



Trends in International Mathematics and Science Study



I RISULTATI DEGLI STUDENTI ITALIANI IN MATEMATICA (LIVELLO AVANZATO) E FISICA

RAPPORTO NAZIONALE TIMSS ADVANCED 2015

Rapporto a cura di



Rappresentante italiano alla IEA *General Assembly*
Roberto Ricci

Gruppo di ricerca area Indagini Internazionali

Redattori:

Laura Palmerio, Responsabile area Indagini Internazionali

Elisa Caponera, Ricercatrice area Indagini Internazionali

Gruppo di lavoro:

Andrea Biggera, Stefania Codella, Ines Di Leo, Cristina Felici, Serena Isgrò,
Diana Teresa Marra, Riccardo Pietracci, Cristiano Zicchi, Collaboratore Tecnico

Enti di Ricerca

Michela Freddano, Data Manager TIMSS Advanced 2015

Si ringraziano:

- I dirigenti scolastici, i docenti, gli studenti e i genitori che hanno partecipato all'indagine
- I supervisori della correzione delle risposte aperte in matematica (Lorenzo Ducci e Luigi Tomasi) e fisica (Ernesta De Masi e Giovanni Pezzi)
- I correttori delle risposte aperte di matematica e fisica.
- Tutto il personale INVALSI che ha collaborato a vario titolo alla realizzazione delle indagini nel presente rapporto.

Redazione testi

Anna Maria Ajello (Prefazione)

Laura Palmerio (cap. 1)

Luigi Tomasi (cap. 2)

Ernesta De Masi e Giovanni Pezzi
(cap. 3)

Elisa Caponera (par. 2.7 e 3.7)

Andrea Biggera (Appendice A e C)

Chiara Ernetti (Appendice B)

Elaborazione dati

Area Servizi

statistici e informatici INVALSI

Editing

Andrea Biggera,

Paola Bischetti,

Chiara Ernetti,

Diana Teresa Marra,

Cristiano Zicchi

Elaborazione piano analisi dei dati

Area Indagini Internazionali INVALSI

Costruzione ed editing tabelle

Andrea Biggera,

Ines di Leo,

Serena Isgrò

INDICE

PREFAZIONE	7
INTRODUZIONE	9
CAPITOLO 1 - IL <i>FRAMEWORK</i> DI TIMSS ADVANCED	13
1.1 Gli strumenti di rilevazione	14
1.2 Chi ha partecipato	16
1.3 Struttura di questo rapporto	20
CAPITOLO 2 - IL RENDIMENTO IN MATEMATICA NELL'INDAGINE TIMSS ADVANCED 2015	21
2.1 Il quadro di riferimento per la matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015	21
2.1.1. Domini di contenuto di matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015	22
2.1.2. Domini cognitivi per la matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015	24
2.2 Quadro internazionale dei risultati nell'indagine TIMSS Advanced 2015 in matematica	27
2.3 Livelli di rendimento (<i>benchmark</i>) in matematica	31
2.4 Analisi dei risultati nei diversi domini	33
2.4.1 Risultati nei domini di contenuto in Italia	37
2.4.2 Risultati nei domini cognitivi in Italia	38
2.5 Differenze di genere nel rendimento in matematica	40
2.6 Differenze interne al sistema scolastico italiano	45
2.6.1 Differenze tra le macroaree geografiche	45
2.7 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica	51
2.7.1 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica - differenze di genere	51
2.7.2 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica - differenze nei livelli	53
2.8 Sintesi e conclusioni	54
CAPITOLO 3 - RENDIMENTO IN FISICA	56
3.1 Quadro di riferimento di fisica	56
3.1.1 Domini di contenuto	57
3.1.2 Domini cognitivi	60
3.1.3 Pratiche scientifiche nel TIMSS Advanced di fisica	62
3.2 Quadro internazionale dei risultati	64
3.3 Analisi dei risultati nei diversi domini	66
3.4 Livelli di rendimento (<i>benchmark</i>) in fisica	68
3.5 Differenze di genere nel rendimento in fisica	76

3.6 Differenze interne al sistema scolastico italiano	82
3.7 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - livello avanzato	85
3.7.1 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - differenze di genere	85
3.7.2 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - differenze nei livelli	86
3.8 Sintesi e conclusioni	88

PREFAZIONE

Il tema di quali strategie siano più efficaci per aumentare il livello di competenza degli studenti e delle studentesse nelle materie STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) è diventato centrale nel corso degli ultimi anni e recenti ricerche suggeriscono che gli studenti con un alto rendimento in matematica hanno maggiori opportunità di crescita personale e sono più capaci di trovare lavoro e costruire una carriera migliore.

L'indagine TIMSS ADVANCED della IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) ha come obiettivo la rilevazione degli apprendimenti degli studenti in matematica e fisica al termine della scuola secondaria di II grado. Realizzata per la prima volta nel 1995 e ripetuta poi nel 2008, consente una comparazione diacronica fra i Paesi nell'arco di 20 anni. L'importanza di un'indagine di questo tipo nasce dalla considerazione, ormai accertata e fondamentale dal punto di vista di *policy making*, di quanto sia cruciale formare i giovani in tali ambiti decisivi per lo sviluppo di un Paese, e per intraprendere carriere nei settori delle scienze mediche, sociali, industriali e agricole. Lo studio consente di confrontare i risultati del nostro Paese con quelli degli altri Paesi partecipanti all'indagine e fornisce informazioni sui programmi di matematica avanzata e di fisica che mostrano ampie variazioni in termini di proporzione di studenti coinvolti e di profondità e ampiezza di contenuti nell'insegnamento e nello studio di queste materie.

Per la prima volta in Italia è presentato un rapporto nazionale che descrive i risultati ottenuti dai nostri studenti, inquadrandoli all'interno del nostro sistema di istruzione e tentando di fornire un primo contributo al dibattito relativo ai risultati di questa importante indagine IEA. Sono descritti in maniera dettagliata i risultati dei nostri studenti sia confrontandoli con i risultati degli altri Paesi sia presentando i risultati per aree geografiche; il quadro delle differenze interne all'Italia è coerente con quello che emerge dalle prove nazionali condotte dall'INVALSI e dalle altre indagini internazionali, condotte su differenti gradi scolastici, che vedono un minore rendimento degli studenti nelle regioni del Sud.

In Italia ha partecipato all'indagine TIMSS Advanced per la matematica un campione rappresentativo degli studenti dei licei scientifici e degli istituti tecnici del settore tecnologico. Mentre solo gli studenti dei licei scientifici hanno risposto alle domande relative a fisica.

I risultati conseguiti in TIMSS Advanced devono essere inquadrati nel con-

testo delle percentuali di studenti che frequentano un corso avanzato di matematica in ciascuno dei paesi. Ciò fornisce informazioni, per ciascun Paese, su quanti esperti nelle discipline scientifiche e tecnologiche, e a quale livello, si stanno formando; in altre parole, sulla maggiore o minore partecipazione dei sistemi scolastici in merito a questo tipo di formazione. I Paesi partecipanti differiscono notevolmente da questo punto di vista. Per quanto riguarda la matematica, la percentuale di studenti frequentanti corsi avanzati varia dal 4% degli studenti del Libano al 34% degli studenti della Slovenia. L'Italia ha una percentuale di copertura del 24%, fra le più alte tra i Paesi partecipanti, a indicare che la matematica è insegnata in circa un quarto della popolazione totale di studenti dell'ultimo anno di scuola superiore.

I paesi che hanno ottenuto i migliori risultati in TIMSS Advanced sono la Federazione Russa e il Libano, dove solo il 2% e il 4% degli studenti hanno frequentato il corso avanzato di matematica alle scuole superiori. In Italia, Francia, Portogallo e Slovenia le percentuali sono più alte: rispettivamente (25, 22, 29 e 34 per cento). Ma Francia, Portogallo e Slovenia sono in grado di garantire risultati migliori rispetto all'Italia in matematica avanzata.

Lo stesso andamento di risultati si evidenzia per Fisica, dove la percentuale di rispondenti varia dal 4% in Libano, fino al 24% in Francia. L'Italia con il 18% dei partecipanti è il secondo paese con la percentuale di studenti più alta a frequentare corsi di fisica, ma i risultati sono, insieme alla Francia, i peggiori.

Nel complesso, i risultati dei nostri studenti non sono stati incoraggianti, né per matematica avanzata né per fisica, e questi risultati sono solo in parte attribuibili al fatto che nel nostro Paese una percentuale relativamente alta di studenti frequenta tali corsi. Altri paesi, quali ad esempio il Portogallo per la matematica avanzata, riescono a garantire un maggiore rendimento dei propri studenti a fronte di un'elevata inclusività.

