di pubblicare la traduzione in italiano del *Framework for PISA 2006*.

In particolare nel volume sono presentati i principi guida di PISA 2006, descritti in termini di co-

noscenze che gli studenti sono tenuti ad acquisire, di procedimenti che sono tenuti ad eseguire e di contesti in cui le conoscenze e le abilità di cui sopra sono messe in pratica. Inoltre, in questo volume sono riportate a titolo di esempio alcune prove che consentono di illustrare gli ambiti oggetto di valutazione. Le prove sono state elaborate da gruppi di esperti coordinati da Raymond Adams, Ross Turner e Barry McCrae e Juliette Mendelovits dell'Australian Council for Educational Research (ACER). Il gruppo di esperti di scienze è stato presieduto da Rodger Bybee del Biological Science Curriculum Study statunitense. Il gruppo di esperti di matematica è stata presieduto da Jan de Lange dell'Università di Utrecht; quello degli esperti in comprensione della lettura da Irwin Kirsch dell'Educational Testing Service degli Stati Uniti (un elenco completo degli esperti di ciascun gruppo si trova in Appendice al testo). Le linee guida attinenti ai singoli ambiti, sono state esaminate da gruppi di esperti in ciascuno dei paesi che hanno preso parte all'indagine.
Il presente rapporto è a cura del Segretariato dell'OCSE, in particolare di John Cresswell e Sophie Vayssettes ed è pubblicato sotto la responsabilità del Segretario Generale dell'OCSE.

Questo volume è stato curato da Bruno Losito. La traduzione dall'inglese è di Marialessandra Scalise. La revisione dei capitoli dedicati alla *literacy* in lettura, scientifica, matematica è stata curata – rispettivamente – da Giorgio Asquini, Michela Mayer e Stefania Pozio. Valeria Tortora ha curato l'*editing*.

Questa prefazione costituisce un libero adattamento a cura dell'INVALSI della prefazione all'edizione internazionale.

Introduzione

SINTESI

Il progetto OCSE PISA (*Programme for International Student Assessment*) rappresenta il frutto di un lavoro collaborativo compiuto da tutti i paesi membri dell'OCSE e da paesi terzi consociati teso a rilevare in che misura gli studenti di quindici anni siano preparati ad affrontare le sfide che potrebbero incontrare nel corso della propria vita. È stata scelta l'età di quindici anni perché a quest'età, nella maggior parte dei paesi OCSE, gli studenti sono vicini al termine dell'obbligo scolastico e, di conseguenza, proprio in questa fase si può tentare di misurare le conoscenze, le abilità e gli atteggiamenti accumulati in quasi dieci anni di istruzione. La rilevazione PISA, infatti, adotta una prospettiva ampia nella valutazione delle conoscenze, delle abilità e degli atteggiamenti. Questa prospettiva tiene conto dei cambiamenti in atto nei programmi di studio e nello stesso tempo supera un'impostazione meramente scolastica per prendere in considerazione la capacità di servirsi delle conoscenze acquisite per affrontare i compiti e le sfide proposte dalla vita quotidiana. Le abilità acquisite, dunque, riflettono la capacità degli studenti di continuare ad apprendere per tutta la vita, applicando quanto appreso a scuola a contesti extra scolastici, valutando le proprie scelte e prendendo decisioni. L'indagine, guidata congiuntamente dai governi dei paesi partecipanti, armonizza le priorità politiche dei singoli paesi ricorrendo alla competenza scientifica di esperti di livello nazionale e internazionale.

PISA associa alla valutazione di aree cognitive riferibili a precisi ambiti disciplinari, quali le scienze, la matematica e la lettura, la raccolta di informazioni sul contesto familiare, sugli stili di apprendimento, sulla percezione degli ambienti in cui l'apprendimento stesso ha luogo e sulla familiarità con le nuove tecnologie. In PISA 2006 assume una particolare rilevanza l'introduzione di un'innovativa forma di valutazione degli atteggiamenti degli studenti nei confronti della scienza, con quesiti sull'argomento collocati all'interno della prova cognitiva.
La collocazione delle domande relative agli atteggiamenti accanto a quelle di tipo cognitivo consente di collegare le domande a specifiche aree di contenuto, focalizzando l'attenzione sull'interesse degli studenti nei confronti della scienza e sul loro sostegno alla ricerca scientifica.

L'indagine PISA adotta: *a*) meccanismi che garantiscono un elevato grado di qualità nei processi di traduzione delle prove, di campionamento e di somministrazione del test; *b)* misure che consentono di rendere gli strumenti di valutazione il più possibile "di ampio respiro" in termini linguistici e culturali, soprattutto grazie alla partecipazione dei singoli paesi al processo di costruzione e di revisione dei quesiti; *c)* gli strumenti e le metodologie più aggiornati per il trattamento dei dati.

La compresenza di tali tratti distintivi produce strumenti di grande qualità e risultati dotati di un alto livello di validità e di affidabilità, e, di conseguenza, una migliore comprensione sia dei sistemi educativi sia delle conoscenze, delle abilità e degli atteggiamenti degli studenti.

PISA si basa su una concezione dinamica dell'apprendimento per tutta la vita (*lifelong learning)* se-

Riquadro A ■ Che cos'è PISA?

Caratteristiche dell'indagine

- Si tratta di una rilevazione internazionale – che adotta procedure di tipo standardizzato – condotta sui quindicenni scolarizzati e costruita congiuntamente dai paesi partecipanti.
- Hanno partecipato all'indagine 43 paesi nel primo ciclo (32 nel 2000 e 11 nel 2002), 41 nel secondo (2003) e 56 nel terzo (2006).
- In ciascuno dei paesi, le prove sono somministrate, di norma, a un numero di studenti compreso fra le 4.500 e le 10.000 unità.

Oggetto dell'indagine

- PISA 2006 valuta la *literacy in lettura*, la *literacy matematica* e la *literacy scientifica* degli studenti non tanto e non semplicemente in termini di padronanza dei contenuti curricolari, quanto piuttosto in termini di conoscenze e di abilità necessarie nella vita adulta.
- Al centro dell'attenzione è posta la padronanza dei processi, la comprensione dei concetti e la capacità di applicarli in diverse situazioni, all'interno di ciascun ambito.

Approccio metodologico

- La valutazione avviene attraverso prove scritte ("test carta e matita"). L'impegno complessivo richiesto a ciascuno studente per completare le prove è di due ore.
- Ciascuna prova consiste di quesiti con risposte a scelta multipla e di quesiti che prevedono che lo studente costruisca da solo una risposta. I quesiti sono organizzati per blocchi, ciascuno dei quali parte da un testo stimolo che fa riferimento a una situazione della vita reale.
- È stato preparato un numero di quesiti sufficiente a coprire 390 minuti di somministrazione, in modo che studenti diversi rispondano a combinazioni di quesiti diverse.
- Gli studenti rispondono, inoltre, a un questionario di contesto la cui compilazione richiede 30 minuti. Il questionario fornisce informazioni sugli studenti e sul contesto familiare in cui vivono.
- I dirigenti scolastici, invece, compilano un questionario da 20 minuti che fornisce informazioni sulla scuola in cui gli studenti studiano.

Disegno dell'indagine

- L'indagine è organizzata in cicli triennali ed esiste già una pianificazione che si estende fino al 2015.
- Ciascun ciclo d'indagine approfondisce in particolare un ambito, detto ambito principale, al quale, nelle prove cognitive, vengono dedicati i due terzi del tempo; gli altri ambiti, forniscono un profilo riassuntivo delle competenze. Ambiti principali sono stati: nel 2000 la *literacy in lettura*, nel 2003 la *literacy matematica* e nel 2006 la *literacy scientifica*.

Risultati

- Un profilo essenziale delle conoscenze e delle abilità degli studenti quindicenni.
- Indicatori di contesto in grado di mettere in relazione i risultati ottenuti dagli studenti con le loro caratteristiche personali e con quelle della scuola che frequentano, con una particolare enfasi posta, nel 2006, sull'accertamento degli atteggiamenti degli studenti nei confronti della scienza.
- Indicatori di tendenza che mettano in luce come i risultati cambino nel tempo.
- Un insieme di conoscenze essenziali per orientare scelte politiche e future attività di ricerca.

condo la quale, le conoscenze e le abilità necessarie per adattarsi con successo a un mondo in perenne mutamento si acquisiscono lungo l'intero arco della vita. Il *Programme for International Student Assessment* focalizza l'attenzione su ciò di cui gli studenti quindicenni avranno bisogno nel futuro e si sforza di valutare che cosa siano in grado di fare con ciò che hanno appreso. I programmi scolastici e i curricoli dei singoli paesi, dunque, fungono da comune denominatore per la definizione dell'indagine, senza però costituirne un limite. Pertanto, se è vero che il progetto valuta le conoscenze degli studenti, esso, d'altra parte, prende in considerazione anche la loro capacità di riflettere e di applicare le proprie conoscenze e la propria esperienza alle questioni che si presentano nel mondo reale. Ad esempio, per comprendere e valutare consigli riguardanti la scienza dell'alimentazione, un adulto non deve soltanto possedere alcune nozioni di base sui valori nutritivi dei diversi alimenti, ma deve anche saper applicare tali informazioni. Allo scopo di abbracciare con un'unica parola una simile e più ampia concezione dell'insieme di conoscenze e abilità, si è fatto ricorso al termine *literacy*.

PISA è stato organizzato in modo tale da consentire di raccogliere informazioni con periodicità triennale e di fornire dati riguardo alla *literacy in lettura*, alla *literacy matematica*, e alla *literacy scientifica* di studenti, scuole e paesi. La rilevazione consente di individuare i fattori che influenzano lo sviluppo delle abilità e degli atteggiamenti – in casa come a scuola – ed esamina l'interazione fra tali fattori, traendone spunti per lo sviluppo di politiche scolastiche.

In questa pubblicazione viene presentato il quadro di riferimento concettuale che sta alla base di PISA 2006. Esso comprende, oltre alle linee guida per la lettura e la matematica, anche una versione riveduta e ampliata delle linee guida per la valutazione della *literacy scientifica*, con una parte innovativa dedicata allo studio degli atteggiamenti degli studenti nei confronti della scienza. Per ciascuno di questi ambiti, il quadro di riferimento illustra quali contenuti gli studenti debbano acquisire, quali processi debbano mettere in atto e i contesti di applicazione delle conoscenze e delle abilità. Il quadro di riferimento, infine, definisce dettagliatamente i singoli ambiti disciplinari e i loro aspetti salienti attraverso alcuni esempi di prove.

TRATTI DISTINTIVI DI PISA 2006

PISA 2006 è il terzo ciclo di una "strategia di raccolta dati" definita dai paesi partecipanti nel 1997. Le pubblicazioni *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment* (OECD, 1999) *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OECD, 2003a) presentavano il quadro di riferimento concettuale alla base dei primi due cicli di PISA. I risultati di queste due prime rilevazioni, pubblicati con il titolo *Knowledge and Skills for life: First Results from PISA 2000* (OECD, 2001) e di *Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003* (OECD, 2004), a disposizione anche sul sito internazionale di PISA: *www.pisa.oecd.org*, hanno consentito ai responsabili delle politiche educative dei diversi paesi di confrontare le prestazioni del proprio sistema scolastico con quelle dei sistemi di altri paesi. Come già nei precedenti cicli d'indagine, gli ambiti di *literacy* coperti dall'indagine PISA 2006 sono quelli di lettura, matematica e scienze, con la differenza che l'ambito principale è costituito in questo ciclo dalla *literacy scientifica*. Agli studenti viene inoltre richiesto di compilare un questionario di contesto, mentre ulterio-

ri informazioni sono acquisite per mezzo del questionario che viene compilato dai dirigenti scolastici. Partecipano a PISA 2006 cinquantasei fra paesi e regioni, compresi i 30 paesi membri dell'OCSE. Nell'insieme tali paesi rappresentano quasi il 90% dell'economia mondiale.

Poiché il progetto PISA ha l'obiettivo di valutare i risultati ottenuti dai sistemi di istruzione in una fascia d'età che è compresa nella stragrande maggioranza dei paesi nella fascia dell'istruzione obbligatoria, la rilevazione interessa tutti i quindicenni scolarizzati, sia che essi siano inseriti nel settore dell'istruzione sia che essi siano inseriti nella formazione professionale. In ciascun paese la rilevazione interessa dai 5.000 ai 10.000 studenti di almeno 150 scuole, il che fornisce una base di campionamento valida, tale da consentire una aggregazione dei risultati sulla base di una pluralità di caratteristiche degli studenti.

Obiettivo principale di PISA è verificare in che misura i giovani studenti abbiano acquisito quell'insieme di conoscenze e di abilità nella *literacy in lettura*, nella *literacy matematica* e nella *literacy scientifica* che occorreranno loro nella vita adulta. La valutazione delle competenze cross-curricolari è parte integrante dell'indagine anche in PISA 2006. Le ragioni per adottare un approccio di tale ampiezza si possono riassumere come segue.

- Sebbene l'acquisizione di conoscenze specifiche rivesta grande importanza nell'apprendimento scolastico, il saper applicare nella vita adulta le conoscenze acquisite dipende in maniera cruciale dall'acquisizione di cognizioni e di abilità più vaste. Per quanto riguarda le *scienze*, possedere conoscenze specifiche – sapere, ad esempio, il nome scientifico di piante o animali – è meno rilevante che non comprendere grandi temi, quali, ad esempio, il consumo energetico, la biodiversità o la salute per riflettere sulle questioni oggetto di dibattito nella comunità degli adulti. Per quanto riguarda la *lettura*, invece, le abilità fondamentali consistono nell'essere in grado di interpretare un testo scritto e di riflettere sul suo contenuto e sulle sue caratteristiche formali. Per quanto riguarda le *matematica*, quando si tratta di dispiegare le proprie abilità matematiche nella vita quotidiana, è più importante saper ragionare in termini quantitativi o saper rappresentare relazioni e rapporti di dipendenza, piuttosto che saper rispondere alle domande tipiche di un libro di testo.

- In un contesto internazionale, focalizzare l'attenzione sui contenuti curricolari, significherebbe limitarsi a considerare soltanto gli elementi comuni a tutti i paesi partecipanti o alla maggior parte di essi. Ciò comporterebbe, ovviamente, molti compromessi e si risolverebbe in una valutazione troppo ristretta per risultare di un qualche valore per i governi che volessero conoscere i punti di forza o le innovazioni presenti nei sistemi scolastici di altri paesi.

- È essenziale che gli studenti sviluppino alcune abilità di carattere generale quali, ad esempio, le abilità comunicative, l'adattabilità, la flessibilità, la capacità di risolvere problemi e quella di servirsi delle tecnologie dell'informazione. Tali abilità, infatti, si sviluppano in maniera trasversale e dunque richiedono di essere valutate in una prospettiva cross-curricolare.

PISA non è un'indagine transnazionale *una tantum* per valutare le abilità degli studenti quindicenni nella lettura, nella matematica e nelle scienze. Si tratta, invece, di un progetto di ampio respiro che,

a lungo termine, porterà alla costituzione di un *corpus* di informazioni tale da consentire di monitorare l'andamento delle conoscenze e delle abilità degli studenti, non soltanto a livello di paese ma anche nelle diverse sub-popolazioni di ciascun paese. A ogni ciclo viene valutato nel dettaglio uno degli ambiti al quale, nelle prove, vengono dedicati i due terzi del tempo. Al centro della rilevazione del 2000 è stata la *literacy in lettura*, nel 2003 la *literacy matematica* e nel 2006 è la *literacy scientifica*. Una simile organizzazione consente un'analisi approfondita delle prestazioni in ciascuna area ogni nove anni e un'analisi delle tendenze ogni tre anni.

Come per i cicli precedenti, il tempo richiesto a ciascuno studente per portare a termine la prova è di due ore, però le prove sono strutturate in modo da fornire informazioni sul corrispettivo di 390 minuti di somministrazione. Il numero totale dei quesiti, infatti, è assemblato in diversi fascicoli, ciascuno dei quali è somministrato a un numero di studenti sufficiente a effettuare stime adeguate sia per quanto attiene al livello di preparazione complessiva degli studenti di ciascun paese, sia per quanto attiene a singole sub-popolazioni (maschi e femmine, studenti appartenenti a contesti socio-economici differenti ecc.). Ulteriori 30 minuti sono richiesti agli studenti per la compilazione di un questionario di contesto.

Da PISA ci si attendono tre tipi di risultati principali:

- indicatori di base che consentano di costruire un profilo essenziale delle conoscenze e delle abilità degli studenti;
- indicatori di contesto che mostrino come tali competenze siano in rapporto con importanti variabili di carattere demografico e socio-economico o riguardanti il sistema educativo;
- indicatori di tendenza, derivanti dal carattere ciclico della raccolta dati, che mettano in luce i cambiamenti sia nel livello e nella distribuzione dei risultati, sia nelle relazioni che intercorrono fra tali risultati e le variabili di contesto relative tanto agli studenti quanto alle scuole.

Sebbene gli indicatori siano un mezzo efficace per attrarre l'attenzione su questioni rilevanti, essi non riescono in genere a fornire risposte a domande di carattere politico; PISA, pertanto, ha elaborato un piano d'analisi delle politiche educative teso a superare la semplice costruzione di indicatori.

CHE COSA RENDE UNICO PISA

PISA non è la prima indagine comparativa internazionale che mette a confronto i risultati raggiunti dagli studenti. Negli ultimi 40 anni ne sono state condotte altre, in primo luogo dalla IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) e dallo IEAP (*Education Testing Service's International Assessment of Educational Progress*).

Ma tali indagini erano centrate su risultati strettamente legati al curricolo e, per di più, solo su aspetti del curricolo comuni a tutti i paesi partecipanti. I contenuti curricolari caratteristici di un

unico paese – o di un numero ristretto di paesi – per quanto rilevanti nell'economia dei programmi scolastici dei paesi stessi, non erano di norma presi in considerazione.

L'approccio di PISA si rivela dunque peculiare sotto diversi aspetti:

- le *origini*. Il progetto prende il via per iniziativa di un certo numero di governi e, pertanto, i risultati fanno riferimento agli interessi degli stessi in materia di politica educativa;

- la *regolarità*. L'impegno a coprire più ambiti d'indagine con cadenza triennale, dà la possibilità ai paesi partecipanti di monitorare ciclicamente e con certezza i propri progressi nel raggiungere obiettivi di apprendimento più importanti;

- l'*età della popolazione di riferimento*. Il fatto di rivolgersi ai giovani sul punto di terminare la scuola dell'obbligo, fornisce indicazioni sui risultati raggiunti dai sistemi educativi. Sebbene, infatti, nella maggior parte dei paesi membri dell'OCSE, i giovani proseguano nel loro percorso scolastico oltre i quindici anni di età, quest'ultima coincide in genere con la conclusione dell'istruzione di base, nella quale tutti gli studenti seguono programmi in gran parte simili. Ecco perché, proprio tale livello è utile a determinare in che misura gli studenti abbiano acquisito le conoscenze e le abilità che serviranno loro nel futuro, anche nel caso in cui intendano intraprendere successivamente percorsi di apprendimento differenziati a livello individuale;

- le *conoscenze* e le *abilità valutate*. Queste ultime non sono definite in termini di comune denominatore fra curricoli scolastici dei diversi paesi ma, soprattutto, in termini di abilità ritenute essenziali per l'avvenire. E proprio questo è l'aspetto fondamentale di PISA. I curricoli scolastici, infatti, si basano tradizionalmente più su *corpus* di contenuti e di tecniche che gli studenti sono chiamati a padroneggiare che non sulle abilità che, all'interno di ciascun ambito curricolare, occorre loro sviluppare per poi servirsene nella vita adulta. Ancora minore attenzione, poi, è quella che i curricoli dedicano a competenze di carattere più generale e sviluppate trasversalmente al curricolo come, ad esempio, la capacità di risolvere problemi o di applicare le idee e le conoscenze acquisite a situazioni di vita reale. PISA, dunque, pur non escludendo affatto le conoscenze e una più vasta comprensione di provenienza curricolare, rileva tutto ciò principalmente in termini di acquisizione di concetti ampi e di abilità che consentano di applicare le conoscenze acquisite. PISA, inoltre, non è vincolato da ciò che i curricoli scolastici dei paesi partecipanti hanno in comune.

L'enfasi posta sulla "padronanza" e sui "concetti ampi" è particolarmente significativa alla luce dell'interesse delle nazioni nei confronti dello sviluppo del *capitale umano*, che l'OCSE definisce come:

> Le conoscenze, le abilità, le competenze e le altre caratteristiche proprie dell'individuo, che siano attinenti al benessere personale, sociale ed economico.

Fino a oggi, si è teso, nel migliore dei casi, a stimare il capitale umano "per approssimazione", sulla base, ad esempio, del titolo di studio raggiunto. Nel caso in cui, poi, l'interesse nei confronti del

capitale umano si estende fino a prendere in considerazione quelle caratteristiche che consentono una piena e democratica partecipazione alla società e alla vita adulta e che sono il bagaglio essenziale per poter continuare ad apprendere per tutta la vita, l'inadeguatezza di tali approssimazioni risulta ancora più evidente.

Rilevando direttamente le conoscenze e le abilità a ridosso della fine dell'obbligo scolastico, PISA esamina il grado di preparazione alla vita adulta dei giovani e, in qualche modo, anche l'efficacia dei sistemi educativi. È ambizione dell'indagine, infatti, valutare i risultati raggiunti in relazione agli obiettivi impliciti dei sistemi educativi (così come definiti dalla società), non in relazione all'insegnamento e all'apprendimento di un *corpus* di conoscenze. Questo modo di concepire i risultati dell'istruzione è fondamentale per incoraggiare scuole e sistemi d'istruzione a concentrarsi sulle sfide del presente.

UNA SINTESI DI CHE COSA VIENE VALUTATO IN CIASCUN AMBITO

Il Riquadro B illustra la definizione dei tre ambiti che sono oggetto di valutazione in PISA 2006. Tutte le definizioni pongono l'accento sulle conoscenze e sulle abilità funzionali che consentono di svolgere un ruolo attivo nella società. Tale ruolo prevede qualcosa di più di una mera esecuzione di compiti imposti dall'esterno, ad esempio da un datore di lavoro. Esso implica anche l'essere equipaggiati per prendere parte a processi decisionali. I quesiti più complessi delle prove PISA richiedono agli studenti di riflettere sui materiali loro sottoposti e di valutarli e non soltanto di rispondere a domande per le quali esiste una sola risposta corretta.

Riquadro B ■ **Definizione degli ambiti**

Literacy scientifica

L'insieme delle conoscenze scientifiche di un individuo 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 temi di carattere scientifico, la comprensione dei tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d'indagine propria degli esseri umani, la consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale e la volontà di confrontarsi con temi che abbiano una valenza di tipo scientifico, nonché con le idee della scienza, da cittadino che riflette.

Literacy in lettura

La capacità di un individuo di comprendere, di utilizzare e di riflettere su testi scritti al fine di raggiungere i propri obiettivi, di sviluppare le proprie conoscenze e le proprie potenzialità e di svolgere un ruolo attivo nella società.

Literacy matematica

La capacità di un individuo di identificare e di comprendere il ruolo che la matematica gioca nel mondo reale, di operare valutazioni fondate e di utilizzare la matematica e confrontarsi con essa in modi che rispondono alle esigenze della vita di quell'individuo in quanto cittadino che riflette, che s'impegna e che esercita un ruolo costruttivo.

La *literacy scientifica* (approfondita nel capitolo 1) è definita in termini di capacità di utilizzare le conoscenze scientifiche e i processi cognitivi connessi non soltanto per comprendere il mondo naturale, ma anche per prendere parte alle decisioni che possono avere un effetto su di esso.

La *literacy scientifica* è valutata in relazione a:

- *conoscenze o concetti scientifici*, ovvero le connessioni che consentono di comprendere le relazioni fra fenomeni. In PISA, sebbene i concetti siano quelli consueti legati alla fisica, alla chimica, alla biologia, alle scienze della Terra e dell'Universo, essi richiedono di essere applicati e non soltanto di essere riconosciuti all'interno degli *item*;

- *processi di tipo scientifico* che ruotano attorno alla capacità di acquisire e interpretare elementi di prova e di agire sulla base delle medesime. Tre di tali processi presenti in PISA hanno a che fare con *a)* il descrivere, spiegare e prevedere fenomeni di carattere scientifico, *b)* il comprendere che cosa sia un'indagine di tipo scientifico e *c)* l'interpretare dati e conclusioni di carattere scientifico;

- *situazioni o contesti* relativi all'applicazione di conoscenze scientifiche e all'utilizzo di processi di tipo scientifico. Il presente quadro di riferimento individua tre aree principali: le scienze applicate alla vita e alla salute, le scienze applicate alla Terra e all'ambiente e scienza e tecnologia.

La *literacy in lettura* (approfondita nel capitolo 2) è definita in termini di capacità degli studenti di comprendere e di utilizzare testi scritti nonché di riflettere su di essi al fine di raggiungere i propri obiettivi. Tale aspetto della *literacy* è stato ben delineato in precedenti studi – fra i quali, ad esempio, l'International Adult Literacy Survey (IALS) – ma, con PISA è stato fatto un ulteriore passo in avanti grazie all'introduzione di un elemento "attivo", ovvero la capacità non soltanto di comprendere il testo, ma di riflettere su di esso attingendo ai propri pensieri e alle proprie esperienze. La *literacy in lettura* è valutata in relazione a:

- *formato del testo*. Le rilevazioni sulla comprensione della lettura degli studenti concentravano tradizionalmente la propria attenzione su testi *continui*, ovvero su brani di prosa organizzati in proposizioni e paragrafi. PISA, invece, introduce anche testi *non continui*, testi, cioè, che presentano le informazioni sotto forme diverse, come ad esempio, elenchi, moduli, grafici o diagrammi. Viene inoltre fatta una distinzione fra una varietà di generi di prosa, come ad esempio testi di carattere narrativo, espositivo e argomentativo. Tali distinzioni sono basate sul principio che un individuo s'imbatterà in tanti generi di testi scritti di diversa natura durante la vita adulta e che, di conseguenza, non è sufficiente sapersi rapportare ai pochi tipi di testo che di solito si leggono a scuola;

- *processi attivati nella lettura (aspetti)*. Gli studenti non sono valutati sulle abilità di lettura di base, che a quindici anni si considerano di fatto acquisite. Ci si aspetta, piuttosto, che essi dimostrino *una competenza* in processi quali individuare informazioni, comprendere il significato più ampio e generale di un testo, svilupparne un'interpretazione e riflettere sui suoi aspetti contenutistici e sulle sue caratteristiche formali;

- *situazioni,* definite in relazione all'uso per cui il testo è elaborato. Ad esempio, un romanzo, una lettera privata o una biografia sono scritte ad uso personale del lettore, i documenti o gli avvisi ufficiali ad uso del pubblico, un manuale o un rapporto ad uso professionale, un libro di testo o una scheda di esercitazione ad uso scolastico. Giacché per un gruppo alcune situazioni potrebbero risultare più congeniali di altre, è opportuno che le prove valutative siano condotte su diverse tipologie di testi.

La *literacy matematica* (approfondita nel capitolo 3) riguarda la capacità degli studenti di analizzare, ragionare e comunicare idee in modo efficace mentre pongono e formulano problemi matematici presentati in un gran numero di situazioni differenti, li risolvono e ne interpretano soluzioni. La competenza in matematica è valutata in relazione a:

- *contenuto matematico*, definito in primo luogo in riferimento a quattro "idee chiave"(*overarching ideas*) – *quantità, spazio e forma, cambiamento e relazioni, incertezza* – e solo secondariamente, in relazione a taluni elementi del curricolo quali, ad esempio, i numeri, l'algebra e la geometria;

- *processi matematici,* definiti attraverso le competenze matematiche generali. Fra questi, la capacità di servirsi del linguaggio matematico, quella di modellizzare e quella di risolvere problemi. Tali abilità, tuttavia, non sono verificate attraverso singoli quesiti distinti perché si parte dal presupposto che per risolvere una qualunque delle prove occorra una gamma di competenze. Al contrario, le domande sono organizzate in termini di "raggruppamenti per competenza" (*competency cluster*) che definiscono il tipo di abilità di ragionamento richiesta;

- *situazioni* in cui la matematica è utilizzata, definite in relazione alla loro maggiore o minore distanza dall'esperienza diretta degli studenti. A tale proposito il quadro di riferimento individua cinque situazioni: *personale, scolastica, occupazionale, pubblica* e *scientifica*.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INDAGINE E DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Come le precedenti indagini PISA, anche la rilevazione del 2006 si avvale, per motivi di fattibilità, di prove scritte (*test* "carta e matita"). L'indagine comprende quesiti di diverso tipo. Alcuni richiedono allo studente di scegliere o produrre risposte semplici facilmente comparabili con una singola risposta corretta, come nel caso dei quesiti con risposta a scelta multipla e di quelli a risposta aperta univoca, la cui risposta è necessariamente corretta o errata e i quali, spesso, servono a valutare le abilità di livello inferiore. Altri, che richiedono una maggiore elaborazione, prevedono invece che lo studente elabori una propria risposta e sono progettati per misurare costrutti più ampi di quelli che si possono cogliere attraverso rilevazioni più tradizionali. È il caso dei quesiti che prevedono una più ampia gamma di risposte accettabili e uno schema di correzione più complesso, comprensivo anche dell'opzione "risposta parzialmente corretta".

Non tutti gli studenti rispondono a tutte le domande della rilevazione. Le prove sono organizzate in 13 *cluster*. I *cluster* sono costruiti in modo da richiedere circa 30 minuti per rispondere alle do-

mande in essi contenute (pari a un quarto del tempo totale a disposizione per il test). Vi sono sette *cluster* di scienze, due di lettura e quattro di matematica. I *cluster* sono distribuiti in 13 fascicoli secondo uno schema a rotazione. Ciascun fascicolo contiene quattro *cluster* e a ciascuno studente viene assegnato uno di questi fascicoli, la cui compilazione richiede due ore. In ciascun fascicolo è presente come minimo un *cluster* di scienze.

In PISA, la *literacy* è valutata attraverso prove ("unità"), ciascuna delle quali si compone di un testo stimolo – un brano, una tabella, un grafico, una o più figure ecc. – seguito da un certo numero di quesiti che a esso riferiscono: si tratta di un aspetto rilevante, in quanto consente alle domande di andare più in profondità di quanto non sarebbe possibile se ciascun quesito introducesse un contesto completamente nuovo. Tale struttura, infatti, dà allo studente il tempo di "digerire" il materiale che, in tal modo, può servire a valutare più aspetti della sua prestazione.

I risultati di PISA sono stati riportati su scale con una media pari a 500 e una deviazione standard pari a 100 per tutti e tre gli ambiti, il che significa, in altri termini, che i due terzi degli studenti dei paesi OCSE hanno ottenuto un punteggio compreso fra i 400 e i 600 punti. Tali punteggi rappresentano diversi gradi di *competenza* riferiti a particolari aspetti della *literacy* considerata. Nel 2000, quando l'ambito principale era quello della lettura, le scale di tale ambito sono state divise in cinque livelli di conoscenza e abilità. Il vantaggio maggiore di un simile approccio consiste nel fatto che esso consente di descrivere ciò che gli studenti sono in grado di fare associando il compito a diversi gradi di difficoltà. Oltre a ciò, i risultati sono stati anche presentati divisi in tre sotto-scale: reperire informazioni; interpretare un testo; riflettere e valutare. Una scala di competenza è stata approntata anche per la *literacy matematica* e per la *literacy scientifica*, anche se, vista la quantità limitata dei dati riguardanti gli ambiti secondari, non è stata suddivisa per livelli. PISA 2003 ha continuato sulla stessa linea, identificando i livelli per quanto riguarda la scala di *literacy matematica* e mantenendo un approccio simile a quello adottato in lettura. Le quattro sotto-scale adottate per la *literacy matematica* sono state: *quantità, spazio e forma, cambiamento e relazioni, incertezza*. Analogamente avverrà per la *literacy scientifica*. Anche in questo caso, i risultati verranno presentati per aree. PISA 2003 ha costituito la prima opportunità per un'analisi delle tendenze ("trends") nei tre ambiti di *literacy*. I risultati di PISA 2006 forniranno ulteriori informazioni per questo tipo di analisi.

QUESTIONARI DI CONTESTO E LORO USO

Allo scopo di acquisire informazioni riferite ai contesti, PISA chiede agli studenti e ai dirigenti delle loro scuole di rispondere a questionari di contesto (*background questionnaires*) della durata di circa 30 minuti. Tali questionari sono fondamentali per l'analisi dei risultati in relazione alle caratteristiche degli studenti e alle tipologie delle scuole.

I questionari richiedono informazioni riguardo a:

- gli studenti e il loro retroterra familiare, ivi incluse le loro condizioni economiche, sociali e culturali;

- aspetti della vita degli studenti, quali i loro atteggiamenti nei confronti dell'apprendimento, le loro abitudini e la loro vita all'interno della scuola e nel loro ambiente familiare;

- aspetti relativi alle scuole, quali la qualità delle loro risorse umane e materiali, la loro gestione e i loro finanziamenti – se pubblici o privati –, i processi decisionali e le procedure di reclutamento del personale;

- il contesto scolastico, ivi incluse le strutture e le tipologie istituzionali, la dimensione delle classi e il livello di coinvolgimento dei genitori;

- le strategie di apprendimento auto-regolato, le preferenze motivazionali e l'orientamento all'obiettivo, i meccanismi cognitivi connessi al sé, le strategie di controllo delle azioni, le preferenze verso tipi diversi di situazioni di apprendimento, gli stili di apprendimento e le abilità sociali richieste per l'apprendimento cooperativo o competitivo;

- aspetti relativi alla didattica e all'apprendimento delle scienze, ivi inclusi la motivazione, l'impegno e la sicurezza degli studenti nell'affrontare le scienze, e l'impatto delle strategie di apprendimento sul profitto legato all'insegnamento e all'apprendimento delle scienze.

Vengono anche proposti come opzioni internazionali due questionari aggiuntivi:

- un questionario sulla familiarità con il computer focalizzato su: a) disponibilità e utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC), inclusi il luogo e il tipo di utilizzo principale delle TIC; b) fiducia nelle proprie capacità e atteggiamenti, inclusi l'auto-efficacia e gli atteggiamenti nei confronti del computer; c) contesto di apprendimento delle TIC, con particolare attenzione a dove gli studenti hanno imparato ad usare i computer e Internet. Sulla base dell'analisi dei dati raccolti attraverso tale questionario, nel 2003 l'OCSE ha pubblicato un rapporto dal titolo *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us* (OECD, 2005);

- un questionario diretto ai genitori e centrato su una serie di argomenti fra i quali: precedenti attività dello studente legate alle scienze; opinioni dei genitori sulla scuola dello studente; opinioni dei genitori sul ruolo delle scienze nel futuro professionale dello studente e sull'importanza delle competenze scientifiche nel mercato del lavoro; opinioni dei genitori su scienza e ambiente; costo dei servizi educativi; grado di istruzione e occupazione dei genitori.

Le informazioni sui contesti raccolte attraverso i questionari scuola e studente, nonché quelle ricavate dai questionari opzionali – questionario sulle TIC e questionario genitori – comprendono solo una parte del bagaglio informativo totale a disposizione di PISA. L'OCSE già sviluppa e applica regolarmente indicatori che descrivono la struttura generale dei sistemi educativi (i loro contesti demografici ed economici – ad esempio: costi, iscrizioni, caratteristiche delle scuole e degli insegnanti, e alcuni processi interni alla classe) e il loro effetto sui risultati nel mercato del lavoro.

SVILUPPO COLLABORATIVO DI PISA E DEL SUO QUADRO DI RIFERIMENTO

PISA rappresenta uno sforzo collaborativo di tutti i governi membri dell'OCSE per creare un nuovo modello di valutazione del rendimento scolastico degli studenti da attuare ciclicamente. Le rilevazioni sono frutto del lavoro comune e condiviso dei paesi partecipanti e sono realizzate da organismi nazionali. Il successo di PISA in tutte le sue fasi, dallo sviluppo all'attuazione, dunque, non può prescindere dalla collaborazione costruttiva degli studenti, degli insegnanti e dei dirigenti delle scuole coinvolte.

Il *PISA Governing Board (PGB)*, nel quale sono rappresentati tutti i paesi ad alto livello politico, determina le priorità di carattere politico di PISA nel più ampio contesto degli obiettivi OCSE e sovraintende affinché tali priorità siano rispettate nella realizzazione del progetto. Rientra nei compiti del *PGB* stabilire le priorità relative allo sviluppo degli indicatori, alla definizione degli strumenti di rilevazione e alle modalità di presentazione dei risultati. Esperti dei paesi partecipanti sono coinvolti anche in gruppi di lavoro, la cui funzione è quella di saldare gli obiettivi politici di PISA con i livelli migliori di competenza tecnica nei diversi ambiti disciplinari esistenti a livello internazionale. Attraverso la partecipazione a questi gruppi di esperti, i paesi si rendono garanti del fatto che gli strumenti siano validi a livello internazionale, che tengano conto dei diversi contesti culturali ed educativi dei paesi membri dell'OCSE, che abbiano caratteristiche metodologiche e metriche adeguate e che siano contraddistinti da autenticità e da validità educativa.

I paesi partecipanti realizzano PISA a livello nazionale attraverso i Coordinatori nazionali (*National Project Manager - NPM*), che sono tuttavia tenuti ad osservare le procedure di somministrazione concordate. I *coordinatori nazionali* giocano un ruolo fondamentale nell'assicurare che il progetto venga condotto secondo alti standard qualitativi. Essi, inoltre, verificano e valutano i risultati dell'indagine, le analisi, i rapporti e le pubblicazioni.

Un consorzio internazionale – guidato dall'*Australian Council for Educational Research* (*ACER*) – è responsabile del disegno e dell'attuazione dell'indagine, nell'ambito di quanto stabilito nel quadro di riferimento elaborato dal *PGB*. Gli altri *partner* che fanno parte del consorzio sono: l'olandese *National Institute for Educational Measurement* (*CITO*), gli statunitensi *WESTAT* e *Educational Testing Service* (*ETS*) e il giapponese *National Institute for Educational Policy Research* (*NIER*).

Il segretariato dell'OCSE ha la responsabilità della gestione complessiva del progetto e ne controlla progressivamente la realizzazione, svolge le funzioni di segreteria per il *PGB,* opera per creare il consenso fra i diversi paesi e fa da mediatore fra il *PGB* e il consorzio internazionale che è incaricato della realizzazione del progetto. Il segretariato dell'OCSE è responsabile anche della costruzione degli indicatori, dell'analisi e della preparazione dei rapporti internazionali e delle pubblicazioni. Per tali attività il segretariato si avvale della collaborazione del consorzio PISA e si consulta regolarmente con i paesi membri tanto a livello politico (*PGB*) quanto a livello operativo (Coordinatori nazionali).

La definizione dei quadri di riferimento per PISA è frutto di uno sforzo continuo che ha origine con l'inizio stesso del progetto nel 1997 e che può essere illustrato come il susseguirsi delle seguenti fasi:

- elaborazione di una definizione operativa nell'ambito della valutazione e descrizione dei presupposti alla base di questa definizione;

- valutazione del modo di organizzare le prove costruite, in maniera da poter riferire ai responsabili politici e ai ricercatori in merito ai risultati raggiunti dagli studenti in ciascuno degli ambiti considerati nell'indagine; identificazione delle caratteristiche chiave da prendere in considerazione nella costruzione di prove valutative destinate ad essere utilizzate a livello internazionale;

- definizione operativa delle caratteristiche chiave utilizzate nella costruzione dei test sulla base delle definizioni presenti nella letteratura e sulla base dell'esperienza acquisita in altre indagini su larga scala;

- validazione delle variabili e valutazione del contributo di ciascuna di esse alla comprensione della difficoltà delle prove nei diversi paesi partecipanti;

- preparazione di una griglia interpretativa per i risultati.

Il beneficio maggiore della costruzione e della validazione di un quadro di riferimento per ciascuno degli ambiti di indagine consiste in un miglioramento della valutazione, ma vi sono altri potenziali benefici:

- un quadro di riferimento crea un linguaggio comune, necessario per discutere lo scopo e l'oggetto della valutazione. Una simile discussione aiuta a sviluppare il consenso attorno al quadro di riferimento stesso e agli obiettivi della valutazione;

- un'analisi del tipo di conoscenze e di abilità associate ad un rendimento positivo fornisce le basi per stabilire gli *standard* o i livelli di competenza. Con il miglioramento della comprensione dell'oggetto della valutazione e della capacità di interpretare i punteggi secondo una particolare scala, infatti, si può sviluppare anche una base empirica per comunicare un più vasto *corpus* di informazioni a tutti i soggetti interessati;

- identificare e comprendere quali siano le particolari variabili che sono alla base di un rendimento positivo contribuisce a migliorare la capacità di valutare ciò che effettivamente viene misurato e di modificare l'indagine nel tempo.

La comprensione di che cosa si stia effettivamente misurando e la sua connessione con ciò che viene detto sugli studenti crea un legame importante fra politiche pubbliche, valutazione e ricerca che, a sua volta, accresce l'utilità dei dati rilevati.

1

La literacy scientifica

INTRODUZIONE

La valutazione della *literacy scientifica* riveste una particolare importanza in PISA 2006, visto che le scienze costituiscono l'ambito principale di indagine. Poiché è la prima volta che viene valutato così in profondità, l'ambito delle competenze scientifiche è stato considerevolmente sviluppato e la definizione di che cosa venga rilevato risulta ampliata rispetto all'indagine del 2003. Questo ha comportato non soltanto una descrizione più dettagliata di cosa s'intenda per *literacy scientifica*, ma anche un'importante innovazione nell'approccio alla rilevazione, che si rifletterà anche sui futuri cicli di PISA. Per la prima volta, infatti, il principale strumento di rilevazione comprende quesiti di atteggiamento accanto a quelli volti a rilevare capacità cognitive e conoscenze. Queste domande consentono di rilevare in quale misura gli argomenti proposti nel *test* suscitino l'interesse degli studenti e in tal modo consentono anche di valutare gli atteggiamenti e le motivazioni che saranno importanti per il futuro impegno degli studenti nei confronti della scienza. Nei precedenti cicli di PISA, le domande relative a tali aspetti erano incluse in un distinto questionario, volto a rilevare in termini più generali aspetti quali l'interesse e la motivazione degli studenti.

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 ad 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 de-

finizione di *literacy scientifica* di PISA 2006 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 fondate 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 naturale[1]. Non solo, ma sarebbe anche necessario essere consapevoli dei rapporti di complementarietà 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.

[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.

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 DELL'AMBITO

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 2006 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 2006: 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. Il termine che meglio descrive l'obiettivo complessivo della rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006 è *literacy scientifica* (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber e Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1993; UNESCO, 1993).

PISA 2006 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 informa-

zioni 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). La definizione del quadro strutturale per la *literacy scientifica* di PISA 2006 si fonda su questo tipo di considerazioni.

Riquadro 1.1 ■ Conoscenze scientifiche: la terminologia di PISA 2006

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.

Si è scelto di adottare il termine *literacy scientifica* in quanto: esprime quegli obiettivi dell'insegnamento scientifico che dovrebbero essere validi per la totalità degli studenti, suggerisce un'ampiezza di significato e una natura applicativa dell'insegnamento scientifico, presenta le conoscenze scientifiche in un *continuum* con le abilità cognitive associate all'indagine scientifica, incorpora una molteplicità di dimensioni e include il rapporto fra scienza e tecnologia. Nel loro insieme, le competenze che costituiscono il nucleo della definizione rappresentano le fondamenta della *literacy scientifica* e lo scopo ultimo della rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006, valutare cioè in quale misura le competenze stesse siano state sviluppate (Bybee, 1997a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer e Kumano, 2002).

Riquadro 1.2 ■ La *literacy scientifica* in PISA 2006

Nell'ambito di PISA 2006, per *literacy scientifica*[2] 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.

[2] Per quel che riguarda le scienze in PISA, il concetto di "*literacy*" può essere accostato a quello espresso nella definizione di "competenza" nel DeSeCo (OECD, 2003b), in quanto comprende, accanto a conoscenze e abilità, anche atteggiamenti e valori.

Le note che seguono chiariscono ulteriormente il significato della definizione.

Literacy scientifica

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 2006 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. Si noti che alcuni aspetti non cognitivi, quali ad esempio la motivazione, sono considerati essi stessi parte integrante delle competenze.

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 scientifiche implicano assai più che non la semplice capacità di richiamare alla mente fatti e nomi. La definizione racchiude in sé sia la conoscenza della scienza (conoscenza del mondo naturale) sia la conoscenza sulla scienza in quanto tale. La prima comporta la comprensione di concetti scientifici e di teorie fondamentali, mentre la seconda 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. Nell'ambito di questa definizione di *literacy scientifica*, 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

Nella 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 osserva-

zioni 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, in questo caso appaiono come 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 complementarietà. 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 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, poi, 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 in lettura*, ad esempio, si rende necessaria quando uno studente deve dimostrare di comprendere la terminologia scientifica. Analogamente, in contesti che richiedono una interpretazione dei dati, entra in gioco la *literacy matematica*. Evitare che queste altre *literacy* si vadano a intersecare con la definizione e l'accertamento della *literacy scientifica* di PISA 2006 è impossibile e tuttavia il nucleo di ciascuna prova dovrebbe essere costituito da elementi che rimandino inequivocabilmente alla *literacy scientifica*.

La definizione di *literacy scientifica* di PISA 2006 risulta sviluppata e perfezionata rispetto alle versioni del 2000 e del 2003. Nelle due precedenti rilevazioni, nelle quali le scienze non erano l'ambito principale, la *literacy scientifica* era definita come segue:

> La *literacy scientifica* è la capacità di utilizzare conoscenze scientifiche, di identificare domande e di trarre conclusioni basate sui fatti, per comprendere il mondo della natura e i cambiamenti ad esso apportati dall'attività umana e aiutare a prendere decisioni al riguardo. (OECD, 1999, 2000, 2003a)

Le affermazioni iniziali, contenute nelle definizioni del 2000, del 2003 e del 2006, sono sostanzialmente analoghe e fanno riferimento al modo in cui l'individuo si serve delle conoscenze scientifiche per trarre conclusioni. Le definizioni del 2000 e del 2003, tuttavia, facevano rientrare sia la conoscenza della scienza sia la conoscenza sulla scienza nell'espressione "conoscenze scientifiche", mentre la definizione del 2006 separa e sviluppa questo aspetto della *literacy scientifica*, adottando una terminologia che evidenzia la conoscenza da parte degli studenti delle caratteristiche distintive della scienza. Le definizioni si riferiscono tutte all'utilizzazione delle conoscenze scientifiche per la comprensione del mondo della natura, con il fine di arrivare a prendere decisioni fondate a riguardo. PISA 2006 amplia questa parte della definizione e aggiunge la conoscenza delle relazioni tra scienza e tecnologia – un aspetto della *literacy scientifica* implicito ma non sviluppato nelle prime definizioni – dato che, nel mondo odierno, scienza e tecnologia non solo sono strettamente legate ma hanno spesso una relazione sinergica.

In contrasto con le precedenti definizioni, inoltre, la definizione di *literacy scientifica* adottata in PISA 2006 è stata ampliata così da menzionare esplicitamente gli aspetti relativi agli atteggiamenti degli studenti verso questioni di carattere scientifico e tecnologico. Insomma, la definizione 2006 è concettualmente coerente con quelle del 2000 e del 2003, eccezion fatta per l'aggiunta degli aspetti relativi agli atteggiamenti. Tuttavia, visto che i risultati relativi agli atteggiamenti saranno presentati in un rapporto separato, il loro inserimento non avrà alcun impatto sulla comparabilità diacronica dell'aspetto cognitivo. Altri cambiamenti, poi, come ad esempio l'ulteriore elaborazione relativa alla conoscenza sulla scienza o alla tecnologia fondata sulla scienza, costituiscono soltanto una specificazione di particolari aspetti che erano già presenti, in forma più o meno implicita, nelle precedenti definizioni.

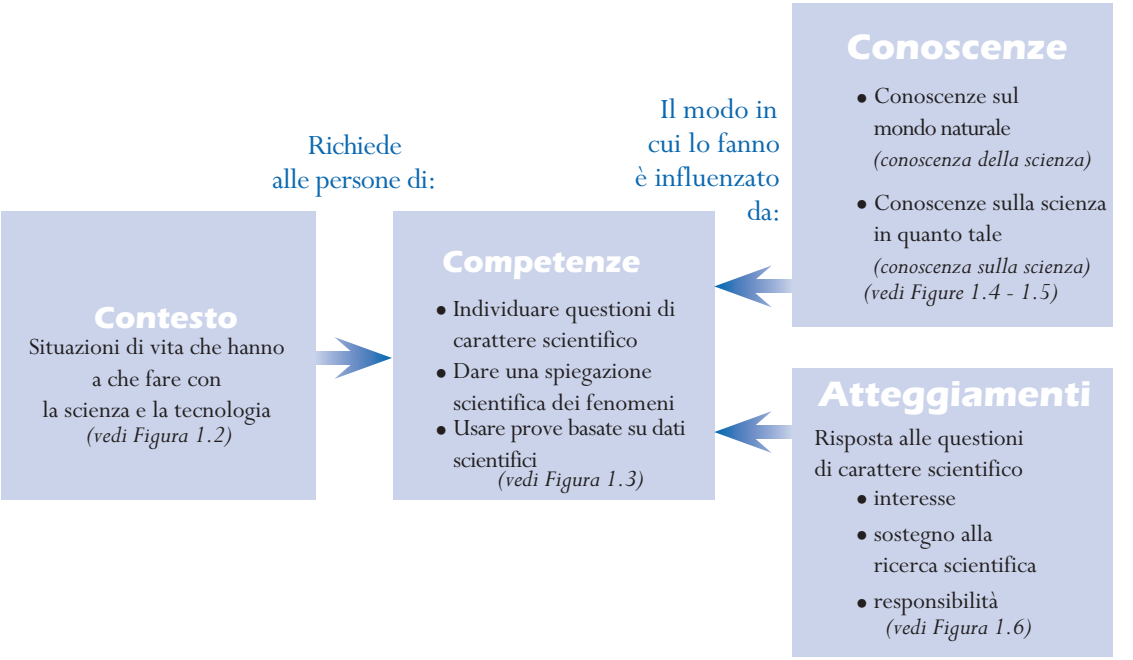
ORGANIZZAZIONE DELL'AMBITO

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*. 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:

- 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 trarre conclusioni basate sui fatti;
- 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.

Figura 1.1 ■ **Quadro di riferimento per la valutazione delle competenze scientifiche in PISA 2006**



Nei prossimi paragrafi questi aspetti interconnessi verranno presentati in modo più dettagliato. Mettendoli in evidenza, il quadro di riferimento per la *literacy scientifica* di PISA 2006 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 che derivano dalla visione di *literacy scientifica* proposta da PISA 2006.

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 CONTESTO

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 2006, 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.

Il contesto di un *item*, invece, è la specifica ambientazione all'interno della situazione e comprende nel dettaglio tutti gli elementi adoperati nel formulare il quesito.

PISA 2006 rileva importanti conoscenze scientifiche pertinenti ai curricoli scolastici dei paesi partecipanti senza tuttavia essere limitato dal dover considerare solo gli aspetti comuni ai diversi curricoli nazionali. Lo fa ricercando elementi che provino che le competenze 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 1.2 si trovano elencati i principali campi di applicazione delle scienze usati come contesti 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 tratti da un ampio ventaglio di situazioni di vita e sono in genere coerenti con i campi di applicazione adottati per la *literacy scientifica* nei quadri di riferi-

mento del 2000 e del 2003. 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 *literacy 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 contesti utilizzati per gli *item* usati nella rilevazione sono stati 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 1.2 ■ **Contesti per la rilevazione delle competenze scientifiche in PISA 2006**

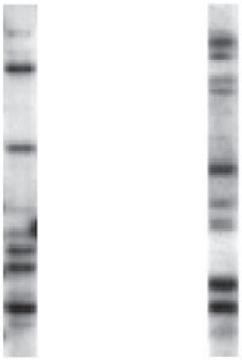
	Personale (Sé, famiglia e gruppo dei pari)	**Sociale** (La comunità)	**Globale** (Vivere nel mondo)
Salute	Mantenersi in salute, incidenti, alimentazione	Controllo delle malattie e loro trasmissione, scelte alimentari, salute nelle comunità	Epidemie, diffusione delle malattie infettive
Risorse naturali	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 delle 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 agricola 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	Cambiamenti climatici, impatto della moderna guerra tecnologica
Frontiere della scienza e della tecnologia	Interesse per la spiegazione scientifica di fenomeni naturali, hobby di carattere scientifico, sport e tempo libero, musica e tecnologia per uso individuale	Nuovi materiali, apparecchiature e procedimenti, modificazione genetica, tecnologia militare, trasporti	Estinzione delle specie, esplorazione dello spazio, origine e struttura dell'universo

L'Esempio 1 fa parte di una prova intitolata *Caccia all'assassino*. Lo stimolo è costituito da un articolo di giornale che definisce il contesto della prova. L'area di applicazione è quella di "frontiere della scienza e della tecnologia" in una situazione di tipo sociale.

SCIENZE: ESEMPIO 1 – CACCIA ALL'ASSASSINO

IL DNA TROVERÀ L'ASSASSINO

Villabianca, ieri: ieri a Villabianca un uomo è morto in seguito a numerose ferite da coltello. La polizia ha dichiarato che sono stati trovati segni di lotta e che parte del sangue trovato sulla scena del delitto non corrisponde a quello della vittima. Si sospetta che quel sangue provenga dall'assassino.
Per contribuire all'identificazione dell'assassino, la polizia scientifica ha preparato un profilo del DNA a partire dalle macchie di sangue. Il confronto con i profili del DNA di criminali condannati archiviati in una banca dati informatica non ha dato esito.



Individuo A Individuo B

Foto di tipici profili del DNA di due individui. Le barre scure indicano differenti frammenti del DNA dei due individui. Ciascun individuo ha una diversa combinazione di barre. Come nel caso delle impronte digitali queste combinazioni possono identificare una persona.

La polizia sta chiedendo perciò a tutti i cittadini di Villabianca di farsi avanti per far analizzare il proprio DNA.

Il sergente Esposito della polizia di Villabianca ha dichiarato: "Si tratta solo di passare un tampone all'interno della guancia, non è doloroso. Da quello gli scienziati sono in grado di estrarre il DNA e di costruire un profilo del DNA simile a quello che si vede nella figura".
A parte il caso di gemelli identici, vi è solo 1 possibilità su 100 milioni che due persone abbiano lo stesso profilo del DNA.

Domanda 1: CACCIA ALL'ASSASSINO

Questo articolo di giornale fa riferimento a una sostanza detta DNA. Che cos'è il DNA?

A. Una sostanza della membrana cellulare che impedisce al contenuto della cellula di uscire.
B. Una molecola che contiene le istruzioni che servono a costruire il nostro corpo.
C. Una proteina del sangue che contribuisce a portare ossigeno ai tessuti.
D. Un ormone che si trova nel sangue e aiuta a regolare I livelli di glucosio nelle cellule.

Domanda 2: CACCIA ALL'ASSASSINO

A quale di queste domande non si può rispondere per mezzo di prove scientifiche?