Anna Maria Ajello
Presidente INVALSI

INTRODUZIONE

TIMSS Advanced è una delle indagini comparative internazionali promosse dalla *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA), un'associazione internazionale indipendente di istituti di ricerca nazionali e agenzie governative con esperienza quasi quarantennale nella conduzione di studi internazionale sugli apprendimenti in un'ampia gamma di discipline.

Nel caso di TIMSS Advanced, si intende rilevare l'apprendimento della matematica di livello avanzato e della fisica di studenti che frequentano l'ultimo anno della scuola secondaria di secondo grado in indirizzi di studio che prevedono l'insegnamento delle predette discipline. In Italia ciò ha significato coinvolgere studenti del quinto anno (grado 13) dei licei scientifici e degli istituti tecnici del settore tecnologico.

Le rilevazioni precedenti a quella del 2015 si sono svolte nel 1995 e nel 2008 e l'Italia ha partecipato a entrambe.

Analogamente a TIMSS, il test TIMSS Advanced si allinea generalmente ai curricula dei Paesi partecipanti e mira quindi a misurare gli apprendimenti scolastici nelle due materie oggetto della rilevazione. L'obiettivo principale di TIMSS Advanced è quello di offrire informazioni sul grado di preparazione degli studenti in queste materie e sulla loro preparazione, in comparazione con i loro colleghi di altri Paesi, a intraprendere studi successivi di livello universitario nelle cosiddette discipline STEM, preparatori a carriere professionali in scienze, tecnologia, matematica e ingegneria.

Insieme ai dati di apprendimento è raccolta, attraverso questionari rivolti a studenti, insegnanti e dirigenti scolastici, anche un'ampia gamma di informazioni di contesto su qualità, quantità e contenuti dell'istruzione. Tali informazioni offrono la possibilità di approfondire i correlati dell'apprendimento, sia a fini di ricerca e approfondimento, sia a fini di policy.

In definitiva, TIMSS Advanced offre ai Paesi partecipanti informazioni su:

- il numero di studenti e la loro proporzione sulla popolazione studentesca totale che frequentano corsi di matematica di livello avanzato e corsi di fisica alla fine della scuola secondaria di secondo grado;
- i risultati di questi studenti nelle predette materie riferiti a *benchmark* internazionali (avanzato, alto e intermedio);
- un ampio insieme di dati di contesto su curricula, strategie di insegnamento e apprendimento, preparazione degli insegnanti, risorse scolastiche e prepa-

razione e atteggiamenti degli studenti.

Inoltre, TIMSS Advanced 2015 offre ai Paesi (fra i quali l'Italia) che hanno partecipato alle precedenti edizioni del 1995 e del 2008 l'opportunità di osservare la tendenza dei risultati nel tempo.



CAPITOLO 1

IL *FRAMEWORK* DI TIMSS ADVANCED

Il *framework* di TIMSS Advanced fornisce le basi concettuali sottostanti gli strumenti utilizzati nella rilevazione.¹

Nel *framework* la matematica e la fisica sono trattate separatamente e ciascun dominio è organizzato attorno a due dimensioni: la dimensione di contenuto e la dimensione cognitiva. La prima specifica gli aspetti delle due discipline che devono essere valutati; la seconda specifica i processi cognitivi impliciti nei compiti inclusi nel test, che sono invece identici per le due materie.

Per quanto concerne i contenuti, i quesiti di matematica di livello avanzato riguardano Algebra, Analisi e Geometria; i quesiti di fisica riguardano Meccanica e termodinamica, Eletticità e magnetismo, Fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare.

Per quanto riguarda invece i processi di pensiero, questi sono classificabili in tre domini cognitivi: conoscenza, applicazione e ragionamento. Questi tre domini descrivono i processi di pensiero che gli studenti dovrebbero mettere in campo quando si impegnano su contenuti di tipo matematico e scientifico; sono gli stessi per la matematica e le scienze e per i differenti gradi scolastici coinvolti nelle indagini TIMSS, ma con un livello differente di enfasi a seconda della materia e del grado.

Una novità del *framework* di TIMSS Advanced 2015 è la descrizione delle pratiche scientifiche che devono essere considerate nella rilevazione di fisica. Queste pratiche si riferiscono ad abilità che gli studenti applicano in modo sistematico per condurre indagini scientifiche.

Ulteriori dettagli sul *framework* di matematica e fisica sono forniti rispettivamente nel capitolo 2, per la matematica di livello avanzato, e nel capitolo 3, per la fisica, del presente rapporto.

¹ Mullis, I.V.S. & Martin, M.O. (Eds.) (2014). TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015-advanced/frameworks.html>

1.1 Gli strumenti di rilevazione

Le conoscenze e le abilità degli studenti in matematica e fisica sono state rilevate attraverso una serie di quesiti per ogni materia, utilizzando domande a scelta multipla e domande a risposta aperta. Almeno la metà del punteggio complessivo deriva da domande a scelta multipla, caratterizzate da quattro opzioni di risposta, delle quali una sola è giusta. Ogni risposta corretta vale 1 punto. I quesiti a risposta aperta generalmente valgono 1 o 2 punti, in base al tipo di compito e di abilità richieste per rispondere. Per ogni quesito a risposta aperta, una guida alla codifica descrive le caratteristiche essenziali delle risposte da considerare appropriate e complete.

L'indagine TIMSS Advanced utilizza un campionamento a matrice che comporta la suddivisione di tutto l'insieme dei quesiti di matematica da un lato e di fisica dall'altro in una serie di 6 fascicoli cognitivi di matematica e sei fascicoli cognitivi di Fisica. Ogni studente compila soltanto un fascicolo. In questo modo è possibile evitare che ciascuno studente risponda a tutti i quesiti e, al tempo stesso, garantire che la durata della prova sia sostenibile per gli studenti. TIMSS Advanced utilizza le tecniche di *scaling* dell'*Item Response Theory* al fine di ottenere una rappresentazione complessiva del rendimento dell'intera popolazione studentesca, combinando le risposte dei singoli studenti ai fascicoli loro assegnati.

Poiché l'indagine si focalizza sul rendimento in matematica di livello avanzato e in fisica, non tutti gli studenti frequentanti l'ultimo anno della scuola secondaria superiore sono "eleggibili" per poter partecipare alla rilevazione.

In Italia, nello specifico, un campione rappresentativo di studenti frequentanti istituti tecnici a indirizzo tecnologico ha partecipato all'indagine rispondendo unicamente a quesiti di matematica di livello avanzato e compilando di conseguenza un solo fascicolo cognitivo. Tutti gli studenti dei licei scientifici campionati hanno risposto a domande di fisica e un sotto-campione di essi ha risposto anche a domande di matematica di livello avanzato. La somministrazione delle prove cognitive è stata suddivisa in due sessioni da 90 minuti ciascuna, separate da una pausa di almeno 15 minuti; durante ogni sessione delle prove TIMSS Advanced agli studenti è stata consegnata una specifica versione del fascicolo (di Matematica o di Fisica). Lo studente che nella prima sessione ha ricevuto un fascicolo di Matematica, ne ha poi avuto uno di Fisica nella seconda sessione, e viceversa.

Dopo aver terminato la parte cognitiva, a ciascuno studente è stato chiesto di compilare un questionario per la rilevazione delle variabili di contesto.

Caratteristiche dei quesiti

Per poter coprire l'intero curriculum internazionale di matematica e di fisica è necessario un gran numero di item. Poiché un singolo studente non può rispondere a tutti gli item in un tempo ragionevolmente accettabile, i quesiti sono stati raggruppati in blocchi (*blocks*). Tali blocchi sono stati ruotati in 6 differenti fascicoli (per ciascuna materia) in

modo tale che ciascuno di essi fosse presente in più di un fascicolo. Ciascun fascicolo di matematica di livello avanzato conteneva tre blocchi di matematica, allo stesso modo ciascun fascicolo di fisica conteneva tre blocchi di fisica. Grazie al sistema di distribuzione dei fascicoli, in ciascuna classe solo tre o quattro studenti hanno risposto allo stesso fascicolo.

I questionari di contesto

Oltre a raccogliere dati sugli apprendimenti degli studenti, è fondamentale per l'indagine TIMSS comprendere i contesti nei quali apprendono. Per tale motivo, dopo aver svolto la prova cognitiva, ciascuno studente ha risposto a un questionario – della durata di circa 30 minuti – contenente domande relative allo status socio-economico e culturale della famiglia di origine e sugli atteggiamenti che gli studenti hanno nei confronti della matematica e della fisica.

Il questionario presentava domande su alcuni aspetti della vita degli studenti a casa e a scuola e richiedeva informazioni su caratteristiche demografiche, ambiente familiare, clima scolastico, percezione che gli studenti hanno di se stessi e loro atteggiamenti nei confronti della matematica e della fisica. Nel questionario erano presenti anche alcune domande sulla familiarità degli studenti con le tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Inoltre, è stato proposto un questionario anche agli insegnanti di matematica e fisica delle classi campionate e ai dirigenti scolastici delle scuole partecipanti.

Agli insegnanti sono state poste domande sull'esperienza e la formazione per l'insegnamento, sulle pratiche didattiche, sull'uso della tecnologia, sulla valutazione, sul clima di classe e di scuola e se gli argomenti di TIMSS fossero stati insegnati in classe.

Ai dirigenti sono invece state chieste informazioni sulle caratteristiche della scuola, sul tempo dedicato all'istruzione, su risorse e tecnologie a disposizione, sul clima di scuola, sulla loro esperienza e formazione.

1.2 Chi ha partecipato

Paesi

A TIMSS Advanced 2015 hanno aderito nove Paesi, per un totale di circa 56 000 studenti coinvolti. Circa 5000 insegnanti e 3000 dirigenti scolastici hanno partecipato all'indagine.

Figura 1.1. I paesi partecipanti a TIMSS Advanced 2015



Periodo di svolgimento della prova

Per consentire la comparabilità fra paesi e con i cicli precedenti dell'indagine, la rilevazione si è svolta verso la fine dell'anno scolastico, indicativamente nei mesi di marzo e aprile 2015.

Scuole e studenti

Il disegno di campionamento di TIMSS Advanced è generalmente definito come disegno stratificato a grappoli a due stadi. Il primo stadio consiste nel definire il campione di scuole, che in Italia, per la rilevazione relativa a fisica, è stratificato per macro-area geografica (Nord Ovest, Nord Est, Centro, Sud e Sud Isole²) a livello esplicito, mentre per la rilevazione di matematica di livello avanzato è stratificato sia per macro-ara geografica sia per tipologia di scuola (licei scientifici vs istituti tecnici). Il secondo stadio consiste nel campionare una o due classi all'interno delle scuole campionate nel primo stadio. L'attribuzione di un peso statistico a ciascuno studente consente al totale degli studenti campionati di rappresentare l'intera popolazione studentesca degli studenti frequentanti l'ultimo anno della scuola secondaria di secondo grado.

2 Nord Ovest (Piemonte, Lombardia, Valle D'Aosta, Liguria); Nord Est (Veneto, Friuli - Venezia Giulia, Emilia - Romagna, Trentino - Alto Adige); Centro (Toscana, Marche, Lazio, Umbria); Sud (Molise, Abruzzo, Campania, Puglia); Sud Isole (Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna).

In tutti i paesi partecipanti gli studenti coinvolti nell'indagine frequentavano l'ultimo anno della scuola secondaria di secondo grado e frequentavano un corso di matematica avanzato o un corso avanzato di matematica e fisica. In Italia, gli studenti che hanno risposto alle domande di matematica frequentavano licei scientifici e istituti tecnici a indirizzo tecnologico, mentre hanno risposto alle domande di fisica solo gli studenti dei licei scientifici.

A livello internazionale, l'età media degli studenti partecipanti è compresa fra 17,7 (nella Federazione Russa) e 18,9 anni (in Italia). In Italia, Norvegia, Slovenia e Svezia l'ultimo anno di istruzione secondaria superiore coincide con il 13° anno di istruzione e gli studenti partecipanti sono più grandi di circa un anno rispetto agli studenti degli altri paesi partecipanti, dove l'ultimo anno di istruzione secondaria superiore coincide con il 12° anno.

Figura 1.2. Popolazione degli studenti di TIMSS Advanced 2015 – matematica di livello avanzato

Paesi	Anni di Istruzione*	Coorte di età corrispondente all'ultimo anno della scuola secondaria di II grado	Stima della dimensione della popolazione degli studenti all'ultimo anno della scuola secondaria frequentanti corsi di matematica di livello avanzato (derivata dal campione di studenti di TIMSS Advanced)	Ampiezza della coorte di studenti frequentanti l'ultimo anno della scuola secondaria superiore (in base ai dati forniti dai singoli Paesi)	Indice di copertura di TIMSS Advanced in matematica – percentuale della coorte di età coperta da TIMSS Advanced rispetto al totale
Francia	12	18	172.178	801.889	21,5%
Italia	13	19	141.419	576.506	24,5%
Libano	12	18	4.457	113.204	3,9%
Norvegia	13	19	6.751	63.894	10,6%
Portogallo	12	18	31.314	109.984	28,5%
Federazione Russa	11	18	138.548	1.365.790	10,1%
Federazione Russa 6hr+**	11	18	25.830	1.365.790	1,9%
Slovenia	13	19	6.738	19.598	34,4%
Svezia	12	19	15.285	108.138	14,1%
Stati Uniti d'America	12	18	473.405	4.168.000	11,4%

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

* Rappresenta il numero di anni di istruzione degli studenti a partire dal primo anno della scuola primaria (primo anno di ISCED Livello1).

** I risultati della Federazione Russa 6hr+ riguardano un sottoinsieme di studenti della Federazione Russa, che frequenta un corso intensivo di matematica di almeno 6 ore a settimana ed è comparabile con il campione della Federazione Russa del 1995 e del 2008.

L'Indice di copertura di TIMSS Advanced in matematica riflette le differenze tra i paesi nella proporzione di studenti che sono iscritti a questi corsi avanzati nell'ultimo anno dell'istruzione secondaria. In alcuni paesi, solo un piccolo gruppo di studenti è stato considerato idoneo per lo studio, mentre in altri, tra i quali l'Italia, è stato incluso un gruppo molto più ampio.

Figura 1.3. Popolazione degli studenti di TIMSS Advanced 2015 – fisica

Country	Anni di istruzione*	Coorte di età corrispondente all'ultimo anno della scuola secondaria di II grado	Stima della dimensione della popolazione degli studenti all'ultimo anno della scuola secondaria frequentanti corsi di fisica (derivata dal campione di studenti di TIMSS Advanced)	Ampiezza della coorte di studenti frequentanti l'ultimo anno della scuola secondaria superiore (in base ai dati forniti dai singoli Paesi)	Indice di copertura di TIMSS Advanced in fisica - percentuale della coorte di età coperta da TIMSS Advanced rispetto al totale
Francia	12	18	172.178	801.889	21,5%
Italia	13	19	104.650	576.506	18,2%
Libano	12	18	4.464	113.204	3,9%
Norvegia	13	19	4.163	63.894	6,5%
Portogallo	12	18	5.661	109.984	5,1%
Federazione Russa	11	18	66.746	1.365.790	4,9%
Slovenia	13	19	1.491	19.598	7,6%
Svezia	12	19	15.423	108.138	14,3%
Stati Uniti d'America	12	18	199.944	4.168.000	4,8%

* Rappresenta il numero di anni di istruzione degli studenti a partire dal primo anno della scuola primaria (primo anno di ISCED Livello1).

L'Indice di copertura di TIMSS Advanced in matematica riflette le differenze tra i paesi nella proporzione di studenti che sono iscritti a questi corsi avanzati nell'ultimo anno dell'istruzione secondaria. In alcuni paesi, solo un piccolo gruppo di studenti è stato considerato idoneo per lo studio, mentre in altri, tra i quali l'Italia, è stato incluso un gruppo molto più ampio.

Il numero di studenti coinvolti varia molto da paese a paese. Per quanto riguarda la matematica si va da un minimo di 1222 studenti in Libano fino a 7780 nella Federazione Russa. In Italia sono stati coinvolti 3547 studenti in totale. Per quanto riguarda fisica invece, il numero di studenti partecipanti varia da 1215 studenti in Libano fino a 4297 studenti in Francia, in Italia hanno partecipato 3652 studenti.

Figura 1.4. Numero di scuole e studenti partecipanti a TIMSS Advanced

Country	Numero di scuole partecipanti alla prova di matematica di livello avanzato	Numero di studenti partecipanti alla prova di matematica di livello avanzato	Numero di scuole partecipanti alla prova di fisica	Numero di studenti partecipanti alla prova di fisica
Francia	144	4310	144	4.297
Italia	113	3547	114	3.652
Libano	251	1222	250	1.215
Norvegia	133	2756	127	2.674
Portogallo	221	4581	149	1.968
Federazione Russa	346	7758	193	3.925
Federazione Russa 6hr+*	163	3530	-	-
Slovenia	69	3360	50	1.302
Svezia	139	4450	133	4.236
Stati Uniti d'America	241	3488	165	3.539

*I risultati della Federazione Russa 6hr+ riguardano un sottoinsieme di studenti della Federazione Russa, che frequenta un corso intensivo di matematica di almeno 6 ore a settimana ed è comparabile con il campione della Federazione Russa del 1995 e del 2008.