A. Qual è stata la causa medica o fisiologica della morte della vittima?
B. Perché la vittima è stata pugnalata molte volte?
C. Passare un tampone sulla guancia è un modo sicuro per raccogliere campioni di DNA?
D. Tutti i gemelli identici hanno esattamente il medesimo profilo del DNA?

COMPETENZE SCIENTIFICHE

La rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006 dà la priorità alle competenze elencate nella Figura 1.3, 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.

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 induttivo/deduttivo, 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 della matematica.

L'enfasi posta in PISA 2006 sulle competenze illustrate nella Figura 1.3 è giustificata dall'importanza che tali competenze rivestono per la ricerca scientifica. Esse, infatti, affondano le radici nella logica, nel ragionamento e nell'analisi critica e verranno approfondite nel seguito.

Figura 1.3 ■ **Le competenze scientifiche in PISA 2006**

Individuare questioni di carattere scientifico

- Riconoscere questioni che possono essere indagate in modo scientifico
- Individuare le parole chiave che occorrono per cercare 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

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. La domanda 2 di *Caccia all'assassino* (Esempio 1) chiede agli studenti di individuare una domanda cui non è possibile dare una risposta scientifica. L'*item* serve principalmente a valutare se gli studenti sappiano distinguere a quali domande è possibile dare una risposta scientifica (Conoscenza sulla scienza, categoria "indagine scientifica"), ma presuppone anche quel tanto di conoscenza della scienza (categoria "sistemi viventi") che è ragionevole ipotizzare che uno studente quindicenne possieda.

Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Gli studenti dimostrano di possedere la competenza definita come *dare una spiegazione scientifica dei fenomen*i 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. La domanda 1 di *Caccia all'assassino* (Esempio 1) chiede agli studenti di fare ricorso alla propria conoscenza della scienza (categoria "sistemi viventi") per riconoscere la giusta descrizione del DNA.

Usare prove basate su dati scientifici

La competenza definita come *usare prove basate su dati scientifici* richiede che gli studenti riconoscano nei dati raccolti scientificamente gli elementi a sostegno di affermazioni o di conclusioni. La risposta attesa può chiamare in causa la conoscenza sulla scienza, la conoscenza della scienza o entrambe. La domanda di *La malaria* (Esempio 2) chiede agli studenti di giungere a determinate conclusioni sulla base delle informazioni presentate e dei fatti riguardanti il ciclo vitale della zanzara presentati nello schema. L'*item* rileva principalmente se gli studenti sappiano interpretare una rappresentazione standard (un modello) di un ciclo vitale. Si tratta, dunque, di conoscenza sulla scienza (categoria "spiegazioni scientifiche". Vedi Figura 1.5).

Usare prove basate su dati scientifici significa anche accedere alle informazioni scientifiche ed elaborare argomentazioni e conclusioni basandosi sugli elementi forniti (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran,

Simon e Monk, 2001). Possono rientrare in questa competenza anche le 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.

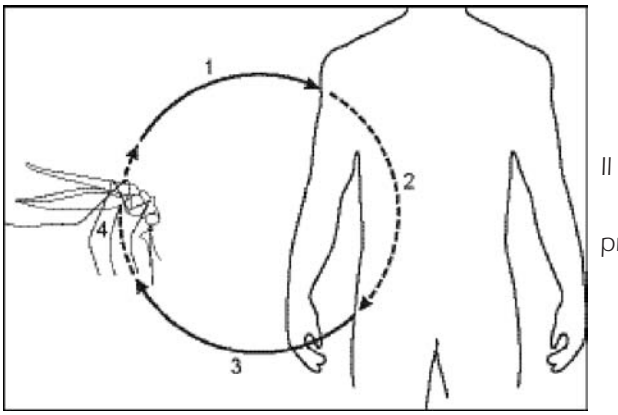
SCIENZE: ESEMPIO 2 – LA MALARIA

La malaria causa più di un milione di morti ogni anno. La lotta contro la malaria attraversa attualmente una crisi. Sono le zanzare a trasmettere il parassita della malaria da persona a persona. La zanzara portatrice della malaria è diventata resistente a molti insetticidi. Inoltre, le medicine contro il parassita della malaria diventano sempre meno efficaci.

Il ciclo vitale del parassita della malaria

1
Il parassita della malaria è trasmesso all'uomo da una puntura di zanzara.

4
Il parassita si riproduce anche nel corpo della zanzara, ma la zanzara non ne subisce gli effetti



2
Il parassita si riproduce nel corpo umano e provoca i primi sintomi della malattia.

3
Il parassita è trasmesso ad un'altra zanzara che punge la persona infetta.

DOMANDA 1: LA MALARIA

Qui sotto vengono presentati tre metodi per impedire la diffusione della malaria.
Quale fra le fasi (1, 2, 3 e 4) del ciclo vitale del parassita della malaria sono quelle direttamente in-

fluenzate da ciascuno dei metodi? Fai un cerchio intorno alla fase o alle fasi pertinente/i per ciascuno dei metodi proposti (ciascun metodo può influenzare più di una fase).

Metodo per impedire la diffusione della malaria	Fasi del ciclo vitale del parassita che ne sono influenzate			
Dormire sotto una zanzariera.	1	2	3	4
Prendere medicine contro la malaria.	1	2	3	4
Utilizzare insetticidi contro le zanzare.	1	2	3	4

CONOSCENZE SCIENTIFICHE

Come si è già detto, 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 PISA 2006 può rilevare soltanto una piccola porzione dell'insieme delle conoscenze scientifiche degli studenti, è importante che i criteri utilizzati per selezionare le conoscenze che verranno rilevate 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[3] 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 1.4 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 contesti *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 proprio per questa ragione; l'intenzione è quella di trasmettere l'idea che i cittadini devono comprendere i concetti delle scienze fisiche e biologiche, delle scienze della Terra e dell'Universo e della tecnologia nell'ambito di molti contesti differenti.

[3] La conoscenza di come si progettino o di come funzionino artefatti tecnologici (ad esempio, aeroplani, motori e computer) non viene data per scontata.

Gli esempi illustrati nella Figura 1.4 servono a dare il senso dell'organizzazione delle categorie e non hanno la pretesa di esaurire tutti gli argomenti che potrebbero rientrare in ciascuna delle categorie medesime. La domanda 1 di *Caccia all'assassino* (Esempio 1) rileva la *conoscenza della scienza* degli studenti riguardo alla categoria "sistemi viventi".

Figura 1.4 ■ **Le categorie della *conoscenza della scienza* in PISA 2006**

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 fra 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 fra 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)

Conoscenza sulla scienza

La Figura 1.5 mostra invece le categorie e gli esempi di contenuto per quanto riguarda la *conoscenza sulla scienza*. La prima categoria, "l'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 1.5 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 1.5 ■ **Le categorie della *conoscenza sulla scienza* in PISA 2006**

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)

L'Esempio 3 fa parte di una prova intitolata *Uno studio sul latte a scuola*, presenta una situazione di carattere storico e ha come area di applicazione la salute. Entrambi i quesiti rilevano la conoscenza sulla scienza degli studenti nella categoria *l'indagine scientifica*. La domanda 1 chiede agli studenti di individuare il possibile obiettivo della ricerca (competenza*: individuare questioni di carattere scientifico*). La classificazione della domanda 2, sotto il profilo delle competenze, è anch'essa quella di

individuare questioni di carattere scientifico (e non già *usare prove basate su dati scientifici*) poiché l'assunto più ovvio, cioè il fatto che i tre gruppi di scolari non differissero sotto nessun particolare aspetto, è connesso al disegno della ricerca presentato nella domanda.

SCIENZE: ESEMPIO 3 – UNO STUDIO SUL LATTE A SCUOLA

Nel 1930, fu condotto nelle scuole di una regione della Scozia uno studio su larga scala. Per quattro mesi, alcuni studenti ricevettero latte gratis, altri no. Gli insegnanti scelsero quali studenti avrebbero ricevuto il latte. Ecco che cosa accadde:

- 5.000 scolari ricevettero, ogni giorno di scuola, una certa quantità di latte non pastorizzato;
- altri 5.000 scolari ricevettero la stessa quantità di latte pastorizzato;
- 10.000 scolari non ricevettero affatto il latte.

Tutti i 20.000 scolari furono pesati e la loro altezza venne misurata all'inizio e alla fine dello studio.

DOMANDA 1: UNO STUDIO SUL LATTE A SCUOLA

È probabile che le seguenti domande fossero le domande di ricerca per questo studio?
Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna delle domande proposte.

È probabile che questa domanda fosse una delle domande di ricerca di questo studio?	Sì o No?
Che cosa bisogna fare per pastorizzare il latte?	Sì / No
Quale effetto ha sugli scolari bere una razione supplementare di latte?	Sì / No
Quale effetto ha la pastorizzazione del latte sulla crescita dei bambini?	Sì / No
Quale effetto ha sulla salute degli scolari vivere in regioni diverse della Scozia?	Sì / No

DOMANDA 2: UNO STUDIO SUL LATTE A SCUOLA

In media, i bambini che hanno ricevuto il latte durante lo studio sono cresciuti di più di peso e di altezza rispetto ai bambini che non hanno ricevuto il latte.

Una delle possibili conclusioni di questo studio è, dunque, che i bambini che bevono molto latte crescono più velocemente di quelli che non bevono molto latte.

Indica una condizione che deve essere rispettata dai due gruppi di studenti esaminati affinché si possa aver fiducia in questa conclusione.

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.

La valutazione delle competenze scientifiche di PISA 2006 adotta un approccio innovativo alla rilevazione degli atteggiamenti. Essa non si limita infatti a fare domande all'interno del Questionario studente su che cosa gli studenti pensino della scienza, ma chiede anche nella parte cognitiva del *test* di scienze quali siano i loro atteggiamenti nei confronti dei temi specifici sui quali sono valutati.

L'attenzione che l'indagine 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. La scelta di includere una rilevazione degli atteggiamenti e di altre aree specifiche in PISA 2006 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; Schibeci, 1984).

La rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006 ha valutato gli atteggiamenti degli studenti in tre aree: *interesse per la scienza*, *sostegno alla ricerca scientifica* e *responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente* (Vedi Figura 1.6). Tali aree sono state scelte poiché offrono un quadro, a livello internazionale, dell'idea che gli studenti hanno della scienza, di quali siano i loro atteggiamenti e i loro valori rispetto alla scienza in particolare e di quale responsabilità dimostrino nei confronti di specifici problemi che presentano ramificazioni a livello nazionale e internazionale. Non si è trattato, dunque, di una rilevazione degli atteggiamenti degli studenti nei confronti dei programmi scolastici di scienze o nei confronti degli insegnanti e i risultati potrebbero anche fornire informazioni sul problema emergente della diminuzione delle iscrizioni alle facoltà scientifiche.

L'interesse per la scienza è stato scelto per il rapporto ormai riconosciuto che lo lega al rendimento, alla scelta dei corsi, alle scelte professionali e all'apprendimento lungo l'arco della vita. Il rapporto che esiste fra interesse (individuale) per le scienze e rendimento è stato oggetto di ricerca per più di quarant'anni, sebbene l'esistenza di un legame di tipo causale sia ancora materia di dibattito (vedi, ad esempio, Baumert e Köller, 1998; Osborne, Simon e Collins, 2003). L'interesse degli studenti per la scienza viene rilevato, in Pisa 2006, raccogliendo informazioni sul loro impegno nei confronti di problemi sociali legati alla scienza, sulla loro disponibilità ad acquisire conoscenze e abilità di tipo scientifico e sul loro prendere in considerazione una professione in ambito scientifico.

Il sostegno alla ricerca scientifica è comunemente considerato un obiettivo fondamentale dell'insegnamento scientifico e fa quindi parte della rilevazione. Si tratta di un costrutto simile a quello

dell'"adozione di atteggiamenti scientifici" definito da Klopfer (1971). Apprezzamento e sostegno nei confronti della ricerca scientifica presuppongono, infatti, che lo studente, nel momento in cui si trova ad affrontare situazioni reali connesse alla scienza, dia valore alle modalità scientifiche di raccogliere dati, al pensiero creativo, al ragionamento logico, al rispondere in modo critico e al comunicare le conclusioni a cui si arriva. In PISA 2006, quest'area comprende anche il fare ricorso a dati di fatto (e a conoscenze) per prendere decisioni e il considerare importanti la logica e la razionalità per arrivare a formulare conclusioni.

La responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente non soltanto è causa di preoccupazione a livello internazionale ma riveste anche un'importanza di tipo economico. Gli atteggiamenti in tale area sono stati materia di approfondite ricerche sin dagli anni '70 (vedi, ad esempio, Bogner e Wiseman, 1999; Eagles e Demare, 1999; Weaver 2002; Rickinson 2001). Nel Dicembre 2002, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha adottato la risoluzione 57/254, che ha proclamato, a partire dal 1 gennaio 2005, il Decennio dell'Educazione allo Sviluppo Sostenibile dell'ONU (UNESCO 2003). Lo *Schema Internazionale d'Implementazione per il Decennio delle Nazioni Unite dell'Educazione per lo Sviluppo Sostenibile* (UNESCO, settembre 2005) individua l'ambiente come una delle tre sfere della sostenibilità (accanto alla società – ivi compresa la cultura – e all'economia) che dovrebbero entrare a far parte di tutti i programmi per lo sviluppo sostenibile.

PISA 2006 raccoglie dati sugli atteggiamenti degli studenti nelle tre aree descritte sia attraverso domande poste nel Questionario studente sia attraverso *item* contestualizzati nel *test*, ovvero quesiti sugli atteggiamenti nei confronti di determinati temi posti immediatamente dopo i quesiti cognitivi su quegli stessi temi. Il Questionario studente raccoglie informazioni sugli atteggiamenti degli studenti in maniera non contestualizzata in tutte e tre le aree: interesse per la scienza, sostegno alla ricerca scientifica e responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente. Il questionario raccoglie, inoltre, i dati che riguardano il coinvolgimento degli studenti nelle discipline scientifiche (ad esempio, autoefficacia, il piacere di studiare le scienze e la frequenza di attività scientifiche extra-scolastiche), nonché il punto di vista degli studenti sul valore che le scienze assumono nella loro vita (ad esempio, rispetto alle scelte future di studio o di lavoro) e nella società (ad esempio, vantaggi di carattere sociale ed economico).

Gli *item* contestualizzati, invece, sono utilizzati per rilevare l'interesse a sapere qualcosa di più sugli argomenti scientifici proposti e il sostegno nei confronti della ricerca scientifica. Gli *item* contestualizzati costituiscono un valore aggiunto per la rilevazione in quanto forniscono dati riguardo a eventuali differenze fra gli atteggiamenti degli studenti rilevati in un determinato contesto o al di fuori di un contesto, a possibili differenze fra un contesto e un altro e all'eventuale correlazione tra atteggiamenti e prestazioni relativi alla stessa prova. Un aspetto dell'*interesse per la scienza* (e più precisamente l'interesse a saperne di più sugli argomenti trattati) e del *sostegno alla ricerca scientifica* è stato rilevato nel test grazie agli *item* inseriti nelle prove e relativi a temi di carattere *personale*, *sociale* e *globale*.

I risultati di PISA 2006 forniranno informazioni importanti per i responsabili delle politiche educative dei paesi partecipanti. La ricca messe di informazioni ricavata combinando i dati ottenuti attraverso i questionari con quelli derivanti dagli *item* di atteggiamento contestualizzati dovrebbe

produrre nuove conoscenze riguardo alla disposizione degli studenti nei confronti di comportamenti coerenti con una *literacy scientifica*. Inoltre, visto che in letteratura esistono tesi contrastanti circa l'esistenza di una correlazione fra atteggiamenti e rendimento nelle scienze, resta da vedere come i dati riguardanti gli atteggiamenti degli studenti (ovvero riguardanti il loro *interesse per la scienza*, il loro *sostegno alla ricerca scientifica* e la loro *responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente*) raccolti per mezzo del test e del questionario correlino con le prestazioni degli studenti. Gli altri dati ottenuti attraverso il questionario, quali quelli sull'impegno nelle scienze e i comportamenti legati alla scienza, saranno comunque pubblicati e messi in correlazione con le prestazioni.

Figura 1.6 ■ **Le aree per la rilevazione degli atteggiamenti in PISA 2006**

Interesse per la scienza

- Esprimere curiosità nei confronti della scienza e di questioni e sfide di carattere scientifico
- Dimostrare la volontà di acquisire ulteriori conoscenze e abilità scientifiche, servendosi di una pluralità di metodi e di risorse
- Dimostrare la volontà di andare in cerca di informazioni e di avere un interesse non sporadico per le scienze, anche prendendo in considerazione una futura professione in ambito scientifico

Sostegno alla ricerca scientifica

- Riconoscere l'importanza di prendere in considerazione prospettive e argomentazioni scientifiche differenti
- Sostenere il ricorso a informazioni fattuali e a spiegazioni razionali
- Manifestare la necessità di adottare processi logici e rigorosi per trarre conclusioni

Responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente

- Mostrare di sentirsi responsabili in prima persona del mantenimento di un ambiente sostenibile
- Dimostrare consapevolezza rispetto alle conseguenze sull'ambiente delle azioni individuali
- Dimostrare la volontà di agire per conservare le risorse naturali

Rilevare la *literacy scientifica*

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 1.3) all'interno di un contesto (vedi Figura 1.2). Ciò implica l'applicazione di conoscenze scientifiche (vedi Figure 1.4 e 1.5) e riflette aspetti degli atteggiamenti dei rispondenti nei confronti di temi e problemi di carattere scientifico (vedi Figura1.6).

La Figura 1.7 è una variazione della Figura 1.1 e presenta le componenti base del quadro di riferimento di PISA per la rilevazione della *literacy scientifica* del 2006 in modo da consentire la messa in relazione del quadro di riferimento medesimo con la struttura e con il contenuto delle prove. La Figura 1.7 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 di rilevazione si possono infatti assumere come punto di partenza sia i contesti utilizzabili come materiale-stimolo, sia le competenze richieste per rispondere alle domande o ai problemi, oppure le conoscenze e gli atteggiamenti che l'esercizio comporta.

Ciascuna prova comprende un materiale-stimolo che può essere costituito da un breve testo o dalle note scritte che accompagnano una tabella, una figura, un grafico o un diagramma, cui segue un insieme di quesiti di vario tipo a ciascuno dei quali è assegnato un punteggio indipendente, come illustrato nei tre esempi già presentati (*Caccia all'assassino*, *La malaria* e *Uno studio sul latte a scuola*) e dagli esempi aggiuntivi dell'Appendice A.

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.

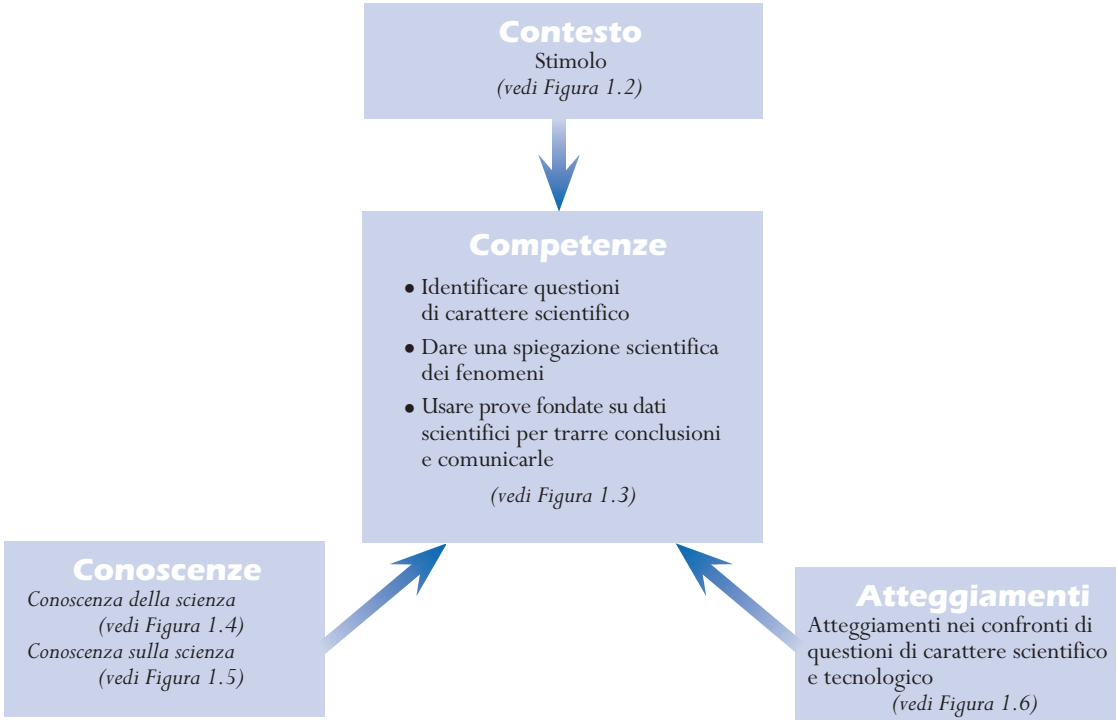
Le prove del test di PISA 2006 incorporano fino a un massimo di quattro *item* cognitivi che rilevano le competenze scientifiche degli studenti. Ciascun *item* implica il ricorso privilegiato a una delle competenze scientifiche descritte e chiama in causa in maniera predominante ora la conoscenza della 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 (semplici) che richiedono la scelta di un'unica risposta fra le quattro proposte. Un ulteriore terzo richiede risposte aperte univoche, come nel caso della domanda 2 di *La malaria* (Esempio 2), oppure è costituito da quesiti a scelta multipla complessi. La domanda 1 di *Uno studio sul latte a scuola* (Esempio 3) che chiede allo studente di rispondere a una serie di domande "Sì/No" collegate fra loro è un tipico esempio di quesito a scelta multipla complesso. L'ultimo terzo degli *item* proposti è costituito invece da quesiti a risposta aperta articolata, come nel caso della domanda 2 di *Uno studio sul latte a scuola* (Esempio 3) e richiede allo studente una risposta relativamente estesa per iscritto o in formato grafico.

I quesiti a scelta multipla, così come quelli a risposta aperta univoca, possono essere validamente utilizzati per rilevare gran parte dei processi cognitivi che le tre competenze scientifiche comportano, mentre i quesiti a risposta aperta articolata offrono l'opportunità di rilevare l'abilità di comunicazione.

Sebbene la maggioranza dei quesiti abbiano punteggio dicotomico (ovvero risposta corretta o non corretta), alcuni dei quesiti a scelta multipla complessa o a risposta aperta prevedono anche un punteggio parziale, ovvero un punteggio per lo studente che fornisca non l'intera risposta corretta ma solo parte di essa. Per ciascun *item* con punteggio parziale viene fornita una guida dettagliata alla codifica che spiega come assegnare "punteggio pieno", "punteggio parziale" e "nessun punteggio". 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", sebbene possa anche non essere, in senso assoluto, corretta da un punto di vista scientifico, 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 1 di *La malaria* (Esempio 2) è un *item* a punteggio parziale e il suo schema di correzione (guida alla codifica) è illustrato nell'Esempio 4.

Figura 1.7 ■ **Uno strumento per costruire e analizzare le prove e gli *item***



SCIENZE: ESEMPIO 4 – LA MALARIA (Indicazioni per la correzione: Domanda 1)

Punteggio pieno

Codice 2: Tutte e tre le risposte sono corrette. [1 e 3]; [2] e [1, 3 e 4] in quest'ordine.

Punteggio parziale

Codice 1: Due risposte corrette su tre OPPURE un numero corretto per ogni riga.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

La maggior parte delle nuove prove, entrate a far parte della rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006, contiene un *item* che rileva l'interesse dello studente per l'apprendimento delle scienze o un *item* che rileva il sostegno che egli manifesta per la ricerca scientifica oppure entrambi e la domanda 3 della prova *Caccia all'assassino*, di seguito riportata come Esempio 5, ne è un esempio. Allo scopo di rilevare l'interesse degli studenti a saperne di più riguardo l'applicazione delle scienze alla soluzione dei crimini, questo *item* richiede loro di indicare il proprio livello di interesse rispetto a tre diversi compiti. In questo esempio si è scelto di adottare un formato di risposta unipolare ("Molto interessato", "Mediamente interessato", "Poco interessato" e "Per niente interessato") piuttosto che il tradizionale formato bipolare ("Molto d'accordo", "D'accordo", "In disaccordo" e "Molto in disaccordo") per limitare il condizionamento delle risposte dovuto alla desiderabilità sociale.

SCIENZE: ESEMPIO 5 – CACCIA ALL'ASSASSINO (QUESITO DI ATTEGGIAMENTO)

DOMANDA 1.3

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Saperne di più su come si usa il DNA per risolvere i crimini.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Imparare di più su come funziona la costruzione dei profili genetici.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Comprendere meglio come sia possibile risolvere i crimini servendosi della scienza.	☐1	☐2	☐3	☐4

Nel test effettivamente somministrato, gli *item* di atteggiamento sono contraddistinti da un riquadro grigio per ricordare allo studente di contressegnare, per ciascuna affermazione, la casella che meglio corrisponde alla sua opinione riguardo all'affermazione stessa. Inoltre le "Istruzioni generali" all'inizio di ogni fascicolo contengono la seguente raccomandazione:

> In alcune domande si chiede il vostro atteggiamento o la vostra opinione rispetto ad alcuni argomenti. Queste domande sono state inserite in un riquadro grigio, per ricordarvi che NON prevedono una risposta giusta o sbagliata e che NON concorrono al risultato della prova, ma è importante che voi rispondiate sinceramente.

Il fatto che lo studente debba possedere un certo grado di *literacy in lettura* per poter comprendere quesiti scritti 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 rilevano prevalentemente la *literacy in lettura* o la *literacy matematica*.

Struttura della rilevazione delle competenze scientifiche

È importante che nel *test* esista un equilibrio fra i quesiti che rilevano le varie componenti presentate nel quadro di riferimento per la *literacy scientifica*. La Figura 1.8 illustra l'equilibrio desiderato fra i quesiti riguardanti la conoscenza della scienza e quelli riguardanti la conoscenza sulla scienza. Tale equilibrio è espresso in termini di percentuale di punti assegnati a ciascuna categoria in rapporto al punteggio totale. La Figura 1.8 mostra anche la distribuzione desiderata dei punteggi suddivisa a seconda delle diverse categorie della conoscenza della scienza e della conoscenza sulla scienza.

Figura 1.8 ■ **Distribuzione desiderata dei punteggi in relazione alle conoscenze**

Conoscenza della scienza	**Percentuale dei punti assegnati**
Sistemi chimici e fisici	15-20
Sistemi viventi	20-25
Sistemi della Terra e dell'Universo	10-25
Sistemi tecnologici	5-10
Totale parziale	60-65
Conoscenza sulla scienza	
Indagine scientifica	15-20
Spiegazioni di carattere scientifico	15-20
Totale parziale	35-40
Totale	**100**

La distribuzione desiderata, per quel che riguarda le competenze scientifiche è illustrata nella Figura 1.9.

Figura 1.9 ■ **Distribuzione desiderata dei punteggi in relazione alle competenze scientifiche**

Competenze scientifiche	**Percentuale dei punti assegnati**
Individuare questioni di carattere scientifico	25-30
Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni	35-40
Usare prove basate su dati scientifici	35-40
Totale	**100**

I contesti dei quesiti spaziano fra situazioni di tipo personale, sociale e globale secondo un rapporto approssimato di 1:2:1. I campi di applicazione utilizzate nelle prove sono stati i più vari possibile tenendo conto dei diversi vincoli illustrati nei due paragrafi precedenti.

Circa il 60% delle prove contiene uno o due *item* di atteggiamento che rilevano *l'interesse* degli studenti *per lo studio delle scienze* o il loro *sostegno alla ricerca scientifica*. Rispondere a tali *item* richiede circa l'11% del tempo totale di risposta. Allo scopo di facilitare la comparabilità diacronica delle prestazioni, agli *item* di ancoraggio già utilizzati nelle due precedenti rilevazioni non sono stati associati *item* di atteggiamento.

Presentazione dei risultati nella literacy scientifica

Per rispondere agli obiettivi di PISA è essenziale sviluppare scale di rendimento degli studenti. Il processo per giungere a una scala deve avere carattere iterativo. La costruzione di una scala deve essere un processo iterativo, per cui le formulazioni iniziali, basate sui risultati delle prove sul campo e delle rilevazioni di Pisa 2000 e 2003 – così come su precedenti esperienze nella rilevazione del rendimento nelle scienze e sui risultati delle ricerche sull'apprendimento e sullo sviluppo cognitivo in ambito scientifico – sono suscettibili di essere riviste alla luce dei dati progressivamente raccolti nell'indagine in corso e in quelle future.

La costruzione delle scale è resa più semplice dal fatto che gli *item* utilizzati per la rilevazione si differenziano per diversi livelli di difficoltà. Fra i fattori che determinano la difficoltà dei quesiti per verificare il rendimento nelle scienze vi sono:

- la generale complessità del contesto;
- il livello di familiarità con la terminologia, i concetti e i processi scientifici coinvolti;
- la lunghezza della concatenazione logica indispensabile 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.

In PISA 2000, quando le scienze erano un ambito secondario e il tempo della rilevazione limitato, il rendimento degli studenti nelle scienze era riportato su una scala di competenza con media pari a 500 e deviazione standard pari a 100. Sebbene allora non fossero stati identificati livelli di competenza, era già possibile descrivere quali processi (cioè quali competenze scientifiche) gli studenti fossero in grado di attivare in tre punti della scala (OECD, 2001):

- all'estremo superiore della scala della *literacy scientifica* (attorno ai 690 punti), gli studenti sono generalmente in grado di elaborare o utilizzare semplici modelli concettuali per fare previsioni o per fornire spiegazioni; di analizzare indagini scientifiche per comprenderne, ad esempio, il progetto sperimentale o per identificare l'ipotesi da verificare; di confrontare dati per valutare punti di vista alternativi o prospettive differenti; di comunicare argomentazioni e/o descrizioni di carattere scientifico in maniera dettagliata e precisa;

- intorno ai 550 punti, gli studenti sono solitamente in grado di servirsi di conoscenze scientifiche per fare previsioni o per fornire spiegazioni, di distinguere le domande alle quali è possibile rispondere attraverso l'indagine scientifica e/o di individuare nel dettaglio gli elementi che caratterizzano un'indagine scientifica e sono anche in grado di selezionare le informazioni pertinenti tra più informazioni – o più concatenazioni logiche – tra loro contrapposte per trarre o valutare conclusioni;

- all'estremo inferiore della scala (attorno ai 400 punti) gli studenti sono in grado di richiamare alla mente semplici conoscenze fattuali di carattere scientifico – ad esempio nomi, cifre, termini e semplici regole – e di servirsi di comuni conoscenze scientifiche per trarre o valutare conclusioni.

In PISA 2003, i risultati nella *literacy scientifica* sono stati presentati con modalità analoghe a quelle utilizzate nel 2000 (OECD, 2004). Nel 2006, tuttavia, con le scienze come ambito principale e con il conseguente aumento del tempo di rilevazione dedicato alle scienze, dovrebbe essere possibile costruire scale separate basate sulle competenze scientifiche oppure sulle due componenti delle conoscenze.

In PISA 2000 e 2003 i livelli di prestazione in scienze sono stati presentati su una scala in termini di competenze scientifiche come illustrato nella Figura 1.3. Esaminando le descrizioni possiamo ricavare l'articolazione per ciascuna delle scale di competenza di PISA 2006. Ad esempio, la Figura 1.10 illustra l'articolazione della scala ricavata dalla competenza *Usare prove fondate su dati scientifici*.

Figura 1.10 ■ **Esempio di scala basata sulle competenze**

Alto	È in grado di confrontare dati per valutare punti di vista alternativi o prospettive differenti; è in grado di comunicare argomentazioni e/o descrizioni di carattere scientifico in maniera dettagliata e precisa.
	È capace di selezionare le informazioni pertinenti tra più informazioni, o più concatenazioni logiche, tra loro contrapposte per trarre o valutare conclusioni.
Basso	È capace di servirsi di comuni conoscenze scientifiche per trarre o valutare conclusioni.

In alternativa, dovrebbe essere possibile presentare i risultati su due scale separate, una per ciascuna delle componenti della conoscenza, conoscenza della scienza e conoscenza sulla scienza. Le competenze diventerebbero dunque centrali nel descrivere i livelli di *prestazione* per le due scale basate sulle conoscenze. Le decisioni riguardo alle scale che saranno effettivamente utilizzate nella presentazione dei risultati e sul numero dei livelli di *competenza* da individuare saranno prese solo a seguito dell'analisi dei dati del 2006.

Grazie ai dati ottenuti attraverso gli *item* di atteggiamento contestualizzati e il Questionario studente, dovrebbe essere possibile preparare scale attendibili anche per *l'interesse per la scienza* e per *il sostegno alla ricerca scientifica*. Una scala per *la responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente* verrà costruita a partire dai dati raccolti con il Questionario studente.

I punteggi riguardanti gli *item* di atteggiamento non verranno inclusi nel punteggio complessivo della *literacy scientifica*, ma andranno piuttosto a delineare una delle componenti del profilo della *literacy scientifica* dello studente.

CONCLUSIONI

Nel 2006, per la prima volta, le scienze hanno costituito l'ambito di rilevazione principale. La definizione di *literacy scientifica* è stata dunque rielaborata e ampliata rispetto a quella utilizzata nel 2000 e nel 2003. L'innovazione principale è stata quella di includere gli atteggiamenti che le questioni di carattere scientifico suscitano negli studenti non soltanto nel questionario di contesto, ma in ulteriori domande sugli atteggiamenti nei confronti di temi di carattere scientifico affiancate agli *item* cognitivi riguardanti gli stessi argomenti. Inoltre, è stata posta una maggiore enfasi sulla comprensione, da parte degli studenti, della natura e dei metodi propri della scienza in quanto tale (ovvero delle loro conoscenze sulla scienza) e del ruolo della tecnologia fondata sulla scienza.

La definizione di *literacy scientifica* adottata da PISA 2006 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. La capacità degli studenti di attivare tali compe-

tenze dipende dalle loro conoscenze scientifiche, sia dalle conoscenze sul mondo naturale sia dalle conoscenze sulla scienza in quanto tale, e dai loro atteggiamenti nei confronti delle questioni scientifiche.

Il presente quadro di riferimento descrive e illustra le competenze scientifiche rilevate in PISA 2006 (vedi Figura 1.11) e i contesti utilizzati nei quesiti. Tali quesiti sono raggruppati in prove ciascuna delle quali si apre con uno stimolo che propone il contesto al quale i quesiti si riferiscono. Gli *item* utilizzati sono di vario tipo e alcuni di essi ricevono anche un punteggio parziale. Quesiti di atteggiamento sono stati integrati in più della metà delle prove cognitive per un totale di circa l'11% del tempo totale di rilevazione.

Figura 1.11 ■ **Componenti principali della rilevazione della *literacy scientifica* di PISA 2006**

Competenze	Conoscenze	Atteggiamenti
Individuare questioni di carattere scientifico. Dare una spiegazione scientifica dei fenomeni. Usare prove fondate su dati scientifici	Conoscenza della scienza sistemi chimici e fisici sistemi viventi sistemi della Terra e dell'Universo sistemi tecnologici Conoscenza sulla scienza indagine scientifica spiegazioni di carattere scientifico	Interesse per la scienza[1] Sostegno alla ricerca scientifica Responsabilità nei confronti delle risorse e dell'ambiente[2]

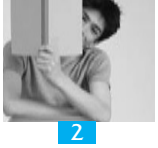
1. Gli item contestualizzati rilevano "l'interesse per lo studio delle scienze".
2. Non viene rilevata attraverso gli item contestualizzati.

Il rapporto fra i quesiti che rilevano la conoscenza della scienza e quelli che rilevano la conoscenza sulla scienza è di circa 3:2, mentre ciascuna delle tre competenze scientifiche viene rilevata da almeno il 25% dei quesiti. Ciò dovrebbe consentire di costruire scale separate – con la descrizione dei livelli di competenza – per ciascuna delle competenze e per i due tipi di conoscenza. Dovrebbero essere costruite scale anche per gli atteggiamenti rilevati attraverso gli item contestualizzati.

Ulteriori esempi che illustrano il quadro di riferimento per la rilevazione delle competenze scientifiche di PISA 2006 si trovano nell'Appendice A.

2

La literacy in lettura



DEFINIZIONE DELL'AMBITO

Le definizioni di lettura e di *literacy in lettura* sono cambiate nel tempo contestualmente ai cambiamenti avvenuti nella società, nell'economia e nella cultura. Il concetto di apprendimento e, in particolare, quello di apprendimento per tutta la vita (*lifelong learning*), hanno ampliato sia la definizione di *literacy in lettura* sia le sue componenti. La *literacy* non è più considerata un'abilità che si acquisisce unicamente nell'infanzia, durante i primi anni di scuola, ma piuttosto come un insieme di conoscenze, abilità e strategie in continua evoluzione, che gli individui sviluppano nel corso della vita, attraverso le interazioni con i pari e con i gruppi più ampi di cui fanno parte.

Attraverso un processo di costruzione del consenso, che ha coinvolto esperti di comprensione della lettura selezionati dai paesi partecipanti e comitati consultivi di PISA, si è giunti ad adottare per l'indagine la seguente definizione di *literacy in lettura*:

> *Literacy in lettura* significa comprendere, utilizzare e riflettere su testi scritti al fine di raggiungere i propri obiettivi, di sviluppare le proprie conoscenze e le proprie potenzialità e di svolgere un ruolo attivo nella società.

Tale definizione intende superare la nozione di *literacy in lettura* come mera decodifica e comprensione letterale a favore di un'interpretazione che implichi la comprensione, l'uso e la riflessione sull'informazione scritta per una varietà di scopi differenti. Così facendo, essa tiene conto del ruolo attivo e interattivo giocato dal lettore nel ricavare un significato dal testo scritto. La definizione, inoltre, tiene conto della pluralità di situazioni nelle quali la *literacy in lettura* gioca un ruolo nella vita di un giovane: dalla sfera privata a quella pubblica, dalla scuola al lavoro, dalla sfera della cittadinanza attiva fino all'apprendimento per tutta la vita. Essa è inoltre coerente con l'idea che la *literacy* permetta di realizzare le proprie aspirazioni individuali, sia che si tratti di aspirazioni ben definite, come ad esempio conseguire un diploma o ottenere un posto di lavoro, sia che si tratti di obiettivi meno immediati che arricchiscono e accrescono la vita personale di ciascuno. La *literacy*, inoltre, mette a disposizione del lettore quegli strumenti linguistici che la società moderna – con le sue istituzioni, la sua burocrazia diffusa e i suoi complessi sistemi legali – richiede con sempre maggiore insistenza.

I lettori, mentre tentano di comprendere ciò che leggono e di servirsene, reagiscono ai testi che si trovano di fronte in modi diversi. Tale dinamica è influenzata da una molteplicità di fattori, su alcuni dei quali è possibile intervenire deliberatamente, nell'ambito di indagini su larga scala come PISA. Fattori di questo tipo sono da considerare, ad esempio, la situazione di lettura, la struttura stessa del testo e le caratteristiche dei quesiti relativi al testo. Tutti questi fattori sono stati considerati aspetti importanti del processo di comprensione della lettura e sono stati presi in considerazione nella fase di costruzione dei quesiti adoperati nell'indagine.

Affinché il formato del testo, le caratteristiche degli *item* e le situazioni possano essere utilizzati nella messa a punto degli strumenti per la rilevazione – e successivamente nell'interpretazione dei risultati – è necessario specificare i diversi valori che ciascuno di questi fattori può assumere. Ciò ha consentito di classificare ciascuna prova in modo che fosse possibile tener conto del peso di ogni componente nella messa a punto definitiva degli strumenti d'indagine.

FORMATO DEL TESTO

La distinzione fra testi continui e testi non continui è al centro della rilevazione PISA.

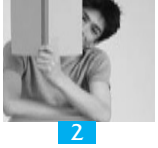
- *I testi continui* sono normalmente costituiti da frasi raggruppate in paragrafi. Questi ultimi, a loro volta, possono far parte di strutture più ampie come sezioni, capitoli e libri. La principale classificazione dei testi continui si basa sul loro fine retorico, ovvero sul tipo di testo.

- *I testi non continui* (o documenti, come sono a volte chiamati a seconda dell'approccio metodologico) possono essere classificati in due modi. Il primo è l'approccio basato sulla struttura formale, utilizzato da Kirsch e Mosenthal (1989-1991) nei loro studi, in cui si classificano i testi non continui in base ai diversi tipi di liste su cui tali testi si fondano. L'approccio di Kirsch e Mosenthal è utile per comprendere somiglianze e differenze fra i diversi tipi di testi non continui. Il secondo metodo di classificazione fa riferimento alle descrizioni abituali del formato di questo tipo di testi. Ed è in base a questo secondo approccio che è stata definita la classificazione dei testi non continui in PISA.

Testi continui

I tipi di testo corrispondono a modi standard di classificare i testi continui in base al loro contenuto e all'intento dell'autore.

- I *testi narrativi* sono testi nei quali le informazioni riguardano le proprietà degli oggetti nel tempo. Le domande tipiche alle quali rispondono i testi narrativi sono: "*quando?*", o anche, "*in che ordine?*".
- I *testi informativi* sono testi nei quali l'informazione è presentata sotto forma di concetti o costrutti mentali compositi, o attraverso gli elementi in cui tali concetti o costrutti possono essere analizzati. Questi testi forniscono una spiegazione di come questi elementi costitutivi siano integrati in un *unicum* dotato di proprio significato e spesso rispondono a domande del tipo: "*come?*".
- I *testi descrittivi* forniscono informazioni circa le proprietà degli oggetti nello spazio. Essi rispondono in primo luogo a domande del tipo: "*che cosa?*".
- I *testi argomentativi* presentano proposizioni che riguardano le relazioni fra concetti o con altre proposizioni. I testi argomentativi rispondono spesso a domande del tipo: "*perché?*". Una sottocategoria importante dei testi argomentativi è quella dei testi persuasivi.
- I *testi di istruzioni* (detti anche *testi conativi*) sono testi che forniscono indicazioni su che cosa fare. In tale categoria rientrano testi che contengono procedure, regole, regolamenti e statuti che regolano determinati comportamenti.
- I *documenti* o *atti ufficiali* sono testi costruiti per standardizzare e conservare l'informazione. Tali testi possono essere connotati da caratteristiche testuali e grafiche altamente formalizzate.
- L'*ipertesto* è un insieme di caselle di testo collegate fra loro in modo tale che si possa fruire delle singole unità secondo sequenze diverse e che chi legge possa ricostruire le informazioni seguendo diversi percorsi di lettura.



Testi non continui

I testi non continui sono organizzati diversamente dai testi continui e richiedono quindi un diverso approccio di lettura. Classificare i testi non continui in base al loro formato – come si vede di seguito – è un metodo pratico per stabilire quali tipi di testi non continui possano essere inclusi nella rilevazione.

- *I grafici* sono rappresentazioni iconiche di dati. Sono utilizzati per sostenere le argomentazioni scientifiche e anche in riviste o giornali per presentare informazioni numeriche e tabellari in formato iconico.
- Le *tabelle* sono matrici a righe e colonne. Generalmente tutte le voci di ciascuna riga e di ciascuna colonna presentano proprietà comuni, e le intestazioni delle righe e delle colonne fanno parte integrante dell'informazione del testo. Tipi comuni di tabelle sono gli orari, i fogli di calcolo, i moduli d'ordinazione e gli indici.
- Le *figure* spesso accompagnano descrizioni tecniche (quali ad esempio quelle che illustrano i componenti di un elettrodomestico), testi informativi e istruzioni (quali ad esempio, quelle che spiegano come montare un elettrodomestico). È utile distinguere le figure che illustrano procedure (come fare qualcosa) da quelle che illustrano processi (come funziona qualcosa).
- Le *mappe* sono testi non continui che indicano le relazioni geografiche fra luoghi fisici. Esistono numerosi tipi di mappe. Le carte stradali indicano le distanze e i percorsi fra determinati luoghi. Le carte tematiche indicano le relazioni fra il territorio e le sue caratteristiche sociali o fisiche.
- I *moduli* sono testi strutturati e formattati con i quali si chiede al lettore di fornire determinate informazioni. Molte organizzazioni utilizzano moduli per raccogliere dati. I moduli spesso contengono risposte strutturate o pre-codificate. Dichiarazioni dei redditi, moduli per richiedere il permesso di soggiorno, moduli per richiedere il visto, domande di assunzione e questionari sono esempi tipici di questo tipo di testi.
- I *fogli informativi* forniscono informazioni anziché richiederle come i moduli. Essi presentano le informazioni in forma sintetica e strutturata, in un formato che consente al lettore di localizzarle facilmente e velocemente. I fogli informativi possono contenere diversi tipi di testo, o anche elenchi, tabelle, figure e utilizzare una grafica sofisticata (titoli, caratteri, rientri e cornici), accorgimenti utili per sintetizzare ed evidenziare le informazioni. Orari, listini dei prezzi, cataloghi e programmi costituiscono un esempio di questo tipo di testi non continui.
- Gli *annunci* e le *pubblicità* sono documenti che invitano il lettore a fare qualcosa, come, ad esempio, comprare un prodotto o un servizio, partecipare ad una manifestazione o ad una riunione, eleggere un candidato ad una carica pubblica, ecc. Il fine di tali documenti è quello di convincere il lettore. Essi offrono qualcosa e richiedono, allo stesso tempo, di prestare attenzione e di fare qualcosa. Pubblicità, inviti, convocazioni, avvisi e annunci sono esempi di questo tipo di testo.
- Le *ricevute* e i *buoni* servono a certificare che il possessore è autorizzato a usufruire di determinati servizi. Le informazioni che contengono devono essere sufficienti a dimostrarne la validità. Biglietti e fatture sono esempi di questo tipo di testi.

- I *certificati* sono testi che attestano la validità di un accordo o di un contratto. In essi è il contenuto più che l'aspetto grafico a essere formalizzato. Solitamente richiedono la firma di una o più persone autorizzate e abilitate a certificare la validità delle dichiarazioni contenute nel documento. Garanzie, certificati scolastici, diplomi, contratti, ecc. sono documenti con tali caratteristiche.

La distribuzione e la varietà dei testi che sono proposti agli studenti in PISA costituiscono caratteristiche essenziale della rilevazione. La Figura 2.1 mostra la distribuzione delle prove in base alla distinzione tra testi continui e non continui in PISA 2000 (in cui la lettura era ambito principale) e in PISA 2003 e 2006 (in cui la lettura era ambito secondario). Si può facilmente osservare come, sia nel 2000 sia nel 2003 e nel 2006, i testi continui rappresentino circa i due terzi delle prove o degli *item* usati nella rilevazione. All'interno di questa categoria, in entrambi i cicli, la percentuale più elevata è rappresentata da testi di tipo informativo.

Figura 2.1 ■ **Distribuzione dei compiti di comprensione della lettura per formato e tipo del testo**

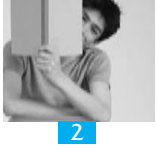
Lettura come ambito principale (PISA 2000)
Lettura come ambito secondario (PISA 2003 e 2006)

Formato e tipo di testo	Percentuale dei quesiti per formato e tipo di testo (%)		Percentuale dei quesiti per formato e tipo di testo in riferimento all'intera prova cognitiva (%)	
TESTI CONTINUI				
Narrativi	21	17	14	11
Informativi	36	67	24	43
Descrittivi	14	17	9	11
Argomentativi e persuasivi	20	-	13	-
Conativi	10	-	7	-
Totale[1]	**100**	**100**	**68**	**64**
TESTI NON CONTINUI				
Grafici	37	20	12	7
Tabelle	29	40	9	14
Figure	12	-	4	-
Mappe	10	10	3	4
Moduli	9	30	3	10
Annunci e pubblicità	2	-	1	-
Totale[1]	**100**	**100**	**34**	**37**

1. Le somme non corrispondono sempre ai totali a causa degli arrotondamenti.

CARATTERISTICHE DEI QUESITI

Tre tipi di variabili servono a descrivere le caratteristiche dei quesiti: i processi (o aspetti), che caratterizzano il compito che lo studente deve svolgere; il tipo di quesito, che stabilisce in che modo lo studente debba dimostrare la propria capacità rispetto al compito proposto; lo schema di codi-



fica delle risposte, che specifica come debbano essere valutate le risposte degli studenti. Tutte le caratteristiche saranno esaminate una per una, sebbene la prima richieda un'attenzione assai maggiore delle altre.

Cinque processi (o aspetti)

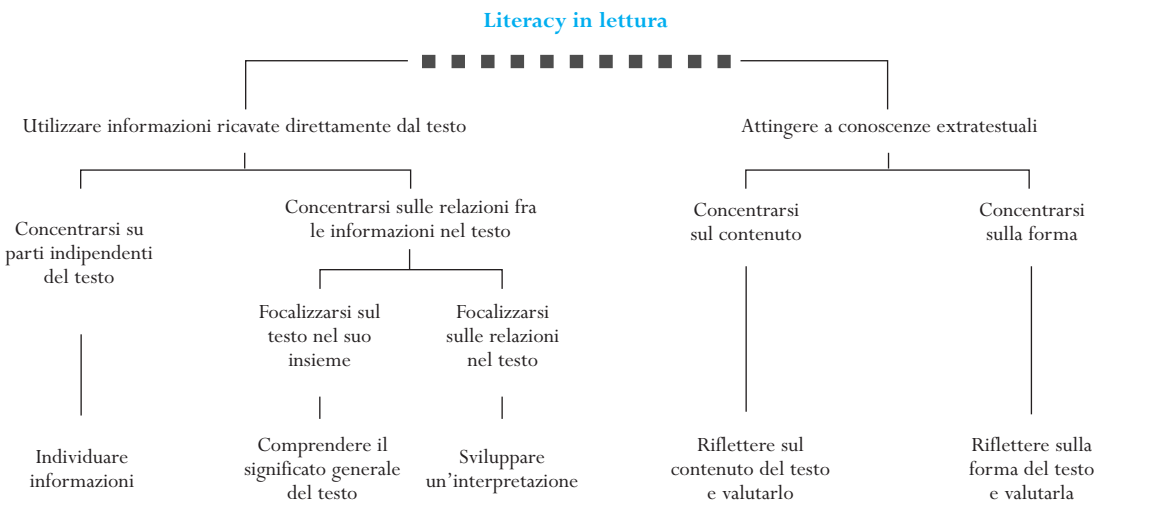
Nel tentativo di mettere a punto situazioni di lettura autentiche, PISA rileva i seguenti cinque aspetti associati alla piena comprensione di un testo, sia esso continuo o non continuo. Gli studenti devono dimostrare il proprio livello di competenza per ciascuno dei seguenti aspetti:

- *individuare informazioni;*
- *comprendere il significato generale del testo;*
- *sviluppare un'interpretazione;*
- *riflettere sul contenuto del testo e valutarlo;*
- *riflettere sulla forma del testo e valutarla.*

La piena comprensione di un testo implica l'attivazione di tutti questi processi. Ci si aspetta che tutti i lettori, a prescindere dalla loro capacità complessiva di lettura, siano in grado di dimostrare un certo livello di competenza in ciascuno di questi aspetti (Langer, 1995). Per quanto i cinque aspetti siano collegati fra loro (in quanto fondati su un nucleo comune di abilità), un buon risultato in uno di essi non è necessariamente legato al successo negli altri. Alcuni ritengono che tali aspetti facciano parte del repertorio di ciascun lettore ad ogni livello del suo sviluppo, piuttosto che costituire un insieme gerarchico di abilità che si sviluppa in modo sequenziale.

La Figura 2.2 presenta le caratteristiche che permettono di identificare i cinque processi di comprensione della lettura che vengono misurati in PISA. La rappresentazione dei processi risulta necessariamente semplificata, ma fornisce tuttavia uno schema utile per organizzare e richiamare le relazioni fra i diversi aspetti. Come rappresentato in questa figura, i cinque processi possono essere analizzati sulla base di quattro caratteristiche. La prima caratteristica è definita dalla misura in cui il lettore debba servirsi di informazioni ricavate direttamente dal testo o debba piuttosto attingere anche a conoscenze extratestuali. La seconda caratteristica riguarda quanto sia richiesto al lettore di concentrarsi su parti indipendenti del testo e quanto piuttosto sulle relazioni fra le informazioni contenute nel testo. A volte si chiede al lettore di individuare singole informazioni, in altri casi gli si chiede di dimostrare di aver compreso le relazioni fra diverse parti del testo. La terza caratteristica distintiva è costituita dal focalizzarsi rispettivamente sul testo nel suo insieme o sulle relazioni fra le parti del testo. La quarta caratteristica, infine, riguarda il fatto se chi legge sia chiamato a lavorare sul contenuto del testo, o piuttosto sulla sua forma o struttura. I cinque processi di comprensione della lettura sono rappresentati sull'ultima riga della Figura 2.2, alle estremità delle diverse diramazioni. Partendo dall'alto della figura e seguendo ciascuna diramazione si possono distinguere le caratteristiche associate a ciascun processo.

Figura 2.2 ■ **Caratteristiche che distinguono i 5 processi (aspetti) della *literacy in lettura***

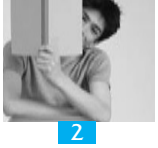


Nei paragrafi che seguono si cerca di definire ciascuno dei processi in maniera operativa e di associarli a specifici tipi di quesito. Per quanto ciascun processo sia trattato in riferimento a un singolo testo, esso potrebbe anche applicarsi a più testi, qualora questi fossero presentati raggruppati in una singola prova all'interno del test. La descrizione di ciascun aspetto è articolata in due parti: la prima ne fornisce un quadro generale, mentre la seconda descrive in modo particolareggiato come il processo possa essere valutato.

Individuare informazioni

Capita spesso nella vita quotidiana, che chi legge abbia bisogno di una determinata informazione specifica: un numero di telefono oppure l'orario di partenza di un autobus o di un treno. Potrebbe capitare di dover ritrovare un certo dato per confermare o confutare l'affermazione fatta da un'altra persona. In situazioni di questo tipo, il lettore è interessato a individuare informazioni isolate. Per fare ciò egli deve scorrere un testo per cercare, localizzare e selezionare l'informazione che gli interessa. Il processo attivato si colloca per lo più a livello della frase per quanto, in alcuni casi, l'informazione possa trovarsi in due o più frasi o in capoversi distinti.

Nell'affrontare prove che richiedono di individuare informazioni, lo studente deve confrontare le informazioni fornite nella domanda con le informazioni letterali o sinonimiche presentate nel testo, e ricostruire così la nuova informazione richiesta. In questo tipo di prove, l'*individuare informazioni* si basa sul testo stesso e sulle informazioni esplicite presenti in quest'ultimo. Nei compiti di individuazione lo studente deve trovare determinate informazioni sulla base delle condizioni o degli elementi specificati nei quesiti. Lo studente deve scoprire o identificare uno o più elementi essenziali di un messaggio (personaggi, ritmo/tempi, ambientazione, ecc.) e cercare quindi una corrispondenza che può essere letterale o sinonimica.