1.3 Struttura di questo rapporto

Una breve panoramica dei principali risultati internazionali e italiani è stata pubblicata a dicembre 2016³ e una sintesi dei risultati è stata pubblicata all'inizio del 2017⁴. Questo rapporto espone in modo più esteso e dettagliato i risultati presentati nelle sintesi sopra menzionate.

Saranno descritti i risultati in TIMSS Advanced, sia confrontandoli con i risultati ottenuti dagli altri Paesi sia descrivendo l'andamento a livello nazionale, per area geografica, sia fornendo un confronto con le precedenti indagini (analisi dei trend). Si tratta di risultati che possono essere utili per tutte le persone che lavorano nel mondo della scuola.

Nel capitolo 2 sono presentati i risultati degli studenti in matematica di livello avanzato, mentre nel capitolo 3 sono presentati i risultati in fisica. In ciascun capitolo, dopo una breve descrizione del Quadro di riferimento del dominio considerato, sono presentati i risultati degli studenti italiani collocandoli nel quadro internazionale e analizzando le differenze di genere e tra le diverse aree geografiche del nostro Paese, sono infine presentati i risultati dell'andamento (analisi dei trend) nei diversi cicli delle indagini.

Nella seconda parte del volume, sono presentate le tabelle con i risultati internazionali e nazionali di fisica (Appendice A) e di matematica (Appendice B). In Appendice C, infine, sono descritti i livelli di rendimento e sono riportati esempi di prove rilasciate Fisica e Matematica.

3 https://www.invalsi.it/invalsi/doc_evidenza/2016/061216/HIGHLIGHTS_TIMSS_ADVANCED2015.pdf
4 https://www.invalsi.it/invalsi/ri/TimssAdvanced2015/documenti/IEA_TIMSS_ADV2015_sintesi_risultati_13grado_daup.pdf

CAPITOLO 2

IL RENDIMENTO IN MATEMATICA NELL'INDAGINE TIMSS ADVANCED 2015

2.1 Il quadro di riferimento per la matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015

Il quadro di riferimento del TIMSS Advanced - 2015⁵ per la valutazione in matematica è organizzato attorno a due dimensioni: la dimensione dei contenuti, in cui vengono specificati i domini o gli argomenti da analizzare in matematica (ossia: Algebra, Analisi e Geometria) e la dimensione cognitiva, in cui vengono specificati i domini dei processi di pensiero da analizzare (cioè: Conoscenza, Applicazione, Ragionamento). I domini cognitivi descrivono gli insiemi di comportamenti che ci si aspetta dagli studenti quando lavorano con i contenuti matematici.

In generale, questo quadro di riferimento è simile a quello usato in TIMSS Advanced 2008; tuttavia, ci sono dei modesti aggiornamenti su particolari argomenti, per meglio riflettere i *curricula*, gli standard e i quadri di riferimento dei Paesi partecipanti a TIMSS Advanced. Inoltre, è stata posta attenzione alla ricerca e alle iniziative attuali riguardanti la matematica e la didattica della matematica, come i *Common Core State Standards for Mathematics*⁶ (National Governors Association, 2010), sviluppati negli USA, il *Mathematics Higher 2 Syllabus* (Singapore Examinations and Assessment Board, 2013⁷), usato a Singapore, il *Mathematics Curriculum (Secondary 4–6)* (Education Bureau, Hong Kong SAR, 2007⁸), usato a Hong Kong, e il documento *AP Calculus Course Description* (College Board, 2012⁹).

La seguente Tabella mostra, in percentuale, il tempo dedicato a ciascun dominio di contenuto e a ciascun dominio cognitivo per le valutazioni TIMSS Advanced 2015 per la matematica.

Domini di contenuto	Percentuale
Algebra	35%
Analisi	35%
Geometria	30%
Domini cognitivi	Percentuale
Conoscenza	35%
Applicazione	35%
Ragionamento	30%

Tabella 2.1.1: Tempo assegnato, in percentuale, per le prove di matematica, ai domini di contenuto e ai domini cognitivi

5 Mullis, I.V.S. & Martin, M.O. (Eds.) (2014). TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015-advanced/frameworks.html>

6 Cfr. http://www.corestandards.org/assets/CommonCoreReport_6.10.pdf

7 Cfr. [https://www.moe.gov.sg/docs/default-source/document/education/syllabuses/sciences/files/mathematics-syllabus-sec-1-to-4-express-n\(a\)-course.pdf](https://www.moe.gov.sg/docs/default-source/document/education/syllabuses/sciences/files/mathematics-syllabus-sec-1-to-4-express-n(a)-course.pdf)

8 Cfr. http://334.edb.hkedcity.net/doc/chi/curriculum2015/Math_CAGuide_e_2015.pdf

9 Cfr. <https://secure-media.collegeboard.org/ap-student/course/ap-calculus-ab-bc-2012-course-exam-description.pdf>

2.1.1. Domini di contenuto di matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015

La valutazione di matematica nell'indagine TIMSS Advanced si svolge sui seguenti tre domini di contenuto: algebra, analisi e geometria. Questi tre domini di contenuto erano presenti anche nel quadro di riferimento dell'indagine TIMSS Advanced del 2008.

Ciascuno di questi tre domini consiste di aree tematiche e ciascuna area tematica comprende diversi argomenti. Attraverso la valutazione TIMSS di matematica a livello avanzato ciascun argomento riceve approssimativamente un ugual peso in termini di tempo assegnato.

Algebra

L'algebra fornisce le basi per ulteriori studi in matematica così come in molte altre discipline. Basandosi sulle conoscenze e sulle competenze sviluppate nelle classi precedenti, il dominio dell'algebra comprende tre aree tematiche:

- espressioni e operazioni;
- equazioni e disequazioni;
- funzioni.

La prima area comprende l'abilità di operare e di valutare una varietà di espressioni algebriche, nonché di lavorare con successioni aritmetiche e geometriche. La seconda area comprende l'utilizzo di equazioni e disequazioni e di sistemi di equazioni e disequazioni per risolvere problemi. La terza area si concentra su varie rappresentazioni e proprietà delle funzioni.

Algebra: espressioni e operazioni

1. Operare con espressioni esponenziali, logaritmiche, polinomiali, razionali e irrazionali; eseguire operazioni con i numeri complessi.
2. Valutare espressioni algebriche (per esempio, esponenziali, logaritmiche, polinomiali, razionali e irrazionali).
3. Determinare il termine n -esimo di progressioni aritmetiche e geometriche e la somma di un numero finito di termini di una progressione o di una successione.

Algebra: equazioni e disequazioni

1. Risolvere equazioni e disequazioni lineari, equazioni e disequazioni quadratiche, così come sistemi lineari di equazioni e disequazioni.
2. Risolvere equazioni esponenziali, logaritmiche, polinomiali, razionali e irrazionali.
3. Usare equazioni o disequazioni per risolvere problemi contestuali.

Algebra: funzioni

1. Interpretare, collegare e produrre rappresentazioni equivalenti di funzioni, comprese le funzioni composte, come coppie ordinate, tabelle, grafici, formule o parole.
2. Identificare e confrontare le proprietà caratteristiche delle funzioni esponenziali, lo-

garitmiche, polinomiali, razionali e irrazionali.

Analisi

Il calcolo differenziale e integrale è uno strumento essenziale per comprendere i principi che governano il mondo fisico ed è il principale requisito di ingresso per la maggior parte dei corsi di laurea scientifici basati sulla matematica. I contenuti del calcolo differenziale e integrale per la matematica nell'indagine TIMSS Advanced si concentrano nelle seguenti aree tematiche:

- limiti;
- derivate;
- integrali.

Il focus è posto sulla comprensione del concetto di limite di funzione e sul calcolo di limiti, sulla derivata e sull'integrale di una gamma di funzioni e nell'uso di queste abilità nella risoluzione di problemi.

Analisi: limiti

1. Determinare limiti di funzioni, comprese le funzioni razionali.
2. Riconoscere e descrivere le condizioni per la continuità e la derivabilità di funzioni.

Analisi: derivate

1. Derivare funzioni polinomiali, esponenziali, logaritmiche, trigonometriche, razionali e irrazionali; derivare prodotti e quozienti di funzioni; derivare funzioni composte.
2. Usare le derivate per risolvere problemi di ottimizzazione e problemi sui tassi di variazione.
3. Usare la derivata prima e la derivata seconda per determinare la pendenza, gli estremi e i punti di flesso di funzioni polinomiali e di funzioni razionali.
4. Usare la derivata prima e la derivata seconda per disegnare e interpretare grafici di funzione.

Analisi: integrali

1. Integrare funzioni polinomiali, esponenziali, trigonometriche e semplici funzioni razionali.
2. Calcolare integrali definiti e applicare l'integrazione definita per determinare aree e volumi.

Geometria

Le applicazioni della geometria sono legate direttamente alla soluzione di molti problemi del mondo reale e vengono utilizzate ampiamente nelle scienze. Poiché la trigonometria ha le sue origini nello studio della misura degli elementi di un triangolo, il dominio dei contenuti della geometria include anche elementi di trigonometria.