I compiti che richiedono di individuare informazioni possono comportare diversi gradi di ambiguità. Ad esempio, si può chiedere allo studente di trovare, all'interno di un testo o di una tabella, un'informazione esplicita, come un'indicazione di tempo o di luogo. Una versione più difficile dello stesso tipo di compito potrebbe consistere nel trovare un'informazione sinonimica. Ciò presuppone a volte una abilità di classificazione o potrebbe richiedere di discriminare fra due informazioni simili. È possibile misurare diversi livelli di competenza associati a questo processo della comprensione, attraverso la modifica sistematica degli elementi che influiscono sulla difficoltà di un compito.

Comprendere il significato generale del testo

Per *comprendere il significato generale del testo*, chi legge lo deve considerare nel suo insieme o in una prospettiva globale. Vi sono diversi compiti per i quali il lettore deve dimostrare di aver compreso il significato generale del testo. Lo studente potrebbe dimostrare una iniziale comprensione del testo identificandone l'argomento principale o il messaggio, o individuandone lo scopo generale o la funzione. Alcuni esempi di questo genere di compito sono l'identicazione dell'argomento principale di un testo o la sua funzione, oppure la scelta o la proposta di un titolo, o anche la spiegazione della logica di una sequenza di semplici istruzioni fino all'identicazione delle dimensioni principali di un grafico o di una tabella. Altri esempi possono essere le richieste di descrivere il personaggio principale, le condizioni fisiche o il contesto di un racconto, di individuare il tema o il messaggio di un testo letterario o di spiegare l'uso o la funzione di una carta geografica o di una figura.

Alcuni dei compiti che rientrano in questo processo possono richiedere allo studente di trovare una corrispondenza fra un segmento specifico del testo e il quesito. Ciò avviene, ad esempio, quando l'idea principale è esplicitamente espressa all'interno del testo. Altri compiti possono richiedere che lo studente presti attenzione a più riferimenti specifici presenti nel testo, come ad esempio quando il lettore deve inferire l'argomento principale sulla base della ricorrenza di una particolare categoria di informazioni. Definire l'idea di fondo di un testo significa ordinare le idee in modo gerarchico e scegliere quelle più generali e sovraordinate. Un compito di questo tipo permette di verificare se lo studente sia in grado di distinguere i concetti chiave dai dettagli marginali o se sia in grado di risalire, da una frase o da un un titolo, al tema centrale di un testo.

Sviluppare un'interpretazione

Per *sviluppare un'interpretazione* il lettore deve andare al di là delle proprie impressioni iniziali in modo da elaborare una comprensione più dettagliata o completa di quanto ha letto. I compiti che attivano questo tipo di processo richiedono una comprensione di tipo logico: chi legge deve esaminare il modo in cui le informazioni sono organizzate all'interno del testo. Per fare ciò, il lettore deve dimostrare di cogliere la coerenza interna del testo, anche nel caso in cui non sia del tutto in grado di definirla esplicitamente. In alcuni casi, per sviluppare un'interpretazione occorre che il lettore elabori una sequenza di due sole frasi unite da una relazione di coesione locale, il cui riconoscimento può essere agevolato dalla presenza di indicatori di coesione, quali "primo" e "secondo" per indicare una sequenza. In casi più complessi (ad esempio per indicare relazioni di causa-effetto), è possibile che non vi sia alcun indicatore di coesione esplicito.

Esempi di compiti che possono essere utilizzati per la verifica di questo aspetto sono le richieste di confrontare e comparare informazioni rilevandone somiglianze e differenze, di trarre deduzioni e di individuare ed elencare elementi di prova a sostegno di una tesi. I compiti basati sul "rilevare somiglianze e differenze" richiedono che lo studente colleghi fra loro due o più informazioni contenute nel testo. In tali compiti, per elaborare informazioni esplicite o implicite a partire da una o più fonti, il lettore deve spesso inferire una relazione o una categoria che risulta implicita nel testo. Questo processo di comprensione è rilevato anche attraverso compiti che richiedono allo studente di compiere inferenze relative all'intenzione dell'autore e di identificare gli elementi di prova su cui tale inferenza è basata.

Riflettere sul contenuto del testo e valutarlo

Per *riflettere sul contenuto del testo e valutarlo* il lettore deve collegare le informazioni presenti all'interno del testo stesso con conoscenze che provengono da altre fonti. Chi legge deve anche valutare le affermazioni contenute nel testo sulla base del proprio bagaglio di conoscenze. Si richiede spesso al lettore di articolare e di sostenere il proprio punto di vista. Per far ciò, egli deve prima di tutto elaborare un'interpretazione di quanto il testo dice e sottintende; quindi deve verificare tale rappresentazione mentale alla luce di quanto egli sa e crede, sulla base di informazioni già in suo possesso o di informazioni fornite da altri testi. Il lettore deve far riferimento ai dati forniti dal testo e confrontarli con quelli di altre fonti di informazione, ricorrendo a conoscenze sia generali sia specialistiche, nonché alla propria capacità di ragionamento astratto.

Alcuni dei compiti che rientrano in questo tipo di processo richiedono di fornire elementi di prova o argomenti a sostegno tratti da fonti esterne al testo, di valutare la pertinenza di singole informazioni o di elementi di prova oppure di stabilire confronti con norme morali o estetiche (standard). È possibile che allo studente venga richiesto di proporre o di individuare informazioni alternative che potrebbero rafforzare la tesi dell'autore oppure di valutare se gli elementi di prova o le informazioni fornite dal testo siano sufficienti a sostenere la tesi stessa.

Le conoscenze extratestuali con le quali le informazioni contenute nel testo devono essere poste in relazione possono provenire sia dalle conoscenze pregresse dello studente, sia da altri testi forniti all'interno della prova, ma anche da idee esplicitamente presentate all'interno della domanda.

Riflettere sulla forma del testo e valutarla

I compiti che rientrano in questa categoria richiedono che il lettore non si faccia coinvolgere dal testo, che lo consideri in modo oggettivo valutandone la qualità e l'adeguatezza. In compiti di questo tipo diventano importanti elementi quali la struttura del testo, il genere e il registro. Tali elementi, che costituiscono le basi del mestiere di autore, sono di grande rilevanza negli standard di comprensione propri di questo tipo di compiti. Per giudicare quanto un autore riesca a ritrarre determinate caratteristiche o a convincere il lettore, non basta la conoscenza del contenuto, ma occorre anche saper cogliere le sfumature del linguaggio, comprendere, ad esempio, quando la scelta di un aggettivo possa guidare l'interpretazione.

Esempi di compiti che prevedono di *riflettere sulla forma del testo e valutarla* sono quelli nei quali si richiede di determinare l'utilità di un dato testo in rapporto a uno specifico scopo comunicativo e di valutare come l'autore usi determinati elementi testuali per raggiungere uno specifico obiettivo. È possibile anche che lo studente venga sollecitato a descrivere o a commentare le scelte stilistiche dell'autore e a individuare lo scopo comunicativo e l'atteggiamento dell'autore.

Distribuzione dei quesiti

La Figura 2.3 mostra la distribuzione dei quesiti di *literacy in lettura* in relazione a ciascuna delle tre sotto-scale generate dai cinque processi (aspetti) della lettura appena definiti. La categoria di quesiti più rappresentata, con circa il 50% del totale, è costituita dai processi illustrati nei due rami della Figura 2.2 che chiedono allo studente di concentrarsi sulle relazioni fra le informazioni contenute all'interno del testo. Tali quesiti richiedono allo studente di comprendere il significato generale del testo oppure di sviluppare un'interpretazione e, per comodità, sono stati raggruppati nella presentazione dei risultati, sotto la dicitura "interpretare il testo". In PISA 2000, 2003 e 2006, la categoria successiva quanto a numero di quesiti, che comprende un altro 29% del totale, richiede allo studente di dimostrare la propria abilità nell'individuare singole informazioni. Ciascuno dei processi sopra elencati – comprendere il significato generale del testo, individuare informazioni e sviluppare un'interpretazione – riguarda in che misura il lettore sia in grado di comprendere e di utilizzare principalmente le informazioni contenute nel testo. Il restante 20% circa dei quesiti richiede che lo studente rifletta sul contenuto o sulle informazioni fornite dal testo, oppure sulla struttura e sulla forma del testo stesso.

Figura 2.3 ■ **Distribuzione dei quesiti di *literacy in lettura* in relazione ai processi di lettura (aspetti)**

■ Lettura come ambito principale (PISA 2000)
■ Lettura come ambito secondario (PISA 2003 e 2006)

Processi (aspetti) di comprensione della lettura	Percentuale dei compiti nella prova	
Individuare informazioni	29	29
Interpretare il testo	49	50
Riflettere e valutare	22	21
Totale	**100**	**100**

Tipi di quesito

I quesiti di comprensione della lettura di PISA sono di vario tipo, da quelli a scelta multipla a quelli a risposta aperta nei quali si richiede allo studente di scrivere per esteso una risposta piuttosto che sceglierne una da un elenco dato. A tipi diversi di quesito corrispondono anche schemi di codifica differenti. La Figura 2.4 mostra come in PISA 2000, 2003 e 2006 il 43-44% circa dei quesiti di comprensione della lettura sia costituito da quesiti a risposta aperta articolata che implicano

un giudizio da parte di un correttore. La parte restante è costituita da quesiti a risposta aperta univoca che richiedono un giudizio semplice da parte di un correttore e da quesiti con risposta a scelta multipla semplice – con una sola scelta fra diverse possibilità – e da quesiti con risposta a scelta multipla complessa, nei quali lo studente è chiamato a scegliere più di una risposta.

La tabella mostra inoltre che, per quanto i quesiti a scelta multipla e quelli a risposta aperta articolata siano riferibili ai diversi processi, essi non sono tuttavia distribuiti in modo uniforme. Ai due processi che abbiamo definito *interpretare il testo* è associata una percentuale maggiore di quesiti con risposta a scelta multipla. Ciò è indicato chiaramente nella seconda riga della Figura 2.4. Al contrario, mentre i quesiti riferiti a *riflettere e valutare* coprono oltre il 20% circa dei quesiti di PISA 2000, 2003 e 2006 solo il 2% dei quesiti del 2000 sono a scelta multipla semplice, mentre il 20% circa dei quesiti sono a risposta aperta articolata e prevedono un giudizio da parte di un correttore.

Figura 2.4 ■ **Distribuzione dei quesiti di lettura in relazione ai processi (aspetti) di lettura e ai tipi di quesito**

Lettura come ambito principale (PISA 2000)
Lettura come ambito secondario (PISA 2003 e 2006)

Processi (aspetti) di comprensione della lettura	Tipi di quesito: Percentuale di quesiti a scelta multipla semplice		Percentuale di quesiti a scelta multipla complessa		Percentuale di quesiti a risposta aperta univoca		Percentuale di quesiti a risposta aperta articolata[1]		Totale[2]	
Individuare informazioni	8	-	2	4	6	14	13	11	29	29
Interpretare il testo	32	29	2	4	2	7	13	11	49	50
Riflettere e valutare	2	-	2	-	-	-	18	21	22	21
Totale[2]	**42**	**29**	**6**	**7**	**9**	**21**	**44**	**43**	**100**	**100**

[1] Questa categoria comprende i quesiti a risposta aperta articolata breve
[2] Le somme non corrispondono sempre ai totali a causa degli arrotondamenti

Codifica delle risposte

La codifica delle risposte è relativamente semplice nel caso dei quesiti a scelta multipla con punteggio dicotomico (solo due possibili punteggi): lo studente ha scelto la risposta corretta oppure non l'ha scelta. I quesiti che prevedono un punteggio parziale richiedono invece procedure di codifica dei quesiti più complesse. In questi casi, dal momento che alcune risposte sbagliate risultano "più corrette" di altre, gli studenti che scelgono queste risposte "quasi giuste" ricevono un punteggio parziale. I modelli psicometrici per questo tipo di correzione politomica (più di due possibili punteggi) sono oggi ben fondati e sono, per certi versi, preferibili ai punteggi dicotomici dal momento che permettono di considerare un maggior numero di informazioni contenute nelle risposte. L'interpretazione dei punteggi politomici è tuttavia più complessa, poiché ciascun quesito può

occupare diverse posizioni sulla scala di difficoltà: una posizione per la risposta pienamente corretta e un'altra per ciascuna delle risposte parzialmente corrette. L'impiego di punteggi parziali riguarda alcuni dei quesiti a risposta aperta più complessi.

SITUAZIONI

La definizione di *situazione*, è stata ripresa da uno studio sull'uso della lingua realizzato dal Consiglio d'Europa. Sono stati definiti quattro tipi possibili di situazione: lettura ad uso privato (personale), lettura a uso pubblico, lettura a fini lavorativi (professionale) e lettura a fini di studio (scolastica). La rilevazione PISA sulla *literacy in lettura* intendeva considerare la lettura tanto in classe che fuori e, tuttavia, la definizione della situazione non poteva basarsi banalmente sul luogo fisico nel quale la lettura si svolge. Ad esempio, i libri di testo sono letti sia a scuola sia a casa e il processo e gli obiettivi attivati durante la lettura differiscono assai poco nei due casi. Inoltre, la lettura deve considerare anche le intenzioni dell'autore del testo, i diversi tipi di contenuto e il fatto che persone diverse dal lettore (ad esempio insegnanti e datori di lavoro) possano a volte decidere che cosa si debba leggere e a quale scopo.

Pertanto, nell'ambito di questa rilevazione, la situazione può essere intesa come una classificazione generale di testi fondata sul tipo di uso per il quale sono stati scritti, sulle relazioni con altre persone implicitamente o esplicitamente associate al testo e sul contenuto in generale. I testi utilizzati nella rilevazione si riferiscono ad un varietà di situazioni, al fine di ampliare al massimo l'eterogeneità dei contenuti utilizzati per la valutazione della *literacy in lettura*. Grande attenzione, inoltre, è stata posta sulle fonti dei testi da selezionare per la rilevazione. Lo scopo era quello di raggiungere un equilibrio fra la definizione ampia di *literacy in lettura* adottata da PISA e l'eterogeneità linguistica e culturale esistente fra i paesi partecipanti. Proprio tale eterogeneità culturale, infatti, ha contribuito a far sì che nessun gruppo linguistico o culturale in particolare fosse avvantaggiato o svantaggiato rispetto ai contenuti dei testi.

I quattro tipi di situazione tratti dallo studio del Consiglio d'Europa possono essere descritti come segue.

- *Lettura ad uso privato (personale)*. Questo tipo di lettura ha lo scopo di soddisfare i propri interessi personali di carattere sia pratico sia intellettuale. Questa categoria comprende anche le letture fatte al fine di mantenere o di sviluppare relazioni personali con altre persone. Fra i contenuti caratteristici di questo tipo di lettura figurano le lettere personali, la narrativa, le biografie e i testi informativi letti per curiosità, come attività ricreative o di svago.
- *Lettura ad uso pubblico*. Questo tipo di lettura è praticato per partecipare ad attività della più ampia sfera sociale. Comprende la lettura di documenti ufficiali così come quella di informazioni che riguardano eventi pubblici. In generale, queste letture sono legate a contatti più o meno anonimi con altri.
- *Lettura a fini lavorativi (professionale)*. Anche se non tutti i quindicenni dovranno leggere per lavoro, è importante valutare la loro preparazione a muoversi nel mondo del lavoro poiché, nella maggior parte dei paesi, più di metà di loro entrerà a far parte della popolazione attiva entro

un anno o due. Ci si riferisce spesso alle letture di questa categoria con l'espressione "letture per fare" (Sticht, 1975; Stiggins, 1982), in quanto legate all'esecuzione di un compito concreto

- *Lettura a fini di studio (scolastica).* Questo tipo di lettura ha normalmente lo scopo di far acquisire informazioni nel quadro di compiti di apprendimento intesi in senso più ampio. Spesso i testi da leggere non sono scelti dal lettore, ma assegnati dall'insegnante. Il contenuto è solitamente concepito specificamente a fini d'istruzione. Ci si riferisce spesso alle letture di questo tipo con l'espressione "letture per apprendere" (Sticht, 1975; Stiggins, 1982).

La Figura 2.5 mostra la distribuzione dei compiti di lettura in relazione a tutte e quattro le situazioni nel quadro di due differenti scenari, nella rilevazione che vedeva la lettura come ambito principale (PISA 2000) e in quelle in cui è stato un ambito secondario (PISA 2003 e 2006).

Figura 2.5 ■ **Distribuzione dei compiti di comprensione della lettura in relazione alla situazione**

■ Lettura come ambito principale (PISA 2000)
■ Lettura come ambito secondario (PISA 2003 e 2006)

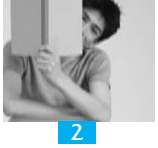
Situazione	Percentuale dei compiti	
Personale	20	21
Pubblica	38	25
Professionale	14	25
Scolastica	28	29
Totale	**100**	**100**

MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La costruzione di scale per i quesiti di literacy in lettura

I quesiti di comprensione della lettura sono stati costruiti e somministrati in tutti i paesi partecipanti a campioni di studenti quindicenni rappresentativi a livello nazionale, in maniera da assicurare alla rilevazione la più ampia copertura possibile della *literacy in lettura* così come definita nel contesto di questa indagine. Tuttavia, poiché non è possibile che un singolo studente possa rispondere a tutti i quesiti proposti, la rilevazione è stata progettata in modo che a ciascuno studente che partecipa all'indagine sia somministrato un sottoinsieme di quesiti dell'intero pacchetto e, allo stesso tempo, che ciascuno dei quesiti sia somministrato a un campione di studenti rappresentativo a livello nazionale. Riassumere le prestazioni degli studenti distribuite sull'intero pacchetto di quesiti rappresenta, dunque, una vera e propria sfida.

Una soluzione possibile è quella di immaginare i quesiti di comprensione della lettura collocati lungo un *continuum*, sia in termini di difficoltà che essi pongono agli studenti, sia in termini di livello di abilità necessario a rispondere correttamente a ciascun singolo quesito. La procedura adottata in PISA per rendere conto di tale *continuum* di difficoltà e abilità è la *Item Response Theory (IRT)*. L'*IRT* è un modello matematico usato per stimare con quale probabilità una certa persona risponderà



correttamente a un dato quesito appartenente a un pacchetto predefinito di quesiti. Tale probabilità è rappresentata lungo un *continuum* su cui si stima sia la capacità della persona – intesa come abilità personale – sia la complessità del quesito – intesa come difficoltà. Di qui in avanti, il *continuum* di livelli di difficoltà e di capacità verrà convenzionalmente definito *scala*.

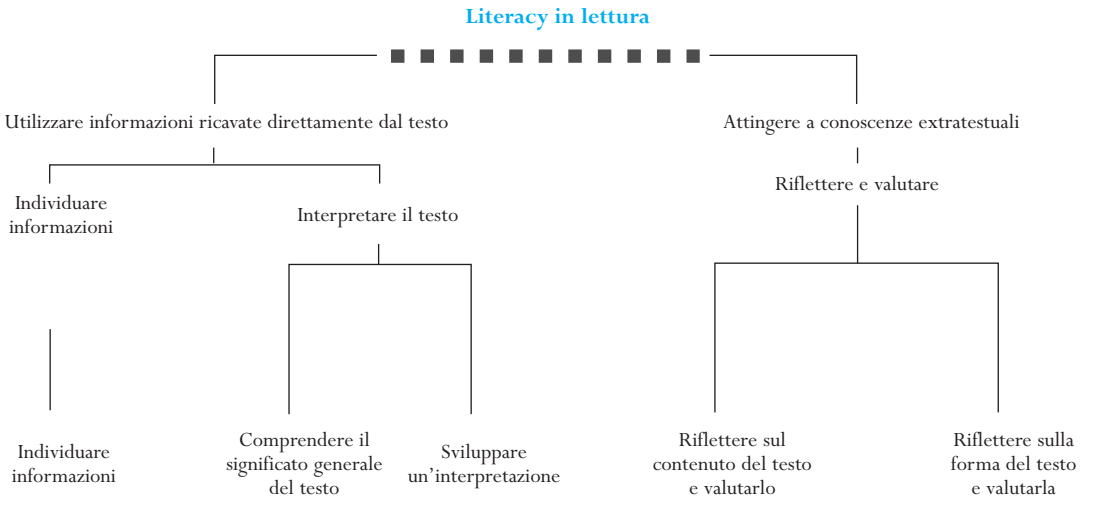
La presentazione dei risultati

PISA 2006 si atterrà alle stesse modalità di presentazione dei risultati già adottate in PISA 2000 e PISA 2003, riportando i risultati in termini di livelli di competenza riferiti a una scala fondata su presupposti teorici e interpretabile in modo tale da essere utilizzata nelle politiche educative. I risultati della rilevazione della *literacy in lettura* sono stati inizialmente considerati su un'unica scala complessiva di comprensione della lettura, costruita fissando la media a 500 punti e l'ampiezza della deviazione standard a 100 punti. Le prestazioni degli studenti, inoltre, sono state rappresentate su cinque sotto-scale: tre sotto-scale basate sui processi (aspetti) – individuare informazioni; interpretare il testo; riflettere e valutare (OECD, 2001) – e due sotto-scale basate sul formato del testo – testo continuo; testo non continuo (OECD, 2002). Queste cinque sotto-scale rendono possibile la comparazione dei punteggi medi e delle distribuzioni dei punteggi fra i sottogruppi e/o i paesi, considerando le diverse componenti della *literacy in lettura*. Sebbene le correlazioni fra le sotto-scale siano molto alte, il fatto di riportare i risultati distinti per sotto-scale potrebbe rivelare interazioni interessanti nei diversi paesi. Laddove questo accadesse, si potrebbe approfondire l'analisi per rilevare le connessioni con il curricolo e con i metodi d'insegnamento utilizzati. In alcuni paesi ci si potrebbe interrogare su come migliorare l'insegnamento dei contenuti curricolari, mentre in altri le domande potrebbero essere relative non soltanto al come si insegna, ma anche al che cosa viene insegnato.

Le sotto-scale basate sui processi (aspetti)

La Figura 2.6 riassume i compiti di comprensione della lettura nei termini dei tre processi. Esistono due ragioni per ridurre da cinque a tre le sotto-scale basate sui processi. La prima è di natura pragmatica. Poiché nelle indagini PISA 2003 e 2006 la comprensione della lettura è un ambito secondario – e dunque gli *item* di comprensione della lettura sono solo 30 invece dei 141 di PISA 2000 – la quantità dei dati non è sufficiente per essere distribuita su cinque sotto-scale. La seconda ragione, invece, è di natura concettuale. Si è scelto di accorpare alcuni dei processi illustrati nella Figura 2.2, *comprendere il significato generale del testo* e *sviluppare un'interpretazione*, che sono confluiti in un'unica sotto-scala denominata *interpretare il testo*, poiché entrambi i processi presuppongono un'elaborazione dell'informazione: nel caso di *comprendere il significato generale del testo* è l'intero testo ad essere considerato, mentre nel caso di *sviluppare un'interpretazione* sono le varie parti del testo a essere considerate sulla base delle relazioni che esistono fra loro. I processi *riflettere sul contenuto del testo e valutarlo* e *riflettere sulla forma del testo e valutarla* sono stati accorpati nella sotto-scala denominata *riflettere e valutare,* poiché la distinzione fra forma e contenuto in questo contesto era sembrata, all'atto pratico, piuttosto arbitraria.

Figura 2.6 ■ **Relazione fra il quadro di riferimento della *literacy in lettura* e le sotto-scale basate sui processi (aspetti)**

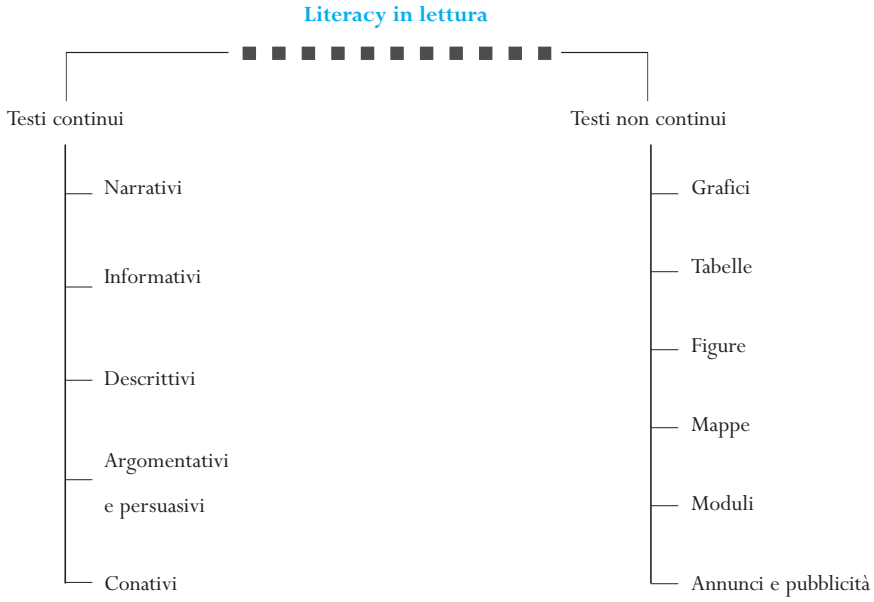


Le sotto-scale basate sul formato del testo

PISA 2003 e 2006 offrono anche la possibilità di presentare i risultati in relazione al formato del testo, così come nel rapporto *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries* (OECD, 2002). La Figura 2.7 riporta i vari tipi di testo e i compiti a essi associati distinti su due sotto-scale basate sul formato del testo. Una simile articolazione dei dati consente di esaminare in che misura i vari paesi differiscano fra loro rispetto alla capacità nel trattare testi di diverso formato. Nella presentazione dei risultati di PISA 2000, due terzi dei quesiti sono serviti a costruire la sotto-scala dei *testi continui,* mentre il rimanente terzo a costruire quella dei *testi non continui*. La distribuzione fra i due formati in PISA 2003 e 2006 è sostanzialmente analoga.

I punteggi riportati sulla scala complessiva e quelli riportati sulle cinque sotto-scale rappresentano vari livelli di competenza. Un punteggio basso indica che lo studente possiede competenze e abilità limitate, mentre, al contrario, un punteggio elevato è indice di competenze e abilità elevate. L'utilizzo dell'*IRT* consente non soltanto di estrapolare i risultati di diverse sotto-popolazioni di studenti, ma anche di determinare la difficoltà relativa dei quesiti di comprensione della lettura utilizzati nella rilevazione. In altri termini, così come gli studenti sono valutati su una scala in ragione delle loro prestazioni nei quesiti, allo stesso modo i quesiti sono valutati su una scala in ragione della loro difficoltà, che è determinata dalle prestazioni degli studenti dei diversi paesi partecipanti all'indagine.

Figura 2.7 ■ **Relazione fra il quadro di riferimento della *literacy in lettura* e le sotto-scale basate sul formato del testo**



Costruire una mappa dei quesiti

L'insieme dei compiti di comprensione della lettura utilizzati in PISA varia molto per quanto riguarda il formato del testo, la situazione e le richieste e, di conseguenza, anche per la difficoltà. Una simile varietà può essere ricostruita in una mappa dei quesiti (*item map*). La mappa dei quesiti consente di rappresentare graficamente le abilità nella comprensione della lettura dimostrate dagli studenti sulle diverse sotto-scale. La mappa dovrebbe riportare le brevi descrizioni di un certo numero di *item* che sono stati resi pubblici, accanto ai loro valori sulla scala complessiva. Le descrizioni prendono in considerazione le abilità che il quesito intende rilevare nonché, nel caso di quesiti a risposta aperta, i criteri per giudicare corretta la risposta. L'analisi delle descrizioni, dunque, consente di approfondire l'insieme dei processi richiesti allo studente e il livello di competenza che deve dimostrare in relazione ai livelli individuati dalle scale di *literacy in lettura*.

La Figura 2.8 mostra un esempio di mappa dei quesiti tratta da PISA 2000. Può risultare utile una breve spiegazione su come interpretarla. Il punteggio assegnato a ciascun *item* deriva dall'ipotesi che uno studente che si trova ad un determinato punto della scala abbia lo stesso livello di competenza per tutti i quesiti che si trovano nello stesso punto della scala. Si è infatti stabilito che, per quanto riguarda PISA, per "livello di competenza" s'intende che gli studenti che si collocano su un determinato punto della scala hanno il 62% delle possibilità di rispondere correttamente ai quesiti che si collocano sullo stesso punto della scala. Nella Figura 2.8, ad esempio, vi è un *item* che sulla scala complessiva ha un valore di 421. Ciò significa che uno studente con un punteggio pari a

421 sulla scala complessiva di *literacy in lettura* ha il 62% delle possibilità di rispondere correttamente ai quesiti che si collocano al livello 421 della stessa scala. Ovviamente, non è detto che gli studenti con un punteggio inferiore debbano necessariamente sbagliare le risposte dei quesiti posti a quel livello, ma piuttosto che abbiano meno del 62% di possibilità di rispondere correttamente a quegli stessi quesiti, mentre gli studenti che raggiungono un punteggio superiore a 421 abbiano più del 62% delle possibilità di rispondere correttamente agli stessi quesiti. Occorre anche notare come i quesiti non siano presenti solo sulla scala complessiva, ma anche sulle sotto-scale distinte per processo e per formato del testo. Ad esempio l'*item* considerato in precedenza, che si colloca al livello 421 della scala complessiva, richiede allo studente di individuare lo scopo che accomuna due brevi testi attraverso il confronto fra le idee chiave di ciascuno di essi. Poiché si tratta di un quesito che richiede un'interpretazione, esso comparirà anche sulla sotto-scala *interpretare il testo* e su quella dei *testi continui*.

Livelli di competenza in comprensione della lettura

Così come gli studenti esaminati sono un campione rappresentativo della popolazione complessiva degli studenti quindicenni di ciascun paese, allo stesso modo ogni quesito di comprensione della lettura è rappresentativo di una determinata classe di quesiti nell'ambito della *literacy in lettura*. Di conseguenza, ogni quesito rappresenta un livello di competenza che un quindicenne dovrebbe aver acquisito per un tipo di processo e per un formato di testo. La domanda che sorge spontanea è: che cosa distingue i quesiti che si trovano nella parte bassa della scala da quelli che si trovano nella parte centrale o nella parte alta? E ancora, i quesiti che si trovano più o meno allo stesso livello condividono caratteristiche fondamentali che rendono simile il loro livello di difficoltà? Basta un'occhiata alla *item map* per rendersi conto che i quesiti che si trovano nella parte bassa di ciascuna scala sono sostanzialmente diversi da quelli che occupano le posizioni più alte. Un'analisi più attenta della gamma di quesiti in ciascuna scala rivela un sistema ordinato di abilità e di strategie di elaborazione delle informazioni. Il gruppo di esperti di questo ambito ha esaminato ognuno dei quesiti proposti allo scopo di individuare l'insieme di variabili che sembrano influenzarne il grado di difficoltà e, da tale analisi, è risultato come la difficoltà sia determinata, in parte, dalla lunghezza, dalla struttura e dalla complessità del testo di riferimento. Gli esperti, tuttavia, si sono resi conto anche che, nella maggior parte delle prove (vale a dire l'insieme di un testo e dei quesiti ad esso connessi) di comprensione della lettura, i quesiti si dispongono a vari livelli della scala. Ciò significa che, mentre da una parte la struttura del testo incide sulla difficoltà del quesito, dall'altra ciò che il lettore è chiamato a fare del testo, così come richiesto dal quesito o dalle istruzioni, interagisce con il testo stesso e incide sulla sua difficoltà complessiva.

Gli esperti del gruppo sulla lettura e del gruppo che ha costruito le prove hanno identificato una serie di variabili in grado di influenzare la difficoltà dei compiti di comprensione della lettura. Un fattore saliente è il processo attivato nell'individuare informazioni, nell'interpretare il testo oppure nel riflettere su ciò che si è letto. I processi in gioco possono variare per grado di complessità e di sofisticazione, dal semplice collegamento di singole informazioni al classificare concetti secondo criteri dati, fino al valutare criticamente e formulare ipotesi su una porzione di testo. La difficoltà dei quesiti basati sull'individuare informazioni, inoltre, non dipende soltanto dal processo chiama-

Figura 2.8 ■ **Esempio di una mappa dei quesiti di PISA 2000**

	Mappa dei quesiti	Tipi di processo (aspetto)			Formato dei testi	
		Individuare informazione	Interpretare il testo	Riflettere e valutare	Testi continui	Testi non continui
822	**ELABORARE IPOTESI** riguardo ad un fenomeno inatteso tenendo conto sia di tutte le informazioni rilevanti contenute in una **TABELLA COMPLESSA** riguardante un argomento relativamente poco familiare, sia di conoscenze esterne (punteggio 2)			❍		❍
727	**ANALIZZARE** un numero consistente di casi descritti e **FARLI COMBACIARE** con le categorie illustrate in un **DIAGRAMMA AD ALBERO**, tenendo presente che parte delle informazioni rilevanti sono contenute nelle note a piè di pagina		❍			❍
705	**ELABORARE IPOTESI** riguardo ad un fenomeno inatteso tenendo conto sia di tutte le informazioni rilevanti contenute in una **TABELLA COMPLESSA** riguardante un argomento relativamente poco familiare, sia di conoscenze esterne (punteggio 1)			❍		❍
652	**VALUTARE** il finale di un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE** in relazione al suo tema o tono implicito			❍	❍	
645	**METTERE IN RELAZIONE SFUMATURE DEL LINGUAGGIO** in un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE** e in presenza di tesi in conflitto fra loro		❍		❍	
631	**LOCALIZZARE** informazioni in un **DIAGRAMMA AD ALBERO** servendosi di informazioni contenute in una nota a piè di pagina	❍				❍
603	**INTERPRETARE** il significato di una frase, in relazione ad un contesto più ampio, in un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE**		❍		❍	
600	**ELABORARE IPOTESI** riguardo ad una scelta dell'autore, mettendo in relazione le prove contenute in un grafico con il tema principale che si desume da **RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE MOLTEPLICI**			❍		❍
581	**COMPARARE E VALUTARE** lo stile di due **LETTERE** aperte			❍	❍	
567	**VALUTARE** il finale di un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE** in rapporto alla trama			❍	❍	
542	**INFERIRE** l'esistenza di un **RAPPORTO DI CARATTERE ANALOGICO** fra due fenomeni di cui si parla in una **LETTERA** aperta		❍		❍	
540	**INDIVIDUARE** la data d'inizio di un determinato processo/evento desumendola da un **GRAFICO**	❍				❍
539	**INTERPRETARE** il significato di brevi citazioni tratte da un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE**, in relazione all'atmosfera o alla situazione nella quale sono inserite nel brano stesso (punteggio 1)		❍		❍	
537	**ISTITUIRE UNA CONNESSIONE** fra idee di carattere personale e dati estrapolati da un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE** al fine di sostenere punti di vista contrapposti (punteggio 2)			❍	❍	
529	**SPIEGARE** le motivazioni alla base delle azioni di un personaggio concatenando fra loro gli eventi narrati in un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE**		❍		❍	
508	**INFERIRE** il **RAPPORTO** esistente fra **DUE RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE** che si servono di codici differenti		❍			❍
486	**VALUTARE** l'adeguatezza di un determinato **DIAGRAMMA AD ALBERO** rispetto all'obiettivo prefissato			❍		❍
485	**LOCALIZZARE** informazioni di carattere numerico in un **DIAGRAMMA AD ALBERO**	❍				❍
480	**ISTITUIRE UNA CONNESSIONE** fra idee di carattere personale e dati estrapolati da un **BRANO DI LUNGHEZZA CONSISTENTE** al fine di sostenere un unico punto di vista (punteggio 1)			❍	❍	
478	**LOCALIZZARE** e **COMBINARE** in un **DIAGRAMMA LINEARE** e nell'introduzione che lo precede allo scopo di desumere un dato mancante	❍				❍
477	**COMPRENDERE** la struttura di un **DIAGRAMMA AD ALBERO**		❍			❍
473	**FAR COMBACIARE** le categorie illustrate in un **DIAGRAMMA AD ALBERO** con i casi descritti e, tenendo presente che parte delle informazioni rilevanti sono contenute nelle note a piè di pagina		❍			❍
447	**INTERPRETARE** le informazioni in un singolo paragrafo allo scopo di comprendere l'ambientazione di un **BRANO**		❍		❍	
445	Distinguere fra variabili e le **CARATTERISTICHE STRUTTURALI** di un **DIAGRAMMA AD ALBERO**			❍		❍
421	**INDIVIDUARE** lo **SCOPO** comune di due **BREVI TESTI**		❍		❍	
405	**LOCALIZZARE** singole informazioni espresse in modo esplicito in un **TESTO** che contiene elementi ordinatori forti	❍			❍	
397	Dedurre l'**IDEA DI BASE** di un semplice **DIAGRAMMA A BARRE** a partire dal titolo		❍			❍
392	**LOCALIZZARE** una singola informazione espressa in modo letterale in un **TESTO** dotato di una struttura testuale palese	❍			❍	
367	**LOCALIZZARE** informazioni espresse in modo esplicito in un breve paragrafo ben determinato all'interno di un **BRANO**	❍			❍	
363	**LOCALIZZARE** una singola informazione esplicitamente espressa in un **TESTO** dotato suddivisioni interne titolate	❍			❍	
356	**RICONOSCERE l'ARGOMENTO** di un articolo dotato di un sottotitolo esplicativo e di una considerevole quantità di informazioni ridondanti		❍		❍	

to in causa, ma anche dal numero di informazioni che devono essere considerate per rispondere, dal numero di criteri che tali informazioni devono soddisfare e dalla necessità o meno di ordinarle secondo una particolare sequenza. Nel caso di quesiti basati sull'interpretazione e sulla riflessione, uno dei fattori più importanti per determinare la difficoltà del compito è la lunghezza del testo da assimilare. Nei quesiti che richiedono al lettore una riflessione la difficoltà è condizionata anche dalla familiarità o dalla specificità delle conoscenze extratestuali necessarie per rispondere. Inoltre in tutti i processi connessi con la comprensione della lettura la difficoltà dipende da quanto le informazioni richieste sono evidenziate nel testo, da quante informazioni di disturbo sono presenti e da quanto sono formulate esplicitamente le richieste al lettore sulle informazioni o sui concetti che devono essere individuati per portare a termine il compito.

Per cercare di rappresentare la progressione nella difficoltà e nella complessità in PISA 2000, sia la scala complessiva della *literacy in lettura* sia le sotto-scale sono state suddivise in cinque livelli.

Livello	Punteggi sulla scala PISA
1	da 335 a 407
2	da 408 a 480
3	da 481 a 552
4	da 553 a 625
5	più di 625

Diversi gruppi di esperti hanno verificato come i quesiti che si trovano in un determinato livello di *literacy in lettura* condividano molte caratteristiche e requisiti e come, viceversa, differiscano sistematicamente dai quesiti che rientrano nei livelli più alti o più bassi. Di conseguenza, l'articolazione dei livelli risulta uno strumento utile per esplorare la progressione della *literacy in lettura* all'interno delle scale. Tale progressione è schematizzata nella Figura 2.9. Una simile articolazione per livelli è stata approntata per la *literacy matematica* in PISA 2003 e per la *literacy scientifica* in PISA 2006.

Interpretare i livelli di *literacy in lettura*

Ciascun livello della scala rappresenta non soltanto una gamma di compiti – con le conoscenze e le abilità a essi associate – ma anche la gamma dei livelli di competenza dimostrati dagli studenti. Come osservato in precedenza, inizialmente i livelli erano stati stabiliti da un gruppo di esperti per rappresentare un insieme di quesiti con caratteristiche comuni. Tali livelli, tuttavia, condividono anche proprietà di tipo statistico. Si calcola, infatti, che lo studente che si colloca al livello medio di un certo livello sia in grado di eseguire un compito che si colloca al livello medio di quello stesso livello nel 62% dei casi. Inoltre, l'ampiezza di ciascun livello è determinata anche dal presupposto che uno studente, con un punteggio che si collochi all'estremità inferiore di un determinato livello, sia in grado di rispondere correttamente al 50% dei quesiti di un ipotetico test costituito da quesiti scelti a caso fra quelli che rientrano nel medesimo livello.

Poiché ciascuna scala rappresenta una progressione in termini di conoscenze e di abilità, uno studente che si colloca a un certo livello non dimostra di possedere solo le conoscenze e le abilità le-

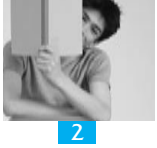


Figura 2.9 ■ Mappa dei livelli di *literacy in lettura*

	Individuare informazioni	Interpretare il testo	Riflettere e valutare
Livello 5	Localizzare, e possibilmente mettere in sequenza o combinare fra loro, più informazioni non immediatamente evidenti, alcune delle quali potrebbero trovarsi al di fuori del corpo principale del testo. Dedurre quali, fra le informazioni nel testo, siano pertinenti rispetto al compito da svolgere, senza farsi confondere da informazioni fra loro contrapposte molto plausibili e/o molto numerose.	Cogliere il senso delle sfumature del linguaggio o dimostrare una piena e approfondita comprensione del testo.	Valutare criticamente ed elaborare ipotesi attingendo a conoscenze di carattere specialistico. Saper affrontare concetti contrari alle aspettative e attingere a una conoscenza approfondita di testi lunghi o complessi.
	***Testi continui*:** Trattare testi la cui struttura non sia ovvia – o chiaramente indicata – al fine di portare alla luce legami fra specifiche porzioni di testo e l'assunto o il tema implicito del testo stesso. ***Testi non continui*:** Individuare la struttura sottesa che lega fra loro alcune fra le molte informazioni collocate all'interno di una rappresentazione grafica – che può essere ampia e complessa – facendo riferimento, in alcuni casi, anche ad informazioni che si trovano al di fuori della rappresentazione stessa. Il lettore deve essere in grado di comprendere da solo che, per comprendere pienamente una determinata porzione del testo, è necessario far riferimento ad un'altra parte dello stesso documento, ad esempio una nota a piè di pagina.		
Livello 4	Localizzare, e possibilmente mettere in sequenza o combinare fra loro, più informazioni non immediatamente evidenti ciascuna delle quali potrebbe dover soddisfare molteplici criteri all'interno di un testo il cui contesto o forma non siano familiari. Dedurre quali, fra le informazioni presenti nel testo, siano pertinenti rispetto al compito da svolgere.	Utilizzare deduzioni complesse basate sul testo per comprendere e applicare categorie all'interno di un contesto non familiare e per interpretare il significato di una porzione del testo tenendo conto del testo nel suo complesso. Saper affrontare ambiguità, idee contrarie alle aspettative e concetti espressi in forma negativa.	Servirsi di nozioni di carattere formale o di cultura generale per formulare ipotesi su un testo o per valutarlo criticamente. Dimostrare di comprendere adeguatamente testi lunghi o complessi.
	Testi continui: Ricostruire sequenze linguistiche o tematiche attraverso diversi paragrafi, spesso in assenza di marcatori del discorso, allo scopo di localizzare, interpretare o valutare informazioni non immediatamente evidenti oppure per inferire significati di carattere psicologico o metafisico. ***Testi non continui:*** Scorrere un testo lungo e dettagliato al fine di individuare informazioni pertinenti, spesso in mancanza di un modello grafico di riferimento – etichette, formattazione speciale ecc. – per localizzare informazioni diverse da comparare o combinare fra loro.		
Livello 3	Localizzare singole informazioni, ciascuna delle quali potrebbe dover soddisfare molteplici criteri, e, in alcuni casi, riconoscere il rapporto che le lega. Orientarsi fra informazioni fra loro contrapposte.	Integrare diverse parti del testo al fine di identificarne l'idea chiave, di comprendere una relazione o di interpretare il significato di una parola o di una proposizione. Confrontare, contrapporre o classificare tenendo conto di molteplici criteri. Orientarsi fra informazioni fra loro contrapposte.	Stabilire legami o paragoni, fornire spiegazioni su o un aspetto di un testo o valutarlo. Dimostrare una comprensione dettagliata del testo in relazione a nozioni familiari o che hanno a che fare con la vita quotidiana, oppure attingendo a nozioni meno comuni.
	Testi continui: Utilizzare, laddove siano presenti, strutture testuali convenzionali e ricostruire connessioni logiche esplicite ed implicite, come relazioni di causa-effetto, presenti in diverse proposizioni o paragrafi al fine di localizzare, interpretare o valutare informazioni. ***Testi non continui:*** Esaminare una rappresentazione grafica alla luce di un'altra rappresentazione o di un altro documento, magari presentato in forma differente, oppure integrare diverse informazioni singole – di carattere spaziale, verbale o numerico – in un grafico o in una mappa al fine di trarre conclusioni sull'insieme delle informazioni rappresentate.		
Livello 2	Localizzare una o più informazioni, ciascuna delle quali potrebbe dover soddisfare molteplici criteri. Orientarsi fra informazioni fra loro contrapposte.	Individuare l'idea chiave del testo, comprendere relazioni, creare o applicare semplici categorie oppure interpretare il significato di una parte limitata del testo nei casi in cui le informazioni non siano evidenti e siano necessarie semplici deduzioni.	Stabilire legami o paragoni fra il testo e nozioni di origine extratestuale oppure spiegare un aspetto del testo attingendo alla propria esperienza o alle proprie opinioni personali.
	Testi continui: Ricostruire legami linguistici o tematici all'interno di un paragrafo, allo scopo di localizzare o interpretare informazioni, oppure sintetizzare informazioni presenti trasversalmente nel testo, o in parti del testo, allo scopo di dedurre l'intenzione dell'autore. ***Testi non continui:*** Dimostrare di afferrare la struttura sottesa ad una rappresentazione grafica – ad esempio un semplice diagramma ad albero o una tabella – oppure integrare insieme due informazioni provenienti da un grafico o da una tabella.		
Livello 1	Localizzare una o più informazioni indipendenti ed espresse in modo esplicito, ciascuna delle quali soddisfa un unico criterio, in presenza di informazioni concorrenti deboli o in loro assenza.	Riconoscere l'idea chiave, o l'intenzione dell'autore, in un testo riguardante un argomento familiare nei casi in cui le informazioni necessarie siano evidenti.	Stabilire un semplice legame fra informazioni presenti nel testo e nozioni comuni legate alla vita quotidiana.
	Testi continui: Utilizzare le ridondanze testuali, i titoli dei paragrafi o le principali convenzioni grafiche per formarsi un'opinione riguardo all'idea chiave di un testo oppure per localizzare informazioni espresse in modo esplicito in una parte limitata del testo. ***Testi non continui:*** Concentrarsi su singole informazioni indipendenti, solitamente raccolte in un'unica semplice rappresentazione grafica – ad esempio una mappa schematica o un grafico lineare o a barre che presenti poche informazioni espresse in modo diretto – e nella quale il testo sia costituito solo da poche parole o frasi.		

gate a quel livello, ma anche quelle legate ai livelli inferiori. Pertanto, le conoscenze e le abilità di ciascun livello si fondano su quelle del livello immediatamente inferiore e le comprendono. Ciò significa che uno studente cui si attribuisce una competenza di Livello 3 sulla scala di *literacy in lettura* è in grado di eseguire con successo i compiti che rientrano nei Livelli 1 e 2, mentre ci si attende che uno studente cui si attribuisce una competenza di Livello 1 o 2 possa rispondere correttamente a quesiti medi del Livello 3 in meno della metà dei casi. In altri termini, uno studente che si collochi a livelli inferiori al 3 dovrebbe ottenere un punteggio inferiore al 50% del massimo possibile in un ipotetico test interamente costituito da quesiti di Livello 3.

La Figura 2.10 illustra con quale probabilità individui che si collocano su determinati punti della scala complessiva di *literacy in lettura* siano in grado di rispondere correttamente a quesiti di diverso livello di difficoltà. Si tratta di un quesito di Livello 1, di un quesito di Livello 3 e di un quesito che ha due punteggi, uno di Livello 4 e uno di Livello 5. Si può vedere chiaramente come uno studente con un punteggio di 289 – che si colloca ad un livello inferiore al Livello 1 – abbia soltanto il 43% delle probabilità di rispondere correttamente a un quesito di Livello 1 con un punteggio di 367 sulla scala complessiva di *literacy in lettura*. Lo stesso studente ha soltanto il 14% delle probabilità di rispondere correttamente a un quesito di Livello 3 e quasi nessuna di rispondere correttamente a un quesito di Livello 5. Un individuo con un livello di competenza pari a 371, che si colloca in una posizione intermedia nel Livello 1, ha invece il 63% delle probabilità di rispondere correttamente a un quesito con un punteggio di 367, ma solo in poco più di un caso su quattro risponderà correttamente a un quesito con un punteggio di 508 e c'è appena il 7% di probabilità che sappia rispondere a un quesito del Livello 5. D'altra parte, ci si attende che uno studente di Livello 3 sia in grado di rispondere correttamente a un quesito con un punteggio di 367 con una probabilità pari all'89% e a un quesito con un punteggio di 508 – collocato dunque attorno alla metà del Livello 3 – con una probabilità pari al 64%. Questo stesso studente, tuttavia, avrà soltanto il 27% delle probabilità di rispondere correttamente a un quesito collocato a metà del Livello 5. In conclusione, uno studente di Livello 5 dovrebbe essere in grado di rispondere correttamente a quasi tutti i quesiti. Come si vede dalla Figura 2.10, infatti, uno studente con un punteggio di 662 sulla scala complessa di *literacy in lettura* ha il 98% delle probabilità di rispondere correttamente ad un quesito con un punteggio di 367, il 90% delle probabilità di rispondere correttamente a un quesito di Livello 3 (508 punti) e il 65% delle probabilità di rispondere correttamente ad un quesito scelto fra quelli medi del Livello 5 (652 punti).

La Figura 2.10, inoltre, solleva implicitamente interrogativi riguardo al livello più alto e a quello più basso. Sebbene il livello massimo della scala di *literacy in lettura* non abbia un limite superiore, si può presumere che gli studenti con un alto livello di competenza siano in grado di affrontare con successo i compiti più difficili. Più controverso è il problema che riguarda gli studenti che si trovano verso l'estremità inferiore della scala. Il Livello 1 comincia in corrispondenza dei 335 punti, e tuttavia un certo numero di studenti in ogni paese non raggiunge tale livello, ma, sebbene non vi siano quesiti con punteggio inferiore a 335, sarebbe errato presumere che questi studenti non posseggano alcuna abilità nella comprensione della lettura o siano completamente illetterati. Ciò che ci si può aspettare, invece, è che, sulla base dei quesiti utilizzati nella rilevazione, questi studenti dovrebbero raggiungere un punteggio inferiore al 50% del massimo su un insieme di quesiti selezionati fra quelli di Livello 1 e, per tale motivo, sono collocati al di sotto del Livello 1.

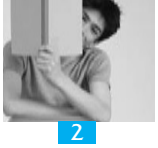


Figura 2.10 ■ **Probabilità che studenti con diversi livelli di competenza rispondano correttamente a quesiti di diversi livelli di difficoltà**

Studenti con diversi livelli di competenza	*Item* di livello 1 a 367 punti	*Item* di livello 3 a 508 punti	*Item* di livello 4 a 567 punti	*Item* di livello 5 a 652 punti
Inferiore al livello 1 *(pari a 298 punti)*	43	14	8	3
Livello 1 *(pari a 371 punti)*	63	27	16	7
Livello 2 *(pari a 444 punti)*	79	45	30	14
Livello 3 *(pari a 517 punti)*	89	64	48	27
Livello 4 *(pari a 589 punti)*	95	80	68	45
Livello 5 *(pari a 662 punti)*	98	90	82	65

Poiché sono relativamente pochi i giovani adulti che, nella nostra società, sono privi di qualsiasi capacità di lettura questo quadro di riferimento non si occupa di come rilevare se gli studenti quindicenni siano in grado o meno di leggere in senso stretto. In altri termini, PISA non misura quanto i quindicenni leggano fluentemente o quanto siano competenti nel riconoscere il significato e/o l'ortografia delle parole. L'impostazione di PISA riflette la convinzione oggi diffusa secondo la quale gli studenti che escono dalla scuola dell'obbligo dovrebbero essere in grado di costruire, applicare ed elaborare il significato di una vasta gamma di testi – continui e non continui – con cui entrano in contatto nelle situazioni più svariate, sia dentro sia fuori dalle aule scolastiche. Se, dunque, non è possibile determinare, attraverso gli strumenti di PISA, quali conoscenze e abilità possiedano gli studenti che si collocano al di sotto del Livello 1 della *literacy in lettura*, si può affermare però che il loro livello di competenza difficilmente permetterà loro di servirsi della lettura come strumento per acquisire conoscenze ed abilità in altri ambiti.

ESEMPI DI QUESITI

Lettura esempio 1: SCARPE SPORTIVE

Stare comodi nelle scarpe sportive

Per 14 anni il Centro di Medicina Sportiva di Lione (Francia) ha condotto ricerche sugli infortuni sofferti da giovani atleti e professionisti. Lo studio ha stabilito che il miglior rimedio è prevenire e... usare buone scarpe.

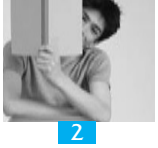
Colpi, cadute, usura e strappi ...
Il diciotto per cento dei giocatori dagli 8 ai 12 anni soffre già di lesioni al tallone. La cartilagine delle caviglie di un calciatore non sopporta bene i traumi e il 25% dei professionisti ha scoperto che essa costituisce un punto particolarmente debole. Anche la cartilagine della delicata articolazione del ginocchio può essere danneggiata in modo irreparabile e, se non si interviene correttamente fin dall'infanzia (10-12 anni), può portare a una artrosi precoce. Nemmeno l'anca non è esente da danni e, soprattutto un giocatore stanco, corre il rischio di fratture in seguito a cadute o scontri con la palla o con un altro giocatore.
Secondo la ricerca, i calciatori che praticano questo sport da più di dieci anni presentano escrescenze ossee sul tallone o sulla tibia.
Questo fenomeno è noto come il "piede del calciatore", una deformazione causata da scarpe con suole e collo troppo flessibili.

Proteggere, sostenere, stabilizzare, assorbire
Se una scarpa è troppo rigida, limita il movimento. Se è troppo flessibile, aumenta il rischio di lesioni e distorsioni. Una buona scarpa sportiva deve soddisfare quattro criteri. In primo luogo, deve **fornire protezione esterna:** resistere agli urti con la palla o con un altro giocatore, adattarsi alle irregolarità del terreno e mantenere il piede caldo e asciutto anche in presenza di freddo intenso e pioggia
Deve **sostenere il piede**, in particolare l'articolazione della caviglia, per prevenire distorsioni, gonfiori e altri problemi che potrebbero avere conseguenze anche sul ginocchio.
Inoltre, deve garantire ai giocatori una buona **stabilità,** perché non scivolino su un terreno bagnato o slittino su una superficie troppo asciutta.
Infine, deve assorbire gli urti, in particolare quelli a cui vanno soggetti i giocatori di pallavolo e di pallacanestro, che saltano in continuazione.

Piedi asciutti
Per evitare danni minori ma dolorosi, come le vesciche o anche le piccole lesioni o il piede d'atleta (un'infezione da funghi), la scarpa deve consentire l'evaporazione della traspirazione e deve impedire la penetrazione dell'umidità esterna. Il materiale ideale a questo scopo è il cuoio, che può essere impermeabilizzato per evitare che la scarpa si impregni alla prima pioggia.

Fonte: Reveu ID (16) 1-15 giugno 1997

SCARPE SPORTIVE è un brano di prosa di carattere informativo tratto da una rivista belga in lingua francese rivolta agli studenti adolescenti ed è classificato come testo appartenente a una situazione di "lettura a fini di studio". Uno dei motivi per cui questo brano è entrato a far parte dello strumento per la rilevazione delle competenze di lettura è il suo contenuto, che è considerato di grande interesse per la popolazione di ri-



ferimento di PISA, ovvero gli studenti quindicenni. L'articolo è corredato da un'accattivante figura in stile fumettistico ed è scandito da titoletti facili da ricordare. All'interno della categoria "testi continui" il brano costituisce un esempio di testo informativo in quanto presenta i punti essenziali di un costrutto mentale esponendo un insieme di criteri per valutare la qualità delle scarpe sportive in base al loro essere o meno adatte a giovani atleti.
I quattro quesiti riferiti a questo stimolo coprono tutti e tre gli aspetti – individuare informazioni, interpretare e riflettere – ma sono tutti relativamente semplici, di Livello 1. Uno dei quesiti è presentato qui sotto.

Domanda 1: SCARPE SPORTIVE

Secondo l'articolo, perché le scarpe sportive non devono essere troppo rigide?

Punteggio 1 (392).

Risposte che fanno riferimento a una limitazione dei movimenti.

Questo quesito è classificato, in termini di aspetto, come "individuare informazioni". Esso, infatti, richiede che chi legge prenda in considerazione un unico criterio per trovare una singola informazione esposta in forma esplicita.

Uno dei fattori che contribuiscono a determinare la difficoltà di un quesito è dato da quanto le parole usate nella domanda siano collegabili con quelle usate nel testo. In questo esempio, il lettore può far riferimento al termine "rigido" che appare tanto nel quesito quanto nella parte pertinente del testo e che, di conseguenza, rende semplice trovare l'informazione richiesta.

Un altro fattore che contribuisce a determinare la difficoltà di un quesito è costituito dalla collocazione dell'informazione all'interno del testo e dal risalto che le viene dato. Le informazioni che si trovano all'inizio di un testo, infatti, sono solitamente più facili da trovare. In questo caso, sebbene l'informazione richiesta per rispondere al quesito si trovi circa a metà del testo, essa è posta tuttavia abbestanza in rilievo in quanto si trova all'inizio di una delle tre sezioni identificate da appositi titoletti.

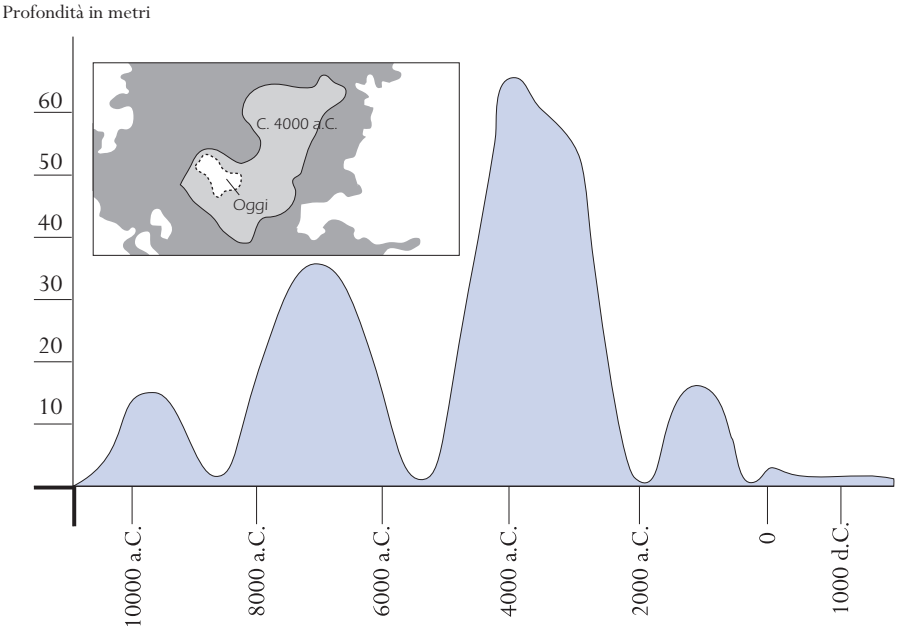
Un altro dei motivi che rendono il quesito relativamente semplice è il fatto che è possibile ricevere punteggio pieno anche riportando semplicemente la frase usata nello stimolo: "limita il movimento". Molti studenti, tuttavia, preferiscono dirlo con parole proprie, ad esempio: «Ti impediscono di correre bene» oppure «Così ti puoi muovere in libertà».

Un errore comune è quello di fornire risposte del tipo: «Perché hai bisogno di qualcosa che ti sostenga il piede», il che, sebbene sia un'idea presente nel testo, è l'esatto contrario della risposta voluta. Può darsi che gli studenti che danno questo tipo di risposta non facciano caso alla negazione espressa nella domanda ("...non essere troppo rigide"), oppure può darsi che associno in modo personale l'idea di "rigidità" a quella di "sostegno", finendo così con il far riferimento a una parte del testo non pertinente alla domanda. A parte ciò, le informazioni in concorrenza fra loro che potrebbero distrarre il lettore sono assai poche.

Lettura esempio 2: LAGO CIAD

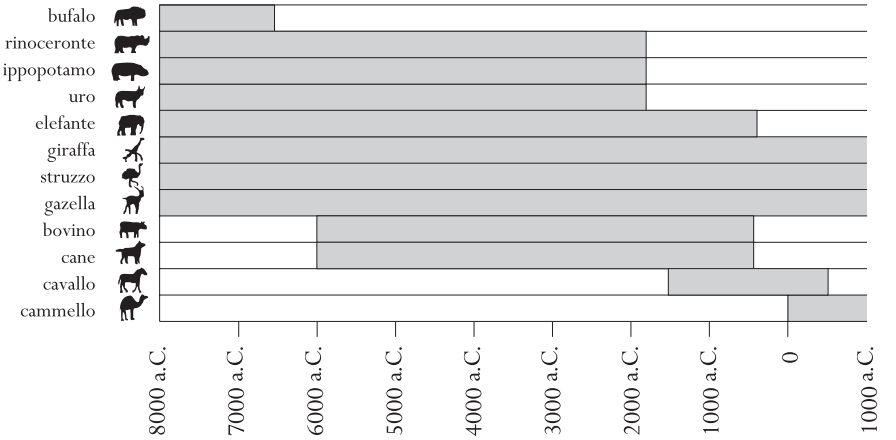
La Figura A mostra i cambiamenti di livello del lago Ciad, nel Nord Africa sahariano. Il lago Ciad è scomparso completamente intorno al 20.000 a. C., durante l'ultima era glaciale. È ricomparso intorno all'11.000 a.C. Oggi, il suo livello corrisponde all'incirca a quello che aveva nel 1.000 d.C.

Figura A
Lago Ciad: cambiamenti di livello

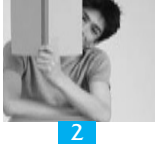


La Figura B mostra l'arte rupestre nel Sahara (antichi disegni o pitture ritrovati sulle pareti delle caverne) e le variazioni della fauna.

Figura B
Arte rupestre e variazioni della fauna nel Sahara



Fonte: Bartholomew Srl. 1988. Tratto da **The Time Atlas of Archeology** è qui riprodotto per gentile concessione della Casa Editrice Harper Collins.



La prova intitolata Lago Ciad presenta due grafici tratti da un atlante archeologico. La Figura A della prova è un diagramma lineare e la Figura B è un istogramma orizzontale, mentre un terzo tipo di testo non continuo è rappresentato dalla cartina del Lago Ciad riportata all'interno della Figura A. Due brevissimi brani in prosa completano lo stimolo, ma, poiché i quesiti che ad esso si riferiscono riguardano quasi esclusivamente le componenti non continue del testo, anche i due brani sono stati fatti rientrare, per quanto riguarda il formato, nella categoria dei testi non continui.

Attraverso la giustapposizione di più informazioni, l'autore invita il lettore a inferire l'esistenza di una connessione fra il cambiamento del livello dell'acqua del lago Ciad nel tempo e la presenza nei dintorni di determinate specie faunistiche in alcuni periodi specifici.

Si tratta di un tipo di testo che gli studenti possono facilmente incontrare in un contesto educativo. Ciò nonostante, poiché l'atlante è destinato a un lettore medio, nel quadro di riferimento per la literacy in lettura il testo è classificato, in termini di situazione, come "lettura ad uso pubblico". L'insieme dei cinque quesiti che accompagnano questo stimolo coprono tutti e tre gli aspetti. Un item, che illustra l'aspetto dell'interpretazione, è riportato di seguito.

Domanda 1: LAGO CIAD

Per rispondere a questa domanda devi integrare informazioni provenienti dalla Figura A e dalla Figura B.

La scomparsa del rinoceronte, dell'ippopotamo e dell'uso dell'arte rupestre Sahariana è avvenuta

A. all'inizio dell'era glaciale più recente.
B. verso la metà del periodo in cui il lago Ciad era al suo livello più alto.
C. dopo più di mille anni da quando il livello del lago Ciad cominciò a diminuire.
D. all'inizio di un periodo ininterrotto di siccità.

Punteggio 1 (508).

La risposta corretta è l'alternativa C.

Questo quesito di interpretazione richiede allo studente di integrare fra loro le informazioni presenti in molte e diverse parti del testo non continuo per comprendere una relazione. In altri termini, occorre che lo studente metta a confronto le informazioni fornite dai due grafici.

Il fatto che si richieda di mettere in relazione le informazioni contenute in due diverse fonti contribuisce a rendere il quesito relativamente difficile. Un ulteriore fattore che contribuisce alla difficoltà dell'item, poi, è dato dal fatto che i grafici usati sono di due diversi tipi (un diagramma lineare e un istogramma) e che, di conseguenza, il lettore deve aver decodificato la struttura di entrambi per poter "tradurre" le informazioni pertinenti da una forma all'altra.

La maggioranza fra quanti non hanno scelto la risposta corretta ha optato per il distrattore D, "all'inizio di un periodo ininterrotto di siccità". Se si ignorano i testi, la D sembra la più plausibile fra le risposte errate e il fatto che sia risultata così appetibile suggerisce che gli studenti si siano affidati a conoscenze extratestuali che possedevano piuttosto che far riferimento alle informazioni loro presentate nella prova.

Lettura esempio 3: GRAFFITI

Sono furibonda: è la quarta volta che il muro della scuola viene pulito e ridipinto per cancellare i graffiti. La creatività è da ammirare, ma bisognerebbe trovare canali di espressione che non causino ulteriori costi alla società.
Secondo me gli edifici, le recinzioni e le panchine nei parchi sono opere d'arte in sé. È davvero assurdo rovinare l'architettura con i graffiti e, peggio ancora, il metodo con cui vengono realizzati distrugge lo strato di ozono. Davvero non riesco a capire perché questi artisti criminali si diano tanto da fare, visto che le loro "opere d'arte" vengono cancellate sistematicamente.
Perché rovinare la reputazione dei giovani dipingendo graffiti dove è proibito? Gli artisti di professione non appendono i loro dipinti lungo le strade! Al contrario, cercano fondi e diventano famosi allestendo mostre legalmente autorizzate.

Olga

Sui gusti non si discute. La società è invasa dalla comunicazione e dai messaggi pubblicitari. Simboli di società, nomi di negozi. Grandi poster che invadono i lati delle strade. Sono tollerabili? Sì, per la maggior parte. E i graffiti, sono tollerabili? Alcuni dicono di sì, altri no.
Chi paga il prezzo dei graffiti? In fin dei conti, chi paga il prezzo degli annunci pubblicitari? Giusto. Il consumatore.
Chi ha affisso i tabelloni, ha forse chiesto il vostro permesso? No. Allora perché chi dipinge graffiti dovrebbe farlo? Il proprio nome, i nomi delle bande e delle grandi opere pubbliche: non è solo una questione di comunicazione?
Pensiamo ai vestiti a strisce e quadri apparsi nei negozi qualche anno fa. E all'abbigliamento da sci. I motivi e i colori sono stati presi in prestito direttamente dai variopinti muri di cemento. È piuttosto curioso che questi motivi e colori vengano accettati ed ammirati, mentre i graffiti dello stesso stile sono considerati orrendi.
Tempi duri per l'arte.

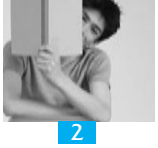
Sofia

Fonte: Mari Hamkala

Lo stimolo di questa prova, proposto originariamente dalla Finlandia, è costituito da una coppia di messaggi affissi in una bacheca virtuale. I quattro quesiti che accompagnano lo stimolo simulano tipiche attività di comprensione della lettura, giacché tutti noi, quando leggiamo, spesso sintetizziamo, paragoniamo e mettiamo in contrapposizione fra loro idee provenienti da due o più fonti differenti.

Poiché erano pubblicati su Internet, i messaggi di Graffiti sono stati classificati, in termini di situazione, come "lettura ad uso pubblico. Nella più ampia classificazione dei testi continui, invece, essi sono stati classificati come "testi argomentativi", in quanto fanno delle asserzioni e cercano di far propendere il lettore per un determinato punto di vista.

Come nel caso di Scarpe sportive, il contenuto di Graffiti è considerato di un certo interesse per studenti quindicenni. Il dibattito adombrato fra i due scriventi, ovvero se i "graffitari" siano da considerarsi artisti o vandali, dovrebbe rappresentare un reale argomento di discussione per gli studenti che rispondono al test. Uno dei quesiti che rappresenta gli aspetti della riflessione e della valutazione è riportato di seguito.



Domanda 1: GRAFFITI

In una lettera possiamo riconoscere il contenuto (le cose che dice) e lo stile (il modo in cui sono scritte).

Indipendentemente da quella con cui sei d'accordo, secondo te quale lettera è migliore? Giustifica la tua risposta facendo riferimento allo stile in cui è scritta una delle due lettere, o entrambe.

Questo quesito richiede allo studente di servirsi delle proprie conoscenze sullo stile per valutare l'abilità di chi scrive mettendo a confronto i due messaggi. Nella categorizzazione secondo i cinque aspetti, il quesito è classificato come "riflettere sulla forma del testo e valutarla", poiché, per rispondere, i lettori debbono far affidamento sulla propria idea di che cosa significhi scrivere bene.

Il "punteggio pieno" è stato assegnato a diverse risposte, comprese quelle che facevano riferimento al tono o alle strategie argomentative di uno o di entrambi gli scriventi, oppure alla struttura dei brani. Alcune risposte-tipo da "punteggio pieno" sono le seguenti: «Il messaggio di Olga è efficace per come si rivolge direttamente agli artisti dei graffiti»; oppure: «Secondo me il secondo messaggio è migliore perché contiene delle domande dirette che ti coinvolgono e ti fanno sentire come se prendessi parte a un dibattito e non a una conferenza».

Le risposte che non hanno ricevuto "nessun punteggio" erano spesso vaghe o riferivano un'opinione generica, senza alcun riferimento diretto al testo oppure trattavano del contenuto più che dello stile (ad esempio: «Sofia perché i graffiti sono una forma d'arte»).

Conclusioni

In PISA, la nozione di *literacy in lettura* va al di là della semplice misurazione della capacità di uno studente di decodificare e di comprendere in senso letterale l'informazione. In PISA, *literacy in lettura* significa anche comprendere, utilizzare e riflettere su testi scritti. Non solo, la definizione di *literacy in lettura* prende in considerazione anche l'importanza dell'essere competenti nella lettura per raggiungere i propri obiettivi e per svolgere un ruolo da cittadino attivo nella società.

È ormai generalmente riconosciuto che gli studenti si cimentano nella lettura in vari modi. PISA traccia una distinzione fra "testi continui" – quali gli articoli che uno studente potrebbe leggere in una rivista o in un giornale o in un romanzo – e testi "non continui", quali grafici, tabelle, cartine e figure. Agli studenti, inoltre, vengono proposti diversi tipi di quesito: risposte a scelta multipla oppure a risposta aperta univoca o articolata.

I risultati della *literacy in lettura*, in PISA, sono presentati su tre sotto-scale – individuare informazioni, interpretare il testo e riflettere e valutare. In seguito alla rilevazione di PISA 2000, sono stati individuati 5 livelli di competenza per indicare la capacità dimostrata dagli studenti nelle prove di *literacy in lettura*. Al livello più alto si collocano studenti in grado di portare a termine compiti più difficili come, ad esempio, localizzare informazioni complesse all'interno di un testo che non è loro familiare e che contiene più informazioni in concorrenza fra loro, mentre, invece, gli studenti che si collocano al livello di competenza più basso sono in grado soltanto di localizzare le informazioni messe maggiormente in evidenza e con poche o nessuna altra informazione che si ponga in concorrenza con esse. Ci si attende che gli studenti che si collocano ai livelli più alti siano in grado di riflettere sugli obiettivi dell'autore di un determinato brano, mentre dagli studenti che si col-

locano ai livelli più bassi ci si aspetta che mettano semplicemente in rapporto le informazioni contenute nel testo con la propria esperienza quotidiana.

La *literacy in lettura* è stata il principale ambito di rilevazione nel primo ciclo di PISA e lo sarà nuovamente nel 2009. Per questo, il quadro di riferimento per la *literacy in lettura* verrà rivisto alla luce degli sviluppi occorsi nel frattempo.

3

La literacy matematica

DEFINIZIONE DELL'AMBITO

In PISA l'ambito della *literacy matematica* riguarda la capacità degli studenti di analizzare, di ragionare e di comunicare idee in modo efficace nel momento in cui essi pongono, formulano, risolvono e spiegano la soluzione di problemi matematici in una molteplicità di situazioni. La rilevazione PISA focalizza l'attenzione su problemi del mondo reale e non si limita al tipo di problemi e di situazioni che generalmente si affrontano nelle aule scolastiche. In contesti di vita reale, infatti, facendo acquisti, viaggiando, preparando da mangiare, tenendo la propria contabilità o valutando questioni politiche un cittadino si trova spesso a confrontarsi con situazioni nelle quali l'uso di ragionamenti di tipo quantitativo o spaziale o di altre competenze matematiche può aiutare a chiarire, formulare o risolvere un problema. Un tale uso della matematica è basato sulle abilità apprese a scuola ed esercitate attraverso il tipo di problemi che normalmente sono presentati nei libri di testo e a lezione. Tuttavia esso richiede la capacità di applicare tali abilità a un contesto meno strutturato, in cui le istruzioni sono meno chiare e in cui è lo studente a dover decidere quali conoscenze siano pertinenti e in che modo esse possano essere utilmente applicate.

In PISA la *literacy matematica* riguarda la misura in cui i quindicenni possono essere considerati come cittadini informati che riflettono e come consumatori intelligenti. In tutti i paesi, i cittadini devono sempre più spesso confrontarsi con una miriade di compiti che implicano concetti di tipo quantitativo, spaziale, probabilistico o altri tipi di concetti matematici. Per esempio, i *mass media* (quotidiani, riviste, televisione e Internet) sono pieni di informazioni presentate sotto forma di tabelle, diagrammi e grafici su argomenti quali il clima, l'economia, la medicina e lo sport, per citarne solo alcuni. I cittadini sono ormai bombardati da informazioni su questioni quali "il surriscaldamento della terra e l'effetto serra", "la crescita demografica", "le macchie di petrolio e i mari", "la scomparsa della campagna". E da ultimo, ma non per questo meno importante, i cittadini sono chiamati a confrontarsi con la necessità di leggere moduli, di consultare orari di autobus e treni, di portare a termine correttamente transazioni economiche, di decidere il miglior rapporto qualità-prezzo quando fanno acquisti, eccetera. In PISA, la *literacy matematica* mira a stabilire se gli studenti di 15 anni (età che per molti studenti corrisponde alla fine della scuola dell'obbligo e, quindi, segna il termine dell'apprendimento formale della matematica) sono in grado di utilizzare le nozioni e la comprensione della matematica per orientarsi nei problemi della vita quotidiana e per svolgere un ruolo attivo nella società.

PISA definisce la *literacy matematica* nel modo seguente:

> La *literacy matematica* è la capacità di un individuo di individuare e comprendere il ruolo che la matematica gioca nel mondo reale, di operare valutazioni fondate e di utilizzare la matematica e confrontarsi con essa in modi che rispondono alle esigenze della vita di quell'individuo in quanto cittadino impegnato, che riflette e che esercita un ruolo costruttivo.

Alcune note esplicative possono aiutare a chiarire ulteriormente tale definizione dell'ambito.

L'espressione "*literacy matematica*" pone l'accento sulle conoscenze matematiche attivate in modo funzionale in una molteplicità di situazioni differenti e con una varietà di approcci basati sul ragionamento e sull'intuizione (*insight*). Naturalmente, affinché un simile utilizzo sia possibile e praticabile, sono necessarie molte conoscenze e abilità matematiche fondamentali. In ambito linguistico, la *literacy* presuppone un lessico ampio e una conoscenza sostanziale di regole grammaticali, di fonetica, di ortografia, ma non può essere ridotta solo a questo. Per comunicare, gli esseri umani combinano questi elementi in maniera creativa, in risposta alle varie situazioni che incontrano nel mondo reale. Analogamente, la *literacy matematica* non può essere ridotta alla sola conoscenza della terminologia matematica, dei fatti e dei procedimenti, né tantomeno alle abilità necessarie per

svolgere certe operazioni e applicare certi metodi, sebbene presupponga tutto ciò. La *literacy matematica* comporta l'uso creativo dell'insieme di tali elementi per rispondere a quanto richiesto dalle situazioni esterne.

L'espressione "mondo reale" indica l'ambiente naturale, sociale e culturale nel quale l'individuo vive. Come ha detto Freudenthal, "i nostri concetti matematici, le nostre strutture e le nostre idee sono state inventate come strumenti per organizzare i fenomeni del mondo fisico, sociale e mentale" (1983, p. ix).

L'espressione "usare la matematica e confrontarsi con essa" indica l'uso della matematica e la soluzione di problemi, nonché un più ampio coinvolgimento personale nel comunicare, nel rapportarsi, nel valutare e perfino nell'apprezzare la matematica e nel goderne. La definizione, dunque, va oltre l'uso funzionale della matematica in senso stretto, comprendendo anche la preparazione a proseguire gli studi e gli aspetti estetici e ludici della matematica.

Con "la vita di quell'individuo" s'intende sia la vita privata, professionale e sociale con colleghi e parenti, sia la vita in quanto cittadino che fa parte di una collettività.

Fra le capacità fondamentali che la nozione di *literacy matematica* comporta vi è quella di porre, formulare, risolvere e interpretare problemi servendosi della matematica in una molteplicità di situazioni e di contesti. Questi ultimi vanno da contesti puramente matematici a contesti in cui non è presente o evidente fin dall'inizio una struttura matematica, che deve piuttosto essere introdotta in modo efficace da chi pone o risolve il problema. È importante sottolineare, inoltre, che la definizione non si limita a una conoscenza di base della matematica, ma comprende il fare e l'utilizzare la matematica in situazioni che vanno da quelle quotidiane a quelle insolite e da quelle semplici a quelle complesse.

Gli atteggiamenti e le emozioni che la matematica suscita, come la fiducia in se stessi, la curiosità, la percezione dell'interesse e dell'importanza della matematica e il desiderio di fare o di capire, non entrano a far parte direttamente della definizione della *literacy matematica*, ma ciò nonostante apportano ad essa un contributo sostanziale. In linea di principio, è possibile possedere una *literacy matematica* senza che questa sia accompagnata da tali atteggiamenti ed emozioni. In pratica, però, è improbabile che la *literacy* venga esercitata e attivata da chi non possiede un minimo di fiducia in se stesso, di curiosità, di percezione dell'interesse e dell'importanza della matematica e di desiderio di fare o di capire. L'importanza di tali atteggiamenti ed emozioni in quanto correlati alla *literacy matematica* è ormai riconosciuta. Tali aspetti non entrano a far parte direttamente della rilevazione della *literacy matematica*, ma sono comunque oggetto di valutazione in PISA.

BASI TEORICHE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO PISA PER LA MATEMATICA

La definizione di *literacy matematica* adottata da PISA è coerente con una teoria della struttura e dell'uso del linguaggio ampia e integrata quale quella che emerge dai recenti studi socio-culturali sulla *literacy*. Nel *Preamble to a Literacy Program* di James Gee (1998), il termine "*literacy*" si riferisce all'uso umano del linguaggio. La capacità di un individuo di leggere, scrivere, ascoltare e parlare una lingua è lo strumento più importante attraverso il quale è mediata l'attività sociale umana. Infatti, ciascun linguaggio umano e ciascun uso del linguaggio umano ha una struttura complicata collegata in modo complesso a una molteplicità di funzioni. Il fatto che una persona sappia leggere e scrivere in una lingua vuol dire che essa conosce molti aspetti della struttura di quella lingua ed è capace di farne uso per molte e diverse funzioni sociali. Analogamente, assimilare la matematica a una lingua significa non solo che gli studenti devono apprendere gli elementi della struttura propria del

discorso matematico (i termini, i fatti, i segni e i simboli, le procedure e le abilità necessarie per eseguire determinate operazioni in settori specifici della matematica e la struttura di queste idee in ciascun settore), ma anche che essi devono imparare a usare tali elementi per risolvere problemi non familiari in una molteplicità di situazioni definite in termini di funzioni sociali. Occorre notare che, nel caso della matematica, conoscere gli elementi che caratterizzano la struttura vuol dire sia conoscere i termini, le procedure e i concetti di base che normalmente si apprendono a scuola, sia sapere come tali elementi vengono organizzati e utilizzati. Purtroppo è possibile conoscere molte caratteristiche proprie della matematica senza sapere né come sono strutturate, né come usarle per risolvere problemi. Tali definizioni astratte che riguardano l'interrelazione tra "elementi della struttura" e "funzioni", e che sono alla base del quadro di riferimento PISA per la matematica, possono essere illustrate dal seguente esempio.

Matematica esempio 1: BATTITO CARDIACO

Per motivi di salute, le persone dovrebbero limitare i loro sforzi, ad esempio durante le attività sportive, per non superare una determinata frequenza del battito cardiaco. Per anni, la relazione tra la frequenza cardiaca massima consigliata e l'età della persona è stata descritta dalla seguente formula:

Frequenza cardiaca massima consigliata = 220 − età

Recenti ricerche hanno mostrato che questa formula dovrebbe essere leggermente modificata. La nuova formula è la seguente:

Frequenza cardiaca massima consigliata = 208 − (0,7 x età)

In questa prova, le domande ruotano attorno alla differenza fra le due formule e al modo in cui esse influenzano il calcolo della frequenza cardiaca massima consigliata.

Questo problema può essere risolto seguendo la strategia generale usata dai matematici, a cui si farà riferimento d'ora in poi con il termine "matematizzazione". La matematizzazione può essere definita sulla base di cinque aspetti.

- *Nella prima fase il processo di matematizzazione, ovvero il matematizzare, prende origine da un problema situato nella realtà.*

  In questo caso specifico, la realtà, come risulta chiaro dal quesito, è quella della salute e della forma fisica: «Una regola importante da tenere presente, quando si fa esercizio fisico, è quella di non esagerare poiché uno sforzo eccessivo potrebbe causare problemi di salute». La domanda pone in evidenza il problema sia attraverso un testo che mette in relazione la salute con la frequenza cardiaca, sia facendo riferimento alla "frequenza cardiaca massima consigliata".

- *Nella seconda fase, chi risolve il problema cerca di individuare gli strumenti matematici pertinenti e di riorganizzare il problema in base a concetti matematici individuati.*

  Appare chiaro che lo studente si trova di fronte a due formule letterali che devono essere comprese. Quello che gli viene chiesto è paragonare le due formule e ciò che esse rappresentano in termini matematici. Le formule forniscono una relazione fra la frequenza cardiaca massima consigliata e l'età di una persona.

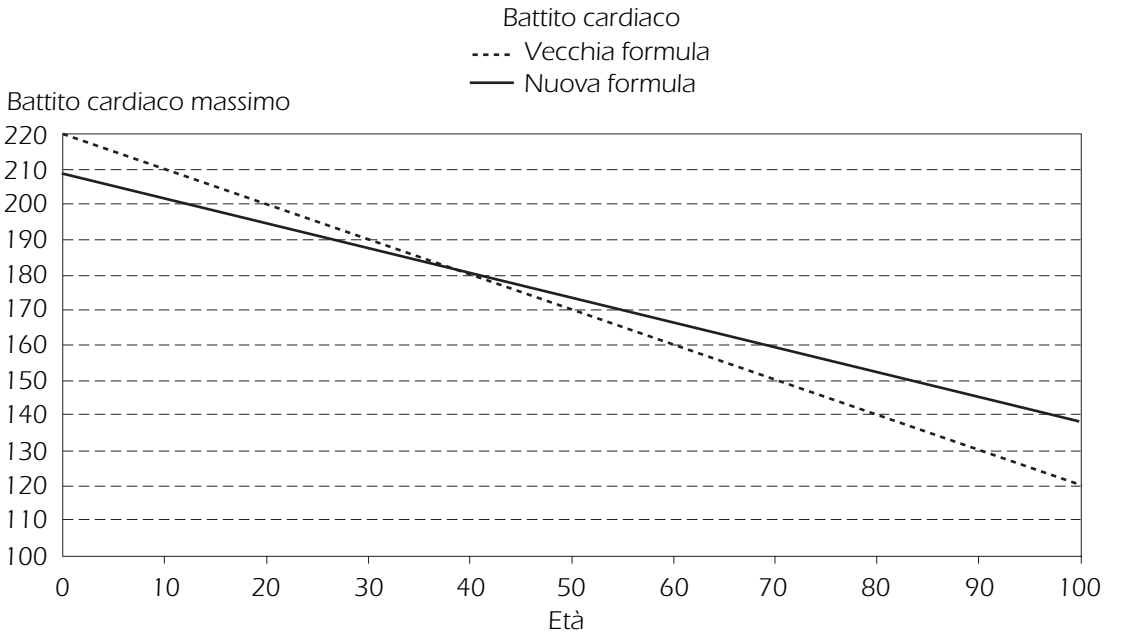
- *La terza fase consiste nello sfrondare progressivamente il problema dagli elementi della realtà.*

  Esistono vari modi per ridurre il problema presentato a un problema strettamente matematico o, in altre parole, per sfrondarlo dagli elementi della realtà. Uno dei possibili modi di procedere consiste nel trasformare le formule letterali in espressioni algebriche formali quali, ad esempio, $y = 220 - x$ oppure $y = 208 - 0{,}7\,x$. Lo studente deve tener presente che y corrisponde al-

la frequenza cardiaca massima espressa in battiti al minuto e che x rappresenta l'età espressa in anni. Un altro approccio matematico in senso stretto consisterebbe nel disegnare i grafici direttamente dalle formule letterali. Tali grafici, trattandosi di formule di primo grado, sarebbero linee rette. Tali linee avrebbero una diversa pendenza e dunque si intersecherebbero.
Le tre fasi appena illustrate conducono da un problema del mondo reale a un probema matematico.

- *La quarta fase consiste nel risolvere il problema matematico.*

Nella fattispecie, il problema matematico richiede di mettere a confronto le due formule o i due grafici e di dire qualcosa sulle differenze per quanto riguarda persone di una certa età. Un buon modo di cominciare è quello di scoprire dove le due formule danno lo stesso risultato o dove si verifica l'intersezione fra le due linee del grafico. Lo studente, dunque, può trovare la risposta risolvendo l'equazione: $220 - x = 208 - 0{,}7x$. Il risultato è $x = 40$ e il corrispondente valore di y è 180. Le linee del grafico, quindi, si intersecano nel punto (40, 180).
Tale punto si può trovare anche nel grafico che segue. Poiché la pendenza che si ricava dalla prima formula è -1 e quella che si ricava dalla seconda è -0,7, lo studente sa che la seconda linea ha un'inclinazione minore della prima. In altri termini, sa che la linea che rappresenta sul grafico $y = 220 - x$ si trova al di sopra della linea che rappresenta $y = 208 - 0{,}7x$ per valori di x minori di 40 e al di sotto per valori di x maggiori di 40.



- *La quinta fase richiede che si interpreti la soluzione matematica in senso stretto nei termini della situazione reale.*

Non è poi troppo difficile comprendere il significato, a patto che lo studente si renda conto che x sta per l'età di una persona e y per la frequenza cardiaca massima. Per un'età di 40 anni entrambe le formule danno lo stesso risultato: una frequenza cardiaca massima pari a 180. La "vecchia" regola consente frequenze cardiache maggiori per i giovani: portando il ragionamento all'estremo, se l'età è pari a 0, la frequenza massima è 220 con la vecchia formula e soltanto 208 con la nuova. Per le persone di età superiore, in questo caso per coloro che hanno più di 40 anni, le scoperte più recenti consentono una frequenza maggiore: ad esempio, lo studente si ac-

corge che, per un'età di 100 anni, la vecchia formula dà una frequenza massima pari a 120, mentre la nuova dà una frequenza massima di 138. Occorre tuttavia che lo studente si renda conto di altre cose: le formule mancano di precisione matematica e danno solo l'impressione di essere quasi scientifiche. In realtà le formule forniscono soltanto una regola "a spanne" che dovrebbe essere presa con le dovute cautele. Un altro aspetto è che per le età estreme i risultati dovrebbero essere presi con una cautele ancora maggiore.
Ciò che questo esempio dimostra è che, anche con quesiti relativamente semplici – ovvero con problemi che tengono conto dei vincoli che un grande studio internazionale comporta e che possono essere risolti in breve tempo – è comunque possibile ritrovare per intero il processo di matematizzazione e di *problem solving*.

Questi sono i processi che caratterizzano il modo in cui spesso i matematici "fanno matematica" in senso lato, il modo in cui la gente utilizza la matematica in un gran numero di lavori che svolge o che potrebbe dover svolgere, e il modo in cui cittadini preparati e che riflettono dovrebbero avvalersi della matematica per impegnarsi pienamente e in modo competente nella realtà. In questa prospettiva imparare a *matematizzare* dovrebbe essere il primo obiettivo educativo per tutti gli studenti.

Oggi e nel futuro prossimo, tutti i paesi avranno bisogno di cittadini "competenti" dal punto di vista matematico per affrontare una società molto complessa e in rapido cambiamento. L'informazione disponibile è andata crescendo in modo esponenziale e i cittadini devono essere in grado di decidere come affrontare queste informazioni. Nel dibattito pubblico si fa un uso sempre maggiore di informazioni di tipo quantitativo per sostenere le proprie tesi. Un esempio del bisogno dei cittadini di possedere una *literacy matematica* è la frequente esigenza di formulare giudizi e valutare l'accuratezza delle conclusioni e delle affermazioni di indagini e di studi. Essere in grado di giudicare la fondatezza di tali affermazioni è, e sarà sempre di più, un aspetto cruciale dell'essere un cittadino responsabile. Le fasi del processo di matematizzazione qui illustrate sono aspetti fondamentali dell'uso della matematica nelle situazioni complesse di cui sopra. L'incapacità di servirsi di concetti matematici, viceversa, può tradursi in decisioni personali confuse, in un'accresciuta sensibilità verso le pseudo-scienze e in decisioni non sufficientemente supportate da informazioni nella vita professionale e sociale.

Un cittadino "competente" sotto il profilo matematico si rende conto della velocità del cambiamento e del conseguente bisogno di essere aperti all'apprendimento per tutta la vita. Adattarsi ai cambiamenti in modo creativo, flessibile e pratico è una condizione necessaria per essere buoni cittadini. Quanto appreso a scuola non sarà probabilmente sufficiente a rispondere alle esigenze delle persone in gran parte della loro vita adulta.
L'importanza di avere cittadini competenti e riflessivi riguarda anche la forza lavoro: c'è sempre meno bisogno di persone che eseguano lavori manuali ripetitivi. Chi lavora, al contrario, deve controllare il risultato di un'ampia gamma di apparecchi ad alta tecnologia, avendo a che fare con un flusso ininterrotto di informazioni e misurandosi con la necessità di risolvere problemi attraverso un lavoro di squadra. Tendenzialmente, sempre più occupazioni richiederanno la capacità di capire, comunicare, usare e spiegare concetti e procedimenti basati sul pensiero matematico. Le fasi del processo di matematizzazione sono gli elementi costitutivi di questo tipo di pensiero matematico.

Infine, un cittadino "competente" sotto il profilo matematico riconosce il valore della matematica in quanto disciplina rilevante, dinamica e in evoluzione, capace spesso di rispondere alle sue esigenze.

Il problema pratico affrontato dal PISA è come valutare se gli studenti di 15 anni siano "competenti" sotto il profilo matematico in termini di capacità di matematizzare. Purtroppo, in una prova

strutturata con un tempo limitato di somministrazione, un tale accertamento è difficile perché nella maggior parte delle situazioni reali complesse l'intero processo che va dalla realtà alla matematica e viceversa comporta spesso un lavoro di collaborazione, il reperimento di risorse adeguate e richiede molto tempo.

Per illustrare il processo di *matematizzazione* in un esercizio di *problem solving* a più fasi, consideriamo l'esempio della prova *Vacanza* che era uno dei quesiti utilizzati in PISA 2003. Il problema pone agli studenti due domande.

Matematica esempio 2: VACANZA

In questo problema si tratta di scegliere l'itinerario migliore per una vacanza.

Le Figure 1 e 2 mostrano una cartina della zona e le distanze fra le città.

Figura 1: Cartina delle strade che collegano le città

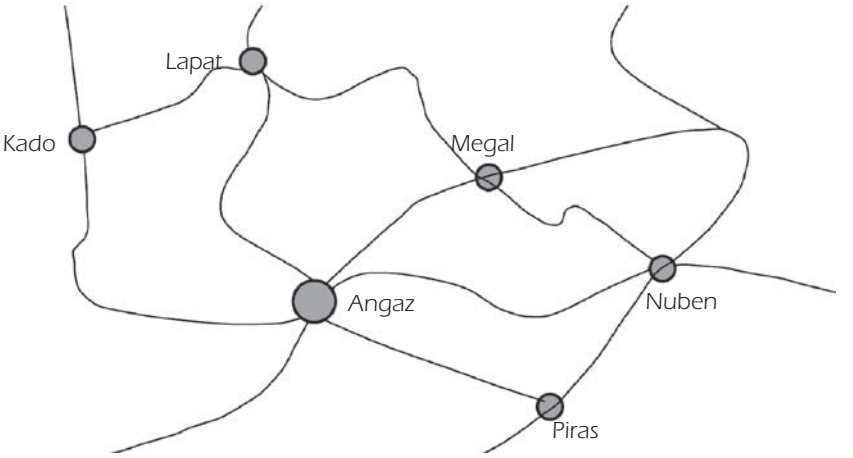


Figura 2: Le distanze più brevi fra le varie città, espresse in chilometri

	Angaz	Kado	Lapat	Megal	Nuben	Piras
Angaz						
Kado	550					
Lapat	500	300				
Mergal	300	850	550			
Nuben	500		1300	450		
Piras	300	850	800	600	250	

Domanda 1: VACANZA

Calcola la distanza più breve per andare da Nuben a Kado.
Distanza: ..... chilometri

Domanda 2: VACANZA

Zoe abita ad Angaz e vuole visitare Kado e Lapat. Può percorrere al massimo 300 chilometri al giorno, però può interrompere il viaggio fermandosi a dormire in campeggio fra una città e l'altra.

Zoe si fermerà due notti in ogni città, in modo da avere una intera giornata a disposizione per visitarla.

Indica l'itinerario di Zoe, scrivendo nella seguente tabella dove si fermerà ogni notte.

Giorno	Dove si ferma la notte.
1	Campeggio fra Angaz e Kado.
2	
3	
4	
5	
6	
7	Angaz

Si può notare come non vi sia alcun collegamento evidente con una disciplina curricolare, sebbene vi sia chiaramente un rapporto con la matematica discreta. Non esiste, inoltre, alcuna strategia predeterminata per risolvere il problema. Spesso, infatti, gli studenti, quando si pone loro un problema, sanno già con precisione quale strategia adottare, mentre nel risolvere i problemi della vita reale non esiste una strategia nota cui far riferimento.

Inoltre, i cinque aspetti della matematizzazione sono chiaramente individuabili, il problema è situato in un contesto reale e può essere organizzato in base a concetti matematici (tabelle della distanza o matrici) e mappe (intese come modelli della realtà). Lo studente deve sfrondare il problema dalle informazioni ridondanti e concentrarsi sulle informazioni pertinenti e, in particolare, sugli aspetti matematici di tali informazioni. Dopo aver risolto il problema in termini matematici, quindi, lo studente deve riflettere sulla soluzione in termini di situazione reale.

Sebbene l'impegno di lettura richiesto da questo problema sia relativamente limitato, si tratta tuttavia di un problema piuttosto complesso perché gli studenti devono leggere e interpretare informazioni che provengono sia dalla mappa che dal grafico delle distanze. Alcune delle distanze che devono reperire nel grafico richiedono loro di leggere il grafico stesso a partire dal basso e non da sinistra in giù. Ad esempio, nel determinare la distanza fra Nuben e Piras occorre capovolgere il problema e cercare la distanza fra Piras e Nuben (*Problem Solving for Tomorrow's World – First measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003* [OCSE, 2004]).

La seconda domanda stabilisce una serie di condizioni da soddisfare simultaneamente: un massimo di 300 km percorsi in un determinato giorno, inizio e fine nella città di Zoe, Angaz, una visita a Kado e a Lapat e una permanenza di due notti in ciascuna di queste città per raggiungere gli obiettivi che Zoe si era prefissata per le vacanze.

Vale la pena notare che nella rilevazione PISA sul *problem solving* dalla quale la prova è tratta, agli studenti era concesso assai più tempo per rispondere di quanto ne venga solitamente concesso per i quesiti di matematica che sono in genere più brevi.

In linea di principio, per stabilire se gli studenti di 15 anni siano in grado di far uso delle conoscenze matematiche acquisite per risolvere i problemi matematici che incontrano nel mondo reale, oc-

correrebbe raccogliere informazioni circa la loro capacità di matematizzare in tali situazioni complesse. Chiaramente ciò non è praticabile. PISA, d'altro canto, ha scelto di mettere a punto quesiti per rilevare diverse componenti del processo di matematizzazione. Nella sezione che segue viene descritta la strategia adottata per costruire un insieme di quesiti che coprano in modo bilanciato i cinque aspetti del processo di *matematizzazione*. L'obiettivo è quello di utilizzare le risposte ottenute al fine di collocare gli studenti su una scala di rendimento secondo il costrutto PISA per la *literacy matematica*.

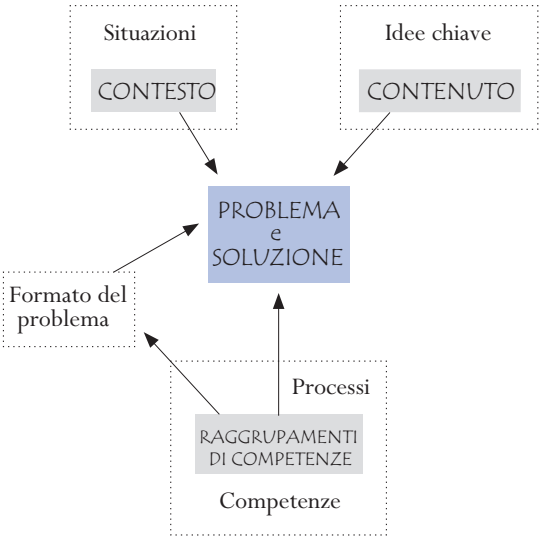
ORGANIZZAZIONE DELL'AMBITO

Il quadro di riferimento di PISA per la matematica fornisce il fondamento logico e la descrizione di come è impostata la valutazione di quanto i quindicenni sono in grado di servirsi della matematica in modo fondato quando si confrontano con i problemi del mondo reale o, in termini più generali, la valutazione di quanto gli studenti quindicenni siano "competenti" sotto il profilo matematico. Per descrivere più chiaramente l'ambito della valutazione, devono essere distinte tre componenti:

- le *situazioni* o i *contesti* in cui sono calati i problemi;
- il *contenuto matematico* che deve essere usato per risolvere il problema, classificato in relazione ad alcune *idee chiave* (*overarching ideas*); e, aspetto fondamentale;
- le *competenze* che devono essere attivate al fine di mettere in relazione il mondo reale, nel quale i problemi hanno origine, con la matematica, per risolvere in tal modo i problemi.

Tali componenti sono rappresentate in forma schematica nella Figura 3.1, alla quale segue una spiegazione di ciascuna componente.

Figura 3.1 ■ **Componenti dell'ambito della matematica**



Il grado di *literacy matematica* di una persona si può vedere dal modo in cui utilizza conoscenze e abilità matematiche per risolvere i problemi. Nella vita di una persona, i problemi (e le loro solu-

zioni) possono presentarsi in una molteplicità di situazioni e contesti. I problemi di PISA si basano sul mondo reale in due modi. In primo luogo, i problemi fanno riferimento ad alcuni ambiti situazionali che sono pertinenti rispetto alla vita dello studente: le situazioni fanno parte del mondo reale e sono indicate dal rettangolo grande nella parte in alto a sinistra dello schema. In secondo luogo, all'interno di quella situazione, i problemi presentano un contesto più specifico rappresentato dal rettangolo più piccolo all'interno di quello che indica la situazione.

Nei due esempi citati – *Battito cardiaco* e *Vacanza* – la situazione è il mondo reale dell'individuo, mentre il contesto è rappresentato, nel primo caso, da alcuni aspetti del rapporto fra sport e salute e, nel secondo, da come si organizza una vacanza.

L'altra componente del mondo reale che deve essere considerata quando si parla della *literacy matematica* è il contenuto matematico che una persona dovrebbe mettere in gioco nel risolvere un problema. Il contenuto matematico può essere articolato sulla base di quattro categorie che comprendono i diversi tipi di problemi che sorgono nell'interazione degli individui con gli eventi quotidiani e si basano su una concezione dei modi in cui il contenuto matematico si presenta. Nella rilevazione di PISA, tali categorie, dette "idee chiave", sono: *spazio e forma, cambiamento e relazioni, quantità* e *incertezza*. Un simile approccio al contenuto si differenzia in parte da quello comune nell'insegnamento della matematica e negli indirizzi curricolari normalmente adottati nelle scuole. Tuttavia, le idee chiave abbracciano grosso modo la gamma degli argomenti di matematica che gli studenti dovrebbero avere appreso. Le idee chiave sono rappresentate dal rettangolo più grande in alto a destra nel diagramma della Figura 3.1. Il contenuto usato nella soluzione di un problema è ricavato dalle idee chiave e nella figura viene rappresentato dal rettangolo più piccolo all'interno di quello delle idee chiave.

Le frecce che vanno dal "contesto" e dal "contenuto" al problema mostrano come il mondo reale (che comprende la matematica) venga a far parte di un problema.

Il problema proposto in *Battito cardiaco* ha a che fare con relazioni di tipo matematico e con il mettere a confronto due relazioni per poi prendere una decisione. Tale problema, dunque appartiene all'idea chiave *cambiamento e relazioni*. Il problema *Vacanza*, invece, richiede solo alcuni calcoli di base, sebbene la seconda domanda metta in gioco anche il ragionamento analitico. L'idea chiave in cui rientra, dunque, è quella di *quantità*.

I processi matematici che gli studenti applicano quando cercano di risolvere un problema vengono definiti competenze matematiche. Tali competenze sono state articolate in tre raggruppamenti di competenze (*competency clusters*) che racchiudono i diversi processi cognitivi necessari per risolvere vari tipi di problemi. Tali raggruppamenti troveranno espressione nel modo in cui i processi matematici sono normalmente impiegati quando gli studenti affrontano i problemi che sorgono nella loro interazione con la realtà e saranno descritti in modo dettagliato successivamente.

La componente relativa ai processi, dunque, è raffigurata nella Figura 3.1 in primo luogo dal rettangolo più grande, che rappresenta le competenze matematiche generali, e in secondo luogo dal rettangolo più piccolo che rappresenta i tre raggruppamenti di competenze, di cui si parlerà più avanti. Le specifiche competenze necessarie per risolvere un problema saranno in relazione con la natura del problema stesso e le competenze utilizzate si rifletteranno sulla soluzione trovata. Questa interazione è rappresentata dalla freccia che va dai raggruppamenti di competenze al problema e alla sua soluzione.

Un'ultima freccia va dai raggruppamenti di competenze al formato del problema, a indicare che le competenze impiegate nella soluzione di un problema sono legate alla forma del problema stesso e alle sue particolari richieste.

Occorre sottolineare che le tre componenti appena descritte sono di diversa natura. Mentre le situazioni e i contesti definiscono l'ambito del problema nel mondo reale e le idee chiave riflettono il modo in cui si guarda il mondo attraverso "lenti matematiche", le competenze costituiscono il nucleo centrale della *literacy matematica*. Soltanto se gli studenti possiedono determinate competenze sono in grado di risolvere correttamente determinati problemi. Valutare la *literacy matematica* vuol dire accertare fino a che punto gli studenti possiedano competenze matematiche e siano in grado di usarle in situazioni problematiche.

Nei paragrafi che seguono queste tre componenti sono descritte più dettagliatamente.

SITUAZIONI E CONTESTI

Un aspetto importante della definizione di *literacy matematica* è il confrontarsi con la matematica: utilizzare la matematica e "fare matematica" in una molteplicità di situazioni. È ormai riconosciuto che al momento di affrontare questioni che si prestano a essere trattate in termini matematici, la scelta dei metodi e delle rappresentazioni matematiche dipende spesso dalle situazioni in cui i problemi si presentano.

La situazione è quella porzione del mondo dello studente all'interno della quale i compiti sono presentati e si trova a una certa distanza dallo studente stesso. PISA considera la vita personale la situazione più prossima allo studente, seguita dalla vita scolastica, dal lavoro e dal tempo libero e, infine, dalla comunità locale e dalla società come la si incontra nella vita quotidiana. Le più lontane di tutte sono le situazioni scientifiche. Quattro situazioni-tipo sono definite e utilizzate per ambientare i problemi da risolvere: personale, scolastica/occupazionale, pubblica e scientifica.

Il contesto di un quesito è rappresentato dalla sua ambientazione specifica all'interno di una situazione. Esso comprende tutti i singoli elementi utilizzati per formulare il problema.

Consideriamo il seguente esempio:

Matematica esempio 3: LIBRETTO DI RISPARMIO

Si sono versati 1000 zed su un libretto di risparmio in banca. Vi sono due possibilità: si può avere un tasso del 4% OPPURE si può avere subito dalla banca un bonus di 10 zed e un tasso del 3%.

Domanda 1: LIBRETTO DI RISPARMIO

Quale opzione è più vantaggiosa dopo un anno? E dopo due anni?

La situazione di questo quesito è "finanza e tecnica bancaria", che fa parte della situazione comunità locale e società che PISA classifica come "pubblica". Il contesto del quesito riguarda il denaro (zed) e i tassi di interesse di un conto bancario.

È da notare che questo problema potrebbe far parte dell'esperienza o della prassi quotidiana di una persona che si trova in un determinato ambiente nel mondo reale. Esso fornisce un contesto "autentico" per la pratica della matematica, dal momento che l'applicazione della matematica a questo contesto è realmente orientata alla soluzione del problema. Ciò differenzia questo problema da quelli che spesso compaiono nei libri di testo di matematica, il cui scopo principale è quello di far

fare un esercizio matematico, piuttosto che utilizzare la matematica per risolvere un problema reale. Tale "autenticità" nell'uso della matematica è un aspetto importante della messa a punto e dell'analisi dei quesiti di PISA ed è in stretta relazione con la definizione di *literacy matematica*.

Bisogna anche notare che l'uso del termine "autentico" non è teso a indicare che i quesiti di matematica siano necessariamente veri e reali. Nella matematica di PISA il termine "autentico" sta ad indicare che la pratica della matematica è veramente diretta a risolvere il problema proposto e non è, al contrario, il problema a essere un mero strumento per la pratica della matematica.

Si noti infine che alcuni elementi del problema sono inventati, come la valuta che è fittizia. Questo elemento fittizio è stato introdotto per evitare che gli studenti di qualche paese fossero ingiustamente avvantaggiati.

La situazione e il contesto di un problema possono essere considerati anche in termini di distanza fra il problema e la matematica richiesta per la sua soluzione. Se un compito fa riferimento unicamente a oggetti, simboli o strutture matematiche e non ad aspetti esterni al mondo matematico, il contesto del compito viene considerato come intra-matematico e il compito viene classificato come appartenente alla situazione "scientifica". PISA comprende un numero limitato di prove di questo genere, nelle quali, cioè, il contesto del problema rende esplicita la stretta connessione tra quest'ultimo e la matematica che ne sta alla base. Viceversa, i problemi incontrati dagli studenti nella vita quotidiana non sono solitamente formulati in termini matematici espliciti. Essi si riferiscono a oggetti del mondo reale. Simili contesti sono detti "extra-matematici" ed è lo studente a doverli tradurre in forma matematica. In linea generale, PISA pone l'accento su compiti che si potrebbero incontrare in situazioni del mondo reale e che sono calati in contesti autentici che ne influenzano la soluzione e l'interpretazione. Si tenga presente che ciò non esclude che si ricorra anche a compiti con un contesto ipotetico, purché tale contesto abbia qualche elemento verosimile, non sia troppo distante da una situazione reale e richieda autenticamente l'uso della matematica per risolvere il problema, come nel seguente esempio.

Matematica esempio 4: SISTEMA MONETARIO

Domanda 1: SISTEMA MONETARIO

Sarebbe possibile introdurre un sistema monetario basato soltanto su tagli da 3 e da 5? Più specificatamente, quali valori si otterrebbero su questa base? Sarebbe desiderabile un tale sistema, se fosse possibile?

La qualità del problema presentato non è dovuta tanto al suo essere prossimo alla realtà, quanto al fatto di essere interessante sotto il profilo matematico e di fare appello a competenze legate alla *literacy matematica*. Il ricorso alla matematica per spiegare scenari ipotetici ed esplorare sistemi o situazioni alternative, per quanto improbabili nella realtà, è una delle caratteristiche più importanti della disciplina stessa. Un problema come quello sopra sarebbe dunque classificato come appartenente alla situazione "scientifica".

Riassumendo, PISA riconosce grande valore ai compiti che si potrebbero incontrare in una delle molteplici situazioni del mondo reale e il cui contesto richieda realmente il ricorso alla matematica per risolvere il problema. Per rilevare la *literacy matematica* si preferisce ricorrere a problemi in cui soluzione e interpretazione siano legate a contesti extra-matematici, dal momento che tali problemi sono i più simili a quelli che si incontrano nella vita quotidiana.

IL CONTENUTO MATEMATICO – LE QUATTRO "IDEE CHIAVE"

Oggi molti vedono la matematica come la scienza dei modelli (*patterns*) in senso generale. Di conseguenza, questo quadro di riferimento ha scelto alcune idee chiave che riflettano tale modo di vedere: modelli di *spazio e forma,* di *cambiamento e relazioni,* di *quantità*, rappresentano concetti centrali ed essenziali in qualsiasi descrizione della matematica e sono il nucleo di tutti i curricoli a prescindere da ordine e grado. E tuttavia essere "competente" sotto il profilo matematico significa qualcosa di più: affrontare l'incertezza in una prospettiva matematica e scientifica. Per questo motivo, elementi di teoria della probabilità e di statistica danno origine alla quarta idea chiave: l'*incertezza*.