Il dominio di geometria TIMSS Advanced 2015 si concentra su due aree tematiche comuni alla maggior parte dei *curricula* dei Paesi partecipanti:

- Geometria sintetica e geometria analitica,
- Trigonometria.

Il focus della geometria sintetica e della geometria analitica è posto sull'utilizzo delle proprietà delle figure geometriche per risolvere problemi in due o tre dimensioni e sulla risoluzione dei problemi con la geometria delle coordinate in due dimensioni o con l'uso dei vettori.

L'altra area tematica si concentra sulla trigonometria applicata ai triangoli e sulle funzioni trigonometriche.

Geometria: Geometria sintetica e Geometria analitica

1. Usare la geometria sintetica per risolvere problemi in due o in tre dimensioni.
2. Usare la geometria analitica per risolvere problemi in due dimensioni.
3. Applicare le proprietà di vettori, della loro somma o differenza per risolvere problemi.

Geometria: Trigonometria

1. Usare la trigonometria per risolvere problemi relativi ai triangoli.
2. Riconoscere, interpretare e disegnare i grafici delle funzioni seno, coseno e tangente.
3. Risolvere problemi riguardanti le funzioni trigonometriche.

2.1.2. Domini cognitivi per la matematica nell'indagine TIMSS Advanced 2015

La dimensione cognitiva della matematica è costituita da tre domini, basati sui processi di pensiero che gli studenti devono utilizzare quando si confrontano con gli item che sono stati sviluppati per la valutazione di TIMSS Advanced 2015.

Il primo dominio cognitivo, denominato conoscenza, è volto a verificare la capacità degli studenti di richiamare e riconoscere i fatti, le procedure e i concetti necessari per una solida conoscenza di base della matematica.

Il secondo dominio cognitivo, denominato applicazione, si concentra sull'utilizzo di queste conoscenze per modellare e implementare strategie per risolvere i problemi.

Il terzo dominio cognitivo, denominato ragionamento, include l'analisi, la sintesi, la generalizzazione e la giustificazione attraverso argomenti o dimostrazioni matematiche. Le situazioni che richiedono ragionamenti sono spesso non familiari oppure sono complesse.

Mentre c'è una certa gerarchia nei tre domini cognitivi (dalla conoscenza all'applicazione e dall'applicazione al ragionamento), ogni dominio contiene elementi che rappresentano una gamma completa di difficoltà. Le sezioni seguenti descrivono ulteriormente le abilità e i comportamenti di pensiero che definiscono i domini cognitivi. Le descrizioni generali sono seguite da elenchi di specifici comportamenti, da rilevare con item che

sono riferiti a ciascun dominio.

Ogni dominio di contenuto include item che sono stati pensati per riferirsi a ciascuno dei tre domini cognitivi. Di conseguenza, i domini di contenuto (algebra, analisi, geometria) comprendono item che riguardano la conoscenza, l'applicazione e il ragionamento.

Conoscenza

Il dominio cognitivo conoscenza si riferisce alla conoscenza degli studenti dei fatti matematici, dei concetti e delle procedure. Fatti e procedure matematici costituiscono la base per il pensiero matematico.

Ricordare	Ricordare definizioni, terminologia, notazioni, convenzioni matematiche, proprietà dei numeri, proprietà geometriche.
Riconoscere	Riconoscere entità che sono matematicamente equivalenti (per esempio, diverse rappresentazioni della stessa funzione).
Eeguire calcoli	Svolgere procedure algoritmiche (per esempio, determinare derivate di funzioni polinomiali, risolvere una semplice equazione).
Ricavare informazioni	Ricavare informazioni da grafici, tabelle, testi o da altre fonti.

Applicazione

Il dominio cognitivo applicazione comporta l'applicazione della matematica in una vasta gamma di contesti. In questo ambito gli studenti devono applicare conoscenze matematiche di fatti, abilità e procedure o comprensione di concetti matematici per creare rappresentazioni e risolvere problemi. I problemi possono essere proposti in situazioni di vita reale o possono essere di natura puramente matematica, che includono, per esempio, espressioni numeriche o algebriche, funzioni, equazioni o figure geometriche.

Determinare	Determinare metodi efficienti ed appropriati, strategie, strumenti per risolvere problemi per i quali esiste un metodo di soluzione comunemente usato.
Rappresentare/Model- lizzare	Costruire un'equazione o un diagramma che modellizzano situazioni problematiche e costruire rappresentazioni equivalenti per un'assegnata relazione matematica o per una serie di informazioni.
Implementare	Implementare strategie e operazioni per risolvere problemi, utilizzando concetti e procedure matematiche famigliari agli studenti.

Ragionamento

Il ragionamento matematico comporta un pensiero logico e sistematico. I problemi che richiedono il ragionamento possono essere dati in modi diversi, per la novità del contesto o per la complessità della situazione, del numero di decisioni e dei passi che possono richiedere la conoscenza e la comprensione di diverse aree della matematica. Il ragionamento prevede la formulazione di congetture e di deduzioni logiche basate su specifiche ipotesi e regole, giustificando i risultati.

Analizzare	Identificare gli elementi di un problema e determinare le informazioni, procedure e strategie necessarie per risolvere il problema.
Integrare/Sintetizzare	Collegare diversi elementi di conoscenza, rappresentazioni correlate e procedure per risolvere problemi.
Valutare	Determinare l'appropriatezza di strategie e soluzioni alternative.
Dedurre	Trarre valide inferenze sulla base dell'informazione e dell'evidenza.
Generalizzare	Fare affermazioni che rappresentano relazioni in termini più generali e più ampiamente applicabili.
Giustificare	Fornire ragionamenti matematici o dimostrazioni per sostenere una strategia, una soluzione o un'affermazione.

2.2 Quadro internazionale dei risultati nell'indagine TIMSS Advanced 2015 in matematica

All'indagine TIMSS Advanced 2015 per la matematica hanno partecipato nove Paesi: Federazione Russa (con due diverse tipologie di curriculum in matematica di livello avanzato), Francia, Italia, Libano, Norvegia, Portogallo, Slovenia, Svezia e USA.

L'indagine TIMSS Advanced ha come obiettivo la rilevazione degli apprendimenti degli studenti in matematica e fisica all'ultimo anno della scuola secondaria, che nella maggior parte dei Paesi partecipanti corrisponde al 12° anno di scolarità, mentre per alcuni Paesi, fra i quali l'Italia, corrisponde al 13° anno, ossia al quinto anno della Scuola secondaria di secondo grado.

Nel nostro Paese hanno partecipato 3318 studenti suddivisi in 113 scuole secondarie di secondo grado.

Poiché questa indagine riguarda gli studenti che seguono corsi di matematica di livello avanzato e di fisica, in Italia ciò ha significato il coinvolgimento dei Licei Scientifici (per la matematica e per la fisica) e degli Istituti Tecnici - settore Tecnologico (solo per la matematica).

L'indagine TIMSS Advanced è stata realizzata per la prima volta nel 1995 e ripetuta poi nel 2008 e consente, quindi, una comparazione diacronica fra i Paesi nell'arco di 20 anni. L'Italia ha partecipato a tutte le indagini.

I risultati di TIMSS Advanced devono necessariamente essere considerati in concomitanza con i dati relativi alla copertura della popolazione nei differenti Paesi, ossia la percentuale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado rappresentati nel campione TIMSS Advanced in quanto studenti frequentanti rispettivamente corsi di matematica di livello avanzato e/o di fisica. Ciò fornisce informazioni, per ciascun Paese, su quanti esperti nelle discipline scientifiche e tecnologiche, e a quale livello, si stanno formando; in altre parole, sulla maggiore o minore partecipazione dei sistemi scolastici in merito a questo tipo di formazione.

I Paesi che hanno partecipato all'indagine differiscono notevolmente tra loro, andando dall'1,9% degli studenti partecipanti al programma di studio intensivo (6 ore o più alla settimana di matematica di livello avanzato) della Federazione Russa al 34,4% della Slovenia.