Pertanto, le quattro idee chiave che seguono sono utilizzate in PISA 2006 per seguire lo sviluppo storico della disciplina, per abbracciare in modo esauriente l'ambito matematico e per rispecchiare i temi principali del curriculo scolastico:

- spazio e forma;
- cambiamento e relazioni;
- quantità;
- incertezza.

Attraverso queste quattro idee chiave è stato possibile articolare il contenuto matematico in un numero di aree sufficiente a garantire che i quesiti coprissero l'intero curricolo e che, allo stesso tempo, il loro numero fosse sufficientemente ridotto da evitare distinzioni troppo minuziose che impedirebbero di prendere in considerazione problemi fondati su situazioni reali.

Un'idea chiave può essere concepita come un insieme coerente di fenomeni e di concetti che si possono incontrare dentro e attraverso una molteplicità di situazioni differenti. Per sua natura, ciascuna idea chiave può essere considerata come una sorta di nozione generale che ha a che fare con un qualche ambito generale di contenuto. Ciò implica che né le idee chiave, né gli ambiti di contenuto tradizionali della matematica possono essere delineati con precisione una in rapporto all'altra. Ciascuna di esse rappresenta piuttosto una particolare prospettiva, o punto di vista, che può essere concepito come dotato di un nucleo, di un centro di gravità e di contorni vagamente indistinti che consentono l'intersezione con altre idee chiave. In teoria, ogni idea chiave si interseca con tutte le altre. Le quattro idee chiave sono descritte sinteticamente nei paragrafi successivi.

Spazio e forma

I modelli sono ovunque: nel linguaggio parlato, nella musica, sul video, nel traffico, nelle costruzioni e nell'arte. Le forme possono essere considerate come modelli: case, uffici, ponti, stelle marine, fiocchi di neve, piante topografiche delle città, quadrifogli, cristalli e ombre. I modelli geometrici possono fungere da schematizzazioni relativamente semplici per molti tipi di fenomeni e studiarli è non solo possibile, ma anche desiderabile a tutti i livelli (Grünbaum, 1985).

È importante, inoltre, essere in grado di comprendere le proprietà degli oggetti e le loro relative posizioni. Gli studenti debbono essere consapevoli di come vedono le cose e del perché le vedono in quel modo e debbono imparare a navigare attraverso lo spazio e attraverso le costruzioni e le forme. Ciò significa comprendere la relazione che lega le forme alle immagini o alle rappresentazioni visive, come nel caso della relazione fra una città reale e le fotografie e le carte topografiche di quella stessa città. Significa pure comprendere come gli oggetti tridimensionali si possano rappresentare a due dimensioni, come si formino e come debbano essere interpretate le ombre e che cosa sia e come funzioni la prospettiva.

L'idea di forma ha forti legami con la geometria tradizionale, ma la travalica nel contenuto, nel significato e nel metodo. L'interazione con le forme della realtà comporta la comprensione del mondo delle immagini, la sua descrizione, la codifica e la decodifica delle informazioni di carattere visivo. Per comprendere il concetto di forma, lo studente dovrebbe riuscire a scoprire in che cosa gli oggetti si assomigliano e in che modo differiscono, riuscire ad analizzare le diverse componenti di un oggetto e a riconoscere le forme in dimensioni e rappresentazioni differenti.

È importante non limitarsi a considerare le forme come entità statiche. Una forma si può trasformare in quanto entità e le forme possono essere modificate. Simili cambiamenti possono essere talvolta visualizzati con grande eleganza attraverso l'uso del computer. Gli studenti dovrebbero essere in grado di riconoscere modelli e regolarità nelle forme che cambiano. La Figura 3.2 rappresenta un esempio di quanto appena detto.

Nel momento in cui si analizzano le componenti del modello e si riconoscono le forme in diverse rappresentazioni e dimensioni, lo studio della forma e delle costruzioni comporta necessariamente la ricerca di somiglianze e differenze. Lo studio delle forme è strettamente connesso al concetto di "afferrare l'idea di spazio" (Freudenthal, 1973).

Vi sono molti esempi che richiedono questo tipo di ragionamento. L'identificare una fotografia di una città e collegarla con una carta topografica di quella stessa città indicando da quale punto è stata scattata la fotografia; la capacità di disegnare una cartina; il comprendere perché un edificio più vicino sembri più grande di uno più lontano; il comprendere perché sembra che i binari della ferrovia si incontrino all'orizzonte: questi sono tutti problemi che rientrano in questa idea chiave e di cui gli studenti debbono tenere conto.

Dal momento che gli studenti vivono in uno spazio tridimensionale, dovrebbero essere abituati a vedere gli oggetti da tre punti di vista tra loro ortogonali (per esempio da davanti, di lato e dall'alto). Dovrebbero rendersi conto dell'efficacia e dei limiti di diverse rappresentazioni delle forme tridimensionali, come mostrato nell'esempio della Figura 3.3. Essi devono comprendere, dunque, non soltanto la posizione relativa degli oggetti, ma anche come muoversi nello spazio e attraverso costruzioni e forme. Un esempio di tutto ciò è leggere e interpretare una carta topografica e mettere a punto le istruzioni per andare da un punto A a un punto B, utilizzando le coordinate, il linguaggio comune o un disegno.

La comprensione del concetto di forma comprende anche la capacità di prendere un oggetto tridimensionale e costruire il suo sviluppo bi-dimensionale e viceversa, anche quando l'oggetto tridimensionale viene presentato in due dimensioni. Un esempio è dato dalla Figura 3.4.

Gli aspetti fondamentali di *Spazio e forma* sono:

- il riconoscimento di forme e modelli;
- la descrizione, la codifica e la decodifica di informazioni di carattere visivo;
- la comprensione dei cambiamenti dinamici delle forme;
- somiglianze e differenze;
- posizioni relative;
- rappresentazioni bi- e tri-dimensionali e loro interrelazioni;
- il movimento nello spazio.

Esempi relativi a Spazio e forma

La Figura 3.2 mostra un semplice esempio di come sia necessario essere flessibili nell'osservare

forme che cambiano. L'esempio si basa su un cubo che viene 'sezionato' (ovvero tagliato lungo dei piani). Le domande che si possono porre sono diverse, come ad esempio:

Figura 3.2 ■ **Un cubo sezionato secondo diversi piani**

Quali forme possono essere prodotte da un piano che taglia un cubo?
Quante facce, spigoli e vertici si formano quando il cubo viene sezionato in questo modo?

Quelli che seguono sono tre esempi che riguardano la necessità di avere dimestichezza con le rappresentazioni di forme tridimensionali. Nel primo esempio, nella Figura 3.3, si vede di lato e di fronte un oggetto costruito con alcuni cubi. La domanda è:

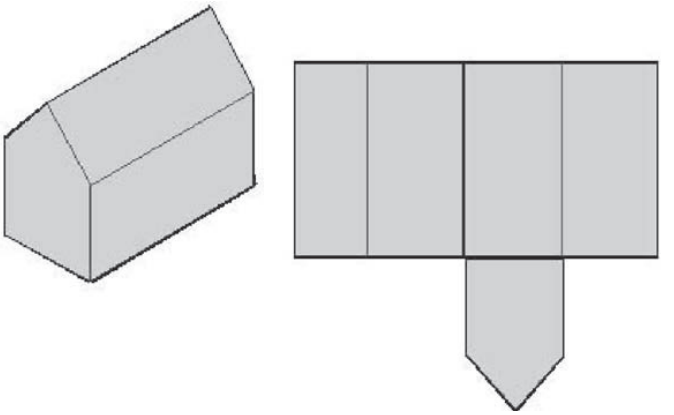
Figura 3.3 ■ **Un oggetto costruito con cubi visto di lato e di fronte**

Quanti cubi sono stati usati per costruire questo oggetto?

Visto di lato Visto di fronte

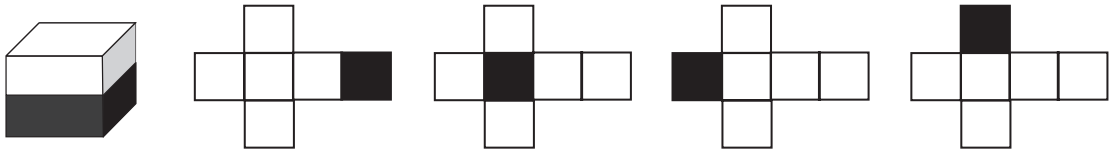
Potrebbe essere sorprendente, per gli studenti come per gli insegnanti, scoprire che il massimo numero di cubi sia 20 e il minimo 6.
L'esempio successivo mostra una rappresentazione bi-dimensionale di un capannone e un suo sviluppo incompleto. Il problema consiste nel completare lo sviluppo del capannone.

Figura 3.4 ■ **Rappresentazione bi-dimensionale di un capannone tri-dimensionale e suo sviluppo (incompleto)**



Un ultimo esempio, simile al precedente è illustrato dalla Figura 3.5 (adattamento da Hershkovitz *et al.*, 1996).

Figura 3.5 ■ **Cubo con il fondo nero**



La metà inferiore del cubo è stata dipinta di nero. In ciascuno dei quattro sviluppi, la faccia inferiore è già nera. Agli studenti si potrebbe chiedere di completare ciascuno sviluppo colorando di nero le facce che ancora restano da colorare.

Cambiamento e relazioni

Ogni fenomeno naturale è la manifestazione di un cambiamento e, nella realtà che ci circonda, si possono osservare molte relazioni fra fenomeni, sia temporanee che permanenti: ad esempio la trasformazione degli organismi durante la crescita, il ciclo delle stagioni, il flusso e il riflusso delle maree, l'andamento periodico della disoccupazione, i cambiamenti atmosferici e gli indici della borsa valori. Alcuni di questi processi di cambiamento comportano semplici funzioni matematiche che possono essere lineari, esponenziali, periodiche o logistiche, sia discrete sia continue, e possono essere descritti o modellizzati in base a esse. Molte relazioni, tuttavia, rientrano in più di una categoria e, spesso, è indispensabile un'analisi dei dati per determinare il tipo di relazione esistente. Le relazioni matematiche assumono spesso la forma di equazioni o di diseguaglianze, ma vi possono anche essere relazioni di natura più generale (come relazioni di equivalenza, di divisibilità, di inclusione, per citare solo alcuni esempi).

Per cogliere i modelli di cambiamento Stuart (1990) suggerisce di:

- rappresentare i cambiamenti in una forma comprensibile;
- comprendere i tipi fondamentali di cambiamento;
- riconoscere particolari tipi di cambiamento quando si verificano;
- applicare queste tecniche al mondo circostante;
- controllare un universo in cambiamento a nostro vantaggio.

La rappresentazione di *Cambiamento e relazioni* può avvenire in diversi modi: per mezzo dei numeri (ad esempio sotto forma di tabella), con i simboli o i grafici, con l'algebra o con la geometria. Il saper passare da un tipo di rappresentazione a un altro è estremamente importante, così come il saper comprendere le relazioni fondamentali e i tipi di cambiamento. Gli studenti dovrebbero avere consapevolezza dei concetti di crescita lineare (processo additivo), esponenziale (processo moltiplicativo), periodica e di quello di crescita logistica, almeno informalmente, in quanto caso particolare della crescita esponenziale.

Gli studenti dovrebbero anche cogliere le relazioni che esistono fra tali modelli, ovvero le principali differenze fra processi lineari ed esponenziali, il fatto che crescita percentuale e crescita esponenziale siano identiche, il come e il perché la crescita logistica si verifica in situazioni sia discrete sia continue.

I cambiamenti avvengono in un sistema di oggetti o di fenomeni interrelati nel quale gli elementi si influenzano a vicenda. Negli esempi citati nel sommario, tutti i fenomeni hanno subito variazioni nel tempo. Ma sono molti gli esempi nella vita reale in cui gli oggetti sono collegati fra loro in molti modi diversi. Ad esempio:

Se la corda di una chitarra viene divisa a metà, la nuova tonalità che si ottiene è di un'ottava più alta rispetto a quella originaria. La tonalità dipende quindi dalla lunghezza della corda.

Quando si deposita denaro su un conto bancario, si sa che il saldo del conto dipende dall'entità, dalla frequenza e dal numero di depositi e di prelievi che si effettuano e dal tasso di interesse.

Le relazioni conducono alla dipendenza. La dipendenza riguarda il fatto che le proprietà e i cambiamenti di taluni oggetti matematici possono dipendere o essere influenzati dalle proprietà e dai cambiamenti di altri oggetti matematici. Le relazioni matematiche spesso prendono la forma di equazioni o di diseguaglianze, ma vi possono essere anche relazioni di natura più generale.

Il *cambiamento* e le *relazioni* richiedono che si pensi in termini funzionali. Pensare in termini funzionali – cioè pensare alle relazioni e in termini di relazioni – è uno degli obiettivi disciplinari fondamentali dell'insegnamento della matematica (MAA, 1923). Per uno studente quindicenne, ciò significa, fra l'altro, possedere la nozione di tasso di variazione, di gradienti e di pendenza (sebbene non necessariamente in modo esplicito), e quella di dipendenza di una variabile da un'altra. Lo studente dovrebbe essere in grado di giudicare, anche in modo relativo, con quale velocità si verifichino certi processi.

Questa idea chiave si collega strettamente a taluni aspetti di altre idee chiave. Lo studio dei modelli presenti nei numeri può condurre a scoprire relazioni interessanti come ad esempio lo studio dei numeri di Fibonacci e il rapporto aureo. Quest'ultimo è un concetto che si incontra anche in geometria. Molti altri esempi di *Cambiamento e relazioni,* poi, si possono trovare in *Spazio e forma*, come ad esempio la crescita di un'area in relazione alla crescita del perimetro o del diametro. Anche la geometria euclidea si presta allo studio delle relazioni, come nel ben noto esempio della relazione tra i tre lati di un triangolo. Se si conosce la misura di due lati, il terzo non può essere determinato, ma si conosce l'intervallo nel quale si collocano le possibili misure: gli estremi dell'intervallo sono rispettivamente il valore assoluto della differenza e della somma tra gli altri due lati. Molte altre relazioni analoghe esistono per i vari elementi di un triangolo.

L'*incertezza* si presta a vari problemi che possono essere considerati nell'ottica del *cambiamento* e delle *relazioni*. Se si gettano due dadi non truccati e uno di loro segna 4, qual è la probabilità che la loro somma sia superiore a sette? La risposta (50%) si basa sulla dipendenza della probabilità da un insieme di eventi favorevoli. La probabilità richiesta è il rapporto fra tutti questi eventi e tutti i possibili eventi, che altro non è se non una dipendenza funzionale.

Esempi relativi a Cambiamento e relazioni

Matematica esempio 5: UNA GITA SCOLASTICA

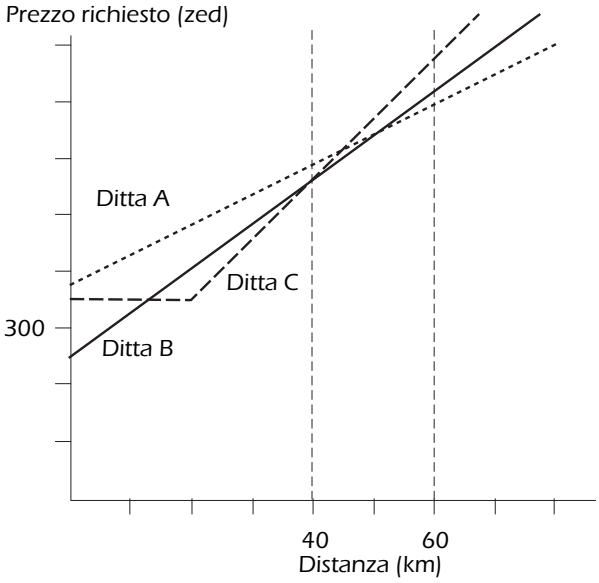
Una classe vuole affittare un pullman per una gita ed ha contattato tre ditte per informarsi sui prezzi.
La Ditta A richiede 375 zed come tariffa iniziale più 0,5 zed per chilometro percorso. La Ditta B richiede 250 zed come tariffa iniziale più 0,75 zed per chilometro percorso. La Ditta C fa pagare una tariffa fissa di 350 zed che comprende i primi 200 chilometri percorsi ed in più 1,02 zed per ogni chilometro oltre ai 200 km.

Domanda 1: UNA GITA SCOLASTICA

Quale ditta dovrebbe scegliere la classe tenendo conto che la gita percorre una distanza compresa tra i 400 ed i 600 km circa?

A parte gli elementi fittizi del contesto, è ragionevole pensare che un problema simile si presenti nella realtà. La sua soluzione richiede la formulazione e l'attivazione di molte relazioni funzionali, sia equazioni sia disequazioni. Esso può essere affrontato tanto attraverso un metodo grafico quanto attraverso uno algebrico oppure combinandoli insieme. Il fatto che non sia nota l'esatta distanza totale che viene percorsa nella gita, poi, crea un nesso con l'idea chiave dell'*incertezza,* discussa in un paragrafo successivo.
La Figura 3.6 mostra una rappresentazione grafica del problema.

Figura 3.6 ■ **Prezzi richiesti da tre ditte di pullman per la gita**



Di seguito si trovano altri esempi di *Cambiamento e relazioni*

Matematica esempio 6: LA CRESCITA DELLE CELLULE

Alcuni ricercatori stanno controllando la crescita di alcune cellule. Essi sono particolarmente interessati al giorno in cui il conteggio arriverà a 60.000 perché in quel momento devono cominciare un esperimento. La tabella dei risultati è la seguente:

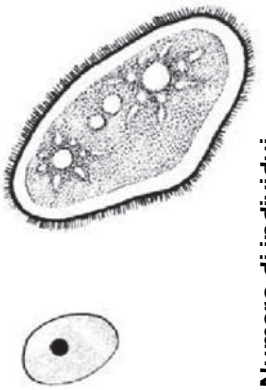
Tempo (giorni)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Numero di cellule	597	893	1 339	1 995	2 976	2 976	14 719	21 956	32 763

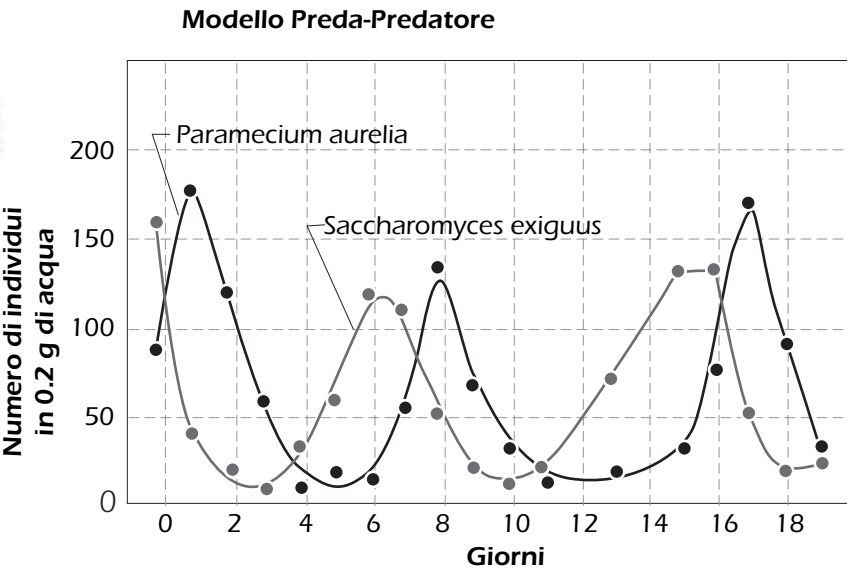
Domanda 1: LA CRESCITA DELLE CELLULE

Quando le cellule raggiungeranno il numero 60.000?

Matematica esempio 7: PREDA E PREDATORE

Il seguente grafico mostra la crescita di due organismi viventi: il Paramecio e il Saccaromiceto:





Domanda 1: PREDA E PREDATORE

Uno dei due animali (il predatore) mangia l'altro (la preda). Guardando il grafico, puoi stabilire quale dei due animali è la preda e quale il predatore?

Una delle proprietà del fenomeno preda-predatore è la seguente: il tasso di crescita è proporzionale al numero di prede disponibili. I grafici sopra riportati dimostrano questa proprietà?

Quantità

Fra gli aspetti più importanti dell'idea di *quantità* vi sono la comprensione delle dimensioni relative, il riconoscimento di modelli numerici e l'uso di numeri per rappresentare quantità e attributi quantificabili degli oggetti del mondo reale (conteggi e misure). Inoltre, la *quantità* ha a che fare con l'elaborazione e la comprensione di numeri rappresentati in vari modi.

Un aspetto saliente del trattare la *quantità* è il ragionamento quantitativo. Componenti essenziali del ragionamento quantitativo sono: il concetto di numero, le diverse rappresentazioni dei numeri, la comprensione del significato delle operazioni, l'avere un'idea dell'ordine di grandezza dei numeri, i calcoli eleganti da un punto di vista matematico, i calcoli mentali e le stime.

Quando si misura una grandezza, si scoprono modi di usare i numeri che sono molto importanti nella vita quotidiana: la lunghezza, l'area, il volume, l'altezza, la velocità, la massa, la pressione atmosferica, il valore del denaro sono tutte misure utilizzate per quantificare.

Il ragionamento quantitativo è un aspetto importante dell'avere a che fare con le quantità. Esso comprende:

- il concetto di numero;
- la comprensione del significato delle operazioni;
- l'idea dell'ordine di grandezza dei numeri;
- i calcoli eleganti;
- il calcolo mentale;
- le stime.

Il "significato delle operazioni" comprende la capacità di effettuare operazioni che comportano confronti, rapporti e percentuali. Il concetto di numero riguarda i problemi delle dimensioni relative, delle diverse rappresentazioni dei numeri, delle forme equivalenti dei numeri e l'uso della comprensione di questi aspetti per descrivere attributi del mondo reale.

La *quantità* implica pure l'avere un'idea delle grandezze e delle stime. Per poter verificare la ragionevolezza di risultati numerici occorre avere un'ampia conoscenza delle quantità (cioè delle misure) nel mondo reale. La velocità massima di un'automobile è di 5,50 o 500 km/h? La popolazione mondiale è di 6 milioni, 600 milioni, 6 miliardi o 60 miliardi? Quanto è alta una torre? Quanto è largo un fiume? È molto importante saper effettuare rapidamente stime approssimative dell'ordine di grandezza, soprattutto visto il sempre maggior uso di strumenti elettronici di calcolo. Occorre essere capaci di dire che 33 x 613 fa circa 20.000: per raggiungere tale abilità non serve allenarsi a lungo a eseguire mentalmente i tradizionali algoritmi scritti, ma saper applicare in modo intelligente e flessibile il sistema posizionale delle cifre e l'aritmetica a una cifra (Fey,1990).

Usando in modo adeguato il concetto di numero, uno studente può risolvere problemi che richiedono un ragionamento diretto, inverso e associato con la proporzionalità: è in grado di calcolare i tassi di variazione e di fornire una spiegazione logica riguardo alla selezione di dati e al livello di precisione richiesto dalle operazioni e dai modelli utilizzati; può esaminare algoritmi alternativi, dimostrando perché funzionino o in quali casi falliscano. Può inoltre sviluppare modelli che implichino operazioni e relazioni tra operazioni per risolvere problemi che riguardano dati del mondo reale e relazioni numeriche che richiedono operazioni e confronti (Dossey,1997).

Nell'idea chiave di *quantità* è compreso anche il ragionamento quantitativo "elegante" come quello usato da Gauss e illustrato nell'esempio sotto riportato. Al livello scolastico dei quindicenni, bisognerebbe dare importanza alla creatività unita alla comprensione dei concetti.

Esempi relativi alla Quantità

Matematica esempio 8: GAUSS

L'insegnante di Karl Friedrich Gauss (1777-1855) domandò alla classe di addizionare tutti i numeri dall'1 al 100. Forse il suo scopo era quello di tenere gli studenti occupati per un po' di tempo, ma Gauss, che era bravissimo nel ragionamento quantitativo, trovò una scorciatoria per arrivare alla soluzione. Il suo ragionamento fu il seguente:

Si scrive due volte la somma, una volta in ordine ascendente e una volta in ordine discendente, in questo modo:

1 + 2 + 3 + ... + 98 + 99 + 100

100 + 99 + 98 + ...+ 3 + 2 + 1

Ora si addizionano le due somme, colonna per colonna, per ottenere: 101 + 101 + ...101 + 101

Poiché il numero 101 si ripete esattamente 100 volte, il risultato di questa somma è 100 x 101 = 10.100

Poiché questo valore è doppio rispetto alla somma originaria richiesta, per ottenere la risposta corretta bisogna dividere il risultato a metà: 5.050

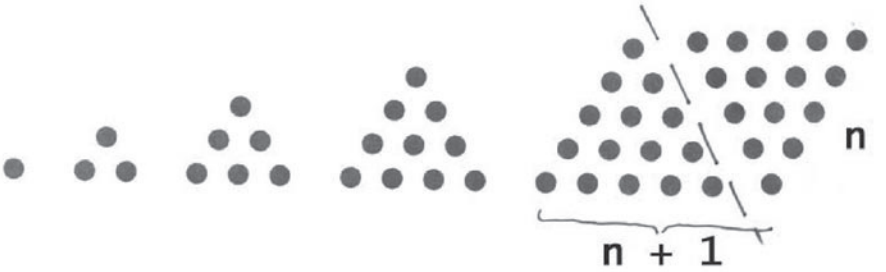
Numeri triangolari

Questo esempio di ragionamento quantitativo sulle serie di numeri può essere sviluppato ulteriormente per dimostrare il legame con la rappresentazione geometrica di tali serie giungendo alla formula che fornisce la regola generale del problema di Gauss:

$$1 + 2 + 3 + \ldots + n = n(n + 1)/2$$

Questa formula si collega anche a un modello geometrico ben conosciuto: i numeri nella forma $n(n + 1)/2$ sono chiamati numeri triangolari, perché sono esattamente i numeri che si possono ottenere se si dispongono alcune palle in un triangolo equilatero.
Nella Figura 3.7 vengono illustrati i primi cinque numeri triangolari: 1, 3, 6, 10, 15.

Figura 3.7 ■ **Primi cinque numeri triangolari**



Il ragionamento con le proporzioni

È interessante vedere come studenti di diversi paesi risolvono problemi che si prestano all'uso di diverse strategie. È probabile che vi siano differenze soprattutto laddove è richiesto il ragionamento attraverso le proporzioni. È presumibile che in alcuni paesi si ricorra, nella maggior parte dei casi, a un'unica strategia per ciascun quesito e che in altri si adoperino diverse strategie. È probabile che si osservino ragionamenti analoghi nella soluzione di problemi che non sembrano analoghi. Ciò è in accordo con i recenti risultati emersi dallo studio dei dati del TIMSS (Mitchell, J. *et al.,* 2000). I seguenti tre quesiti illustrano quanto detto in precedenza sul ricorso a strategie diverse e sulle relazioni fra queste.

1. Stasera dai una festa. Vuoi acquistare 100 lattine di bibite. Quante confezioni da 6 lattine devi acquistare?
2. Un deltaplano con un rapporto di planata di 1 a 22 parte da una rupe a 120 metri di altezza. Il pilota vuole arrivare a un punto che si trova a una distanza di 1400 metri. Riuscirà a raggiungere quel punto (in condizioni di assenza di vento)?
3. Una scuola vuole affittare alcuni pulmini (da 8 posti ciascuno) per andare a un campo scuola con 98 alunni. Di quanti pulmini ha bisogno la scuola?

Il primo problema può essere visto come un problema che implica una divisione (100:6=) che successivamente lascia lo studente con un problema di interpretazione che lo riporta al contesto (co-

me intendere le lattine avanzate?). Il secondo problema può essere risolto con una proporzione (per ogni metro di altezza posso volare per una distanza di 22 metri, quindi se si comincia da 120 metri…). Il terzo problema può essere risolto da molti studenti come un problema che implica una divisione. Tuttavia, tutti e tre i problemi possono essere risolti con il metodo della tabella dei rapporti.

Bottiglie:	1	10	5	15	2	17
	6	60	30	90	12	102

Volo:	1	100	20	120
	22	2200	440	2640

Pulmini:	1	10	2	13
	8	80	16	104

Saper cogliere queste "somiglianze" è un'abilità che rientra nella *literacy matematica:* gli studenti competenti da un punto di vista matematico non hanno bisogno di cercare l'unico strumento o algoritmo valido e appropriato, ma hanno a loro disposizione un'ampia gamma di strategie tra cui possono scegliere.

Matematica esempio 9: PERCENTUALI

Carlo è andato a comprare una giacca che costava normalmente 50 zed ed era in saldo al 20%. In Zedlandia c'è una tassa di vendita del 5%. Il commesso prima ha aggiunto la tassa del 5% al prezzo della giacca e ha tolto il 20%. Carlo ha protestato: egli voleva che il commesso prima effettuasse lo sconto del 20% e poi calcolasse la tassa del 5%.

Domanda 1: PERCENTUALI

C'è differenza tra i due prezzi finali?

Problemi che richiedono questo tipo di ragionamento quantitativo e i corrispondenti calcoli mentali si incontrano spesso quando si fanno acquisti. La capacità di destreggiarsi efficacemente con questo tipo di problemi è cruciale per la *literacy matematica*.

Incertezza

La scienza e la tecnologia raramente hanno a che fare con la certezza. Ma la conoscenza scientifica è raramente, se non addirittura mai, assoluta, per non parlare delle volte in cui è errata e dunque, anche nelle previsioni più scientifiche, permane sempre un certo grado di incertezza. L'incertezza è presente anche nella vita quotidiana: risultati elettorali incerti, ponti che cedono, crolli del mercato azionario, previsioni del tempo inattendibili, pronostici inesatti sulla crescita demografica e modelli economici che si dimostrano inadeguati.

Come idea chiave, l'*incertezza* chiama in causa due argomenti tra loro correlati: i dati e il caso. Tali fenomeni sono oggetto di studi matematici nell'ambito, rispettivamente, della statistica e della teoria della probabilità. Raccomandazioni relativamente recenti riguardo ai curricoli scolastici con-

cordano sul fatto che la statistica e la probabilità dovrebbero occupare oggi un posto molto più importante che nel passato (*Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools*, 1982; LOGSE, 1990; MSEB, 1990; NCTM, 1989; NCTM, 2000). Attività e concetti matematici specifici da considerarsi importanti in quest'ambito sono la raccolta e l'analisi dei dati, la loro rappresentazione/visualizzazione, la probabilità e l'inferenza.

Le raccomandazioni circa il posto da assegnare ai dati, alla statistica e alla probabilità nei curricoli scolastici mettono in evidenza il ruolo dell'analisi dei dati. Di qui la visione della statistica, in particolare, come un insieme di abilità specifiche. David S. Moore ha sottolineato che l'idea chiave *incertezza* riguarda davvero quasi tutto. La definizione di PISA si baserà sulle sue idee esposte in *On the shoulders of giants* (Steen, 1990), e su quelle di James Rutherford presentate in *Why numbers count* (Steen, 1997).

La statistica apporta qualcosa di unico e di importante all'insegnamento della matematica: il ragionamento a partire da dati empirici incerti. Questo tipo di ragionamento statistico dovrebbe far parte del bagaglio intellettuale di ogni cittadino intelligente. Gli elementi essenziali sono:

- l'onnipresenza della variazione nei processi;
- la necessità di dati riguardanti i processi;
- la considerazione della variazione nella progettazione della produzione di dati;
- la quantificazione della variazione;
- la spiegazione della variazione.

I dati non sono semplicemente numeri, ma sono numeri in un contesto. I dati si ottengono misurando e si rappresentano con un numero. Il fatto di riflettere sulla misurazione porta ad afferrare compiutamente le ragioni per cui alcuni numeri forniscono informazioni mentre altri sono irrilevanti o privi di senso.

Il disegno delle indagini a campione è uno dei temi centrali della statistica. L'analisi dei dati mette l'accento sulla comprensione dei dati disponibili, sulla base del presupposto che essi siano rappresentativi di una popolazione più vasta. Per gli studenti quindicenni il concetto di campione casuale semplice è essenziale per capire le questioni legate all'*incertezza*.

I fenomeni hanno risultati individuali incerti e spesso l'andamento di risultati ripetuti è casuale. Nell'attuale indagine PISA il concetto di probabilità è per lo più affrontato in relazione a dispositivi come monete e dadi, o in relazione a situazioni della realtà non troppo complesse che possono essere analizzate intuitivamente o essere modellizzate utilizzando tali dispositivi.

L'*incertezza* si ritrova anche in aspetti quali le naturali differenze che si riscontrano nell'altezza degli studenti, nei loro voti in lettura, nei redditi di un dato gruppo di persone, ecc. Una tappa molto importante, anche per uno studente quindicenne, è quella di considerare l'analisi dei dati e il caso come un insieme coeso. Tale principio comporta la progressione dalla semplice analisi dei dati alla produzione di dati, alla probabilità, fino all'inferenza statistica.

I concetti e le attività matematiche specifiche importanti in questa area sono:

- la produzione di dati;
- l'analisi dei dati e la loro rappresentazione/visualizzazione;
- la probabilità;
- l'inferenza statistica.

Esempi relativi all'Incertezza

Gli esempi che seguono illustrano l'idea chiave dell'*incertezza*.

Matematica esempio 10: ETÀ MEDIA

Domanda 1: ETÀ MEDIA

Se il 40% della popolazione di un Paese ha 60 anni o più, è possibile che l'età media della popolazione di quel Paese sia di 30 anni?

Matematica esempio 11: REDDITI CRESCENTI

Domanda 11: REDDITI CRESCENTI

È aumentato o diminuito negli ultimi decenni il reddito degli abitanti di Zedlandia? Il reddito medio per famiglia è diminuito: nel 1970 era di 34.200 zed, nel 1980 di 30.500 zed e nel 1990 di 31.200 zed. Ma il reddito pro-capite è aumentato: nel 1970 era di 13.500 zed, nel 1980 di 13.850 zed e nel 1990 di 15.777 zed.
Per "famiglia" si intende l'insieme di persone che abitano allo stesso indirizzo. Spiega come è possibile che in Zedlandia il reddito per famiglia sia diminuito mentre il reddito pro-capite è aumentato.

Matematica esempio 12: REATI IN AUMENTO

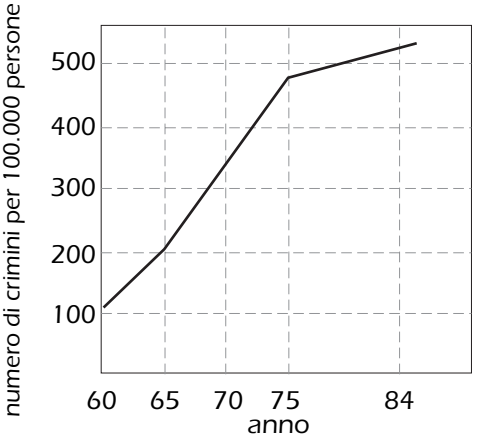
Il seguente grafico è stato preso dal settimanale "News Magazine" di Zedlandia

Esso mostra il numero di reati denunciati ogni 100.000 abitanti, prima con intervalli di cinque anni e poi con intervalli di un anno.

Domanda 1: REATI IN AUMENTO

Quanti reati furono denunciati nel 1960 per 100.000 abitanti?

I produttori di sistemi di allarme usarono gli stessi dati per costruire il seguente grafico:



I crimini sono triplicati
FERMANE
la crescita

• COMPRA UN ALLARME •

Domanda 2: REATI IN AUMENTO

Come sono arrivati a questo grafico i disegnatori e perché?

La polizia non fu molto contenta del grafico preparato dai produttori di sistemi di allarme perché essa voleva dimostrare che la lotta contro la criminalità era stata efficace.

Disegna un grafico che possa essere usato dalla polizia per dimostrare che negli ultimi tempi i reati sono diminuiti.

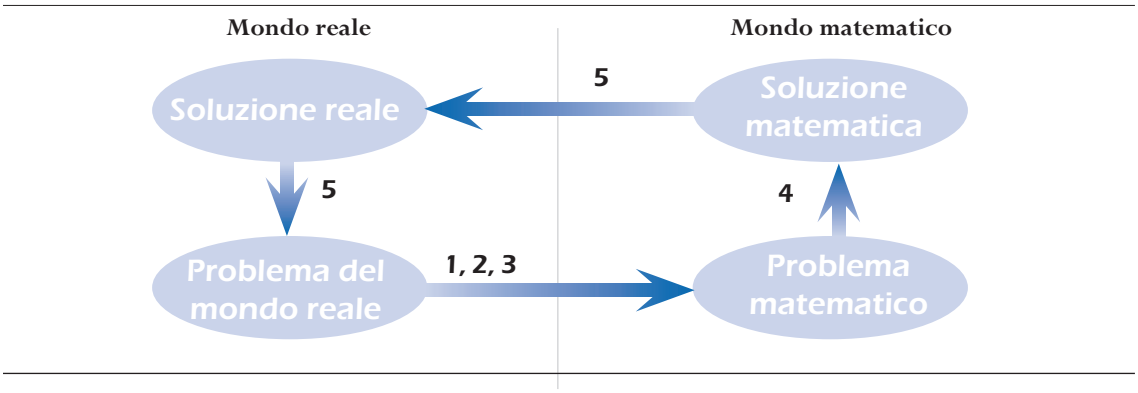
I PROCESSI MATEMATICI

La matematizzazione

PISA esamina le capacità degli studenti di analizzare, ragionare e comunicare idee matematiche in modo efficace nel momento in cui pongono, formulano, risolvono problemi matematici e ne interpretano le soluzioni. Una tale attività di risoluzione dei problemi richiede che gli studenti si servano di abilità e di competenze acquisite attraverso il percorso scolastico e l'esperienza. In PISA, il processo fondamentale del quale gli studenti si servono per risolvere problemi della vita reale è detto "matematizzazione".

Nella presentazione iniziale delle basi teoriche del quadro di riferimento PISA per la matematica si è tracciata una descrizione della matematizzazione in cinque fasi. Tali fasi sono rappresentate nella Figura 3.8. e riportate di seguito.

Figura 3.8 ■ **Il ciclo della matematizzazione**



- Si parte da un problema situato nella realtà;
- si organizza il problema in base a concetti matematici e si identificano gli strumenti matematici pertinenti;
- si eliminano progressivamente gli elementi della realtà attraverso processi quali fare supposizioni, generalizzare e formalizzare, che mettono in evidenza le caratteristiche matematiche della situazione e trasformano il problema reale in uno matematico che rappresenti fedelmente la situazione di partenza;
- si risolve il problema matematico;
- si interpreta la soluzione matematica in termini di situazione reale, individuando anche i limiti della soluzione proposta.

La matematizzazione implica innanzitutto che il problema venga traslato dalla "realtà" alla matematica. Un tale processo comprende attività quali:

- identificare gli aspetti matematici pertinenti a un problema situato nella realtà;
- rappresentare il problema in modo diverso, ivi incluso organizzarlo secondo concetti matematici e formulare ipotesi adeguate;
- comprendere le relazioni tra il linguaggio del problema e il linguaggio simbolico e formale richiesto per comprendere il problema da un punto di vista matematico;
- rintracciare regolarità, relazioni e modelli sottesi;
- riconoscere aspetti isomorfi ad altri problemi già noti;
- tradurre il problema in termini matematici, cioè in un modello matematico (de Lange 1987, p. 43).

Non appena uno studente ha tradotto il problema in termini matematici, l'intero processo di matematizzazione può continuare in un ambito strettamente matematico. Lo studente si porrà domande come: "C'è…?", "Se sì, quanti ce ne sono?", "Come faccio a trovare…?" ricorrendo a concetti e tecniche matematiche note. Egli cercherà di lavorare sul modello della situazione problematica che si è costruito, di perfezionarlo, di stabilire regolarità, di identificare relazioni e di sviluppare una solida argomentazione matematica. Tale aspetto del processo di matematizzazione viene generalmente definito "aspetto deduttivo del ciclo di modellizzazione" (Schupp,1988,

Blum,1996). E tuttavia, in questa fase, possono giocare un ruolo importante altri processi oltre a quelli strettamente deduttivi. Questa fase del processo di matematizzazione comprende:

- l'uso di rappresentazioni diverse e il passaggio da una all'altra;
- il ricorso a un linguaggio simbolico, formale e tecnico e alle operazioni;
- la rifinitura e l'adattamento di modelli matematici, la combinazione e l'integrazione dei modelli stessi;
- l'argomentazione;
- la generalizzazione.

L'ultimo passaggio – o gli ultimi passaggi – nella risoluzione di un problema comportano una riflessione sull'intero processo di matematizzazione, nonché sui suoi risultati. In questo caso gli studenti devono interpretare i risultati con atteggiamento critico e devono convalidare l'intero processo. Una simile riflessione è presente in tutti gli stadi del processo di matematizzazione, ma è particolarmente importante nella fase conclusiva. Aspetti di questo processo di riflessione e di convalida sono:

- la comprensione delle potenzialità e dei limiti dei concetti matematici;
- la riflessione sulle argomentazioni matematiche e la spiegazione e la giustificazione dei risultati;
- la comunicazione del procedimento seguito e della soluzione trovata;
- la critica sul modello e sui suoi limiti.

Questa fase è indicata con il numero "5", in due diversi punti della Figura 3.8, nel punto del processo di matematizzazione in cui si passa dalla soluzione matematica a quella reale, e nel punto in cui la soluzione reale è nuovamente messa in relazione con il problema originario del mondo reale.

Le competenze

Il paragrafo precedente tratta i principali concetti e processi che sono messi in gioco nella matematizzazione. Una persona che voglia affrontare con successo il processo di matematizzazione nell'ambito di una molteplicità di situazioni e di contesti, extra- e intra-matematici, nonché di diverse idee chiave, deve possedere un certo numero di competenze matematiche che, nel loro insieme, possono essere considerate come costitutive della competenza matematica intesa nel suo complesso. Ciascuna di queste competenze può essere posseduta a diversi livelli di padronanza. Le diverse fasi del processo di matematizzazione si basano su queste competenze in modo differenziato, sia per quanto riguarda le specifiche competenze messe in gioco, sia per quanto riguarda il livello di padronanza richiesto. Per individuare e analizzare tali competenze, PISA ha deciso di fare ricorso a otto competenze matematiche tipo che si basano, nella loro forma attuale, sul lavoro di Niss (1999) e dei suoi colleghi danesi. Definizioni analoghe si possono trovare nei lavori di molti altri studiosi (come mostrato da Neubrand *et al.* 2001), sebbene alcuni dei termini usati siano impiegati in modo diverso dai diversi autori.
Queste sono le otto competenze utilizzate.

- *Pensiero e ragionamento:* consiste nel formulare domande che sono tipiche della matematica ("C'è…?", "Se è così, quanti?", "Come troviamo…?"); nel conoscere i tipi di risposte che la matematica dà a tali domande; nel distinguere tra diversi tipi di enunciati (definizioni, teoremi,

congetture, ipotesi, esempi, affermazioni di tipo condizionale); e nel comprendere e trattare la portata e i limiti di determinati concetti matematici.

- *Argomentazione*: consiste nel conoscere cosa sono le dimostrazioni matematiche e come differiscono da altri tipi di ragionamento matematico; nel seguire catene di ragionamenti matematici di diverso tipo e nel valutarne la validità; nell'avere un'idea dell'euristica ("Che cosa può o non può accadere? E perché?"); e nel creare ed esprimere ragionamenti matematici.
- *Comunicazione*: consiste nel sapersi esprimere in vari modi su questioni di carattere matematico, in forma orale e scritta e nel comprendere gli enunciati scritti od orali di altre persone circa tali questioni.
- *Modellizzazione*: consiste nella strutturazione del campo o della situazione che deve essere modellizzata; nel tradurre "la realtà" in strutture matematiche; nell'interpretare i modelli matematici in termini di "realtà"; nel lavorare con un modello matematico; nel validare il modello, nel riflettere, analizzare e valutare un modello e i suoi risultati; nel comunicare ad altri il modello e i suoi risultati (compresi i limiti di tali risultati); e nel monitorare e controllare il processo di modellizzazione.
- *Formulazione e risoluzione di problemi*: consiste nel porre, formulare e definire diversi tipi di problemi matematici (quali problemi "puri", "applicati", "aperti" e "chiusi") e nel risolverli in vari modi.
- *Rappresentazione*: consiste nel decodificare e codificare, tradurre, interpretare e distinguere le diverse forme di rappresentazione di oggetti e situazioni matematiche e le relazioni tra le varie rappresentazioni; nello scegliere e passare da una forma di rappresentazione a un'altra, in relazione alla situazione e allo scopo.
- *Uso del linguaggio simbolico, formale e tecnico e delle operazioni*: consiste nel decodificare e interpretare il linguaggio simbolico e formale e nel comprendere il suo rapporto con il linguaggio naturale; nel tradurre il linguaggio naturale nel linguaggio simbolico/formale; nel lavorare con enunciati ed espressioni che contengano simboli e formule; e nell'usare variabili, risolvere equazioni ed effettuare calcoli.
- *Uso di sussidi e strumenti*: consiste nel conoscere ed essere capaci di usare vari sussidi e strumenti (comprese le tecnologie dell'informazione) che possono facilitare l'attività matematica e nel conoscerne i limiti.

PISA non intende misurare queste competenze separatamente una dall'altra. Fra tali competenze, infatti, esiste una considerevole sovrapposizione e, quando ci si serve della matematica, è generalmente necessario attingere simultaneamente da molte di queste competenze. Qualsiasi sforzo di valutare singole competenze, quindi, porterebbe a quesiti artificiosi e a un'inutile compartimentazione dell'ambito della *literacy matematica*. Le particolari competenze che gli studenti sono in grado di mostrare variano considerevolmente da individuo a individuo. Ciò è in parte dovuto al fatto che tutto l'apprendimento avviene attraverso l'esperienza "con la costruzione della conoscenza individuale che si verifica attraverso i processi di interazione, negoziazione e collaborazione" (De Corte, Greer & Verschaffel, 1996, p. 510). PISA parte dal presupposto che la maggior parte della matematica conosciuta dagli studenti sia appresa a scuola. La comprensione di un ambito è acquisita gradualmente. Modi più formali e astratti di rappresentazione e di ragionamento emergono con il tempo come conseguenza di un impegno in attività atte a facilitare lo sviluppo di idee informali. La *literacy matematica* viene anche acquisita attraverso esperienze che comportano interazioni in una molteplicità di situazioni o di contesti sociali.

Per descrivere e presentare in modo produttivo le capacità degli studenti, come anche i loro punti di forza e di debolezza in una prospettiva internazionale, è necessaria una qualche schematizzazione. Un modo per strutturare il discorso in modo comprensibile e gestibile consiste nel descrivere raggruppamenti di competenze, basati sui tipi di richieste cognitive che sono necessarie per risolvere i diversi problemi matematici.

I RAGGRUPPAMENTI PER COMPETENZE

Il progetto PISA ha scelto di dividere le competenze e i processi cognitivi che esse mettono in gioco in tre diversi raggruppamenti: il raggruppamento della *riproduzione*, quello delle *connessioni* e quello della *riflessione*. Nei paragrafi che seguono si descrivono tali raggrupamenti e il modo in cui ciascuna competenza è messa in gioco all'interno di ciascuno di essi.

Il raggruppamento della riproduzione

Le competenze che rientrano in questo raggruppamento consistono nella riproduzione di conoscenze note e comprendono quelle più comunemente usate negli accertamenti standardizzati e nelle verifiche scolastiche. Tali competenze sono la conoscenza di dati di fatto e di rappresentazioni di problemi comuni, l'identificazione di equivalenze, il ricordo di argomenti e proprietà matematiche note, l'esecuzione di procedure di routine, l'applicazione di algoritmi standard e di abilità tecniche, la manipolazione di espressioni con simboli e formule standard e l'esecuzione di calcoli.

- *Pensiero e ragionamento:* consiste nella formulazione di domande di base (Quanti sono?", "Quanto fa…?") e nella comprensione delle rispettive risposte ("Sono tanti…" "Fa tot…"); nella distinzione fra definizioni e asserzioni; nella comprensione di concetti matematici e nella capacità di destreggiarsi con essi nel tipo di contesto in cui sono stati originariamente introdotti o in cui sono stati successivamente esercitati.
- *Argomentazioni*: consiste nel seguire processi quantitativi standard (compresi processi di calcolo), affermazioni e risultati e nel darne conto.
- *Comunicazione*: consiste nel comprendere e nell'esprimere, oralmente e per iscritto, semplici questioni di carattere matematico, quali assegnare un nome a oggetti familiari e riconoscerne le proprietà fondamentali, nel citare calcoli e risultati, generalmente in non più di un modo.
- *Modellizzazione*: consiste nel riconoscere, nel richiamare alla mente, nell'attivare e nell'utilizzare appieno modelli conosciuti e ben strutturati; nell'interpretare modelli matematici in termini di "realtà" e viceversa; nel comunicare ad altri dei risultati del modello in modo semplice.
- *Formulazione e risoluzione di problemi*: consiste nel porre e formulare problemi matematici riconoscendo e riproducendo in forma chiusa problemi standard conosciuti, puri o applicati, e nel risolvere, solitamente in un solo modo, tali problemi ricorrendo ad approcci e a procedure standard.
- *Rappresentazione*: implica la decodifica, la codifica e l'interpretazione di rappresentazioni standard, conosciute e sperimentate e di oggetti matematici ben noti. Il passare da una forma di rappresentazione a un'altra entra in gioco solo nel caso in cui tale passaggio sia parte integrante della rappresentazione stessa.
- *Uso del linguaggio simbolico, formale e tecnico e delle operazioni*: consiste nella decodifica e nell'interpretazione di un linguaggio simbolico e formale semplice e consueto in contesti e in situazioni conosciute; nel lavorare con semplici enunciati ed espressioni che contengono simboli e

formule; e nell'uso di variabili, nella risoluzione di equazioni e nello svolgimento di calcoli con procedure di routine.

- *Impiego di sussidi e strumenti*: consiste nella conoscenza di vari sussidi e strumenti e nella capacità di adoperarli in contesti, situazioni e modi simili a quelli nei quali essi sono solitamente introdotti e usati.

I quesiti che accertano le competenze che rientrano nel raggruppamento della "riproduzione" potrebbero essere definiti attraverso questi descrittori chiave: riproduzione di materiale già conosciuto ed esecuzione di operazioni di routine.

Esempi di quesiti del ragguppamento della riproduzione.

Matematica esempio 13

Risolvi la seguente equazione $7x - 3 = 13x + 15$

Matematica esempio 14

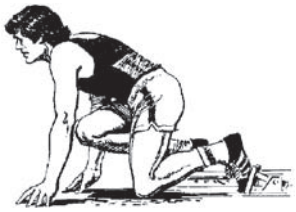
Qual è la media tra 7, 12, 8, 14, 15, 9?

Matematica esempio 15

Su un libretto di risparmio bancario vengono depositati 1000 zed, a un interesse del 4%. Quanti zed ci saranno sul conto bancario dopo un anno?

Matematica esempio 16

In una gara di velocità, il «tempo di reazione» è l'intervallo di tempo tra lo sparo dello starter e il distacco dell'atleta dal blocco di partenza. Il «tempo finale» comprende sia il tempo di reazione che la durata della corsa.
La seguente tabella indica il tempo di reazione e il tempo finale di 8 corridori in una gara di velocità di 100 metri.



Corsia	Tempo di reazione (sec)	Tempo finale (sec)
1	0.147	10.09
2	0.136	9.99
3	0.197	9.87
4	0.180	Non ha terminato la corsa
5	0.210	10.17
6	0.216	10.04
7	0.174	10.08
8	0.193	10.13

Domanda 1: TEMPO DI REAZIONE

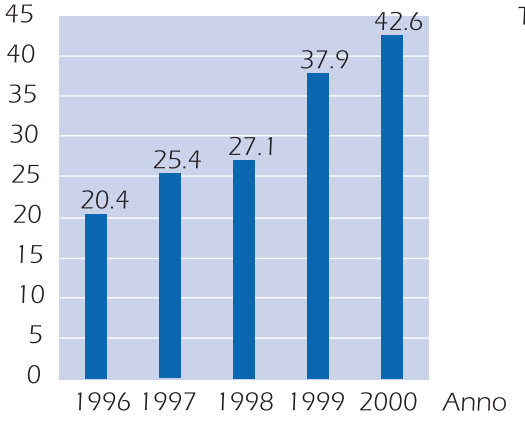
Identifica i corridori che hanno vinto le medaglie d'oro, d'argento e di bronzo in questa corsa. Completa la seguente tabella con il numero di corsia, il tempo di reazione e il tempo finale di ciascun atleta premiato.

Medaglia	Corsia	Tempo di reazione (s)	Tempo finale (s)
ORO			
ARGENTO			
BRONZO			

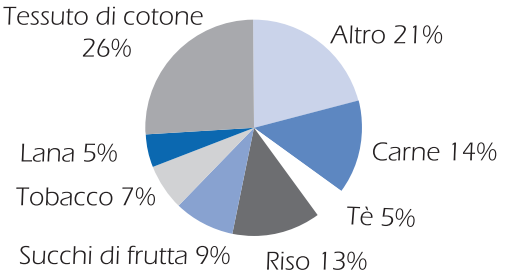
Matematica esempio 17 – ESPORTAZIONI

I seguenti grafici forniscono alcune informazioni sulle esportazioni della Zedlandia, un Paese in cui si usa lo zed come moneta corrente.

Totale delle esportazioni annue della Zedlandia in milioni di zed, 1996-2000



Distribuzione delle esportazioni della Zedlandia nel 2000



Domanda 1: ESPORTAZIONI

Quale è stato l'ammontare delle esportazioni di succhi di frutta della Zedlandia nel 2000?

A. 1,8 milioni di zed.

B. 2,3 milioni di zed.

C. 2,4 milioni di zed.

D. 3,4 milioni di zed.

E. 3,8 milioni di zed.

Per delineare in modo più chiaro la delimitazione di questo raggruppamento, il problema proposto in *Libretto di risparmio* descritto nell'Esempio 3 fornisce un esempio di quesito che NON ap-

partiene a esso. Per la maggior parte degli studenti, questo problema comporterà più della semplice applicazione di procedure di routine, poiché richiede l'applicazione di una catena di ragionamenti e di una sequenza di calcoli che non rientrano nelle competenze del raggruppamento della riproduzione.

Il raggruppamento delle connessioni

Le competenze del raggruppamento delle *connessioni* presuppongono le competenze della *riproduzione* in quanto estendono l'attività di soluzione di problemi a situazioni che non sono di semplice routine, ma che chiamano in causa ambiti comunque familiari o semi-familiari. Queste possono essere descritte come segue.

- *Pensiero e ragionamento*: consiste nel formulare domande ("Come trovo?", "A quale matematica devo ricorrere per…?") e nel comprendere le relative risposte (che sono fornite per mezzo di tabelle, grafici, espressioni algebriche, figure ecc.); nel distinguere tra definizioni ed asserzioni e fra diversi tipi di asserzione; nel comprendere e manipolare concetti matematici in contesti un po' diversi da quelli in cui sono stati originariamente introdotti o nei quali sono stati successivamente esercitati.
- *Argomentazioni*: consiste nel formulare semplici ragionamenti a carattere matematico senza distinguere fra dimostrazioni e forme più articolate di argomentazione o di ragionamento; nel seguire catene di ragionamenti matematici di diverso tipo e nel valutarne la validità; nell'avere un'idea dell'euristica ("Che cosa può o non può accedere? E perché?" "Che cosa sappiamo e che cosa vogliamo ottenere?").
- *Comunicazione*: consiste nel comprendere e nell'esprimersi, in forma orale e scritta, su questioni matematiche, dall'assegnare un nome e riconoscere le proprietà fondamentali di oggetti familiari, allo spiegare calcoli e risultati (solitamente in più di una direzione), all'illustrare problemi che comprendono relazioni. Infine tale competenza comporta anche la comprensione di enunciati scritti o orali emessi da altre persone riguardanti tali problemi.
- *Modellizzazione*: consiste nella strutturazione del campo o della situazione che deve essere modellizzata; nel tradurre "la realtà" in strutture matematiche all'interno di contesti che, pur non essendo eccessivamente complessi, sono comunque diversi da quelli ai quali gli studenti sono abituati. Essa consiste, inoltre, nell'interpretare modelli e risultati matematici in termini di "realtà" e viceversa, nonché aspetti di comunicazione del modello e dei suoi risultati.
- *Formulazione e risoluzione di problemi*: consiste nel porre e formulare problemi matematici andando oltre la riproduzione in forma chiusa di problemi standard conosciuti, puri o applicati; nel risolvere tali problemi usando approcci e procedure standard, ma anche processi originali di *problem solving* che uniscono aree diverse della matematica e differenti metodi di rappresentazione e comunicazione (schemi, tabelle, grafici, parole e figure).
- *Rappresentazione*: consiste nel decodificare, codificare e interpretare rappresentazioni conosciute o meno conosciute di oggetti matematici; nello scegliere e passare da una forma di rappresentazione di oggetti e situazioni matematiche a un'altra; nel tradurre e distinguere fra diverse forme di rappresentazione.
- *Uso del linguaggio simbolico, formale e tecnico e delle operazioni*: consiste nel decodificare e interpretare un linguaggio simbolico e formale all'interno di contesti e situazioni meno conosciute;

nel lavorare con enunciati ed espressioni che contengono simboli e formule; nell'usare variabili, risolvere equazioni ed effettuare calcoli con procedure note.

- *Uso di sussidi e strumenti*: consiste nel conoscere ed essere capaci di usare vari sussidi e strumenti in contesti, situazioni e modi diversi da quelli nei quali essi sono stati introdotti e usati.

I quesiti che rientrano in questa classe di competenze generalmente richiedono che si dimostri di saper integrare e collegare elementi che fanno parte di varie idee chiave, o dei diversi filoni curricolari della matematica, oppure di saper collegare diverse rappresentazioni di un problema.
I quesiti che accertano le competenze del raggruppamento delle *connessioni* potrebbero essere definiti dai seguenti descrittori: integrazione, connessione e un qualche ampliamento di materiali già conosciuti.

Esempi di quesiti del raggruppamento delle connessioni

Un primo esempio di quesito di raggruppamento delle *connessioni* è stato fornito con l'esempio 3, *Libretto di risparmio*. Altri esempi di quesiti del raggruppamento delle *connessioni* sono i seguenti.

Matematica esempio 18: DISTANZA

Maria abita a due chilometri di distanza dalla scuola, Martina a cinque.

Domanda 1: DISTANZA

Quanto abitano lontane Maria e Martina l'una dall'altra?

Quando questo problema fu inizialmente presentato agli insegnanti, molti di loro respinsero il quesito perché troppo facile: "si poteva facilmente vedere che la risposta era '3 chilometri'". Un altro gruppo di insegnanti reagì dicendo che non era un buon quesito perché non aveva risposta, cioè non aveva una soluzione numerica univoca. Una terza reazione fu che non era un buon quesito perché aveva più possibilità di risposta, dal momento che senza ulteriori informazioni tutto quello che si può concludere è che le due ragazze vivono a una distanza che va dai 3 ai 7 chilometri, e questa indeterminatezza non è una caratteristica positiva per un quesito. Un piccolo gruppo di insegnanti ritenne che fosse un ottimo quesito, perché imponeva di capire la domanda, che fosse un vero compito di *problem solving* perché non aveva una soluzione già nota e che fosse un bel compito matematico, per quanto non si potesse prevedere come gli studenti avrebbero risolto il problema. È sulla base di questo ultimo punto di vista che questo problema viene fatto rientrare tra le competenze del raggruppamento delle *connessioni*.

Matematica esempio 19: AFFITTO DI UN UFFICIO

I due annunci che seguono sono apparsi su un quotidiano di un Paese la cui la valuta è costituita dagli zed.

PALAZZINA A	PALAZZINA B
Spazio uso ufficio disponibile: 58 – 95 metri quadrati 475 zed al mese 100 – 120 metri quadrati 800 zed al mese	Spazio uso ufficio disponibile: 35 – 260 metri quadrati 90 zed all'anno per metro quadrato

Domanda 1: AFFITTO DI UN UFFICIO

Se in quel Paese un'azienda è interessata ad affittare un ufficio di 110 m^2 per un anno, in quale palazzina, la A o la B, dovrebbe prendere in affitto i locali uso ufficio per ottenere il prezzo più conveniente? Scrivi i passaggi che fai per arrivare alla risposta. [® IEA/TIMSS]

Matematica esempio 20: LA PIZZA

Una pizzeria prepara due pizze dello stesso spessore, ma di diverse dimensioni. La più piccola ha un diametro di 30 cm e costa 30 zed. La più grande ha un diametro di 40 cm e costa 40 zed. [© PRIM, Stockholm Insitute of Education]

Domanda 1: LA PIZZA

Quale delle due pizze è più conveniente? Spiega come sei arrivato alla risposta.

In entrambi questi problemi gli studenti devono tradurre situazioni del mondo reale in linguaggio matematico, costruire un modello matematico che consenta di effettuare gli opportuni confronti, verificare che la soluzione ottenuta sia adeguata al contesto del problema di partenza e comunicare i risultati del proprio lavoro. Queste sono tutte attività che rientrano nel raggruppamento delle *connessioni*.

Il raggruppamento della riflessione

Le competenze di questo raggruppamento richiedono un elemento di riflessione da parte dello studente sui processi richiesti o utilizzati per risolvere un problema. Esse sono legate all'abilità dello studente di pianificare strategie di soluzione e di applicarle affrontando ambiti problematici più complessi e meno familiari rispetto a quelli del raggruppamento delle *connessioni*. Oltre alle competenze descritte per il raggruppamento delle connessioni, il raggruppamento della *riflessione* comprende le seguenti competenze.

- *Pensiero e ragionamento:* consiste nel formulare domande (Come trovo…?", "A quale matematica devo ricorrere per…?", "Quali sono gli aspetti essenziali di questo problema o situazione…?") e nel comprendere i corrispondenti tipi di risposte (fornite per mezzo di tabelle, grafici, espressioni algebriche, figure, specifiche su punti chiave, ecc.); nel distinguere tra definizioni, teoremi, congetture, ipotesi e affermazioni che riguardano casi particolari e nel riflettere su tali distinzioni o nell'articolarle; nel comprendere e manipolare concetti matematici in contesti nuovi o complessi; nel comprendere e manipolare la portata e i limiti di determinati concetti matematici e nel generalizzare i risultati.
- *Argomentazioni*: consiste nel formulare semplici ragionamenti di carattere matematico distinguendo fra dimostrazioni e forme più articolate di argomentazione o di ragionamento; nel creare catene di ragionamenti matematici di diverso tipo e nel valutarne la validità; nel far ricorso all'euristica ("Che cosa può o non può accedere? "Quale può essere il caso? E perché?" "Che cosa sappiamo e che cosa vogliamo ottenere?" "Quali fra le proprietà sono essenziali?" "In che relazione si pongono gli oggetti?").
- *Comunicazione*: consiste nel comprendere enunciati e nel sapersi esprimere, in forma orale e scritta, su questioni di carattere matematico, che vanno dal semplice assegnare un nome e ri-

conoscere le proprietà fondamentali di oggetti noti, allo spiegare calcoli e risultati (solitamente in più di una direzione) fino all'illustrare problemi caratterizzati da relazioni complesse, comprese relazioni logiche. Infine tale competenza comporta anche la comprensione di enunciati scritti o orali emessi da altre persone riguardanti tali problemi.

- *Modellizzazione*: consiste nella strutturazione del campo o della situazione che deve essere modellizzata; nel tradurre "la realtà" in strutture matematiche all'interno di contesti che potrebbero essere complessi o molto diversi da quelli ai quali gli studenti sono abituati; nell'interpretare modelli e risultati matematici in termini di "realtà" e viceversa, nonché aspetti di comunicazione dei risultati del modello (raccogliere informazioni e dati, monitorare il processo di modellizzazione e validare il modello risultante dal processo stesso). Tale competenza comprende inoltre il riflettere, analizzando, il criticare e l'impegnarsi in comunicazioni più complesse riguardanti i modelli e la modellizzazione.
- *Formulazione e risoluzione di problemi*: consiste nel porre e formulare problemi matematici in un modo che vada ben oltre la riproduzione in forma chiusa di problemi standard conosciuti, puri o applicati; nel risolvere tali problemi ricorrendo ad approcci e procedure standard o a processi originali di *problem solving* che uniscano aree diverse della matematica e differenti metodi di rappresentazione e comunicazione (schemi, tabelle, grafici, parole e figure). Essa, inoltre, implica una riflessione sulle strategie e sulle soluzioni.
- *Rappresentazione*: consiste nel decodificare, codificare e interpretare rappresentazioni note o meno note di oggetti matematici; nello scegliere e passare da una forma di rappresentazione di oggetti e situazioni matematiche a un'altra; nel tradurre e distinguere fra diverse forme di rappresentazione. Essa implica inoltre una combinazione creativa di rappresentazioni differenti e la creazione di rappresentazioni originali.
- *Uso del linguaggio simbolico, formale e tecnico e delle operazioni*: consiste nel decodificare e interpretare un linguaggio simbolico e formale a contesti e situazioni sconosciute; nel lavorare con enunciati ed espressioni che contengono simboli e formule e nell'usare variabili, risolvere equazioni ed effettuare calcoli. Essa implica inoltre la capacità di affrontare enunciati e termini complessi e un linguaggio simbolico o formale cui non si è abituati e nel tradurre in linguaggio naturale il linguaggio simbolico/formale.
- *Uso di sussidi e strumenti*: consiste nel conoscere ed essere capaci di usare sussidi e strumenti conosciuti o meno in contesti, situazioni e modi assai diversi da quelli nei quali essi sono solitamente introdotti e usati. Essa implica inoltre la conoscenza dei limiti di tali sussidi e strumenti.

I quesiti che accertano le competenze del raggruppamento della *riflessione* potrebbero essere definiti dai seguenti descrittori: ragionamento avanzato, argomentazione, astrazione, generalizzazione e modellizzazione applicate a nuovi contesti.

Esempi di quesiti del raggruppamento della riflessione

Matematica esempio 21: STATURA DEGLI STUDENTI

Un giorno, durante una lezione di matematica, è stata misurata la statura di tutti gli studenti. L'altezza media dei ragazzi era 160 cm e l'altezza media delle ragazze era 150 cm. Alessia era la più alta: la sua altezza era 180 cm. Dario era il più basso: la sua altezza era 130 cm.

Quel giorno due studenti erano assenti, ma erano in classe il giorno seguente. È stata misurata la loro statura e sono state nuovamente calcolate le medie. Sorprendentemente, l'altezza media delle ragazze e l'altezza media dei ragazzi non sono cambiate.

Domanda 1: STATURA DEGLI STUDENTI

Quali delle seguenti conclusioni si possono trarre da queste informazioni?
Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna conclusione.

Conclusione	Si può trarre questa conclusione?
Entrambi gli studenti sono ragazze.	Sì / No
Uno degli studenti è un ragazzo e l'altro è una ragazza.	Sì / No
Entrambi gli studenti hanno la stessa altezza.	Sì / No
L'altezza media della totalità degli studenti non è cambiata.	Sì / No
Dario è ancora il più basso.	Sì / No

Il problema è alquanto complicato sotto diversi punti di vista. Richiede una lettura attenta, poiché una lettura superficiale porterebbe a un'interpretazione errata. Inoltre è anche difficile trovare l'informazione matematica decisiva.

La situazione varia all'interno della classe e nel tempo. Si fa riferimento all'entità "classe" quando si parla della media dei maschi e delle femmine separatamente, ma successivamente si afferma che Alessia è la più alta (delle femmine o degli studenti in generale?) e che Dario è il più basso (dei maschi o degli studenti in generale?). Se gli studenti non leggono con molta attenzione potrebbero non far caso al fatto che Dario è un maschio e che Alessia è una femmina.

Una difficoltà ovvia è il fatto che gli studenti debbano mettere insieme le informazioni (circa le diverse stature) che si trovano nella prima parte dello stimolo con quelle che si trovano nella seconda parte dove si parla di due studenti assenti. Là si evidenzia la variazione nel tempo: due studenti che non erano presenti nella situazione iniziale, ma che devono essere presi in considerazione in un momento successivo e che, dunque, vanno a modificare l'entità classe. E tuttavia, lo studente che si trova a risolvere il problema non sa se gli studenti assenti siano maschi, femmine o un maschio e una femmina. In aggiunta, non si tratta di risolvere un solo problema, ma cinque.

Inoltre, per essere in grado di rispondere in modo corretto, è necessario che gli studenti comprendano, da un punto di vista matematico, i concetti statistici che il quesito chiama in causa. Il problema richiede la capacità di porre domande ("Come faccio a sapere…?" "Come faccio a trovare….?" "Quali sono le possibilità….?" "Che cosa può succedere se io….?") e la capacità di comprendere il concetto di media e di destreggiarsi con esso in testi che, sebbene il contesto sia familiare, si dimostrano complessi.

Da questa descrizione appare chiaro non soltanto che questo quesito è impegnativo per gli studenti (come dimostrano i risultati di PISA), ma anche che esso appartiene chiaramente al raggruppamento *riflessione*.

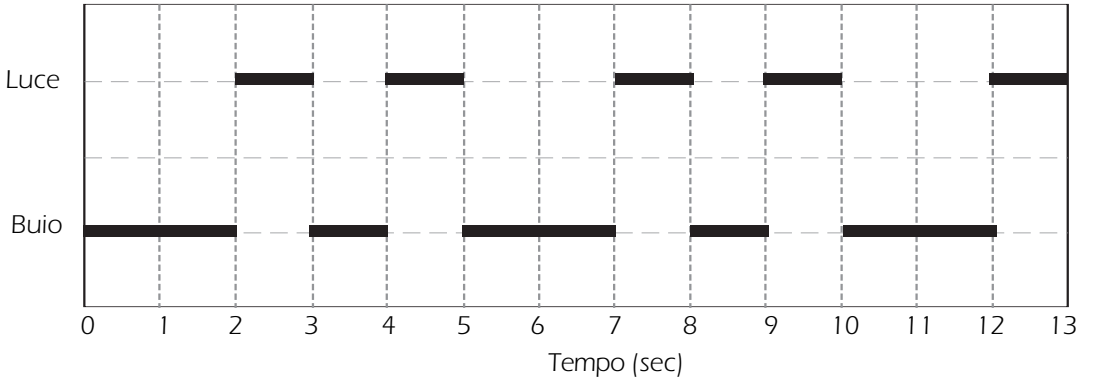
Matematica esempio 22: FARO

I fari sono torri che hanno, in cima, un dispositivo per emettere luce. I fari aiutano le navi a trovare la rotta di notte quando navigano in prossimità della costa.

Il faro emette segnali luminosi con una sequenza regolare fissa. Ciascun faro ha una propria sequenza.

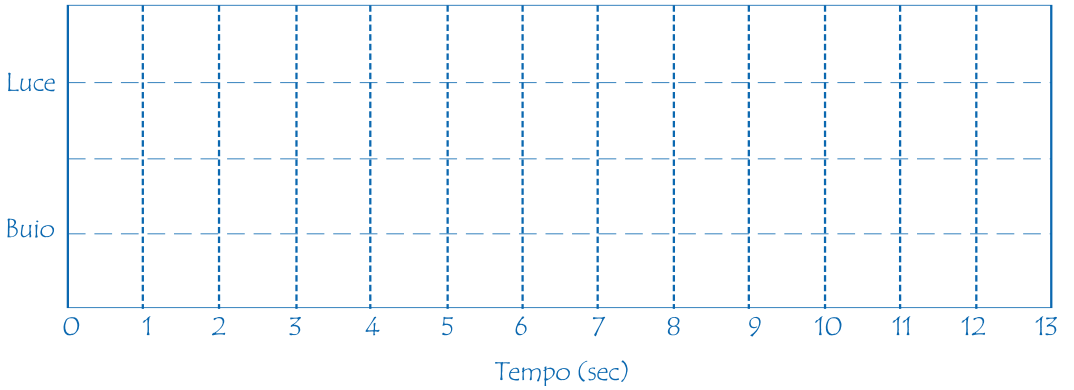
Il diagramma qui sotto rappresenta la sequenza dei segnali di un determinato faro. I segnali luminosi si alternano a momenti di buio.

Si tratta di una sequenza regolare che si ripete dopo qualche tempo. Il tempo necessario per completare una sequenza, prima che cominci a ripetersi, si chiama periodo. Se trovi il periodo di una sequenza, è facile continuare il diagramma per i successivi secondi, minuti o persino ore.



Domanda 1: FARO

Nella seguente griglia, disegna il grafico di una possibile sequenza di un faro che emette luce per un totale di 30 secondi ogni minuto. Il periodo della sequenza deve essere di 6 secondi.



In questo esempio gli studenti devono innanzitutto comprendere l'introduzione, nel senso che per la maggior parte di essi questo tipo di grafico risulta nuovo, come come nuovo risulta il concetto di periodicità. Inoltre, la formulazione stessa del problema indica quanto esso sia "aperto": agli stu-

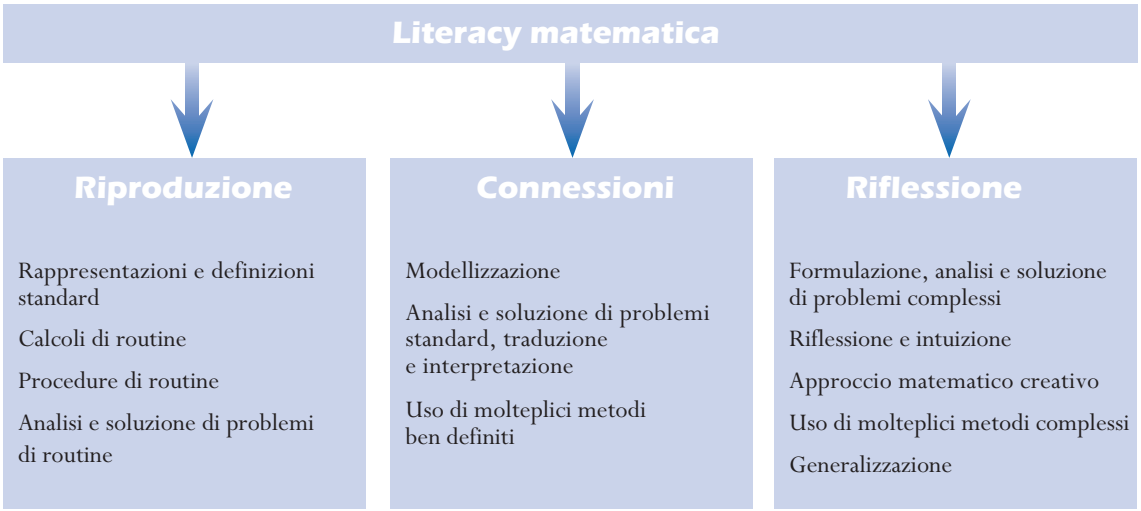
denti si richiede di disegnare una possibile sequenza tracciata da un faro. Molti studenti non affrontano a scuola questo tipo di domande in cui bisogna costruire qualcosa. E tuttavia, questo aspetto del "costruire" è una componente fondamentale dell'essere competente in matematica, significa servirsi di capacità matematiche non soltanto in modo passivo o meccanico, ma per costruire una risposta. Per risolvere il problema è necessario soddisfare due condizioni: tempi di luce e di buio equivalenti (30 secondi al minuto) e un periodo di 6 secondi. Tale combinazione rende necessaria, da parte degli studenti una reale comprensione del concetto di periodicità – un'altra indicazione, questa, che ci troviamo di fronte a un problema che rientra nel raggruppamento di competenze chiamato *riflessione*.

Riguardo a questo particolare esempio, qualcuno potrebbe obiettare che gli studenti che vivono vicino al mare o all'oceano potrebbero essere favoriti dal contesto. Occorre sottolineare, però, che la competenza matematica comprende la capacità di servirsi della matematica in contesti diversi da quello locale. Per quanto gli studenti che vivono in località marittime possano essere in qualche misura avvantaggiati, l'analisi del funzionamento del quesito in rapporto ai diversi paesi, non fornisce indicazione in tal senso: i paesi continentali hanno ricevuto in questa prova risultati simili a quelli dei paesi costieri.

Classificazione degli item per raggruppamento di competenze

La Figura 3.9 sintetizza le differenze fra i diversi raggruppamenti di competenze.

Figura 3.9 ■ **Diagramma dei raggruppamenti di competenze**



Le descrizioni delle competenze nelle pagine precedenti potrebbero servire a classificare i quesiti di matematica e, dunque, ad assegnarli a uno o all'altro dei raggruppamenti di competenze. Un modo per fare ciò consisterebbe nell'analizzare ciò che il quesito richiede, assegnando al quesito un punteggio per ciascuna delle otto competenze, a seconda di quale dei tre raggruppamenti fornisca la descrizione più calzante del problema. Nel caso in cui qualcuna delle competenze raggiungesse un punteggio tale da poter essere assegnata al raggruppamento della *riflessione*, il quesito deve essere compreso in tale raggruppamento. Se ciò non si verificasse, ma una o più competenze corrispondessero a qualcuno dei descrittori del raggruppamento delle *connessioni*, allora il quesito

dovrebbe essere assegnato a quel raggruppamento. Altrimenti, il quesito dovrebbe essere assegnato al raggruppamento della *riproduzione*, giacché tutte le competenze ricadrebbero nelle descrizioni di tale raggruppamento.

RILEVARE LA *LITERACY MATEMATICA*

Caratteristiche delle prove

Il presente paragrafo esamina più approfonditamente le caratteristiche delle prove utilizzate per valutare gli studenti. Vengono qui descritti la natura delle prove e i formati degli *item*.

La natura delle prove di matematica in PISA

PISA è una rilevazione internazionale delle competenze degli studenti quindicenni. Per tale ragione, tutti i quesiti utilizzati nelle prove cognitive dovrebbero essere adatti agli studenti quindicenni dei paesi dell'OCSE.

I quesiti sono normalmente costituiti da uno stimolo o da un'informazione stimolo, da un'introduzione alla domanda, dalla domanda vera e propria e dalla soluzione richiesta. Inoltre, nel caso dei quesiti che non possano essere codificati automaticamente, esiste un dettagliato schema di codifica messo a punto per consentire ai correttori dei diversi paesi, appositamente formati, di assegnare un punteggio alle risposte degli studenti in modo coerente e attendibile.

In un precedente paragrafo sono state presentate in modo dettagliato le situazioni che devono essere prese in considerazione per i quesiti di matematica. In PISA 2006, ciascun quesito è ambientato in uno dei quattro tipi di situazione: personale, scolastica/occupazionale, pubblica e scientifica. I quesiti di matematica scelti per essere utilizzati negli strumenti di PISA 2006 si distribuiscono su tutti i tipi di situazione.

Inoltre, si sono preferiti i quesiti con contesti che si possono considerare come *autentici*. In altri termini, il PISA ritiene migliori i compiti simili a quelli che si potrebbero incontrare in situazioni di vita reale, caratterizzati da un contesto nel quale sarebbe realistico avvalersi della matematica per risolvere il problema. Si preferisce rilevare la *literacy matematica* attraverso problemi le cui soluzioni e interpretazioni siano influenzate da contesti extra-matematici.

I quesiti dovrebbero innanzi tutto riferirsi alle idee chiave (le categorie di problemi fenomenologici) sopra descritte. La selezione degli *item* cognitivi di matematica di PISA 2003 ha garantito che le quattro idee chiave fossero ben rappresentate. I quesiti, inoltre, dovrebbero chiamare in causa uno o più processi matematici e dovrebbero rientrare principalmente in uno dei raggruppamenti di competenze.

Nello sviluppo e nella selezione dei quesiti viene attentamente considerato il livello di capacità di lettura richiesto per affrontarli con successo. La loro formulazione è la più semplice e diretta possibile. Si è anche cercato di evitare quesiti con contesti che potrebbero recare con sé distorsioni di carattere culturale.

I quesiti selezionati presentano livelli di difficoltà ampiamente differenziati tali da corrispondere ai diversi livelli di capacità che ci si aspetta di riscontrare negli studenti che partecipano a PISA. E non solo, anche le principali classificazioni del quadro di riferimento, ovvero i raggruppamenti di competenze e le idee chiave dovrebbero essere il più possibile rappresentate da quesiti di diversi livel-

li di difficoltà. Gli indici di difficoltà dei quesiti sono stabiliti in una vasta prova sul campo che precede la selezione dei quesiti per lo studio principale di PISA.

Tipi di quesito

Quando si mettono a punto strumenti di rilevazione occorre considerare attentamente l'impatto del formato degli *item* sulle prestazioni degli studenti e quindi sulla definizione del costrutto valutato. Questo problema diventa particolarmente rilevante in un progetto come PISA nel quale l'ampiezza della rilevazione e la sua dimensione internazionale pongono seri vincoli rispetto alla gamma dei formati utilizzabili per i quesiti.

PISA rileva la *literacy matematica* per mezzo di un insieme di quesiti a risposta aperta articolata, a risposta aperta univoca e a scelta multipla. Un numero pressappoco uguale di ciascun tipo di quesiti viene utilizzato nella costruzione degli strumenti di rilevazione.

Sulla base dell'esperienza acquisita nella costruzione e nell'uso di quesiti per PISA 2000, il formato a scelta multipla è in genere considerato il più adatto per i quesiti che intendono rilevare le competenze dei raggruppamenti della *riproduzione* e delle *connessioni*. L'esempio 23 mostra un quesito che riguarda il raggruppamento di competenze delle *connessioni* e che ha un numero limitato di alternative di risposta. Per risolvere questo problema, lo studente deve tradurlo in termini matematici, mettere a punto un modello per rappresentare la scansione periodica descritta nel contesto e ripetere la sequenza estendendo il modello in modo da far combaciare il risultato con una delle opzioni proposte.

Matematica esempio 23: LA FOCA

Una foca deve respirare anche mentre dorme. Martino ha osservato una foca per un'ora. All'inizio della sua osservazione, la foca si è immersa nel fondo del mare e ha cominciato a dormire. Durante gli 8 minuti successivi è ritornata lentamente a galla e ha preso fiato.

Dopo tre minuti era nuovamente sul fondo del mare e l'intero processo si è ripetuto in modo molto regolare.

Domanda 1: LA FOCA

Dopo un'ora, la foca stava:

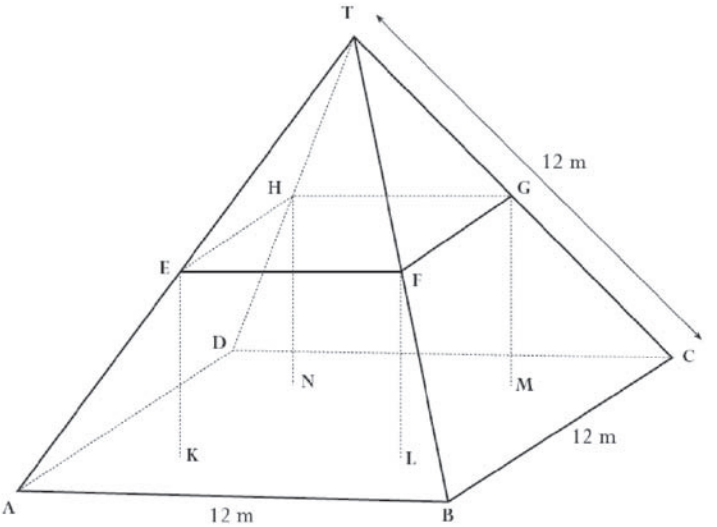
A. sul fondo del mare.
B. risalendo a galla.
C. prendendo fiato.
D. scendendo sul fondo.

Nel caso di alcuni obiettivi di livello più alto e di processi più complessi, si preferisce spesso far ricorso ad altri tipi di quesito. I quesiti a risposta aperta univoca consentono di porre lo stesso tipo di domande dei quesiti a scelta multipla, ma gli studenti devono produrre una risposta che può essere facilmente classificata come corretta o come errata. Per i quesiti che hanno questo formato, è più improbabile che lo studente tiri a indovinare e non è necessario fornire distrattori (che influenzano il costrutto che si sta valutando). Ad esempio, nel problema presentato nell'esempio 24 c'è una risposta corretta e molte possibili risposte errate.

Matematica esempio 24: FATTORIE

In questa pagina è riportata la fotografia di una fattoria con il tetto a forma di piramide.

Di seguito si trova un modello matematico del tetto della fattoria realizzato da uno studente, con alcune misure.



Il pavimento della soffitta, ABCD nel modello, è un quadrato. Le travi che sostengono il tetto sono gli spigoli di un blocco (prisma rettangolare) EFGHKLMN. E è il punto medio di AT, F è il punto medio di BT, G è il punto medio di CT e H è il punto medio di DT. Tutti gli spigoli della piramide nel modello sono lunghi 12 m.

Domanda 1: FATTORIE

Calcola l'area del pavimento della soffitta ABCD.

Area del pavimento della soffitta ABCD = _____ m^2

I quesiti a risposta aperta articolata richiedono una risposta più lunga da parte dello studente e la produzione di una risposta implica di frequente operazioni cognitive di livello superiore. Spesso tali quesiti richiedono allo studente non soltanto di produrre una risposta, ma anche di esplicitare i passaggi eseguiti o di spiegare come sono giunti alla risposta. La caratteristica fondamentale dei quesiti a risposta aperta articolata è che essi permettono allo studente di dimostrare le proprie capacità fornendo soluzioni a diversi livelli di complessità matematica. Il quesito presentato nell'esempio 25 è di questo tipo.

Matematica esempio 25: INDONESIA

L'indonesia si trova tra la Malesia e l'Australia. Nella seguente tabella sono riportati alcuni dati sulla popolazione dell'Indonesia e la sua distribuzione nelle varie isole:

Regione	Estensione (Km2)	Percentuale rispetto all'area totale	Popolazione nel 1980 (in milioni)	Percentuale dell'intera popolazione
Java/Madura	132 187	6.95	91 281	61.87
Sumatra	473 606	24.86	27 981	18.99
Kalimantan (Borneo)	539 460	28.32	6 721	4.56
Sulawesi (Celebes)	189 216	9.93	10 377	7.04
Bali	5 561	0.30	2 470	1.68
Irian Jaya	421 981	22.16	1 145	5.02
TOTALE	1 905 569	100.00	147 384	100.00

Una delle principali difficoltà dell'Indonesia è la distribuzione ineguale della popolazione nelle varie isole. Dalla tabella si può vedere che Java, che occupa meno del 7% dell'area totale, ha quasi il 62% della popolazione totale.

Fonte: de Lange e Verhage (1992). Con il permesso dell'editore.

Domanda 1: INDONESIA

Disegna un grafico (o alcuni grafici) che mostri l'ineguale distribuzione della popolazione indonesiana.

In PISA, circa un terzo dei quesiti di matematica è costituito da quesiti a risposta aperta articolata. Tali quesiti richiedono un lavoro di codifica da parte di persone appositamente formate che utilizzano uno schema di correzione la cui applicazione può richiedere un giudizio basato su una competenza professionale. Dal momento che è possibile che si registrino disaccordi tra i correttori di tali quesiti, PISA analizza l'attendibilità delle correzioni per controllare il grado di disaccordo. Precedenti esperienze in questo campo mostrano che è possibile mettere a punto schemi di correzione chiari e ottenere punteggi attendibili.

In alcuni casi la prova PISA è costituita da un'unità nella quale diversi quesiti sono legati a un materiale-stimolo comune. I compiti caratterizzati da questo formato permettono agli studenti di confrontarsi con un contesto o un problema, ponendo una serie di domande di complessità crescente. Le prime domande sono di solito a scelta multipla o a risposta aperta univoca, mentre quelle successive sono di solito a risposta aperta articolata. Questo formato può essere usato per valutare ciascun raggruppamento di competenze.

Uno dei motivi per cui si fa ricorso a prove caratterizzate da uno stimolo comune è che esse permettono di ideare problemi realistici che riflettono la complessità delle situazioni di vita reale. Un'altra ragione è costituita dal fatto che essi consentono un uso efficiente dei tempi della prova riducendo il tempo necessario allo studente per "entrare" in argomento. La necessità di rendere ciascun punteggio assegnato indipendente dagli altri all'interno del compito è riconosciuta e presa in debita considerazione sia nella messa a punto dei compiti di PISA sia nella codifica delle risposte e nell'assegnazione dei punteggi. Ma si riconosce anche l'importanza di minimizzare l'errore sistematico che potrebbe derivare dall'uso di un numero troppo ristretto di situazioni.

Struttura della rilevazione

Gli strumenti di PISA 2003, ciclo che vedeva la matematica come ambito principale, coprivano un tempo totale di somministrazione di 210 minuti. I quesiti selezionati erano divisi in sette raggruppamenti (*cluster)*, ciascuno dei quali richiedeva un tempo di circa 30 minuti per rispondere ai quesiti in esso contenuti. I *cluster* sono riuniti in fascicoli secondo uno schema di rotazione delle prove. Per il ciclo 2006, il tempo dedicato alle prove di matematica è minore, ma i *cluster* di matematica sono costruiti in modo analogo e seguono uno schema di rotazione simile.

Il tempo complessivo di rilevazione per la matematica è distribuito nel modo più equilibrato possibile fra le quattro idee chiave (*spazio e forma, cambiamento e relazioni, quantità, incertezza*) e le quattro situazioni descritte nel quadro teorico (*personale, scolastica/occupazionale, pubblica* e *scientifica*). La proporzione fra i quesiti relativi ai tre raggruppamenti per competenza (*riproduzione, connessioni, riflessione*) è approssivativamente 1:2:1. Circa un terzo dei quesiti è a scelta multipla, un terzo a risposta aperta univoca e un terzo a risposta aperta articolata.

Presentazione dei risultati nella literacy matematica

Per la rappresentazione sintetica dei dati raccolti nella rilevazione è stata messa a punto una scala a cinque livelli (Masters e Forster, 1996; Masters, Adams e Wilson, 1999). La scala è stata messa a punto con procedure statistiche usando l'approccio dell'*Item Response Modelling* per costruire una scala di misura con dati di tipo ordinale. La scala complessiva è usata per descrivere la natura della prestazione classificando le prestazioni degli studenti dei diversi paesi in relazione ai cinque livelli di prestazione, fornendo così i criteri di riferimento sulla base dei quali effettuare un confronto internazionale.

È stata presa in considerazione la possibilità di costruire diverse scale indipendenti per la presentazione dei risultati. Tali sotto-scale potrebbero essere basate, come è ovvio, sui tre raggruppamenti di competenze o sulle quattro idee chiave. La costruzione di tali scale è stata decisa sulla base di diverse considerazioni, fra cui l'analisi dei parametri psicometrici, seguite all'analisi dei dati di PISA. Per rendere possibile la costruzione di diverse sotto-scale, è necessario che le prove di PISA comprendano un numero sufficiente di quesiti per ciascuna delle possibili categorie di presentazione dei risultati. Inoltre, i quesiti all'interno di ciascuna categoria devono coprire una gamma sufficientemente ampia quanto a livello di difficoltà.

I raggruppamenti per competenza già descritti nel quadro di riferimento riflettono categorie concettuali di impegno cognitivo e di complessità crescente, ma non propriamente una gerarchia nelle prestazioni degli studenti basata sulla difficoltà dei quesiti. La complessità concettuale rappresenta solo una delle componenti della difficoltà dei quesiti che influisce sul livello delle prestazioni. Altre componenti sono la familiarità, il fatto di aver appreso un certo argomento e di aver fatto esercizio di recente e così via. Pertanto, un quesito a scelta multipla che mette in gioco competenze del raggruppamento della *riproduzione* (per esempio la domanda "quale tra i seguenti è un pa-

rallelepipedo rettangolo?" seguita dalle figure di una palla, di una lattina, di una scatola e di una piazza) può risultare molto facile per studenti ai quali sia stato insegnato il significato di tali termini, ma molto difficile per altri a causa della mancanza di familiarità con la terminologia usata. Anche se è possibile immaginare quesiti del raggruppamento della *riproduzione* relativamente difficili e quesiti del raggruppamento della *riflessione* relativamente facili, e per quanto occorra avere quesiti di difficoltà variabile per ciascun raggruppamento, ci si aspetta una relazione in linea di massima positiva fra i raggruppamenti di competenze e la difficoltà dei quesiti.

Di seguito sono elencati alcuni fra i fattori sottesi ai crescenti livelli di difficoltà del quesito e di *literacy matematica*.

- *Il tipo e il grado di interpretazione e di riflessione richiesti*. Questo fattore comprende la natura della richiesta di interpretazione che deriva dal contesto del problema; la misura in cui i procedimenti matematici richiesti per risolvere il problema sono forniti esplicitamente o devono essere ricostruiti dallo studente; e la misura in cui sono richiesti intuizione (*insight)*, ragionamenti complessi e generalizzazioni.
- *Il tipo di abilità di rappresentazione richiesta*. Questo fattore include problemi che vanno da quelli dove è usato solo un metodo di rappresentazione a problemi nei quali gli studenti devono alternare diverse modalità di rappresentazione oppure trovare essi stessi quella appropriata.
- *Il tipo e il livello di abilità matematica richiesta*. Per questo fattore si spazia da problemi con un unico passaggio (*single-step problems*) che richiedono la riproduzione di elementi matematici di base e l'esecuzione di semplici processi di calcolo fino a problemi con molti passaggi (*multi-step problems*) che richiedono conoscenze matematiche di livello superiore e abilità complesse di decisione, di elaborazione delle informazioni, di soluzione di problemi e di modellizzazione.
- Il *tipo e il grado di argomentazione matematica richiesta*, andando da problemi dove non è richiesto alcun tipo di argomentazione, a problemi in cui gli studenti possono dover applicare argomentazioni matematiche note, fino a problemi dove gli studenti devono creare loro stessi argomentazioni matematiche o comprendere quelle di altre persone o giudicare la correttezza di determinati argomenti o dimostrazioni.

Al livello più basso di competenza descritto, gli studenti portano a termine processi con un unico passaggio che implicano il riconoscimento di contesti familiari e problemi matematicamente ben formulati, utilizzando nozioni e processi matematici molto noti e applicando semplici abilità di calcolo.

A un livello di competenza più elevato, gli studenti portano a termine compiti più complessi che richiedono un'elaborazione a più passaggi e si basano sul collegamento di più informazioni o sull'interpretazione di diverse rappresentazioni di concetti o informazioni matematiche, riconoscendo quali elementi sono pertinenti e rilevanti e come si collegano uno all'altro. A questo livello essi lavorano con modelli o formulazioni, date spesso in forma algebrica, per individuare soluzioni, o portano a termine brevi sequenze di processi o passaggi di calcolo per arrivare a una soluzione.

Al più alto livello di competenza, gli studenti assumono un ruolo più creativo e attivo nel loro approccio ai problemi matematici. Interpretano informazioni più complesse e trattano più passaggi di elaborazione. A questo livello gli studenti formulano il problema e spesso sviluppano un modello adeguato che ne favorisce la soluzione. Essi individuano e applicano strumenti e conoscenze pertinenti spesso in un contesto problematico poco familiare, dimostrano intuizione nell'individuare una strategia di soluzione appropriata e mostrano processi cognitivi di ordine superiore quali la generalizzazione, il ragionamento e l'argomentazione nella spiegazione o comunicazione dei risultati.

Sussidi e strumenti

La scelta di PISA è quella di consentire agli studenti l'uso della calcolatrice e di altri strumenti che normalmente usano a scuola.

Lo scopo è quello di valutare il più fedelmente possibile quanto gli studenti sono in grado di fare e di fornire un quadro comparato il più possibile ricco di informazioni circa i risultati dei sistemi di istruzione. La scelta di un dato sistema di istruzione di consentire agli studenti di servirsi della calcolatrice non è molto diversa, in linea di principio, da altre decisioni di politica scolastica fatte dai diversi sistemi di istruzione e non controllabili da PISA.

Gli studenti abituati ad avere la calcolatrice a disposizione quando affrontano compiti matematici sarebbero svantaggiati se privati all'improvviso di tale risorsa.

CONCLUSIONI

Per quanto concerne la matematica, l'obiettivo di PISA è quello di sviluppare indicatori che mostrino con quale efficacia i diversi Paesi preparano i propri studenti quindicenni a diventare cittadini attivi, che riflettono e intelligenti dal punto di vista dell'uso della matematica. A tale scopo, PISA ha messo a punto una serie di prove che mirano a determinare in che misura gli studenti siano in grado di utilizzare quanto hanno appreso. Tali prove mettono in evidenza l'uso della conoscenza e della comprensione matematica per risolvere i problemi che sorgono nell'esperienza quotidiana di ciascuno e forniscono una molteplicità di problemi che variano per il grado di strutturazione e di esplicitazione dei percorsi, ma che sono orientati sempre verso contesti autentici sui quali gli studenti siano spinti a riflettere in modo autonomo.

Il presente quadro di riferimento fornisce una definizione di *literacy matematica* e definisce il contesto per la costruzione dei quesiti. Le componenti principali del quadro di riferimento per la matematica, coerentemente con i quadri di riferimento per gli altri ambiti, comprendono i contesti in cui la matematica viene utilizzata, i contenuti e i processi matematici, ciascuno dei quali scaturisce direttamente dalla definizione di *literacy*. L'analisi del contesto e del contenuto evidenzia gli aspetti dei problemi che gli studenti affrontano in quanto cittadini, mentre l'analisi dei processi evidenzia le competenze che gli studenti mettono in gioco per risolvere quegli stessi problemi. Tali competenze sono state raggruppate in tre cosiddetti "raggruppamenti di competenze" per razionalizzare il modo in cui processi cognitivi complessi vengono affrontati in un programma strutturato di valutazione.

Bibliografia

Baumert J., Köller O., "Interest research in Secondary Level I: An Overview" in L. Hoffmann, A. Krapp, K.A. Renniger and J. Baumert, a cura di, *Interest and Learning*, Kiel, Institute for Science education at the University of Kiel, 1998.

Blosser P., "Attitude in Science Education", Columbus, *ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education*, 1984.

Blum W., "Anwendungsorientierter Matematikunterricht - Trends und Perspektiven", in G. Kadunz *et al.*, a cura di, *Trends und Perspektiven, SchriftenreiheDidaktik der Matematik,* vol. 23, Vienna, Hoelder-Pichler-Tempsky.

Bogner F., Wiseman M., "Toward Measuring Adolescent Perception", *European Psychologist 4 (3)*, 1999.

Bybee R., *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Portsmouth, Heinemann, 1997.

Bybee R., "Toward an Understanding of Scientific Literacy", in W. Grabe, C. Bolte, a cura di, *Scientific Literacy - An International Symposium*, Kiel, IPN, 1997.

Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools, *Mathematics Counts* (The Cockcroft Report), Londra, Her Majesty Stationery Office, 1982.

De Corte, Greer E. B., Verschaffel L., "Mathematics Teaching and Learning", in D. C. Berliner, R. C. Calfee, a cura di, *Handbook of Educational Psycology*, New York, Macmillan, 1996.

de Lange J., "*Mathematics, Insight and Meaning*, Utrecht, CD-Press, 1987.

de Lange J., Assessment, No Change without Problems", in T.A. Romberg, a cura di, *Reform in School Mathematics, and Authentic Assessment*, Albany, SUNY Press, 1995.

de Lange J., **Verhage H.**, *Data Visualization*, Pleasantville, Sunburst, 1992.

Dossey J. A., "Defining and Measuring Quantitative Literacy", in L.A. Steen, a cura di, *Why Numbers Count*, New York, The College Board, 1997.

Eagles P. F. J., Demare R., "Factors Influencing Children's Environmental Attitudes", *The Journal of Environmental Education, 30 (4)*, 1999.

Fensham P. J., "Science for All: A Reflective Essay", *Journal of Curriculum Studies 17 (4)*, 1985.

Fensham P. J., "Time to Change Drivers for Scientific Literacy", *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education 2, 9-24*, 2000.

Fey J., "Quantity", in, L. A. Steen, a cura di, *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, Washington, National Academy Press, 1990.

Fleming R., "Literacy for a Technological Age", *Science Education 73 (4)*, 1989.

Freudenthal H., *Mathematics:an Educational Task*, Dordrecht, D.Reidel, 1973.

Freudenthal H., *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, Dordrecht, D.Reidel, 1983.

Gardner P. L., "Attitudes to Science: A Review", *Studies in Science Education 2*, 1975.

Gardner P. L., "Students' Interest in Science and technology: An International Overview" in M. Lehrke, L. Hoffmann e P. Gardner, a cura di, *Interests in Science and Technology Education*, Kiel, Institute for Science education at the University of Kiel, 1984.

Gauld C., Hukins A. A., "Scientific Attitudes: A Review", *Studies in Science Education 7*, 1980.

Gee J., *Preamble to a Literacy Program*, Madison, Department of Curriculum and Instruction, 1998.

Gräber W., Bolte C., a cura di, *Scientific Literacy: An International Symposium*, Kiel, Institute for Science education at the University of Kiel, 1997.

Grünbaum B., "Geometry strikes again", *Mathematics Magazine*, *58(1)*, 1985.

Hershkowitz R., Parzysz B., van Dormolen J., "Space and Shape", in Bishop, A. J., K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick e C. Laborde, a cura di, *International Handbook of Mathematics Education, Part 1*, Dordrecht Kluwer Academic Publishers, 1996.

Kirsch I. S., Mosethal P. B., "Undersatanding Documents. A monthly Column", *Journal of Reading*, Newark, International Reading association, 1989-91.

Klopfer L., "Evaluation of Learning in Science", in B. Bloom, J. Hastings e G. Madaus, a cura di, *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning*, New York, Mc Graw-Hill, 1971.

Klopfer L. E., "A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education", *Science Education 60*, 1976.

Koballa T., Kemp A., Evans R., "The Spectrum of Scientific Lliteracy", *The Science Teacher 64 (7)*, 1997.

Kuhn D., "Thinking as Argument", *Harvard Educational Review 62 (2)*, 1992.

LaForgia J., "The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation", *Science Education 72 (4)*, 1988.

Langer J., *Envisioning Literature*, Newark, International Reading Association, 1995.

Law N., "Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Interprise", *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education 2*, 151–176, 2002.

LOGSE, *Ley de Ordenacion General del Sistema Educativo*, Madrid, 1990.

Masters G., Adams R., Wilson M., "Chartin Student Progress", in G. Masters, J., Keeves, a cura di, *Advances in Measurement in Educational Research Assessment*, Amsterdam, Elsevier, 1999.

Masters G., Forster M., *Progress Maps*, Melbourne, Australian Council for Educational Research, 1996.

Mathematical Association of America/MAA, *The Reorganization of Mathematics in secondary education; A Report of the National Committee on Mathematical Requirements*, Oberlin, MAA, 1923.

Mathematical Science Education Board/MSEB, *Reshaping School Mathematics: A Philosophy and framework of Corriculum*, Washington, National Academy Press, 1990.

Mayer V. J., a cura di, *Global Science Literacy*, Dordrecht, Kluwer Academic Pubishers, 2002.

Mayer V. J., Kumano Y., "The Philosophy of Science and Global Science Literacy", in V. J. Mayer, a cura di, *Global Science Literacy*, Dordrecht, Kluwer Academic Pubishers, 2002.

Millar R., Osborne J., *Beyond 2000: Science Education for the Future,* King's college London, London School of education, 1998.

Mitchell J., Hawkins E., Jakwerth P., Stancavage F., Dossey J., *Student Work and Teacher Practice in Mathematics*, Washington, National Center for Education Statistics, 2000.

National Council of Teacher of Mathematics/NCTM, *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Reston, NCTM, 1989.

National Council of Teacher of Mathematics/NCTM, *Principles and Standards for Mathematics*, Reston, NCTM, 2000.

Neubrand M., Biehler H., Blum H., Cohors-Fresenborg E., Flade L., Knoche N., Lind D., Löding W., Möller G., Wynlands A., (Deutsche OCSE/PISA-Expertengruppe Matematik), "Grundlagen del Ergänzung des

Internationalen OCSE/PISA-Mathematik-Tests in der Deutschen Zusatzerhebung", *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, *33(2)*, 2001.

Niss M., "Kompetencer og Uddannelsebeskrivelse", *Uddanneise* 9, 1999.

Norris S., Phillips L., "How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy", *Science Education 87 (2)*, 2003.

OECD, *Measuring Student Knowledge and Skills, A New Framework for Assessment*. Parigi, OECD, 1999.

OECD, *Measuring Student Knowledge and Skills, The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy.* Parigi, OECD, 2000.

OECD, *Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000*, Parigi, OECD, 2001.

OECD, *Reading for Change – Performance and Engagement across Countries*, Parigi, OECD, 2002.

OECD, *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, Parigi, OECD, 2003.

OECD, *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", Parigi, OECD, 2003.

OECD, *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA* 2003, Parigi, OECD, 2004.

OECD, *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*, Parigi, OECD, 2005.

Osborne J., Erduran S., Simon S., Monk M., "Enhancing the Quality of Argumentation in School Science", *School Science Review 82 (301)*, 2001.

Osborne J., Simon S., Collins S., "Attitudes towards Science: A review of the Literature and its Implications", *International Journal of Science Education 25 (9)*, 2003.

Rickinson M., "Learners and Learning in Environmental Education: A critical of the Evidence", *Environmental Education Research 7 (3)*, 2001.

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

Schibeci R. A., "Attitudes to Science: An Update", *Studies in Science Education 11*, 1984.

Schupp H., "Anwendunsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I Zwischen Tradiction und Neuen Impulsen", *Der Mathematikunterricht*, *34(6)*, 373-398, 1988.

Steen L. A., a cura di, *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, Washington, National Academy Press, 1990.

Steen L. A., a cura di, *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, New York, The College Board, 1997.

Stewart K., "Change", in L.A. Steen, a cura di, *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, Washington, National Academy Press, 1990.

Sticht T. G., a cura di, *Reading for Working: A Functional Literacy Anthology*, Alexandria, Human Resources Research Organization, 1975.

Stiggins R. J., "An Analysis of the Dimensions of Job-related Reading", *Reading World*, *82*, 1982.

UNESCO, (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) *International Forum on Scientific and Technological Literacy far all, Final Report*, Parigi, UNESCO, 1993.

UNESCO, "UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015)", *UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, vol. XXVIII, no. 1–2*, Parigi, UNESCO, 2003.

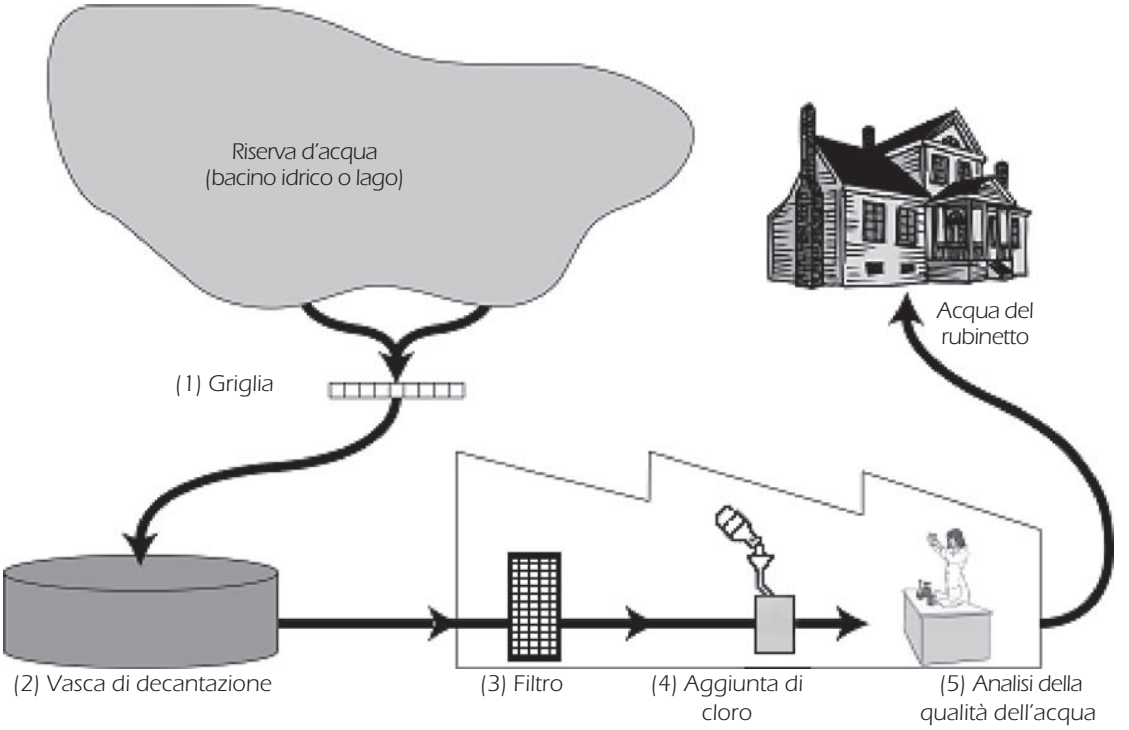
UNESCO, *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*, Parigi, UNESCO, 2005.

Weaver A., "Determinants of Environmental Attitudes: A Five-country comparison", *International Journal of Sociology 32 (1)*, 2002

Appendice A

ESEMPI DI PROVE DI SCIENZE

Acqua potabile



Questa figura illustra come venga resa potabile l'acqua fornita alle case nelle città.

Domanda 1.1

È importante avere una riserva di acqua potabile di buona qualità. L'acqua che si trova sottoterra si chiama acqua sotterranea.

Fornisci una ragione per cui ci sono meno batteri e particelle inquinanti nelle acque sotterranee che nelle acque di superficie, come i fiumi e i laghi.

Indicazioni per la correzione: Domanda 1.1

Punteggio pieno

Codice 11: Risposte che fanno riferimento al fatto che l'acqua sotterranea è filtrata dal terreno.

- Passando attraverso la sabbia e la polvere l'acqua si pulisce.
- È stata filtrata naturalmente.
- Perché passando attraverso il suolo l'acqua viene setacciata dalle rocce e dalla sabbia.

Codice 12: Risposte che fanno riferimento al fatto che l'acqua sotterranea è incapsulata e dunque protetta da possibili agenti inquinanti; OPPURE al fatto che le acque di superficie sono inquinate con più facilità.

- L'acqua sotterranea è imprigionata nella terra e quindi l'inquinamento dell'aria non la può sporcare.
- Perché l'acqua sotterranea non è all'aperto, è sotto qualcosa.
- I fiumi e i laghi possono essere inquinati attraverso l'aria, oppure andandoci a nuotare e così via, ecco perché sono meno puliti.
- Perché i fiumi e i laghi vengono inquinati da uomini e animali.