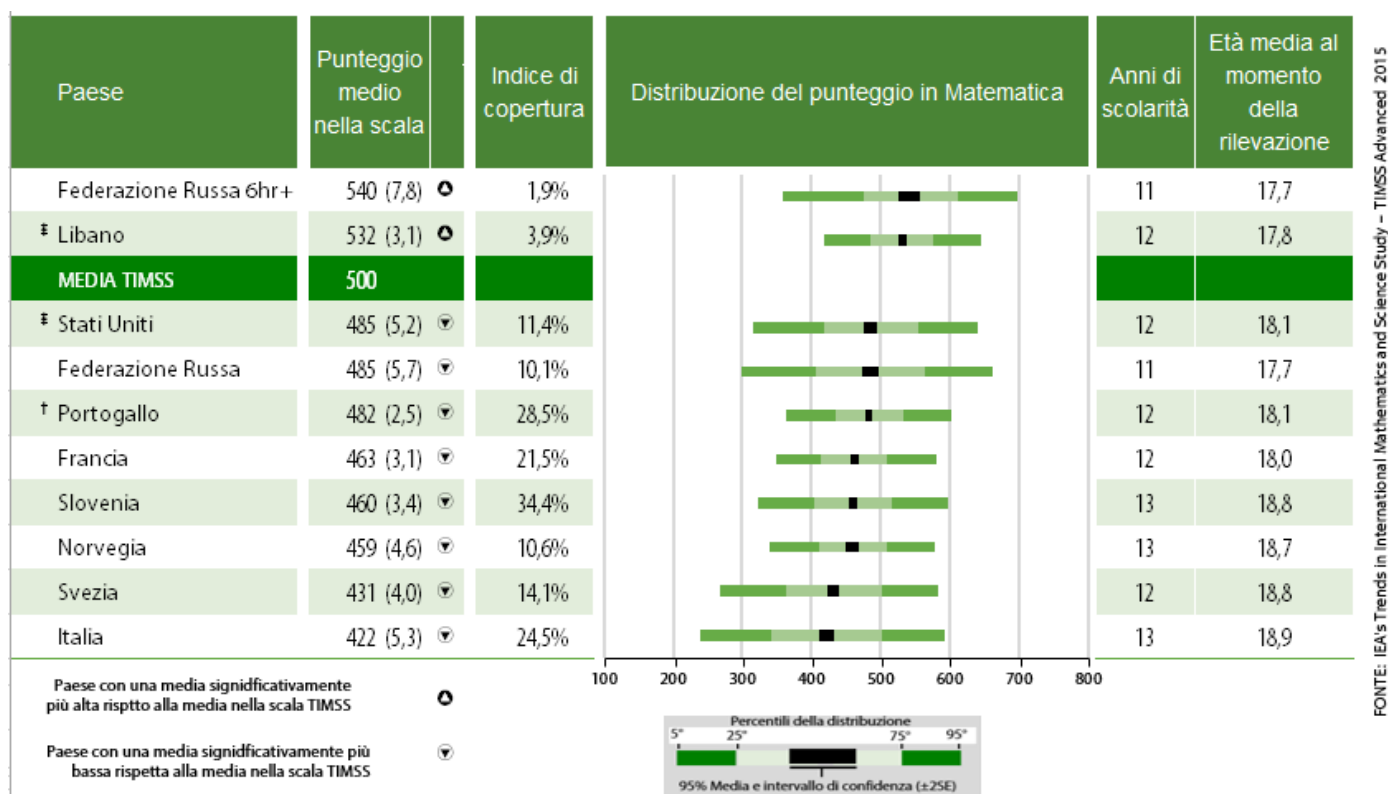
L'Italia ha una percentuale di copertura della popolazione scolastica del 24,5%, fra le più alte tra i Paesi partecipanti, a indicare che la matematica avanzata è insegnata a circa un quarto della popolazione totale degli studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado. Gli studenti italiani coinvolti in TIMSS Advanced Matematica sono quelli che frequentano il Liceo Scientifico o un Istituto Tecnico del settore Tecnologico. Si tenga tuttavia presente che mentre i Licei Scientifici svolgono un orario settimanale, nelle classi III, IV e V, di 4 ore (pari formalmente a 132 ore di matematica per ciascun anno scolastico), gli Istituti Tecnici - settore Tecnologico svolgono 4 ore settimanali nella classe III e nella classe IV mentre nella classe 5^a svolgono 3 ore settimanali di matema-

tica (pari formalmente in un anno scolastico a 99 ore di matematica).

I punteggi medi più alti si osservano fra gli studenti russi inclusi in un programma di studio intensivo (6 ore o più di matematica per settimana) e fra gli studenti libanesi. Mentre gli studenti italiani, con una media di 422, e gli studenti svedesi, con una media di 431, ottengono i punteggi più bassi fra i Paesi partecipanti. Tuttavia, la Svezia include nella formazione in matematica avanzata soltanto il 14,1% di studenti dell'ultimo anno, contro il 24,5% dell'Italia.

Nella Figura 2.2.1 sono riportati i Paesi partecipanti all'indagine TIMSS Advanced 2015 per la matematica in ordine decrescente di punteggio medio ottenuto. La Federazione Russa compare due volte perché ha partecipato con due distinti gruppi di studenti, che seguono corsi diversi, il primo di carattere intensivo, con 6 o più ore settimanali di matematica, e il secondo con 4,5 ore settimanali di matematica.

Figura 2.2.1: Punteggi medi degli studenti in matematica



FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Il punteggio medio della scala TIMSS Advanced è posto a 500 punti. Solo due Paesi, la Federazione Russa (con il curriculum intensivo di 6 ore o più di matematica alla settimana) e il Libano, riportano un punteggio medio superiore a 500. Gli altri Paesi partecipanti riportano un punteggio medio inferiore a 500 e l'Italia riporta il punteggio medio più basso tra tutti i Paesi partecipanti.

La penultima colonna indica il numero di anni di scuola formale dei Paesi partecipanti. Si noti che gli studenti russi arrivano all'ultima classe della scuola secondaria all'11° anno di scuola formale, mentre gli studenti italiani, con quelli sloveni e norvegesi, ci

arrivano al 13° anno di scuola formale e i rimanenti Paesi al 12° anno.

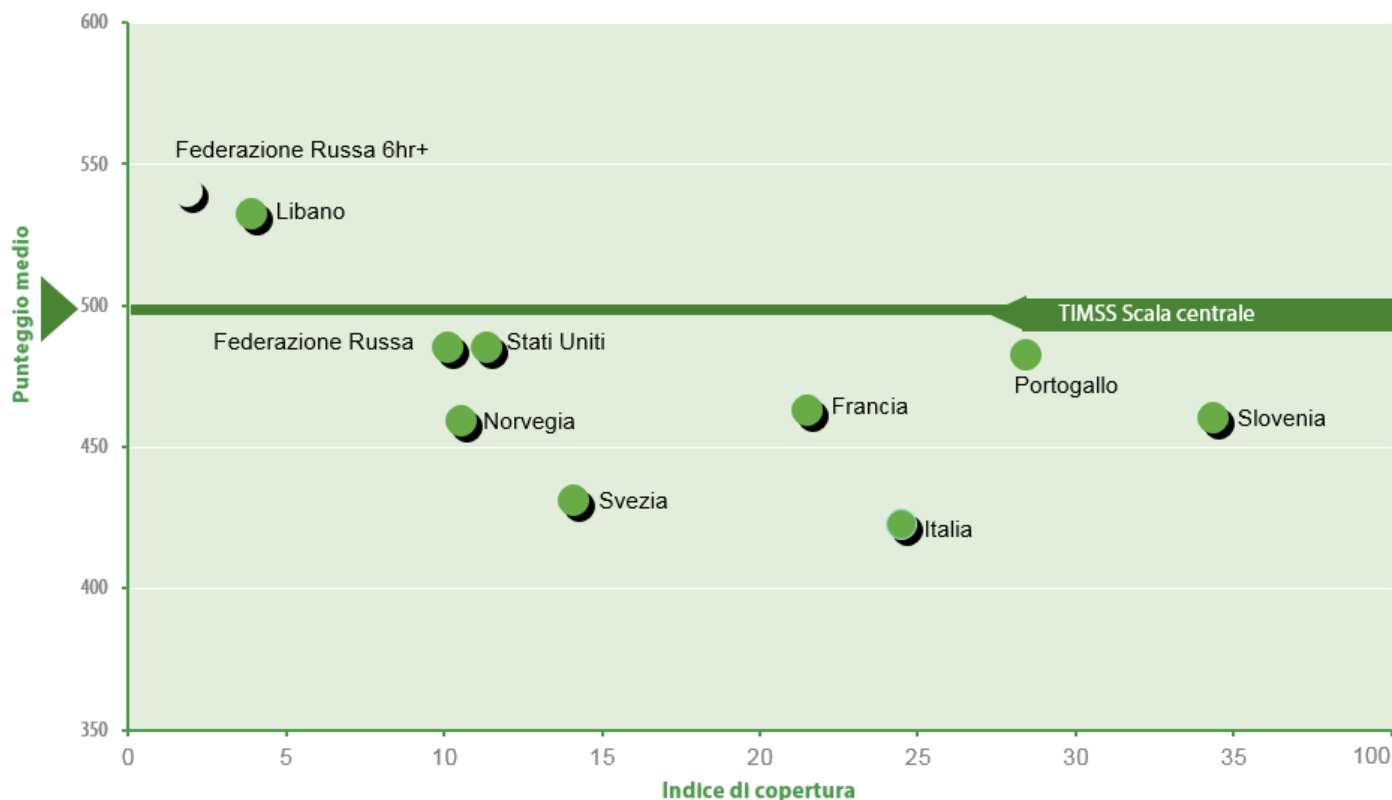
Si tenga presente che l'ultima colonna della Figura rappresenta la percentuale di studenti della classe finale che segue corsi con matematica di livello avanzato.