Codice 13: Altre risposte corrette.

- L'acqua sotterranea è un'acqua che non contiene molto nutrimento per i batteri che perciò non sopravvivono.
- L'acqua sotterranea non sta sotto il sole, dentro ci sono alghe blu-verdi.

Nessun punteggio

Codice 01: Risposte che fanno riferimento soltanto al fatto che l'acqua sotterranea è molto pulita (informazione già presente nel testo).

- Perché è stata pulita.
- Perché nei fiumi e nei laghi ci sono rifiuti. (Non spiega perché).
- Perché contiene meno batteri.

Codice 02: Risposte che fanno dichiaratamente riferimento al processo di depurazione illustrato nella figura dello stimolo.

- Perché l'acqua sotterranea passa attraverso un filtro e viene addizionata di cloro.
- L'acqua sotterranea passa attraverso un filtro che la depura completamente.

Codice 03: Altre risposte

- Perché è sempre in movimento.
- Perché non viene smossa e perciò non sale il fango del fondale.

Codice 99: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della Terra e dell'Universo (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: risorse naturali

Situazione: globale

Il quesito è centrato su due aspetti della qualità dell'acqua: la contaminazione batterica e la contaminazione da particelle. Per rispondere occorre applicare alcune conoscenze scientifiche per spiegare perché l'acqua sotterranea non depurata risulti meno contaminata di quella di superficie, sempre non depurata.

L'approvvigionamento di acqua potabile pulita è un tema importante nella quotidianità di chiunque, sebbene il problema sia più o meno sentito a seconda delle circostanze. La classificazione del quesito riflette la necessità di fare ricorso alle proprie conoscenze scientifiche per dare una spiegazione di un fenomeno.

Il quesito ha "funzionato" bene nella prova sul campo, mostrando una buona discriminatività e risultando di difficoltà media (con circa due terzi di risposte corrette).

Domanda 1.2

La depurazione dell'acqua prevede spesso varie fasi che richiedono l'uso di tecniche differenti. Il processo di depurazione illustrato nella figura prevede quattro fasi (numerate da 1 a 4). Durante la seconda fase, l'acqua viene raccolta in una vasca di decantazione.

In che modo questa fase contribuisce a rendere l'acqua più pulita?

A. I batteri che sono nell'acqua muoiono.
B. Un po' di ossigeno si aggiunge all'acqua.
C. La sabbia e la ghiaia si depositano sul fondo.
D. Le sostanze tossiche si decompongono.

Indicazioni per la correzione: Domanda 1.2

Punteggio pieno

Codice 1: C La sabbia e la ghiaia si depositano sul fondo.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della Terra e dell'Universo (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: la salute

Situazione: sociale

Il contesto della prova illustra come l'acqua raccolta nei bacini idrici e nei laghi venga depurata prima di essere distribuita nelle case. Il quesito richiede che si riconosca o si deduca quale funzione svolga la vasca di decantazione. In questo modo l'item valuta se gli studenti sappiano che la sedimentazione è dovuta a un effetto della gravità sulle particelle presenti nell'acqua.

Nella prova sul campo il quesito è risultato di media difficoltà. Esso ha dimostrato inoltre una buona discriminatività, anche se il distrattore B si è rivelato debole.

Domanda 1.3

Durante la quarta fase del processo di depurazione, si aggiunge cloro all'acqua.
Perché si aggiunge cloro all'acqua?

Indicazioni per la correzione: Domanda 1.3

Punteggio pieno

Codice 1: Risposte che fanno riferimento all'eliminazione, all'uccisione o alla decomposizione dei batteri.

- Per liberarla dai batteri.
- Il cloro uccide i batteri.
- Per uccidere le alghe.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- L'acqua diventa meno acida e quindi non si formano le alghe.
- Batteri.
- È come il fluoro.
- Per purificare un po' di più l'acqua e uccidere le cose che avanzano ("cose" non è sufficientemente specifico).
- Per mantenerla pulita e potabile.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: sociale

Come per il quesito precedente, il contesto ha una certa rilevanza per la vita quotidiana in quanto un cittadino dovrebbe avere un minimo di conoscenze sui trattamenti cui viene sottoposta l'acqua potabile.

Nel dare una spegazione del perché all'acqua venga aggiunto il cloro, occorre applicare una conoscenza degli effetti del cloro sugli organismi viventi. Per quanto riguarda le conoscenze, pertanto, il quesito rientra nella categoria "sistemi viventi".

Il quesito ha "funzionato" abbastanza bene nella prova sul campo, mostrando una discriminatività sufficiente. Nel complesso è risultato di difficoltà medio-bassa, ma in un ristretto numero di paesi si è dimostrato significativamente più difficile.

Domanda 1.4

Immagina che gli scienziati incaricati di analizzare l'acqua dell'impianto idrico scoprano che ci sono dei batteri pericolosi nell'acqua dopo che è stato completato il processo di depurazione.

Che cosa dovrebbero fare le persone a casa con questa acqua prima di berla?

Indicazioni per la correzione: Domanda 1.4

Punteggio pieno

Codice 11: Risposte che fanno riferimento al fatto di far bollire l'acqua.

- Bollirla.

Codice 12: Risposte che fanno riferimento ad altri metodi di depurazione che si possano adottare con sicurezza a casa.

- Trattare l'acqua con compresse di cloro (es. Micropur).
- Usare un filtro con fori microscopici.

Nessun punteggio

Codice 01: Risposte che fanno riferimento a metodi "professionali" di depurazione dell'acqua impossibili da adottare con sicurezza a casa.

- Mescolarla con il cloro in un secchio e poi berla.
- Più cloruro, sostanze chimiche e trattamenti biologici.
- Distillare l'acqua.

Codice 02: Altre risposte.

- Purificarla di nuovo.
- Usare un filtro da caffè.
- Compare acqua minerale finché l'impianto non viene aggiustato (evita la domanda)

Codice 99: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: la salute

Situazione: sociale

Il quesito richiede che gli studenti sappiano in che modo i batteri possano essere uccisi o eliminati dall'acqua attraverso metodi pratici, che possono essere adoperati anche a casa. La categoria di conoscenza sarà dunque "sistemi viventi".

Il quesito ha mostrato una discriminatività sufficiente nella prova sul campo. Nel complesso è risultato di difficoltà medio-bassa. Le differenze di difficoltà riscontrate fra diversi gruppi di paesi, tuttavia, ne hanno consigliato l'esclusione dallo studio principale.

Domanda 1.5

Bere acqua inquinata può causare i seguenti problemi di salute? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuno dei problemi di salute proposti.

Bere acqua inquinata può causare questo problema di salute?	Si o No?
Diabete	Sì / No
Diarrea	Sì / No
HIV / AIDS	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 1.5

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette: No, Sì, No, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

Questo item rileva se lo studente sappia se alcune comuni malattie (di origine genetica, batterica e virale) possano o meno essere trasmesse attraverso l'acqua.

Sebbene il quesito sia stato classificato, a livello di competenza, come "dare una spiegazione scientifica dei fenomeni", esso richiede un basso livello di competenza, essendo sufficiente richiamare semplicemente alla mente alcune conoscenze per rispondere in modo corretto. La categoria di conoscenza è chiaramente quella denominata "sistemi viventi".

Il quesito è risultato di scarsa difficoltà e ha mostrato sufficiente discriminatività. Le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 1.6

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Sapere come si analizza l'acqua per scoprire il livello di contaminazione batterica.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Imparare di più sui trattamenti chimici delle riserve d'acqua.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Imparare quali malattie vengono trasmesse attraverso l'acqua che si beve.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

Questo item è stato costruito per rilevare l'interesse degli studenti a saperne di più su temi di carattere scientifico che hanno a che fare con l'acqua potabile. Il quesito è collocato volutamente alla fine dell'unità, in maniera tale che gli studenti siano già entrati in argomento quando viene chiesta loro un'opinione.

Gli studenti sono chiamati a dimostrare il proprio livello d'interesse indicando quanto desiderano acquisire informazioni su tre aspetti distinti della contaminazione dell'acqua e sui trattamenti di depurazione necessari a renderla potabile.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione de "l'interesse". Gli studenti hanno dimostrato un particolare interesse a imparare quali malattie vengono trasmesse attraverso l'acqua che si beve (affermazione c), come accade per la maggior parte delle affermazioni che riguardano la salute e la salvaguardia dell'individuo.

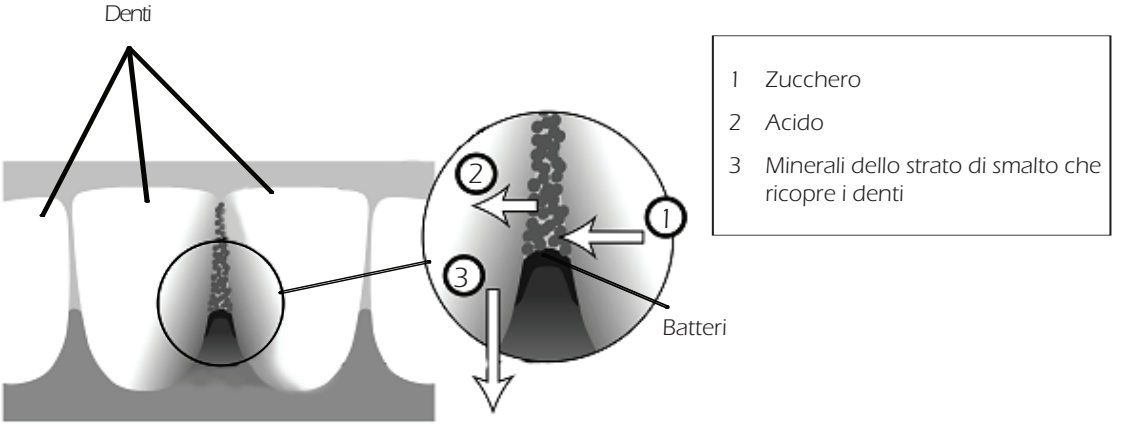
La carie

I batteri che vivono nella nostra bocca causano la carie dentale.

Il problema della carie nasce a partire dal 1700, quando lo zucchero si diffonde grazie allo sviluppo dell'industria della canna da zucchero.

Oggi sappiamo molto della carie, ad esempio:

- i batteri che causano la carie si nutrono di zucchero;
- lo zucchero si trasforma in acido;
- l'acido danneggia la superficie dei denti;
- lavarsi i denti aiuta a prevenire la carie.



Domanda 2.1

Qual è il ruolo dei batteri nella carie dentale?

A. I batteri producono lo smalto.
B. I batteri producono lo zucchero.
C. I batteri producono i minerali.
D. I batteri producono l'acido.

Indicazioni per la correzione: Domanda 2.1

Punteggio pieno

Codice 1: D I batteri producono l'acido.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: la salute

Situazione: personale

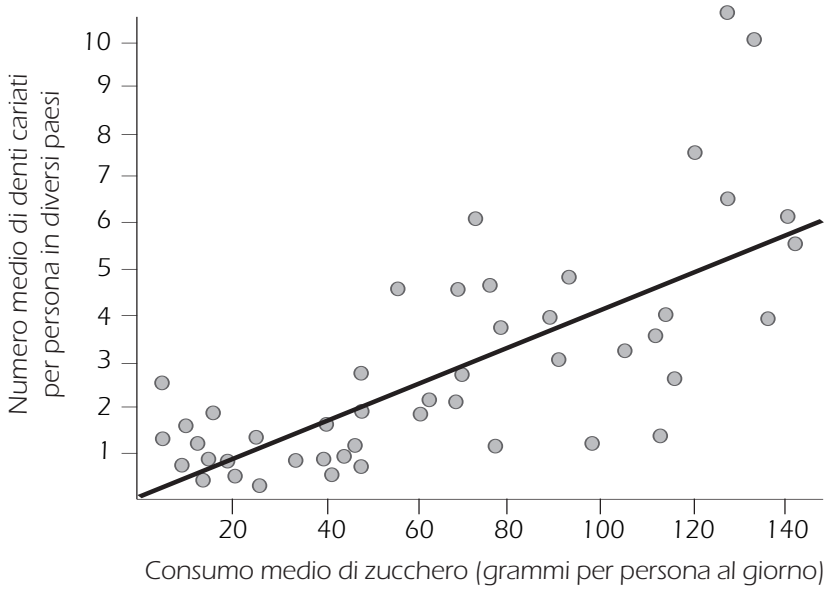
Le informazioni sulla carie vengono fornite per mezzo di una figura e di un testo di commento. Agli studenti viene chiesto di scegliere la conclusione che da tali informazioni consegue.

Poiché la scienza entra in gioco solo in quanto capacità di trarre conclusioni basate sui fatti, il quesito rileva principalmente una "conoscenza sulla scienza".

Il quesito ha "funzionato" bene nella prova sul campo, mostrando una buona discriminatività e risultando relativamente facile.

Domanda 2.2

Il seguente grafico illustra il consumo di zucchero e la quantità di carie in diversi paesi. Ciascun paese è rappresentato da un pallino sul grafico.



Quale fra le seguenti affermazioni è basata sui dati riportati nel grafico?

A. In alcuni paesi le persone si lavano i denti più frequentemente che in altri paesi.
B. Più zucchero si mangia, più c'è il rischio che si carino i denti.
C. Negli ultimi anni, il tasso di carie è aumentato in molti paesi .
D. Negli ultimi anni, il consumo di zucchero è aumentato in molti paesi.

Indicazioni per la correzione: Domanda 2.2

Punteggio pieno

Codice 1: C Più zucchero si mangia, più c'è il rischio che si carino i denti.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

Il quesito ha "funzionato" abbastanza bene nella prova sul campo, risultando di media difficoltà e dotato di una discriminatività sufficiente.

Come nel caso del quesito precedente, la categoria di conoscenza è quella delle "spiegazioni di carattere scientifico" e la competenza quella di "usare prove basate su dati scientifici". In questo caso, però, i dati (gli elementi di prova) vengono forniti sotto forma di grafico. Per interpretare correttamente il grafico occorre comprendere con chiarezza quali siano le variabili riportate sul medesimo.

Domanda 2.3

Supponiamo che in un paese il numero di denti cariati per persona sia elevato.

È possibile rispondere alle seguenti domande sulla carie in questo paese con l'aiuto di esperimenti scientifici? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle domande proposte.

È possibile rispondere a questa domanda sulla carie con l'aiuto di esperimenti scientifici?	Sì o No?
Quale sarebbe l'effetto sulla carie se venisse aggiunto fluoro all'acqua corrente?	Sì / No
Quanto dovrebbe costare una visita dal dentista?	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 2.3

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e due le risposte corrette: Sì, No in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: la salute

Situazione: sociale

Il quesito richiede agli studenti di saper distinguere a quali domande è possibile dare risposta attraverso esperimenti scientifici e a quali no. Si tratta principalmente di conoscenza dei metodi propri della scienza e, dunque, la categoria è quella de "l'indagine scientifica". Dal punto di vista della classificazione per competenza, invece, il quesito appartiene chiaramente alla competenza "individuare questioni di carattere scientifico".

L'analisi dei dati effettuata dopo la prova sul campo ha collocato questo item ad un livello di difficoltà medio. Il livello di discriminatività dimostrato, inoltre, è stato buono.

Domanda 2.4

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Sapere che aspetto hanno al microscopio i batteri che provocano la carie.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b) Saperne di più sulla messa a punto di un vaccino contro la carie.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c) Comprendere come anche i cibi senza zucchero possono provocare la carie.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

Il quesito è stato costruito per rilevare l'interesse degli studenti per gli aspetti scientifici della carie. Come tutti gli item di atteggiamento è posto alla fine dell'unità in maniera che gli studenti si siano familiarizzati con il contesto prima che venga loro chiesto di esprimere un'opinione personale.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutte e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione de "l'interesse".

Lavorare sotto il sole

Domanda 3.1

Pietro sta facendo lavori di riparazione ad una vecchia casa. Egli ha lasciato una bottiglia d'acqua, alcuni chiodi di metallo e un'asse di legno dentro il bagagliaio della sua auto. Dopo che l'auto è rimasta sotto il sole per tre ore, la temperatura interna dell'auto raggiunge circa i 40° C.

Che cosa succede agli oggetti nell'auto? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No"per ciascuna delle affermazioni proposte.

Questo succede all'oggetto/agli oggetti?	Sì o No?
Tutti gli oggetti hanno la stessa temperatura.	Sì / No
Dopo un po' di tempo l'acqua comincia a bollire.	Sì / No
Dopo un po' di tempo i chiodi di metallo cominciano a diventare incandescenti.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 3.1

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette: Sì, No, No, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Questa prova ha uno "stile" diverso da quello delle altre unità presentate in questa raccolta di esempi. Non ha un testo stimolo e fa parte di un ristretto numero di prove costruite al fine di indagare su alcune delle più diffuse "misconcezioni" riguardo a concetti di fondamentale rilievo. Soltanto una di tali unità è stata somministrata nello studio principale, sia per limiti di "spazio" sia perché molti dei quesiti non fornivano sufficienti informazioni sul livello complessivo di literacy scientifica degli studenti.

I risultati della prova sul campo hanno dimostrato che le misconcezioni sono assai diffuse fra i ragazzi, meno del 20%, infatti, ha risposto correttamente che "tutti gli oggetti hanno la stessa temperatura". Non si è riscontrata praticamente nessuna differenza fra la capacità media dimostrata da quanti rispondevano correttamente a questa domanda e quanti non lo facevano. I maschi hanno mostrato una maggiore propensione a rispondere correttamente rispetto alle femmine. Circa il 75% degli studenti ha scelto correttamente rispetto alla seconda e alla terza affermazione.

Domanda 3.2

Per bere durante la giornata, Pietro ha a disposizione una tazza di caffè caldo, ad una temperatura di circa 90°C, ed una tazza di acqua minerale fredda ad una temperatura di circa 5° C. Le tazze sono dello stesso materiale e della stessa dimensione ed il volume delle bevande è lo stesso. Pietro lascia le tazze appoggiate in una stanza, dove la temperatura è di circa 20° C.

Quali saranno con ogni probabilità le temperature del caffè e dell'acqua minerale dopo 10 minuti?

A. 70 °C e 10 °C
B. 90 °C e 5 °C
C. 70 °C e 25 °C
D. 20 °C e 20 °C

Indicazioni per la correzione: Domanda 3.2

Punteggio pieno

Codice 1: A. 70 ºC e 10 ºC

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Così come molti degli altri item sulle "misconcezioni", il quesito è inserito in un contesto poco realistico e questa è anche la ragione per cui questo tipo di item non sono stati utilizzati nello studio principale.

Nella prova sul campo ha dimostrato un livello di discriminatività sufficiente con circa il 50% delle risposte corrette.

Domanda 3.3

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Capire come la forma di una tazza influenza la velocità con la quale il caffè si raffredda.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Conoscere le differenti disposizioni degli atomi nel legno, nell'acqua e nell'acciaio.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Sapere perché dei solidi differenti conducono il calore in modo differente.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

In questo quesito, gli studenti sono chiamati a dimostrare il proprio interesse indicando quanto desiderano acquisire informazioni su come la struttura dei materiali influenzi la trasmissione del calore. L'item è posto alla fine dell'unità in maniera che gli studenti si siano familiarizzati con il contesto prima che venga loro chiesto di esprimere un'opinione personale.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione de "l'interesse". Rispetto ad altri contesti utilizzati nella prova sul campo, questo ha destato assai poco interesse e la volontà di acquisire informazioni sui primi due aspetti proposti è stata particolarmente scarsa.

Il vaiolo dei topi

Esistono molti tipi di virus del vaiolo che trasmettono questa malattia agli animali. Ciascun tipo di virus infetta di solito soltanto una specie animale. Una rivista ha dato notizia di uno scienziato che ha usato l'ingegneria genetica per modificare il DNA del vaiolo dei topi. Il virus modificato uccide tutti i topi che infetta.

Lo scienziato sostiene che la ricerca sulla modificazione dei virus è necessaria per tenere sotto controllo gli animali nocivi che danneggiano gli alimenti dell'uomo. Coloro che si oppongono a questo tipo di ricerca affermano che i virus possono diffondersi fuori dai laboratori ed infettare altri animali. Essi hanno anche paura che il virus del vaiolo di una specie, modificato, possa infettare altre specie, specialmente l'uomo.

L'uomo viene infettato da un tipo di virus del vaiolo chiamato vaiolo umano. Il vaiolo umano uccide la maggior parte delle persone che infetta. Anche se si pensa che la malattia sia stata eliminata, campioni di virus del vaiolo umano sono conservati in vari laboratori in giro per il mondo.

Domanda 4.1

Quelli che si oppongono alla ricerca hanno espresso il timore che il virus del vaiolo dei topi possa infettare altre specie oltre ai topi. Quale fra le seguenti ragioni spiega meglio questo timore?

A. I geni del virus del vaiolo umano e i geni del virus modificato del vaiolo dei topi sono identici.

B. Una mutazione nel DNA del vaiolo dei topi potrebbe consentire al virus di infettare altri animali.

C. Una mutazione potrebbe rendere il DNA del vaiolo dei topi identico al DNA del vaiolo umano.

D. Il numero dei geni del virus del vaiolo dei topi è lo stesso di quello in altri tipi di virus del vaiolo.

Indicazioni per la correzione: Domanda 4.1

Punteggio pieno

Codice 1: B Una mutazione nel DNA del vaiolo dei topi potrebbe consentire al virus di infettare altri animali.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: globale

Le modificazioni e le mutazioni genetiche costituiscono un campo di studio assai importante e attuale e includono anche gli effetti dell'introduzione di nuove specie in ecosistemi consolidati e i pericoli della trasmissione di malattie fra specie diverse.

Ciò nonostante, nella prova sul campo, il quesito non ha "funzionato". La discriminatività dimostrata è stata bassa e il livello di variabilità fra i diversi paesi inaccettabile. Probabilmente ciò è da imputarsi al fatto che, in alcuni paesi, l'argomento non entra a far parte dei curricoli di scienze. Inoltre, l'abilità media degli studenti che sceglievano l'opzione C era quasi uguale a quella di quanti sceglievano l'opzione B, cioè l'alternativa corretta. Per questi motivi il quesito non è stato preso in considerazione per lo studio principale.

Domanda 4.2

Uno di coloro che si oppongono alla ricerca teme che il virus modificato del vaiolo dei topi possa diffondersi fuori dal laboratorio. Questo virus potrebbe causare l'estinzione di alcune specie di topi.

Se alcune specie di topi si estinguessero, si potrebbero verificare le seguenti conseguenze? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle conseguenze proposte.

Se alcune specie di topi si estinguessero, si potrebbe verificare la seguente conseguenza?	Sì o No?
Alcune catene alimentari potrebbero risentirne.	Sì / No
I gatti domestici potrebbero morire per mancanza di cibo.	Sì / No
Le piante i cui semi vengono mangiati dai topi potrebbero aumentare temporaneamente di numero.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 4.2

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre corrette: Sì, No, Sì, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: globale

Per rispondere correttamente alla domanda occorre far riferimento alla conoscenza delle reti trofiche. Allo studente, infatti, non si richiede semplicemente di trarre una conclusione basandosi sui fatti a sua disposizione, ma di prevedere quali effetti avrebbe la rimozione di alcuni elementi da una rete trofica. La classificazione è dunque: "dare una spiegazione scientifica dei fenomeni" – conoscenza dei sistemi viventi.

Nella prova sul campo, il quesito ha dimostrato una discriminatività sufficiente e, in complesso, è risultato di difficoltà media.

Domanda 4.3

Un'azienda sta tentando di creare un virus che renda i topi sterili (ovvero che non sono in grado di avere figli). Un simile virus potrebbe aiutare a tenere sotto controllo il numero dei topi.

Supponi che l'azienda abbia successo. Bisognerebbe che la ricerca rispondesse alle seguenti domande prima di mettere in circolazione il virus?

Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle domande proposte.

Bisognerebbe rispondere a questa domanda prima di mettere in circolazione il virus?	Sì o No?
Qual è il modo migliore di diffondere il virus?	Sì / No
Dopo quanto tempo i topi svilupperanno l'immunità al virus?	Sì / No
Il virus attaccherà altre specie animali?	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 4.3

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette: Sì, Sì, Sì.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni/individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)/l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: sociale

Il quesito ha "funzionato" piuttosto bene nella prova sul campo, mostrando una discriminatività sufficiente. Il suo grado di difficoltà si colloca nella parte più bassa del livello medio.

Esso, tuttavia, non è stato fra quelli scelti per lo studio principale perché rileva tanto una "conoscenza sulla scienza" quanto una "conoscenza della scienza". Per decidere se occorra o meno rispondere alle domande prima di mettere in circolazione il virus, infatti, bisogna possedere una certa conoscenza dei sistemi viventi, mentre serve una certa conoscenza dei metodi della scienza per decidere se sia possibile rispondere alle domande attraverso l'indagine scientifica.

Domanda 4.4

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Saperne di più sulla struttura dei virus.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b) Sapere come mutano i virus.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c) Comprendere meglio come il corpo si difende dai virus.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo di quesito: di atteggiamento

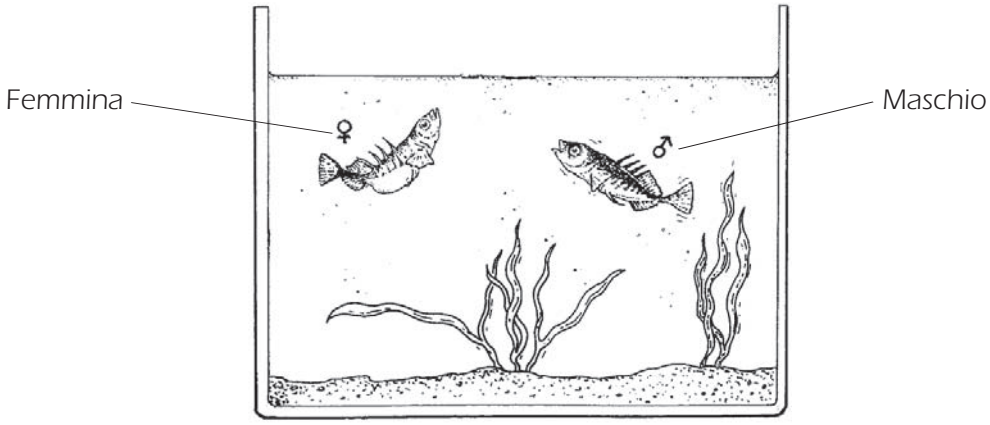
Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

Il quesito tenta di rilevare l'interesse degli studenti per aspetti del contesto legati al comportamento dei virus e al modo in cui le nostre difese immunitarie reagiscono agli attacchi dei virus. Come tutti gli item di atteggiamento, è posto alla fine dell'unità in maniera che gli studenti abbiano familiarizzato con il contesto prima che venga loro chiesto di esprimere un'opinione personale.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutte e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione de "l'interesse". I ragazzi hanno dimostrato maggior interesse a comprendere meglio come il corpo si difenda dai virus (C) piuttosto che per le altre due affermazioni.

Il comportamento dello spinarello

Lo spinarello è un pesce facile da allevare in acquario.

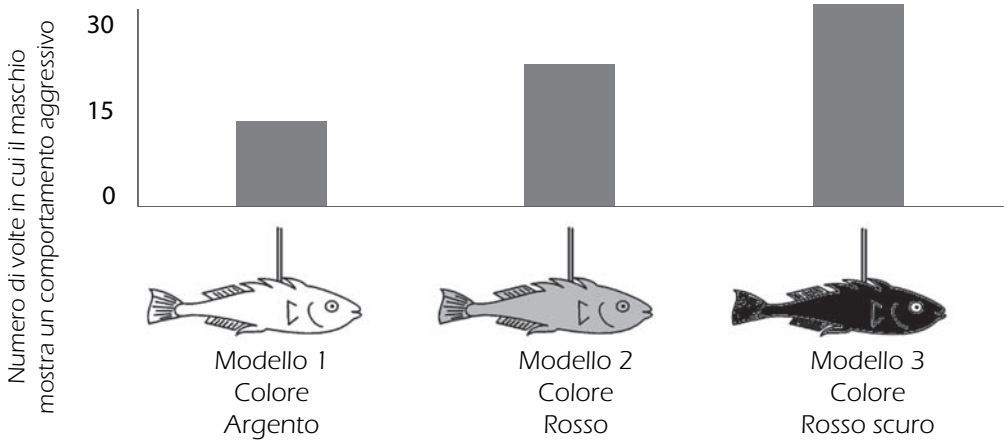


- Durante il periodo della riproduzione, la pancia dello spinarello maschio da argentata diventa rossa.
- Lo spinarello maschio attacca qualunque maschio rivale entri nel suo territorio e cerca di cacciarlo via.
- Se una femmina argentata si avvicina, il maschio tenta di guidarla al suo nido per farle deporre là le uova.

Attraverso un esperimento, uno studente vuole indagare che cosa provoca nello spinarello maschio un comportamento aggressivo.

Uno spinarello maschio è solo nell'acquario. Lo studente ha costruito tre modelli di cera attaccati a del filo di ferro. Egli li appende uno per volta nell'acquario per lo stesso periodo di tempo. Alla fine, lo studente conta il numero di volte in cui lo spinarello maschio ha reagito in modo aggressivo scagliandosi contro la sagoma di cera.

I risultati di questo esperimento sono illustrati qui sotto.



Domanda 5.1

Qual è la domanda alla quale questo esperimento sta cercando di dare risposta?

Indicazioni per la correzione: Domanda 5.1

Punteggio pieno

Codice 1: Quale colore suscita nello spinarello maschio il comportamento più aggressivo?

- Lo spinarello maschio reagisce più aggressivamente davanti ad un modello colorato di rosso o ad uno colorato d'argento?
- Esiste un collegamento fra colore e comportamento aggressivo?
- Il colore del pesce è la causa dell'aggressività del maschio?
- Quale colore appare più minaccioso allo spinarello?

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- Quale colore susciterà un comportamento aggressivo nello spinarello maschio? (manca l'aspetto comparativo)
- È il colore della femmina a determinare il comportamento aggressivo nel maschio? (il primo esperimento non ha nulla a che fare con il genere del pesce)
- A quale modello lo spinarello maschio reagisce più aggressivamente? (occorre un riferimento esplicito al colore del modello)

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Tutte le informazioni rilevanti sull'esperimento sono già fornite, ecco perché la classificazione come "conoscenza sulla scienza". Per quel che riguarda il contesto, invece, ("personale") è coerente con il descrittore "accrescere la propria comprensione del mondo naturale" del quadro di riferimento.

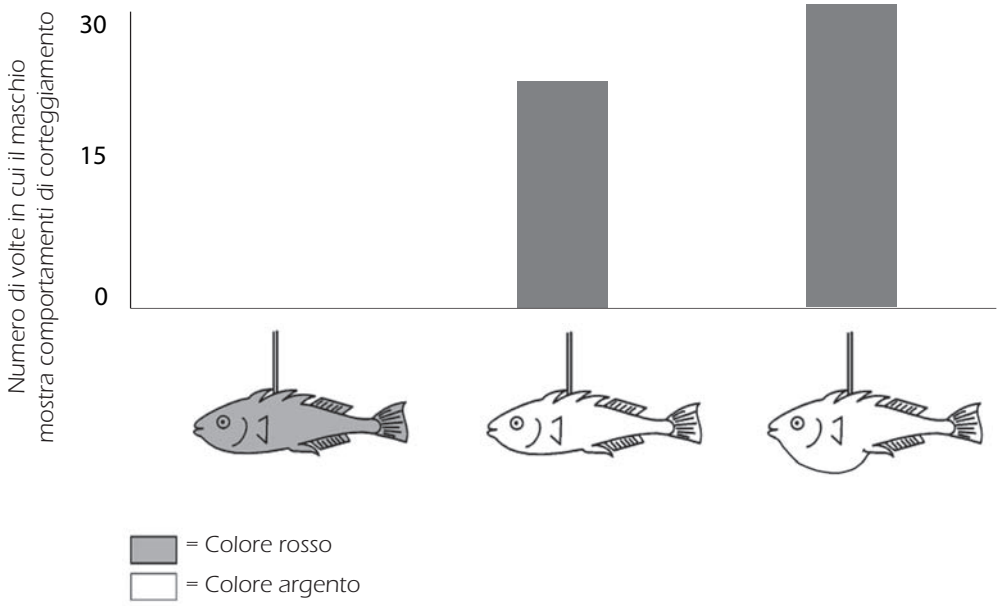
Nella prova sul campo il quesito ha dimostrato una discriminatività sufficiente. Nel complesso, tuttavia, questo item è risultato in genere alquanto difficile e con solo il 25% degli studenti che ha raggiunto il punteggio pieno. Questa unità non è stata utilizzata nello studio principale sia perché l'argomento è stato giudicato avere minore attinenza di altri con la vita quotidiana di un quindicenne, sia a causa dell'eccessivo "carico" di lettura che lo contraddistingue.

Domanda 5.2

Nel periodo della riproduzione, se lo spinarello maschio vede una femmina prova ad attirarla con comportamenti di corteggiamento che assomigliano ad una piccola danza. Attraverso un secondo esperimento, si indaga su questi comportamenti di corteggiamento.

Ancora una volta vengono usati tre modelli di cera attaccati a del filo di ferro. Uno è di colore rosso, due sono di colore argento, uno con la pancia piatta e l'altro con la pancia arrotondata. Lo studente conta il numero di volte (in un dato periodo di tempo) in cui lo spinarello maschio reagisce a ciascun modello mostrando comportamenti di corteggiamento.

I risultati di questo esperimento sono illustrati qui sotto.



Tre studenti traggono una conclusione ciascuno basandosi sui risultati di questo secondo esperimento.

Le loro conclusioni sono corrette in base alle informazioni fornite dal grafico? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle conclusioni proposte.

Questa conclusione è corretta in base alle informazioni riportate nel grafico?	Sì o No?
Il colore rosso provoca comportamenti di corteggiamento da parte dello spinarello maschio.	Sì / No
Uno spinarello femmina con la pancia piatta provoca il maggior numero di reazioni da parte dello spinarello maschio.	Sì / No
Lo spinarello maschio reagisce più spesso ad una femmina con la pancia arrotondata che ad una femmina con la pancia piatta.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 5.2

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre corrette: No, No, Sì in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

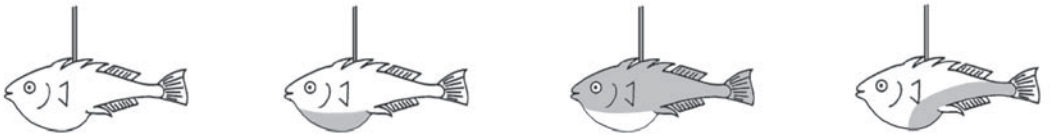
Nell'interpretare i dati presentati in forma grafica lo studente sta in realtà spiegando il significato inerente ai dati stessi e non ha bisogno di ricorrere ad altre informazioni, ecco perché la classificazione come "conoscenza sulla scienza", categoria "spiegazioni di carattere scientifico".

Nella prova sul campo, il quesito si è dimostrato relativamente facile con una capacità di discriminare molto buona. Le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 5.3

Gli esperimenti hanno mostrato che gli spinarelli maschi reagiscono con un comportamento aggressivo a modelli con la pancia rossa e con comportamenti di corteggiamento a modelli con la pancia argentata.

In un terzo esperimento, sono stati usati a turno i quattro modelli che seguono:

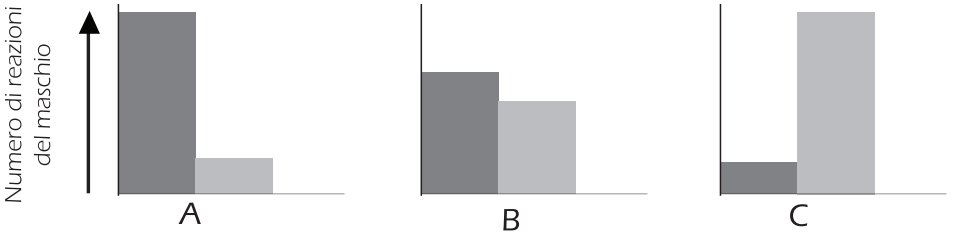


= Colore rosso

= Colore argento

I tre grafici qui sotto mostrano le possibili reazioni di uno spinarello maschio a ciascuno dei modelli qui sopra.

Quale di queste reazioni prevederesti nei confronti di ciascuno dei quattro modelli?



= Numero di comportamenti aggressivi

= Numero di comportamenti di corteggiamento

Abbina a ciascun modello la lettera (A, B o C) corrispondente alla reazione prevista.

	Reazione
Modello 1	
Modello 2	
Modello 3	
Modello 4	

Indicazioni per la correzione: Domanda 5.3

Punteggio pieno

Codice 2: Tutte e quattro corrette: C, A, C, B in quest'ordine.

Punteggio parziale

Codice 1: Tre delle quattro risposte corrette.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta univoca

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Nella prova sul campo, il quesito non ha "funzionato". La sua discriminatività si è dimostrata scarsa in quanto solo un terzo degli studenti ha ricevuto un punteggio, pieno o parziale che fosse. Sfortunatamente, i dati non sono in grado di far luce su quale aspetto in particolare abbia causato le difficoltà maggiori. Le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Vietato fumare

Il tabacco si fuma sotto forma di sigarette, di sigari o con la pipa. Ricerche mostrano che le malattie collegate al fumo uccidono in tutto il mondo circa 13.500 persone ogni giorno. Si prevede che, nel 2020, le malattie collegate al fumo saranno responsabili del 12% delle morti su scala mondiale.

Il fumo del tabacco contiene molte sostanze nocive. Le sostanze più dannose sono il catrame, la nicotina e il monossido di carbonio.

Domanda 6.1

Il fumo di tabacco viene inalato nei polmoni. Il catrame presente nel fumo si deposita nei polmoni e ciò impedisce ai polmoni di funzionare correttamente.

Quale fra le seguenti funzioni è svolta dai polmoni?

A. Pompare il sangue ossigenato a tutte le parti del corpo.
B. Trasferire l'ossigeno dall'aria che si respira al sangue.
C. Purificare il sangue riducendo il contenuto di anidride carbonica a zero.
D. Trasformare le molecole di anidride carbonica in molecole di ossigeno.

Indicazioni per la correzione: Domanda 6.1

Punteggio pieno

Codice 1: B Trasferire l'ossigeno dall'aria che si respira al sangue.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

I rappresentanti di molti paesi si erano mostrati propensi ad utilizzare questa prova nello studio principale. Questo particolare item non tratta direttamente del fumo, quanto piuttosto del funzionamento dei polmoni. Per ricevere punteggio pieno, infatti, gli studenti devono fare correttamente riferimento alle conoscenze che possiedono riguardo al funzionamento dei polmoni. Di qui la classificazione come "conoscenza della scienza", categoria "sistemi viventi".

La prova sul campo ha mostrato che si tratta di un quesito relativamente facile con una discriminatività sufficiente. Le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 6.2

Il fumo aumenta il rischio di ammalarsi di tumore al polmone e di altre malattie.

Il fumo aumenta il rischio di ammalarsi delle seguenti malattie?

Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle malattie proposte.

Fumare aumenta il rischio di ammalarsi di questa malattia?	Sì o No?
Bronchite	Sì / No
HIV/AIDS	Sì / No
Varicella	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 6.2

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre corrette: Sì, No, No in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

Il quesito soddisfa il criterio della rilevanza per i quindicenni. È necessario che gli studenti sappiano che l'HIV/AIDS e che la varicella sono trasmessi da virus, mentre la bronchite è un'affezione polmonare e, in quanto tale, più frequente nei fumatori che nei non fumatori.

Il quesito non si è comportato in modo soddisfacente nella prova sul campo. Sebbene infatti sia risultato generalmente semplice, con un 70% di risposte corrette, il variare della difficoltà fra un paese e l'altro è stato considerevole. In un certo numero di paesi la discriminatività si è dimostrata assai scarsa e le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi

---

Domanda 6.3

Alcune persone usano cerotti alla nicotina come aiuto per smettere di fumare. I cerotti si attaccano sulla pelle e rilasciano nicotina nel sangue. Ciò aiuta a ridurre la voglia e i sintomi dovuti all'astinenza una volta che le persone hanno smesso di fumare.

Per studiare l'efficacia dei cerotti alla nicotina, viene scelto a caso un gruppo di 100 fumatori che vogliono smettere di fumare. Il gruppo dovrà essere studiato per sei mesi. L'efficacia dei cerotti alla nicotina sarà misurata determinando quante persone del gruppo non avranno ripreso a fumare entro la fine dello studio.

Qual è il migliore disegno sperimentale fra quelli che seguono?

A. Tutte le persone del gruppo portano il cerotto.

B. Tutti portano il cerotto tranne una persona che cerca di smettere di fumare senza il cerotto.

C. Le persone scelgono se portare o no il cerotto come aiuto per smettere di fumare.

D. Una metà del gruppo, scelta a caso, porta il cerotto e l'altra metà non lo porta.

Indicazioni per la correzione: Domanda 6.3

Punteggio pieno

Codice 1: D Una metà del gruppo, scelta a caso, porta il cerotto e l'altra metà non lo porta.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale/sociale

Si può discutere se il quesito riguardi il fatto di mantenersi in salute (per cui la classificazione in base alla situazione sarebbe "personale") oppure la salute della comunità (situazione "sociale").

Per rispondere correttamente al quesito occorre comprendere la funzione di un gruppo di controllo nell'ambito di un disegno sperimentale. La prova sul campo ha dimostrato che si tratta di un quesito di media difficoltà ma con un buon livello di discriminatività. Il distrattore B è risultato piuttosto debole rispetto agli altri due. Le femmine hanno risposto correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 6.4

Per convincere la gente a smettere di fumare si usano vari metodi.

I seguenti metodi di affrontare il problema sono basati sulla tecnologia?

Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuno dei metodi proposti.

Questo metodo per ridurre il fumo è basato sulla tecnologia?	Sì o No?
Aumentare il prezzo delle sigarette.	Sì / No
Produrre cerotti alla nicotina per aiutare le persone a disabituarsi alle sigarette.	Sì / No
Vietare il fumo nei locali pubblici.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 6.4

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre corrette: No, Sì, No, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: sistemi tecnologici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: sociale

Il quesito è stato costruito per rilevare la capacità degli studenti di comprendere che cosa la tecnologia comporti. Le diverse opzioni mostrano un approccio rispettivamente economico, tecnologico/chimico e legislativo al problema di creare un deterrente al fumo. Nel Quadro di riferimento, la conoscenza del ruolo della tecnologia fondata sulla scienza è classificata come "conoscenza sulla scienza", categoria "sistemi tecnologici".

Il quesito si è comportato bene nella prova sul campo. L'analisi dei dati ha dimostrato che si tratta di un quesito di media difficoltà con una buona capacità discriminativa.

Domanda 6.5

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?
Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Sapere come il catrame presente nel tabacco riduce la funzionalità dei polmoni.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Capire perché la nicotina dà assuefazione.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Imparare come il corpo si riprende una volta smesso di fumare.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

L'analisi fattoriale esplorativa ha dimostrato che il primo enunciato saturava sulla dimensione dell'"interesse per la scienza", ma che ancor più saturava su una dimensione che si ritiene rappresenti l'interesse/il timore per la salute e la sicurezza. Per quel che riguarda le altre due affermazioni, i risultati ottenuti nei diversi paesi non erano coerenti. Pertanto, se anche la prova nel suo insieme fosse stata somministrata nello studio principale, questo particolare quesito sarebbe stato omesso.

UNITÀ 7

la luce delle stelle

A Tiziano piace guardare le stelle. Tuttavia, non riesce ad osservare molto bene le stelle di notte perché vive in una grande città.

L'anno scorso Tiziano è andato in campagna da dove ha osservato un gran numero di stelle che non riusciva a vedere quando era in città.

Domanda 7.1

Perché si possono osservare molte più stelle in campagna che non in città?

A. La luna è più luminosa in città e fa da schermo alla luce di molte stelle.
B. C'è più polvere che riflette la luce nell'aria di campagna che nell'aria di città.
C. L'intensità delle luci della città rende molte stelle difficili da vedere.
D. L'aria delle città è più calda a causa del calore emesso dalle macchine, dalle industrie e dagli edifici.

Indicazioni per la correzione: Domanda 7.1

Punteggio pieno

Codice 1: C L'intensità delle luci della città rende molte stelle difficili da vedere.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della Terra e dell'Universo (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: ambiente

Situazione: sociale

Per rispondere correttamente a questo quesito, occorre che gli studenti conoscano l'effetto che la luce estranea ha sulla loro capacità di distinguere tale luce da quella emessa dalle stelle. La classificazione, di conseguenza, è "dare una spiegazione scientifica dei fenomeni", categoria "sistemi della Terra e dell'Universo".

Il quesito ha "funzionato" molto bene nella prova sul campo dimostrando sufficiente discriminatività e senza che si rilevasse un effetto di fattori culturali o legati al genere. Circa il 65% degli studenti ha risposto correttamente.

Domanda 7.2

Tiziano usa un telescopio con una lente di grande diametro per osservare le stelle che hanno debole intensità luminosa.

Perché usare un telescopio con una lente di grande diametro permette di osservare le stelle che hanno debole intensità luminosa?

A. Più grande è la lente e più luce raccoglie.
B. Più grande è la lente e più ingrandisce.
C. Lenti più grandi permettono di vedere una porzione più grande del cielo.
D. Lenti più grandi riescono a cogliere i colori scuri nelle stelle.

Indicazioni per la correzione: Domanda 7.2

Punteggio pieno

Codice 1: A Più grande è la lente e più luce raccoglie.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: ambiente

Situazione: sociale

I rappresentanti dei paesi partecipanti avevano espresso un parere meno favorevole sulla possibilità di utilizzare questo item nello studio principale rispetto ad altri quesiti. Nella prova sul campo, l'item è risultato mediamente difficile e abbastanza discriminativo. Sorprendentemente, il distrattore D (scelto dal 45% degli studenti) è risultato molto più appetibile della risposta corretta A (scelta approssimativamente dal 30% degli studenti). I maschi hanno risposto correttamente a questo quesito con maggiore facilità rispetto alle femmine.

UNITÀ 8

Ultrasuoni

In molti paesi, si possono avere immagini del feto (bambino che si sta sviluppando nella pancia della madre) grazie ad una tecnica di riproduzione dell'immagine basata su ultrasuoni (ecografia). Si ritiene che gli ultrasuoni non presentino rischi, né per la madre né per il feto.

Il dottore tiene in mano una sonda e la muove sull'addome della madre.

Le onde ultrasonore sono trasmesse nell'addome, dove vengono riflesse dalla superficie del feto. Queste onde riflesse vengono captate nuovamente dalla sonda e inviate ad un apparecchio in grado di produrre immagini.

Domanda 8.1

Per formare un'immagine, l'apparecchio ad ultrasuoni deve calcolare la distanza fra il feto e la sonda.

Le onde ultrasonore si muovono attraverso l'addome ad una velocità di 1540 m/s. Quale misurazione deve effettuare l'apparecchio per riuscire a calcolare la distanza?

Indicazioni per la correzione: Domanda 8.1

Punteggio pieno

Codice 1: Deve misurare il tempo che occorre all'onda ultrasonora per andare dalla sonda fino alla superficie del feto ed esserne riflessa.

- Il tempo di spostamento dell'onda.
- Il tempo.
- Tempo. Distanza = velocità/tempo (sebbene la formula non sia corretta, lo studente ha correttamente identificato il tempo come la variabile mancante).
- Deve trovare quando gli ultrasuoni trovano il bambino.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- La distanza.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Il contesto di questa prova è particolarmente rilevante per le vite dei cittadini e delle ragazze in particolare. Il primo quesito, tuttavia, è diverso dagli altri due della stessa unità poiché ha a che fare con la scienza che sta dietro la tecnologia, piuttosto che con gli effetti o la funzione della tecnologia stessa. I maschi hanno risposto correttamente a questo quesito con una maggiore facilità rispetto alle femmine.

Solo il 20% circa degli studenti hanno riposto correttamente al quesito nella prova sul campo, e tuttavia esso ha dimostrato una discriminatività molto buona.

Domanda 8.2

L'immagine di un feto si può ottenere anche con i raggi X (radiografia). Tuttavia, si consiglia alle donne di evitare di fare radiografie all'addome durante la gravidanza.

Perché le donne dovrebbero evitare di fare radiografie all'addome durante la gravidanza?

Indicazioni per la correzione: Domanda 8.2

Punteggio pieno

Codice 1: I raggi X sono nocivi per il feto.

- I raggi X danneggiano il feto.
- I raggi X possono provocare una mutazione del feto.
- I raggi X possono provocare difetti al feto.
- Perché il bambino potrebbe ricevere delle radiazioni.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- I raggi X non danno un'immagine chiara del feto.
- I raggi x emettono radiazioni.
- Il bambino può sviluppare la sindrome di Down.
- Le radiazioni fanno male (non è sufficiente, occorre che I potenziali danni al feto (o al bambino) siano menzionati esplicitamente).
- Potrebbero renderle più difficile avere un altro figlio (questa è una ragione per evitare di esporsi eccessivamente ai raggi x in generale).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

I risultati della prova sul campo dimostrano che si tratta di un quesito facile (circa il 75% di risposte corrette) con una adeguata discriminatività e senza evidenti problemi transnazionali. Come era facile aspettarsi, le femmine rispondono correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 8.3

Le ecografie effettuate su donne in gravidanza possono fornire una risposta alle seguenti domande? Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna delle domande proposte.

Un'ecografia può rispondere a questa domanda?	Sì o No?
C'è più di un bambino?	Sì / No
Qual è il colore degli occhi del bambino?	Sì / No
Il bambino ha dimensioni più o meno normali?	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 8.3

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette. Sì, No, Sì in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

Circa il 70% degli studenti ha risposto correttamente al quesito che, dunque, può essere considerato piuttosto facile. Le femmine rispondono correttamente in misura decisamente maggiore rispetto ai maschi.

È possibile rispondere alla domanda facendo riferimento alla conoscenza della natura degli ultrasuoni e di che cosa siano in grado di rilevare, di qui la classificazione nella categoria "sistemi chimici e fisici". D'altra parte, è possibile rispondere al quesito anche basandosi sulla propria familiarità con la tecnica ecografica, il che rende l'item più facile per alcuni. È per tale motivo che si è deciso di escludere questa unità dallo studio principale.

Domanda 8.4

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?
Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Comprendere come fanno gli ultrasuoni a penetrare nel corpo senza danneggiarlo.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Imparare quali sono le differenze fra raggi X e ultrasuoni.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Conoscere altri usi medici degli ultrasuoni.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano sulla dimensione de "l'interesse per lo studio delle scienze", ma anche che ciascuna affermazione saturava di più su una dimensione che si ritiene rappresenti l'interesse/il timore per la salute e l'incolumità. Il fatto che ciò sia vero per l'affermazione B, così come per la A e la C, anche se questa non tratta direttamente di salute o di incolumità, è probabilmente dovuto a un contesto fortemente connotato da questioni legate alla salute.

Lucidalabbra

Nella tabella qui sotto sono riportate due ricette di cosmetici che puoi fare da te.

Il rossetto è più duro del lucidalabbra, che è morbido e cremoso.

Lucidalabbra	**Rossetto**
Ingredienti:	**Ingredienti:**
5 g olio di ricino	5 g olio di ricino
0.2 g cera d'api	1 g cera d'api
0.2 g cera di palma	1 g cera di palma
1 cucchiaino di colorante	1 cucchiaino di colorante
1 goccia di aroma per alimenti	1 goccia di aroma per alimenti
Istruzioni:	**Istruzioni:**
Scalda l'olio e le cere a bagnomaria fino ad ottenere un composto omogeneo. Poi aggiungi il colorante e l'aroma e mescola.	Scalda l'olio e le cere a bagnomaria fino ad ottenere un composto omogeneo. Poi aggiungi il colorante e l'aroma e mescola.

Domanda 9.1

Nella preparazione di questo lucidalabbra e di questo rossetto, l'olio e le cere vengono mescolati insieme. In seguito vengono aggiunti il colorante e l'aroma.

Il rossetto che si ottiene con questa ricetta è duro e dunque difficile da usare. Come cambieresti le proporzioni fra gli ingredienti per ottenere un rossetto più morbido?

Indicazioni per la correzione: Domanda 9.1

Punteggio pieno

Codice 1: Risposte che indichino l'aggiunta alla mistura di meno cera E/O di più olio.

- Si potrebbe usare un po' meno cera d'api e di palma.
- Aggiungere più olio di ricino.
- Mettere dentro 7g di olio.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- Scaldare la mistura per più tempo la rende più morbida.
- Non scaldare così tanto le cere (la domanda parla di modificare le proporzioni fra gli ingredienti).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza edella tecnologia

Situazione: personale

La cosmetica è un contesto che ha una sua rilevanza nella vita quotidiana di questa fascia d'età, anche se viene naturale pensare che questa prova susciti un interesse maggiore fra le femmine di quanto non faccia fra i maschi.

È possibile rispondere al quesito confrontando le quantità degli ingredienti nelle due ricette per giungere alla conclusione che una delle due produce una sostanza più fluida dell'altra. Il quesito, di conseguenza, è stato classificato come "conoscenza sulla scienza", categoria "spiegazioni di carattere scientifico". E tuttavia, poiché conoscere le proprietà degli ingredienti principali – olio e cera – aiuta a rispondere, sarebbe anche possibile una classificazione come "conoscenza della scienza", categoria: "sistemi chimici e fisici", competenza: "dare una spiegazione scientifica dei fenomeni".

Nella prova sul campo, circa il 65% degli studenti ha risposto correttamente e il quesito ha dimostrato di possedere una buona discriminatività. Le femmine rispondono correttamente in misura assai maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 9.2

Gli olii e le cere sono sostanze che si mescolano bene l'una con l'altra. L'acqua non si mescola con l'olio e le cere non sono solubili in acqua.

Che cosa è più probabile che accada se si versa una grande quantità d'acqua nella mistura per fare il rossetto mentre si sta scaldando?

A. Si ottiene una mistura più morbida e cremosa.
B. La mistura diventa più densa.
C La mistura rimane quasi uguale.
D. Grumi di mistura grassa galleggiano sull'acqua.

Indicazioni per la correzione: Domanda 9.2

Punteggio pieno

Codice 1: D. Grumi di mistura grassa galleggiano sull'acqua.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Questo item ha una minore rilevanza rispetto al quotidiano di altri in questa stessa unità. Gli studenti devono ragionare a partire dalle informazioni contenute nello stimolo e scegliere, fra le varie previsioni proposte, la più adeguata. Di conseguenza, il quesito è stato classificato come "conoscenza sulla scienza", competenza: "spiegazioni di carattere scientifico".

Circa il 70% degli studenti ha risposto correttamente. Come nel caso del quesito 9.1, le femmine rispondono correttamente in misura assai maggiore rispetto ai maschi.

Domanda 9.3

Se si aggiungono delle sostanze dette emulsionanti, queste consentono all'olio e alla cera di mescolarsi per bene con l'acqua.

Perché il rossetto si toglie con acqua e sapone ?

A. L'acqua contiene un emulsionante che consente al sapone di mescolarsi con il rossetto.
B. Il sapone agisce come un emulsionante e consente all'acqua di mescolarsi con il rossetto.
C. Gli emulsionanti presenti nel rossetto consentono all'acqua e al sapone di mescolarsi.
D. Il sapone e il rossetto si combinano per formare un emulsionante che si mescola con l'acqua.

Indicazioni per la correzione: Domanda 9.3

Punteggio pieno

Codice 1: B Il sapone agisce come un emulsionante e consente all'acqua di mescolarsi con il rossetto.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

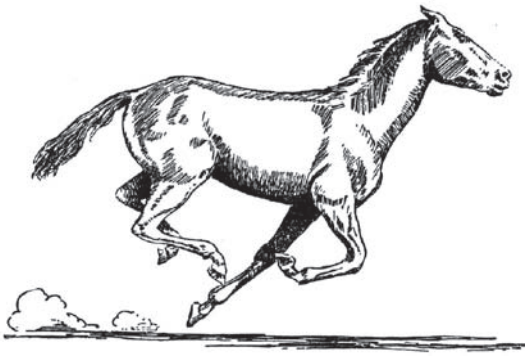
Situazione: personale

Diversamente da quello che è accaduto con gli altri quesiti di questa stessa prova, in questo item non si è riscontrata una differenza sensibile fra le prestazioni dei maschi e quelle delle femmine. Come per il precedente quesito, si tratta qui di selezionare, fra quattro alternative, una spiegazione che combaci con le informazioni fornite dallo stimolo e la classificazione in termini di conoscenza e di competenza è dunque la medesima.

Il quesito ha "funzionato" bene nella prova sul campo dimostrando una discriminatività sufficiente e una difficoltà media.

L'evoluzione

Oggi, la maggior parte dei cavalli ha una forma aerodinamica e può correre velocemente.



Alcuni scienziati hanno rinvenuto scheletri fossili di animali che sono simili ai cavalli. Li considerano come gli antenati del cavallo attuale. Gli scienziati sono riusciti anche a determinare in quale periodo queste specie fossili siano vissute.

La seguente tabella fornisce informazioni su tre di questi fossili e sul cavallo attuale.

NOME DELL'ANIMALE	HYRACOTHERIUM	MESOHIPPUS	MERICHIPPUS	EQUUS (cavalllo attuale)
Periodo in cui sono esistiti	55 - 50 milioni di anni fa	39 - 31 milioni di anni fa	19 - 11 milioni di anni fa	2 milioni di anni fa oggi
Scheletro della zampa (stessa scala)				

Domanda 10.1

Quali informazioni contenute nella tabella indicano che il cavallo attuale si è evoluto nel corso del tempo a partire dagli altri tre animali?

Indicazioni per la correzione: Domanda 10.1

Punteggio pieno

Codice 2: Risposte che implicano l'idea di una trasformazione graduale (progressione) dello scheletro della zampa.

- Gli scheletri delle zampe sono molto simili ma sono cambiati gradualmente.
- Le dita si sono fuse durante il periodo compreso fra i 55 e i 2 milioni di anni fa.
- Il numero delle dita è diminuito.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- La zampa è cambiata (non sufficientemente specifico).
- Si chiamano Hippus.
- Mutazioni genetiche hanno provocato le trasformazioni (corretto ma non risponde alla domanda).
- Le ossa della zampa sono simili (bisognerebbe fare riferimento esplicitamente o implicitamente alla gradualità del cambiamento).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza edella tecnologia

Situazione: globale

Sebbene le conoscenze rilevate in questa unità possano lasciare a desiderare quanto a rilevanza per la vita quotidiana, esse hanno a che fare con uno dei "grandi temi" della scienza e la prova sarebbe senz'altro stata utilizzata nello studio principale se i quesiti avessero "funzionato" in modo sodisfacente nella prova sul campo.

Il quesito prevede una analisi comparativa dei dati contenuti nella tabella allo scopo di fornire una spiegazione scientifica. Di qui la classificazione come "conoscenza sulla scienza", categoria: "spiegazioni di carattere scientifico". La versione riportata sopra è frutto di una revisione a posteriori dovuta alla difficoltà di giungere a una codifica affidabile riscontrata nella prova sul campo.

Domanda 10.2

Quali ulteriori ricerche possono svolgere gli scienziati per scoprire in che modo il cavallo si è evoluto nel corso del tempo?

Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna delle ricerche proposte.

Questa ricerca può aiutare a scoprire in che modo il cavallo si è evoluto nel corso del tempo?	Sì o No
Paragonare il numero di cavalli che hanno vissuto nei diversi periodi.	Sì / No
Cercare scheletri appartenenti agli antenati del cavallo vissuti fra i 50 e i 40 milioni di anni fa.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 10.2

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e due le risposte corrette. No, Sì, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: globale

Il quesito chiede quali ulteriori prove si dovrebbero cercare per dare risposta a una determinata domanda scientifica. In questo senso, occorre avere un minimo di familiarità con il concetto di evoluzione o di selezione naturale (ovvero conoscenza della scienza). D'altro canto, tuttavia, ciò che viene richiesto principalmente è di saper riconoscere se la ricerca cui ci si riferisce sia o no fattibile. L'item è stato pertanto classificato come "conoscenza sulla scienza", categoria "l'indagine scientifica".

Il quesito ha "funzionato" assai bene nella prova sul campo, dimostrando una discriminatività sufficiente, una difficoltà media e nessuna influenza significativa di fattori culturali o legati al genere.

Domanda 10.3

Quale fra le seguenti affermazioni è quella che si adatta meglio alla teoria scientifica dell'evoluzione?

A. Non si può credere a questa teoria perché non è possibile vedere le specie evolversi.

B. La teoria dell'evoluzione è possibile per gli animali ma non si può applicare agli esseri umani.

C. L'evoluzione è una teoria scientifica che si fonda attualmente su numerosi elementi di prova.

D. L'evoluzione è una teoria che è stata provata essere vera attraverso esperimenti scientifici.

Indicazioni per la correzione: Domanda 10.3

Punteggio pieno

Codice 1: C L'evoluzione è una teoria scientifica che si fonda attualmente su numerosi elementi di prova.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: globale

Nella prova sul campo, riguardo a questo specifico quesito, sono emersi alcuni problemi. Il distrattore D ha ricevuto quasi altrettanti consensi della risposta corretta (C). Vi sono state, inoltre, grandi differenze nei risultati dei diversi paesi, in alcuni dei quali la discriminatività del quesito è stata scarsissima. Nella versione riportata sopra la formulazione dell'alternativa C risulta leggermente modificata.

Domanda 10.4

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?
Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Sapere come si fa ad identificare i fossili.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Imparare di più sullo sviluppo della teoria dell'evoluzione.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Comprendere meglio l'evoluzione dell'attuale cavallo.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

Questo item è stato costruito per rilevare l'interesse degli studenti per lo studio scientifico dell'evoluzione. Il quesito, come tutti gli item di atteggiamento, è collocato alla fine dell'unità, in maniera tale che gli studenti siano già entrati nell'argomento quando viene chiesta loro un'opinione.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutte e tre gli enunciati saturavano in modo significativo sulla dimensione de "l'interesse". L'ultima affermazione ha destato assai meno interesse delle altre due.

La pasta di pane

Per fare la pasta di pane, un cuoco mescola farina, acqua, sale e lievito. Una volta fatto l'impasto, la pasta viene messa a riposare in un recipiente per parecchie ore perché si produca il processo di fermentazione. Durante la fermentazione, nella pasta avviene una reazione chimica: il lievito (un fungo unicellulare) trasforma l'amido e gli zuccheri della farina in diossido di carbonio (anidride carbonica) e in alcool.

Domanda 11.1

La fermentazione fa lievitare la pasta. Perché la pasta lievita?

A. La pasta lievita perché si produce alcool che si trasforma in gas.
B. La pasta lievita perché funghi unicellulari si riproducono al suo interno.
C. La pasta lievita perché si produce un gas, il diossido di carbonio.
D. La pasta lievita perché la fermentazione trasforma l'acqua in vapore.

Indicazioni per la correzione: Domanda 11.1

Punteggio pieno

Codice 1: C La pasta lievita perché si produce un gas, il diossido di carbonio.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

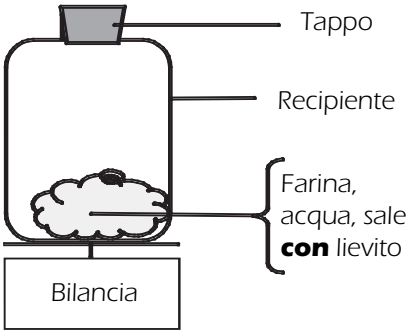
La prova sul campo ha dimostrato che il quesito ha una adeguata discriminatività e che è di difficoltà media. In alcuni paesi, tuttavia, l'abilità media degli studenti che sceglievano l'opzione A era molto vicina a quella degli studenti che sceglievano l'opzione corretta, cioè la C.

Domanda 11.2

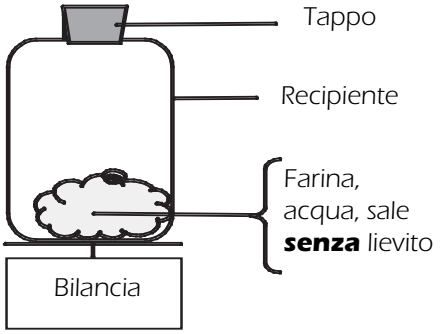
Qualche ora dopo aver impastato la pasta, il cuoco la pesa e osserva che la sua massa è diminuita.

La massa della pasta è la stessa all'inizio di ognuno dei quattro esperimenti presentati qui sotto. Quali sono i due esperimenti che il cuoco dovrebbe mettere a confronto per verificare se è il lievito la causa della perdita di massa?

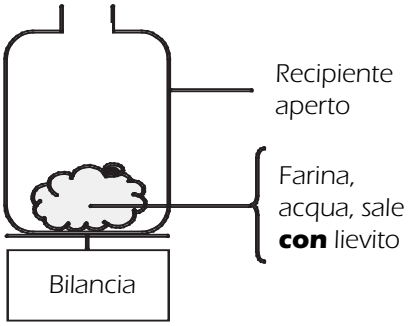
A. Il cuoco dovrebbe mettere a confronto gli esperimenti 1 e 2.
B. Il cuoco dovrebbe mettere a confronto gli esperimenti 1 e 3.
C. Il cuoco dovrebbe mettere a confronto gli esperimenti 2 e 4.
D. Il cuoco dovrebbe mettere a confronto gli esperimenti 3 e 4.



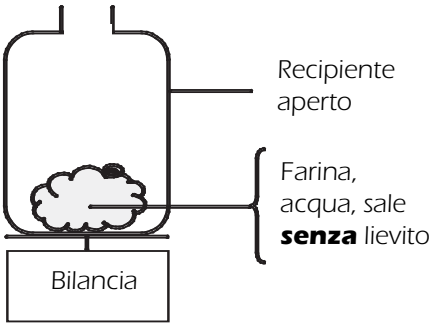
Esperimento 1



Esperimento 2



Esperimento 3



Esperimento 4

Indicazioni per la correzione: Domanda 11.2

Punteggio pieno

Codice 1: D Il cuoco dovrebbe mettere a confronto gli esperimenti 3 e 4.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Per selezionare la risposta corretta, gli studenti debbono identificare la variabile da modificare (presenza/assenza di lievito) e le variabili che occorre tenere sotto controllo (gli altri ingredienti). Gli studenti devono anche rendersi conto che la presenza del tappo impedirebbe la fuoriuscita del gas creando così una situazione differente da quella che s'intende simulare. Il quesito, dunque, è stato classificato come "conoscenza sulla scienza", categoria "l'indagine scientifica". Dal punto di vista della competenza, poi, è stato categorizzato come "individuare questioni di carattere scientifico".

Nella prova sul campo, solo un quarto circa degli studenti ha dato la risposta corretta e la capacità discriminativa dimostrata dal quesito è stata scarsa.

Domanda 11.3

Nella pasta, il lievito trasforma l'amido e gli zuccheri della farina attraverso una reazione chimica durante la quale si formano il diossido di carbonio e l'alcool.

Da dove provengono gli atomi di carbonio presenti nel diossido di carbonio e nell'alcool? Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna delle possibili spiegazioni proposte.

Questa spiegazione sulla provenienza degli atomi di carbonio è corretta?	Sì o No?
Alcuni atomi di carbonio provengono dagli zuccheri.	Sì/No
Alcuni atomi di carbonio fanno parte delle molecole del sale.	Sì/No
Alcuni atomi di carbonio provengono dall'acqua.	Sì/No

Indicazioni per la correzione: Domanda 11.3

Punteggio completo

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette. Sì, No, No in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

Una delle spiegazioni proposte è stata eliminata a seguito della prova sul campo. Gli studenti rispondevano male alla spiegazione eliminata che, oltretutto, influiva negativamente sulla discriminatività del quesito. Si può già dire che il quesito rivisto, pur risultando ancora un po' difficile, ha una adeguata capacità discriminativa.

Per rispondere correttamente, gli studenti devono far ricorso alle proprie conoscenze sulle componenti atomiche degli zuccheri, del sali e dell'acqua. Si tratta dunque di conoscenza della scienza (fisica).

Domanda 11.4

Quando la pasta di pane lievitata è messa in forno per essere cotta, le sacche di gas e di vapore all'interno della pasta si dilatano.

Perché i gas e i vapori si dilatano quando vengono riscaldati?

A. Le loro molecole diventano più grandi.
B. Le loro molecole si muovono più velocemente.
C. Le loro molecole aumentano di numero.
D. Le loro molecole si scontrano con minore frequenza.

Indicazioni per la correzione: Domanda 11.4

Punteggio pieno

Codice 1: B Le loro molecole si muovono più velocemente.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

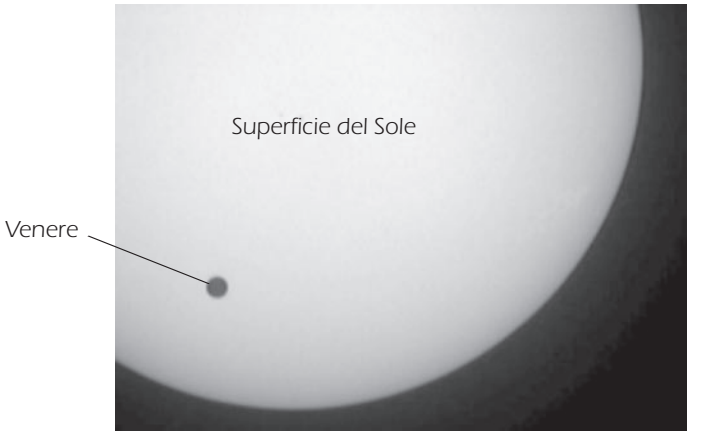
Il quesito rileva la capacità degli studenti di comprendere il modello a particelle della materia. I distrattori A e C rappresentano misconcezioni diffuse e sono stati scelti rispettivamente dal 25% e dal 20% degli studenti. Circa il 45% degli studenti ha invece risposto correttamente al quesito.

Nella prova sul campo, il quesito ha dimostrato, nel complesso, una buona capacità discriminativa e una difficoltà media. Tuttavia, le differenze di difficoltà fra un paese e l'altro sono state piuttosto marcate, tanto da diminuire la possibilità del quesito di entrare a far parte dello studio principale.

Il transito di Venere

L'8 giugno 2004, da molti luoghi della Terra, è stato possibile osservare il passaggio del pianeta Venere davanti al Sole. Questo passaggio è detto «transito» di Venere e accade quando l'orbita di Venere porta questo pianeta fra il Sole e la Terra. Il precedente transito di Venere si è verificato nel 1882 e il prossimo è previsto per il 2012.

Qui sotto si trova una foto del transito di Venere del 2004. È stato puntato un telescopio verso il Sole e l'immagine è stata proiettata su cartoncino bianco.



Domanda 12.1

Perché il transito è stato osservato proiettando l'immagine su un cartoncino bianco, invece che guardando direttamente nel telescopio?

A. La luce del Sole era troppo intensa perché Venere fosse visibile.
B. Il Sole è abbastanza grande da essere visto senza ingrandimento.
C. Guardare il Sole attraverso un telescopio potrebbe danneggiare gli occhi.
D. Era necessario rimpicciolire l'immagine proiettandola su un foglio.

Indicazioni per la correzione: Domanda 12.1

Punteggio pieno

Codice 1: C Guardare il Sole attraverso un telescopio potrebbe danneggiare gli occhi.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale

Il contesto di questa prova è il sistema solare e, di conseguenza, viene naturale pensare che l'area della conoscenza sia "sistemi della Terra e dell'Universo". Il quesito, tuttavia, riguarda la consapevolezza da parte degli studenti che una luce solare molto intensa possa danneggiare la vista ed è stato classificato quindi nella categoria della conoscenza dei "sistemi viventi".

Questa prova è stata scarsamente considerata in vista dell'utilizzo nello studio principale sia perché si aveva l'impressione che, con il passare del tempo, avrebbe perso d'interesse e di rilevanza, sia perché, nel complesso, non ha dato buoni risultati nella prova sul campo.

Il quesito ha dimostrato di possedere una discriminatività che si colloca vicino alla soglia minima dell'accettabilità e una difficoltà media. I maschi rispondono correttamente in misura maggiore rispetto alle femmine. In alcuni paesi, inoltre, l'abilità media degli studenti che sceglievano il distrattore A era quasi uguale a quella di coloro che sceglievano la risposta corretta (C).

Domanda 12.2

Visto dalla Terra, quale dei seguenti pianeti, in determinati momenti, può essere osservato nel suo transito davanti al Sole?

A. Mercurio.

B. Marte.

C. Giove.

D. Saturno.

Indicazioni per la correzione: Domanda 12.2

Punteggio pieno

Codice 1: A Mercurio.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della Terra e dell'Universo (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale/globale

La classificazione di questo item in termini di contesto rappresenta un dilemma. Il quesito ha a che fare con la "struttura dell'universo" ma difficilmente si riesce a far rientrare le conoscenze che richiede nella definizione che è stata data per la situazione "globale" della categoria "le frontiere della scienza e della tecnologia". L'alternativa è quella di considerare il quesito più mirato alla "comprensione del mondo naturale" così da poterlo classificare come "personale" (come gli altri in questa unità). La classificazione dei quesiti in termini di situazione e di campo di applicazione è spesso problematica e vale la pena ricordare che tali classificazioni non hanno altro scopo se non quello di garantire che nel test venga rappresentata una varietà di contesti la più ampia possibile.

Per rispondere correttamente al quesito, occorre che gli studenti riconoscano che dalla Terra è possibile osservare soltanto i transiti dei pianeti che si trovano fra la Terra e il Sole e che conoscano il raggio dell'orbita della Terra in relazione agli altri pianeti.

Nella prova sul campo, il quesito ha dimostrato di essere complessivamente difficile, con grandi oscillazioni fra un paese e l'altro. I maschi rispondono correttamente in misura maggiore rispetto alle femmine. La discriminatività è stata vicino alla soglia minima dell'accettabilità.

Domanda 12.3

Nell'affermazione seguente, sono state sottolineate molte parole.

Gli astronomi prevedono che un transito di Saturno davanti al Sole sarà visibile da Nettuno prossimamente nel corso di questo secolo.

Quali fra le parole sottolineate sono le tre più utili per scoprire quando avverrà questo transito attraverso una ricerca su Internet o in una biblioteca?

Indicazioni per la correzione: Domanda 12.3

Punteggio pieno

Codice 1: Risposte che fanno riferimento soltanto a «Transito/Saturno/Nettuno».

Saturno/Nettuno/Transito.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte, ad esempio quelle che comprendono 4 parole.

Transito/Saturno/Sole/Nettuno.

Astronomi/Transito/Saturno/Nettuno/.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta univoca

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: frontiere della scienza e della tecnologia

Situazione: personale

"Individuare le parole chiave che occorrono per cercare informazioni scientifiche" è una delle componenti della competenza "individuare questioni di carattere scientifico" così come definita nel Quadro di Riferimento.

Nella prova sul campo, il quesito non ha "funzionato". L'item si è dimostrato molto difficile, tanto che solo il 13% degli studenti ha ricevuto punteggio pieno. Vi sono state difficoltà nel tradurre fedelmente l'enunciato-chiave in alcune lingue e ciò potrebbe aver creato difficoltà aggiuntive ad alcuni paesi. E tuttavia, la percentuale media di risposte corrette è stata del 13% anche nei paesi di lingua inglese.

UNITÀ 13

Salute a rischio?

Immagina di abitare vicino ad una grande fabbrica che produce fertilizzanti chimici per uso agricolo. Negli ultimi anni si sono verificati parecchi casi di difficoltà respiratoria cronica fra gli abitanti di questa zona. Molti di loro pensano che questi sintomi siano provocati dai fumi tossici emessi dalla vicina fabbrica di fertilizzanti chimici.

È stata organizzata una assemblea pubblica per discutere dei potenziali pericoli creati dalla fabbrica di prodotti chimici alla salute degli abitanti del luogo. Alcuni scienziati, durante l'assemblea, hanno rilasciato le seguenti dichiarazioni:

Dichiarazione degli scienziati che lavorano per l'azienda chimica

«Abbiamo effettuato uno studio sulla tossicità del suolo in questa zona. Non abbiamo trovato traccia di prodotti chimici tossici nei campioni prelevati».

Dichiarazione degli scienziati che lavorano per i cittadini della comunità locale preoccupati per la situazione

«Abbiamo rilevato il numero di casi di difficoltà respiratorie croniche in questa zona e l'abbiamo confrontato con quello in zone lontane dalla fabbrica di prodotti chimici. Il numero di casi è più elevato nella zona vicina alla fabbrica di prodotti chimici».

Domanda 13.1

Il proprietario della fabbrica di prodotti chimici si è servito della dichiarazione rilasciata dagli scienziati che lavorano per l'azienda per affermare che «i fumi di scarico della fabbrica non creano rischi per la salute degli abitanti del luogo».

Fornisci un motivo per dubitare che la dichiarazione degli scienziati che lavorano per l'azienda confermi l'affermazione del proprietario.

Indicazioni per la correzione: Domanda 13.1

Punteggio pieno

Codice 1: Viene fornita una ragione appropriata per dubitare del fatto che la dichiarazione degli scienziati confermi l'affermazione del proprietario.

- La sostanza che provoca le difficoltà respiratorie potrebbe non essere stata identificata come tossica.
- Le difficoltà respiratorie potrebbero essere provocate solo dalla presenza dei prodotti chimici nell'aria e non dalla loro presenza nel suolo.
- Le sostanze tossiche potrebbero cambiare/decomporsi col tempo e presentarsi nel suolo come sostanze non tossiche.
- Non si sa se i campioni siano rappresentativi della zona.
- Perché gli scienziati sono pagati dall'azienda.
- Gli scienziati hanno paura di perdere il lavoro.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: rischi

Situazione: sociale

Il contesto di questa prova ha una particolare rilevanza nella vita quotidiana poiché ha a che fare con la capacità di un individuo di formarsi un'opinione fondata riguardo a problemi che riguardano tutta la comunità valutando informazioni di carattere scientifico. La competenza richiesta da entrambi i quesiti in questa unità è "usare prove basate su dati scientifici".

Nel caso di questo primo quesito, si tratta di formarsi un'opinione sulla pertinenza e sull'adeguatezza delle informazioni a disposizione, nonché sulla loro credibilità. La classificazione in termini di conoscenza richiesta sarà dunque "conoscenza sulla scienza", categoria "l'indagine scientifica".

Le statistiche nei diversi paesi dimostrano che, complessivamente, il quesito ha "funzionato" bene. Esso ha dimostrato di possedere una buona discriminatività, una difficoltà media e non è stato rilevato nessun effetto legato alle differenze di genere. Le oscillazioni fra un paese e l'altro in termini di difficoltà, tuttavia, unite a un certo disagio manifestato dagli esperti e dai rappresentanti di alcuni paesi nel dover accettare le risposte che mettono in discussione la credibilità della ricerca scientifica, hanno portato all'esclusione del quesito dallo studio principale.

Domanda 13.2

Gli scienziati che lavorano per i cittadini preoccupati hanno confrontato il numero di persone che soffrono di difficoltà respiratorie croniche nei dintorni della fabbrica di prodotti chimici con il numero di casi osservati in una zona lontana dalla fabbrica.

Descrivi una possibile differenza fra le due zone, che ti farebbe ritenere il confronto non valido.

Indicazioni per la correzione: Domanda 13.2

Punteggio pieno

Codice 1: Le risposte dovrebbero essere incentrate sulle possibili differenze fra le zone prese in considerazione dall'indagine.

- Il numero degli abitanti delle due zone potrebbe non essere lo stesso.
- Una delle due zone potrebbe avere servizi sanitari migliori dell'altra.
- Le condizioni meteorologiche potrebbero non essere le stesse.
- Ci potrebbero essere percentuali diverse di persone anziane nelle due zone.
- Ci potrebbero essere altri fattori di inquinamento dell'aria nell'altra zona.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: individuare questioni di carattere scientifico

Categoria di conoscenza: l'indagine scientifica (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: rischi

Situazione: sociale

Il quesito richiede che gli studenti individuino le variabili che non sono state tenute sotto controllo e che po-

trebbero influenzare i risultati ottenuti. Poiché il tema principale è quello del disegno sperimentale, la classificazione sarà ancora una volta "conoscenza sulla scienza" e la categoria "l'indagine scientifica".

Nella prova sul campo il quesito ha dimostrato di possedere una buona discriminatività ma è risultato assai difficile, tanto che soltanto il 25% degli studenti ha ricevuto punteggio pieno.

Domanda 13.3

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Saperne di più sulla composizione chimica dei fertilizzanti agricoli.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Comprendere che cosa succede ai fumi tossici emessi nell'atmosfera.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Saperne di più sulle malattie respiratorie che possono essere provocate dalle emissioni di prodotti chimici.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

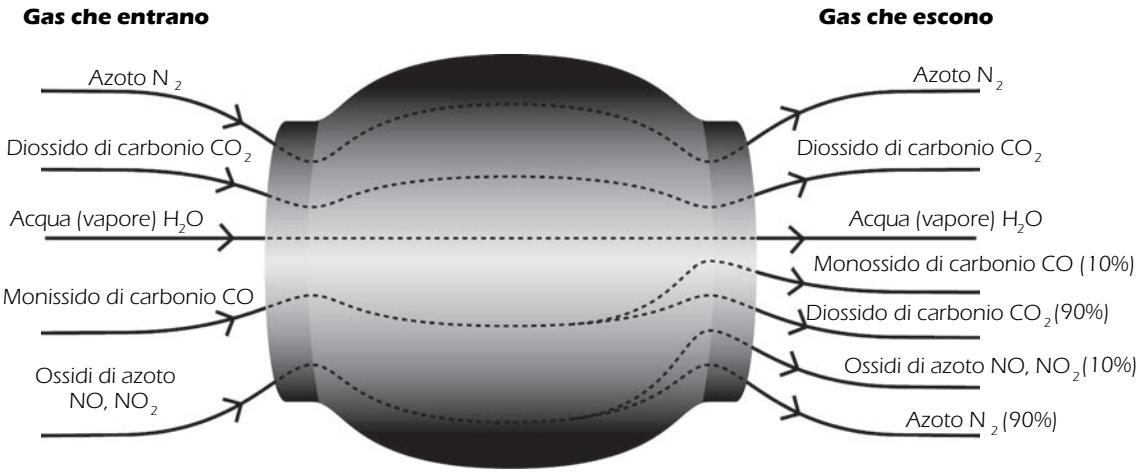
Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione dell'"interesse per la scienza". Nonostante l'apparente attinenza della seconda e della terza affermazione con la salute e con la sicurezza, la saturazione su una dimensione che si ritiene rappresenti l'interesse/il timore per la salute e la sicurezza è stata minima. L'interesse dimostrato per queste due affermazioni è stato modesto, mentre quello dimostrato per la prima è stato pressoché nullo.

Marmitta catalitica

La maggior parte delle automobili moderne è dotata di una marmitta catalitica che rende i gas di scappamento meno nocivi per l'uomo e per l'ambiente.

Circa il 90% dei gas nocivi viene convertito in gas meno nocivi. Ecco alcuni dei gas che entrano nella marmitta e come ne escono.



Marmitta catalitica

Domanda 14.1

Usa le informazioni fornite dallo schema qui sopra per fare un esempio del modo in cui la marmitta catalitica rende i gas di scarico meno nocivi.

Indicazioni per la correzione: Domanda 14.1

Punteggio pieno

Codice 1: Viene riportata la conversione del monossido di carbonio o quella degli ossidi di azoto in altri composti.

- Il monossido di carbonio è trasformato in diossido di carbonio.
- Gli ossidi di azoto sono trasformati in azoto.
- Trasforma i gas nocivi in gas non nocivi. Ad esempio, CO in CO_2 (90%)
- Il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto nocivi sono trasformati nei meno nocivi diossido di carbonio e azoto.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- I gas diventano meno nocivi.
- Purifica il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto (non abbastanza specifico).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza) / spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: ambiente

Situazione: sociale

Il contesto di questa prova, cioè l'inquinamento atmosferico dovuto agli scarichi dei veicoli, ha una particolare rilevanza nella vita quotidiana della maggior parte dei cittadini, sebbene la rilevanza sia diversa per chi vive in città e per chi vive in un contesto altro, diverso da quello urbano. Ci si aspettava che i risultati della prova sul campo avrebbero mostrato, per questo item, una differenza di genere a favore dei maschi, ma non è stato così.

Generalmente una qualche conoscenza su quali gas siano tossici o dannosi per l'ambiente e quali no fa già parte del bagaglio degli studenti, il quesito, pertanto, può essere classificato come "conoscenza della scienza", categoria "sistemi chimici e fisici". Ciò nonostante, le informazioni contenute nella figura indicano che il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto sono gli unici gas dei quali la marmitta catalitica riduca la quantità e, di conseguenza, si può dedurre che l'uno o l'altro, o entrambi, siano i gas nocivi. Per quanti giungono alla risposta grazie a questa deduzione, la competenza messa in campo dalla loro riflessione è quella di interpretare un diagramma in un contesto scientifico. Per questo primo quesito, dunque si può sostenere anche una classificazione come "conoscenza sulla scienza", categoria "spiegazioni di carattere scientifico".

Domanda 14.2

All'interno della marmitta catalitica, i gas subiscono modificazioni. Spiega quello che succede in termini di atomi e di molecole.

Indicazioni per la correzione: Domanda 14.2

Punteggio pieno

Codice 2: Esprime l'idea essenziale che gli atomi si riorganizzino per formare molecole diverse servendosi di **entrambe** le parole proposte dall'esercizio.

- Le molecole si scindono e gli atomi si ricombinano per formare molecole diverse.
- Gli atomi si riorganizzano per fare molecole diverse.

Punteggio parziale

Codice 1: Esprime il concetto essenziale della riorganizzazione ma senza utilizzare specificatamente sia il termine «atomi» sia il termine «molecole» OPPURE non distingue a sufficienza il ruolo degli atomi da quello delle molecole.

- Gli atomi si riorganizzano per formare sostanze diverse.
- Le molecole si trasformano in altre molecole.
- Gli atomi e le molecole si combinano e si separano per formare gas meno dannosi (non distingue a sufficienza il ruolo degli atomi da quello delle molecole).
- $2(NO_2) = N_2 + 2O_2$.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte, comprese quelle che si limitano a ripetere quanto riportato nello stimolo.

- Il diossido di carbonio si trasforma in monossido di carbonio.
- Le molecole vengono divise in atomi più piccoli. (Non si dice che gli atomi vengono riorganizzati).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: ambiente

Situazione: sociale

Il quesito rileva direttamente quanto gli studenti comprendano che cosa accade durante una reazione chimica e la natura degli elementi coinvolti (atomi e molecole). Ecco perché esso è stato classificato come "conoscenza della scienza", categoria "sistemi chimici e fisici".

È stato molto difficile per gli studenti ottenere un punteggio, pieno o parziale che fosse, nella prova sul campo. Circa il 15% ha ottenuto punteggio pieno e una percentuale simile punteggio parziale.

Domanda 14.3

Esamina i gas emessi dalla marmitta catalitica. Qual è un problema che gli ingegneri e gli scienziati che lavorano sulla marmitta catalitica dovrebbero cercare di risolvere per produrre gas di scarico meno nocivi?

Indicazioni per la correzione: Domanda 14.3

Punteggio pieno

Codice 1: Le risposte accettabili dovrebbero far riferimento al miglioramento delle emissioni dei gas liberati nell'atmosfera attraverso un'eliminazione più completa dei gas nocivi (monossido di carbonio e ossidi di azoto), OPPURE attraverso l'eliminazione del diossido di carbonio.

- Non tutto il monossido di carbonio è trasformato in diossido di carbonio.
- Non ci sono abbastanza ossidi di azoto convertiti in azoto.
- Aumentare la percentuale di monossido di carbonio convertito in diossido di carbonio e la percentuale di ossidi di azoto convertiti in azoto.
- Il diossido di carbonio prodotto dovrebbe essere trattenuto e non lasciato a diffondersi nell'atmosfera.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

- Una conversione più completa dei gas nocivi in gas meno nocivi (occorre che venga individuato almeno uno dei gas nocivi).
- Devono cercare di far venir fuori meno gas nocivi
- Dovrebbero trovare un modo di riciclare i gas di scarico nocivi.
- Dovrebbero tentare di costruire un veicolo che usi un altro genere di combustibile liquido.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: sistemi chimici e fisici (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: ambiente

Situazione: sociale

Per rispondere alla domanda occorrono conoscenze e abilità simili a quelle rilevate dal primo quesito di questa stessa unità (Domanda 14.1), per tale motivo, se la prova fosse stata inclusa nello studio principale, uno dei due quesiti sarebbe stato eliminato.

Domanda 14.4

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?
Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Sapere che differenza c'è fra un carburante per automobili e l'altro in termini di quantità di gas tossici prodotti.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Comprendere meglio che cosa succede all'interno di una marmitta catalitica.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Saperne di più sui veicoli che non emettono gas di scarico tossici.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano in modo significativo sulla dimensione dell' "interesse per le scienze". Inoltre, si è rilevata una certa saturazione su una dimensione che si ritiene rappresenti l'interesse/il timore per la salute e l'incolumità. L'interesse dimostrato per l'ultima affermazione è stato di gran lunga maggiore di quello dimostrato per le altre due.

Operazioni sotto anestesia

Gli interventi chirurgici sotto anestesia, praticati in sale operatorie appositamente attrezzate, sono necessari per trattare numerose malattie.

Domanda 15.1

Mentre subiscono un intervento chirurgico, i pazienti vengono anestetizzati per evitare che avvertano dolore. L'anestetico è spesso somministrato sotto forma di gas attraverso una maschera facciale che copre il naso e la bocca.

Su quali dei seguenti apparati del corpo umano agiscono i gas anestetici? Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuno dei seguenti apparati.

I gas anestetici agiscono su questo apparato?	Sì o No?
L'apparato digerente.	Sì / No
L'apparato nervoso.	Sì / No
L'apparato respiratorio.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 15.1

Punteggio pieno

Codice 1: Tutte e tre le risposte corrette. No, Sì, Sì, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale/sociale

È esperienza comune che, prima o poi, un membro di una famiglia necessiti di un intervento chirurgico, ecco perché il contesto di questa unità soddisfa il criterio della "rilevanza rispetto alla vita quotidiana" così come delineato dal Quadro di Riferimento. La classificazione in termini di situazione sarà "personale" o "sociale" a seconda che si adotti il punto di vista del paziente o quello dell'ospedale.

Il quesito ha mostrato scarsa discriminatività nella prova sul campo, soprattutto a causa della scarsissima capacità discriminativa dell'ultima opzione ("apparato respiratorio").

Domanda 15.2

Spiega perché gli strumenti chirurgici usati nelle sale operatorie vengono sterilizzati.

Indicazioni per la correzione: Domanda 15.2

Punteggio pieno

Codice 21: Lo studente riferisce SIA la necessità di accertarsi che non ci siano batteri/germi sugli strumenti SIA il fatto che ciò impedisce il diffondersi delle malattie.

- Per impedire ai batteri di entrare nel corpo e di infettare il paziente.
- Così nessun germe entra nel corpo di un'altra persona che deve subire un'operazione sotto anestesia.

Punteggio parziale

Codice 12: Lo studente riferisce la necessità di accertarsi che non ci siano batteri, MA non il fatto che ciò impedisce il diffondersi delle malattie.

- Per uccidere i germi che ci sono sopra.

Codice 11: Lo studente menziona l'impedire del diffondersi delle malattie, MA non la necessità di assicurarsi che non ci siano batteri sugli strumenti.

- Affinché il paziente non venga infettato.
- Per prevenire che si passino malattie.

Nessun punteggio

Codice 01: Altre risposte.

- Per mantenerli puliti.
- Perché durante le operazioni i pazienti sono vulnerabili.

Codice 99: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: sociale

Nella prova sul campo, il quesito ha dimostrato un'ottima discriminatività ed è risultato di difficoltà media. Le femmine rispondono correttamente in misura maggiore rispetto ai maschi. In molti casi, i codificatori han-

no incontrato difficoltà nel distinguere fra codice 11 e codice 12, per questo, se il quesito fosse stato utilizzato nello studio principale la doppia codifica sarebbe stata eliminata.

Domanda 15.3

I pazienti a volte dopo un intervento chirurgico non riescono a mangiare e a bere e devono essere attaccati ad una flebo (fleboclisi) che contiene acqua, zuccheri e sali minerali. Qualche volta alla flebo si aggiungono anche antibiotici e tranquillanti.

Perché gli zuccheri che si aggiungono alla flebo sono importanti per il paziente nel periodo post-operatorio?

A. Per evitare la disidratazione.
B. Per controllare i dolori post-operatori.
C. Per curare le infezioni post-operatorie.
D. Per fornire il nutrimento indispensabile.

Indicazione per la correzione: Domanda 15.3

Punteggio pieno

Codice 1: D Per fornire il nutrimento indispensabile.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi viventi (conoscenza della scienza)

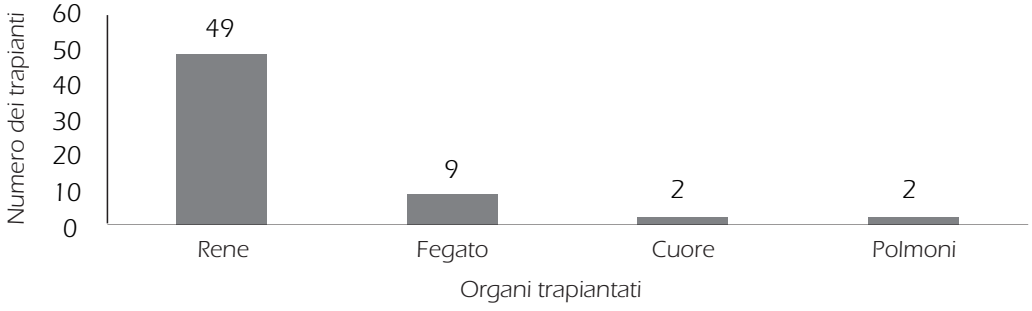
Campo di applicazione: salute

Situazione: personale/sociale

Nella prova sul campo, il quesito ha dimostrato di essere molto facile e di avere adeguata capacità discriminativa. Circa il 70% degli studenti ha risposto correttamente.

Domanda 15.4

I trapianti di organi richiedono interventi chirurgici sotto anestesia e diventano sempre più diffusi. Il seguente grafico riporta il numero di trapianti realizzati in un determinato ospedale nel 2003.



Si possono trarre le seguenti conclusioni sulla base del grafico qui sopra?

Fai un cerchio intorno a «Sì» o a «No» per ciascuna delle conclusioni proposte.

Si può trarre questa conclusione sulla base del grafico?	Sì o No?
Se si trapiantano i polmoni, bisogna trapiantare anche il cuore.	Sì / No
I reni sono gli organi più importanti del corpo umano.	Sì / No
La maggior parte dei pazienti trapiantati soffrivano di una malattia renale.	Sì / No

Indicazioni per la correzione: Domanda 15.4

Punteggio pieno

Codice 2: Tutte e tre le risposte corrette: No, No, Sì, in quest'ordine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla complessa

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: salute

Situazione: personale/sociale

Questo item rileva l'abilità degli studenti nell'interpretare dati scientifici presentati in forma grafica e nel trarre da essi le conclusioni appropriate. Per rispondere non occorre far riferimento a informazioni che non siano già presenti nello stimolo. Per questo, la classificazione applicata è "conoscenza sulla scienza", categoria "spiegazioni di carattere scientifico".

Il quesito ha "funzionato" molto bene nella prova sul campo, mostrando una buona discriminatività e risultando di media difficoltà.

Domanda 15.5

Quanto sei interessato/a alle seguenti informazioni?

Barra una sola casella per ogni riga.

	Molto interessato/a	Abbastanza interessato/a	Poco interessato/a	Per niente interessato/a
a) Imparare come si fa a sterilizzare gli strumenti chirurgici.	☐1	☐2	☐3	☐4
b) Sapere qualcosa sui diversi tipi di anestetici utilizzati.	☐1	☐2	☐3	☐4
c) Comprendere come si fa a tenere sotto controllo il livello di coscienza di un paziente durante un intervento chirurgico.	☐1	☐2	☐3	☐4

Tipo di quesito: di atteggiamento

Atteggiamento: interesse per lo studio delle scienze

Questo item è stato costruito per rilevare l'interesse degli studenti per gli aspetti delle scienze relativi alla chirurgia. Come gli altri item di atteggiamento, esso è collocato volutamente alla fine dell'unità, in maniera tale che gli studenti siano già entrati in argomento quando viene chiesta loro un'opinione.

L'analisi fattoriale esplorativa condotta sui risultati della prova sul campo ha dimostrato che tutti e tre le affermazioni saturavano in parte sulla dimensione dell "interesse per la scienza", ma che ancor più saturavano su una dimensione che si ritiene rappresenti l'interesse/il timore per la salute e la sicurezza. L'interesse dimostrato per le diverse affermazioni è stato di diversa entità: la prima affermazione ha suscitato più interesse delle altre, l'ultima meno.

Energia eolica

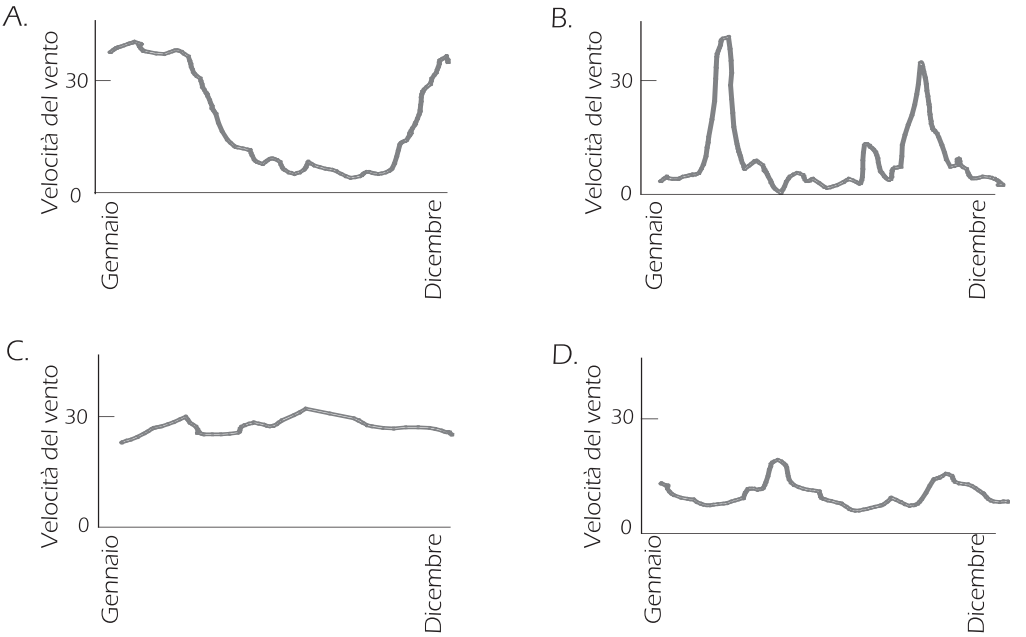
L'energia eolica è da molti considerata una fonte di energia in grado di sostituire le centrali termiche a petrolio o a carbone. I dispositivi nella foto sono rotori dotati di pale che il vento fa ruotare. Queste rotazioni permettono ai generatori messi in moto dalle pale di produrre energia elettrica.

Un campo eolico

Un campo eolico

Domanda 16.1

I seguenti grafici riportano la velocità media del vento in quattro diversi luoghi nel corso di un anno. Quale dei grafici indica il luogo più adatto all'installazione di un generatore ad energia eolica?



Indicazioni per la correzione: Domanda 16.1

Punteggio pieno

Codice 1: C

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: sistemi della tecnologia (conoscenza della scienza)/ spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: risorse naturali

Situazione: sociale

La preoccupazione per il ricorso a carburanti fossili per la produzione di energia elettrica trova espressione frequente sui giornali e alla TV. I sistemi alternativi, già in uso o potenzialmente utilizzabili che siano, producono un impatto sulla vita della gente e possono dar luogo a nuovi problemi di carattere ambientale. I rappresentanti di molti paesi, pertanto, si erano mostrati molto favorevoli alla possibilità di utilizzare questa prova nello studio principale.

Per rispondere a questo quesito, occorre che gli studenti sappiano che maggiore è la velocità del vento, maggiore sarà la quantità di energia prodotta e che la costanza della velocità del vento crea vantaggi in termini di distribuzione. Ciò fa propendere per una classificazione come "conoscenza della scienza", categoria "sistemi della tecnologia". I dati presentati in forma grafica devono poi essere interpretati alla luce di tali conoscenze e ciò fa propendere per una classificazione come "conoscenza sulla scienza", categoria "spiegazioni di carattere scientifico".

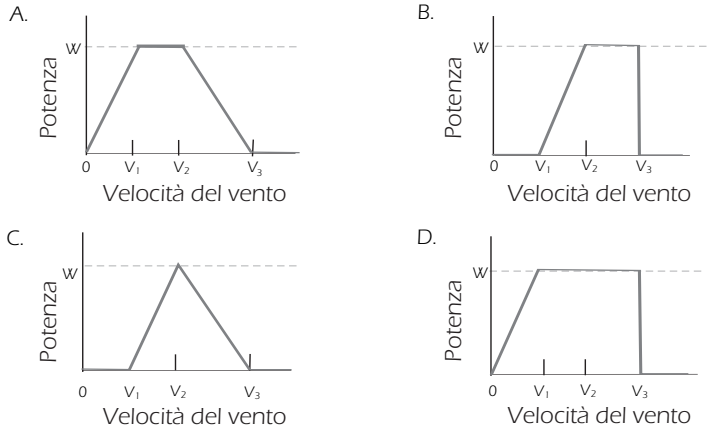
La versione del quesito somministrata nella prova sul campo si è dimostrata molto facile, con circa il 75% delle risposte corrette. Nella versione qui riportata, nell'alternativa C la linea del grafico è stata leggermente abbassata e questo potrebbe accrescere leggermente la difficoltà del quesito.

Domanda 16.2

Più il vento è forte, più le pale del rotore girano veloci e maggiore è la quantità di energia elettrica prodotta. Tuttavia, in situazione reale, non esiste una relazione di proporzionalità diretta fra la velocità del vento e l'elettricità prodotta. Qui sotto vengono descritte quattro condizioni di funzionamento di una centrale eolica in situazione reale:

- Le pale cominciano a ruotare quando il vento raggiunge la velocità V_1.
- Per ragioni di sicurezza, la rotazione delle pale non accelera più quando la velocità del vento è superiore a V_2.
- La potenza elettrica è al massimo (W) quando il vento raggiunge la velocità V_2.
- Le pale smettono di ruotare quando il vento raggiunge la velocità V_3.

Quale fra i seguenti grafici rappresenta meglio la relazione fra velocità del vento e potenza elettrica nelle condizioni di funzionamento descritte?



Indicazioni per la correzione: Domanda 16.2

Punteggio pieno

Codice 1: B

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: usare prove basate su dati scientifici

Categoria di conoscenza: spiegazioni di carattere scientifico (conoscenza sulla scienza)

Campo di applicazione: risorse naturali

Situazione: sociale

Per rispondere a questo quesito, gli studenti devono interpretare i grafici proposti controllando che l'insieme delle condizioni corrisponda alla rappresentazione grafica. Le condizioni rappresentano un insieme di dati tecnici piuttosto che un insieme di dati sperimentali. Questo item non è stato utilizzato nello studio principale sia perché ci si preoccupava che rilevasse principalmente la literacy matematica, sia perché la prima frase dava informazioni utili a rispondere al quesito precedente.

Nella prova sul campo, il quesito è risultato di difficoltà media e ha dimostrato una capacità discriminativa adeguata. In alcuni paesi, tuttavia, l'abilità media degli studenti che sceglievano il distrattore C non era di molto inferiore a quella degli studenti che sceglievano l'opzione corretta, cioè la B.

Domanda 16.3

A parità di velocità del vento, più l'altitudine è elevata, più le pale ruotano lentamente.

Quale fra le seguenti ragioni spiega meglio perché, a parità di velocità del vento, le pale dei rotori girano più lentamente nei luoghi con una altitudine maggiore?

A. L'aria è meno densa con l'aumento dell'altitudine.

B. La temperatura si abbassa con l'aumento dell'altitudine.

C. La gravità diminuisce con l'aumento dell'altitudine.

D. Piove più spesso con l'aumento dell'altitudine.

Indicazioni per la correzione: Domanda 16.3

Punteggio pieno

Codice 1: A L'aria è meno densa con l'aumento dell'altitudine.

Nessun punteggio

Codice 0: Altre risposte.

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: con risposta a scelta multipla

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della Terra e dell'Universo (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: risorse naturali

Situazione: sociale

I rappresentanti dei paesi partecipanti si erano mostrati favorevoli alla possibilità di utilizzare questo quesito, come tutti gli altri di questa prova, nello studio principale. Nella prova sul campo, tuttavia, sono emersi alcuni problemi che ne hanno sconsigliato l'utilizzo. In particolare, il livello di difficoltà variava sensibilmente a seconda del paese e il distrattore D si dimostrava piuttosto debole. I maschi rispondono correttamente in misura maggiore rispetto alle femmine.

Domanda 16.4

Descrivi un vantaggio specifico ed uno specifico svantaggio della produzione di energia da parte dei generatori ad energia eolica, rispetto alla produzione di energia a partire dai combustibili fossili come il carbone e il petrolio.

Un vantaggio .....

.....

Uno svantaggio .....

.....

Indicazioni per la correzione: Domanda 16.4

Punteggio pieno

Codice 2: La risposta nomina un vantaggio e uno svantaggio.

Commento: è possibile considerare il costo di un generatore ad energia eolica tanto come un vantaggio quanto come uno svantaggio, a seconda degli aspetti che vengono presi in considerazione (ad esempio, costi di istallazione o costi di utilizzo). Di conseguenza, il costo senza ulteriori spiegazioni, sia esso citato come un vantaggio o come uno svantaggio, non è di per sé sufficiente a dare punteggio.

[Vantaggio]

- Non rilascia diossido di carbonio (CO_2).
- Non consuma combustibili fossili.
- Il vento è una risorsa inesauribile.
- Dopo l'installazione del generatore a energia eolica, il costo della produzione di elettricità è basso.
- Non produce scorie e/o non emette sostanze tossiche.
- Usa forze naturali o energia pulita.
- È ecologico e dura a lungo.

[Svantaggio]

- Non è possibile produrre elettricità a richiesta (perché non si può controllare la velocità del vento).
- I luoghi adatti ad installare generatori eolici sono limitati.
- I generatori eolici possono essere danneggiati da venti troppo violenti.
- La quantità d'energia prodotta da ogni generatore eolico è relativamente debole.
- A volte c'è inquinamento acustico.
- Qualche volta gli uccelli restano presi nei rotori e uccisi.
- Altera i paesaggi naturali (inquinamento visivo).
- L'installazione costa cara.

Punteggio parziale

Codice 1: La risposta descrive correttamente un vantaggio oppure uno svantaggio (vedi gli esempi forniti per il codice 2), ma non entrambi.

Nessun punteggio

Codice 0: La risposta non descrive né vantaggi né svantaggi corretti (vedi sopra).

- È una buona cosa per l'ambiente o la natura [Questa risposta è un giudizio di valore generico].
- Non è una buona cosa per l'ambiente o la natura.
- Costruire un generatore a energia eolica costa meno che costruire una centrale a petrolio. (non si tiene conto del fatto che servono molti generatori ad energia eolica per produrre la stessa quantità di energia di una centrale alimentata a combustibile fossile).

Codice 9: Non risponde.

Tipo di quesito: a risposta aperta articolata

Competenza: dare una spiegazione scientifica dei fenomeni

Categoria di conoscenza: sistemi della tecnologia (conoscenza della scienza)

Campo di applicazione: risorse naturali

Situazione: sociale

Il quesito si presta a molte risposte corrette, o parzialmente corrette e ciò ha causato molte difficoltà di codifica nella prova sul campo. La maggior parte di tali difficoltà era riferita ai costi e dunque alla versione presentata qui è stato aggiunto un commento che chiarisce come valutare le risposte di quel tipo.

Appendice B

I GRUPPI DI ESPERTI DI PISA 2006

Gruppo Esperti per le Scienze

Coordinatore
Rodger Bybee
Biological Sciences Curriculum Study
Colorado Springs, United States

Ewa Bartnik
University of Warsaw
Warsaw, Poland

Peter Fensham
Monash University
Queensland, Australia

Paulina Korsnakova
Department of Educational Measurement
Bratislava, Slovak Republic

Robert Laurie
Department of Education Of Brunswick
New Brunswick, Canada

Svein Lie
University of Oslo
Blindern, Norway

Pierre Malléus
Ministry for National Education, Higher Education and Research
Champigneulles, France

Michelina Mayer
National Insitute for the Evaluation of the Education System
Rome, Italy

Robin Millar
University of York
York, United Kingdom

Yasushi Ogura
National Institute for Educational Policy Research
Tokyo, Japan

Manfred Prenzel
University of Kiel
Kiel, Germany

Andrée Tiberghien
University of Lyon
Ste Foy Les Lyon, France

Gruppo Esperti per la Lettura

Coordinatore
John De Jong
Language Testing Services
Oranjestraat, Netherlands

Irwin Kirsch
Educational Testing Service
Princeton, New Jersey, United States

Marilyn Binkley
National Center for Educational Statistics
Washington, D. C., United States

Alan Davies
University of Edinburgh
Scotland, United Kingdom

Stan Jones
Statistics Canada
Nova Scotia, Canada

Dominique Lafontaine
University of Liège
Liège, Belgium

Pirjo Linnakylä
University of Jyväskylä
Jyväskylä, Finland

Martine Rémond
IUFM de Créteil
University of Paris 8
Andresy, France

Gruppo Esperti per la Matematica

Coordinatore
Jan De Lange
Utrecht University
Utrecht, Netherlands

Werner Blum
University of Kassel
Kassel, Germany

John Dossey
Illinois State University
Eureka, Illinois, United States

Zbigniew Marciniak
Warsaw University
Warsaw, Poland

Mogens Niss
IMFUFA,
Roskilde University
Roskilde, Denmark

Yoshinori Shimizu
University of Tsukuba
Tsukuba-Shi, Ibaraki, Japan