La quarta colonna della Figura precedente riporta la distribuzione dei punteggi. Un intervallo più corto rivela una maggiore omogeneità dei risultati: si veda per esempio l'intervallo relativo alla Francia o quello riferito al Libano. Un intervallo più lungo rivela invece una maggiore variabilità e dispersione dei punteggi. L'Italia ha una distribuzione dei punteggi molto ampia, da circa 230 a circa 590. L'Italia, assieme alla Svezia, consegue anche punteggi molto bassi, che arrivano al di sotto di 300 punti.

Si noti anche la colonna che riporta il numero di anni di scuola formale e l'età media dei partecipanti alla rilevazione nei singoli Paesi. L'età media dei partecipanti è la più bassa per il corso con 6 o più ore di matematica della Federazione Russa (17,7 anni) ed è la più alta per l'Italia (18,9 anni di età).

Nella Figura 2.2.2 è riportato sinteticamente il quadro internazionale dei risultati TIMSS Advanced 2015, dove in orizzontale è riportata la percentuale di copertura della matematica avanzata sulla popolazione degli studenti (percentuale della popolazione studentesca che segue un programma di matematica di livello avanzato nell'ultima classe di istruzione secondaria) e in verticale il punteggio medio in matematica di livello avanzato riportato dai singoli Paesi.

Figura 2.2.2: Rendimento medio in matematica e indice di copertura



La Federazione Russa, dove solo una percentuale minima di studenti segue un programma avanzato di matematica ottiene risultati migliori insieme al Libano. L'Italia invece ha

una percentuale elevata di studenti che seguente programma di matematica a livello avanzato e il punteggio medio dei nostri studenti risulta essere il più basso.

La Figura 2.2.3 illustra il confronto tra i punteggi medi riportati dai singoli Paesi.

Figura 2.2.3: Comparazione multipla tra i punteggi medi di matematica

Istruzioni: Leggere lungo la riga riferita ad un paese per confrontarne la performance con i paesi elencati sulla parte superiore del grafico. I simboli indicano se il punteggio medio del paese lungo la riga è significativamente inferiore o significativamente superiore rispetto al paese di confronto o se non vi è alcuna differenza statisticamente significativa tra i punteggi medi dei due paesi.

Paese	Punteggio medio nella scala	Federazione Russa 6hr+	Libano	Stati Uniti	Federazione Russa	Portogallo	Francia	Slovenia	Norvegia	Svezia	Italia
Federazione Russa 6hr+	540 (7,8)		●	●	●	●	●	●	●	●	●
Libano	532 (3,1)			●	●	●	●	●	●	●	●
Stati Uniti	485 (5,2)	▼	▼				●	●	●	●	●
Federazione Russa	485 (5,7)	▼	▼				●	●	●	●	●
Portogallo	482 (2,5)	▼	▼				●	●	●	●	●
Francia	463 (3,1)	▼	▼	▼	▼	▼				●	●
Slovenia	460 (3,4)	▼	▼	▼	▼	▼				●	●
Norvegia	459 (4,6)	▼	▼	▼	▼	▼				●	●
Svezia	431 (4,0)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼			
Italia	422 (5,3)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼		

● Punteggio medio significativamente superiore rispetto al paese di confronto
▼ Punteggio medio significativamente inferiore rispetto al paese di confronto

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

I simboli indicano quando, nel confronto tra due paesi, il livello medio del punteggio è significativamente superiore (o inferiore) a quello riportato da un altro Paese. Se non c'è scritto nulla, significa che la differenza tra i punteggi medi riportati è statisticamente non significativa. Per l'Italia il diagramma è facile da interpretare: tutti i Paesi partecipanti, tranne la Svezia, riportano punteggi medi significativamente superiori a quello riportato dall'Italia.

2.3 Livelli di rendimento (*benchmark*) in matematica

L'indagine TIMSS Advanced descrive gli apprendimenti in matematica riferendosi a tre livelli di rendimento (*benchmark*) fissati a livello internazionale. La suddivisione di TIMSS Advanced per livelli è definita in base a dei valori di soglia del punteggio, così distribuiti:

- Livello avanzato: punteggio uguale o superiore a 625 punti;
- Livello alto: punteggio uguale o superiore a 550 punti;
- Livello intermedio: punteggio uguale o superiore a 475.

La Tabella seguente illustra i livelli di rendimento per la matematica.

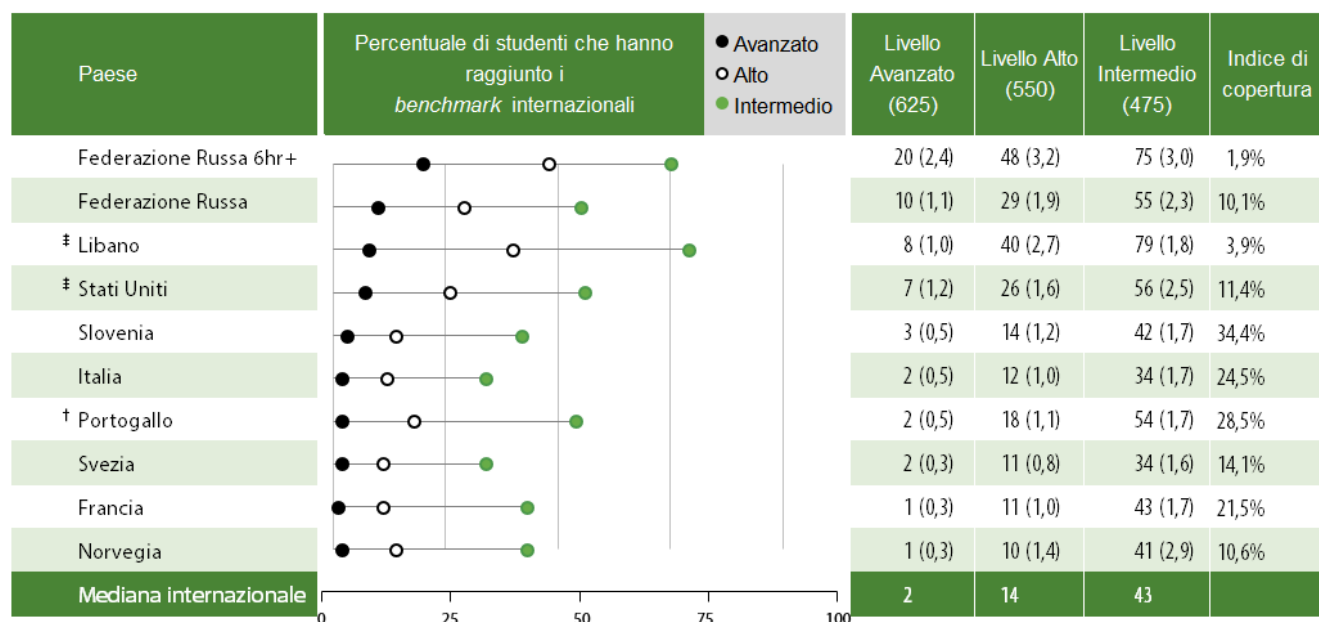
Tabella 2.3.1: Livelli di rendimento in matematica

625	Benchmark avanzato	●
	<i>Gli studenti dimostrano una comprensione approfondita dei concetti, padronanza delle procedure e delle abilità di ragionamento matematico. Possono risolvere problemi in contesti complessi in algebra, calcolo differenziale e integrale, geometria e trigonometria.</i> In algebra, gli studenti possono ragionare con le funzioni per risolvere problemi puramente matematici. Essi dimostrano di operare facilmente con i numeri complessi e con le permutazioni e possono trovare la somma di una successione geometrica sia finita che infinita. Nel calcolo differenziale e integrale, gli studenti dimostrano una comprensione approfondita della continuità e della derivabilità. Possono risolvere i problemi relativi all'ottimizzazione in diversi contesti e giustificare le soluzioni trovate. Sono in grado di utilizzare gli integrali definiti per calcolare l'area tra due curve. Gli studenti utilizzano il ragionamento geometrico per risolvere problemi complessi. Essi utilizzano le proprietà dei vettori per esprimere relazioni tra vettori. Sono in grado di utilizzare proprietà trigonometriche, inclusi il teorema dei seni e il teorema del coseno, per risolvere problemi non di routine sulle figure geometriche.	
550	Benchmark alto	○
	<i>Gli studenti sono in grado di applicare un'ampia gamma di concetti matematici e di procedure in algebra, calcolo differenziale e integrale, geometria e trigonometria per analizzare e risolvere problemi con più passi risolutivi, proposti in contesti di routine e non di routine.</i> Gli studenti possono analizzare e risolvere problemi di algebra, inclusi problemi posti in un contesto pratico. Possono risolvere problemi che richiedono l'interpretazione delle informazioni relative a funzioni e a grafici delle funzioni. Possono determinare la somma di una progressione e risolvere disequazioni quadratiche e altre disequazioni. Sono in grado di semplificare espressioni logaritmiche e di moltiplicare numeri complessi. Nel calcolo differenziale e integrale, gli studenti hanno una conoscenza fondamentale della continuità e della derivabilità. Possono analizzare le equazioni di funzioni e i grafici di funzioni. Sono in grado di correlare i grafici delle funzioni con i grafici e i segni delle rispettive derivate prime e seconde. Gli studenti mostrano una certa comprensione concettuale degli integrali definiti. Gli studenti sono in grado di utilizzare proprietà trigonometriche per risolvere una varietà di problemi che implicano funzioni trigonometriche e figure geometriche. Possono utilizzare il piano cartesiano per risolvere i problemi, identificare un vettore perpendicolare ad un determinato vettore e dimostrare che un quadrilatero dato nel sistema di coordinate è un parallelogramma.	
475	Benchmark intermedio	●
	<i>Gli studenti dimostrano una conoscenza di base dei concetti e delle procedure in algebra, nel calcolo differenziale e integrale e in geometria per risolvere problemi di routine.</i> Gli studenti sono in grado di applicare e trasformare una formula per risolvere un problema proposto a parole. Sono in grado di trovare un termine in una successione geometrica e analizzare una soluzione proposta di una semplice equazione logaritmica. Sono in grado di riconoscere il grafico del valore assoluto di una funzione, di identificare e trovare valori di funzioni composte. Gli studenti sono in grado di trovare la derivata di funzioni esponenziali, trigonometriche e semplici funzioni razionali. Sono in grado di trovare i limiti di funzioni razionali ed esponenziali. Sono in grado di fare collegamenti tra il segno della derivata prima e il grafico di una funzione. Gli studenti sono in grado di utilizzare la conoscenza delle proprietà di base delle figure geometriche e il teorema di Pitagora per risolvere problemi. Sono in grado di sommare e sottrarre vettori assegnati tramite le loro coordinate.	

FONTE: IEA's Trends International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

La Figura 2.3.2 riporta il rendimento dei singoli Paesi e le percentuali di studenti che raggiungono i tre livelli di rendimento (*benchmark*) internazionali: avanzato, alto e intermedio.

Figura 2.3.2: Risultati in matematica rispetto ai benchmark internazionali - grado 13



FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Per una lettura più agevole della precedente Figura, consideriamo ad esempio la riga degli Stati Uniti. Negli Stati Uniti il 56% degli studenti partecipanti all'indagine raggiunge o supera il livello intermedio (maggiore o uguale a 475 punti). Di questi, il 26% raggiunge o supera il livello alto (punteggio maggiore o uguale a 550 punti). Infine, di questi, il 7% raggiunge il livello avanzato (maggiore o uguale di 625 punti).

In definitiva si collocano esattamente al livello intermedio il 30% (56%-26%) degli studenti negli USA; all'interno del livello alto il 19% (26%-7%) e nel livello avanzato il 7% degli studenti.

L'ultima colonna dice che negli USA il programma di matematica di livello avanzato è seguito dall'11,4% degli studenti.

Mediamente solo il 2% degli studenti, a livello internazionale, raggiunge il *benchmark* avanzato, ma nella Federazione Russa, Libano e Stati Uniti la percentuale sale al 7-10%. In Italia, questo *benchmark* è appannaggio solo del 2% di studenti, in linea con la media internazionale; rispetto alle macroaree geografiche questa percentuale aumenta al 5% nel Nord Est e al 4% nel Nord Ovest, per diminuire fino allo 0% nel Sud Isole.

Il *benchmark* intermedio è raggiunto dal 43% degli studenti a livello internazionale e dal 34% degli studenti italiani; rispetto alle macroaree geografiche, possiamo vedere la netta separazione tra le regioni settentrionali, che si attestano sopra il 50%, e quelle meridionali e le Isole, dove la percentuale di studenti che raggiungono almeno questo *benchmark* scende sotto il 25%, per arrivare fino al 10% nel Sud Isole.

2.4 Analisi dei risultati nei diversi domini

La Figura 2.4.1 presenta i risultati dell'indagine TIMSS Advanced 2015 nei domini di contenuto algebra, analisi e geometria.

Figura 2.4.1: Punteggi nei domini di contenuto in matematica

Paese	Punteggio medio nella scala totale	Algebra (37 items)			Analisi (34 items)			Geometria (30 items)		
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	
Federazione Russa 6hr+	540 (7,8)	556 (9,0)	16 (3,9) ▲		513 (8,0)	-27 (2,3) ▼		560 (8,4)	20 (3,2) ▲	
‡ Libano	532 (3,1)	525 (4,0)	-6 (3,6)		544 (3,9)	12 (2,8) ▲		526 (3,7)	-6 (2,3) ▼	
‡ Stati Uniti	485 (5,2)	478 (5,0)	-7 (1,7) ▼		504 (6,0)	19 (2,9) ▲		455 (5,7)	-30 (2,6) ▼	
Federazione Russa	485 (5,7)	495 (6,3)	10 (1,9) ▲		459 (5,9)	-26 (1,2) ▼		500 (5,8)	15 (1,0) ▲	
† Portogallo	482 (2,5)	495 (2,7)	12 (1,5) ▲		476 (2,6)	-6 (1,4) ▼		464 (3,2)	-18 (1,5) ▼	
Francia	463 (3,1)	469 (2,9)	7 (1,8) ▲		466 (3,2)	3 (1,8)		441 (3,7)	-22 (1,3) ▼	
Slovenia	460 (3,4)	474 (3,5)	14 (1,1) ▲		437 (4,4)	-23 (2,0) ▼		456 (4,0)	-4 (1,4) ▼	
Norvegia	459 (4,6)	446 (4,1)	-13 (1,6) ▼		463 (5,3)	4 (1,5) ▲		473 (4,6)	14 (2,0) ▲	
Svezia	431 (4,0)	422 (4,1)	-9 (1,2) ▼		438 (3,9)	7 (1,5) ▲		430 (3,7)	-1 (1,4)	
Italia	422 (5,3)	414 (5,1)	-8 (2,2) ▼		433 (5,2)	11 (2,7) ▲		413 (5,7)	-9 (3,2) ▼	

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
 ▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Come si vede dalla Figura, gli studenti della Federazione Russa che seguono un programma intensivo di 6 ore o più di matematica alla settimana riportano un punteggio medio nella scala complessiva di matematica di 540, con un punteggio medio di 556 in algebra (presente nell'indagine del 2015 con 37 item), di 513 in analisi (34 item) e di 560 in geometria (30 item). Gli studenti russi, assieme a quelli norvegesi, conseguono i punteggi più alti in geometria e i più bassi in analisi, al contrario di altri Paesi, come ad esempio gli Stati Uniti e l'Italia, che hanno i punteggi più alti nell'analisi e i più bassi in geometria.

I Paesi che conseguono i risultati migliori nei singoli domini di contenuto rispetto alla propria scala complessiva sono:

risultati migliori in algebra: Portogallo, Francia e Slovenia;

risultati migliori in analisi: Libano, Stati Uniti, Svezia e Italia;

risultati migliori in geometria: i due tipi di corso della Federazione Russa e Norvegia.

La Figura 2.4.2 presenta i risultati dell'indagine TIMSS Advanced 2015 nei domini di contenuto algebra, analisi e geometria, suddivisi per genere.

I dati suddivisi per maschi e femmine confermano quanto è emerso dal dato globale. Ad esempio i risultati migliori in geometria sono conseguiti dai due tipi di corso della

Federazioni Russa e dalla Norvegia sia per i ragazzi che per le ragazze. E lo stesso avviene per gli altri due domini di contenuto.

Le ragazze conseguono risultati inferiori a quelli dei ragazzi, escluso il Libano e l'Italia, dove i risultati sono pressoché allo stesso livello o leggermente superiori per le ragazze.

Figura 2.4.2: Punteggi nei domini di contenuto in matematica per genere

Paese	Algebra		Analisi		Geometria	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Federazione Russa 6hr+	544 (10,3)	567 (8,5) ▲	504 (9,3)	521 (7,6) ▲	548 (9,2)	571 (8,2) ▲
‡ Libano	525 (6,1)	526 (4,1)	548 (5,1)	542 (4,5)	523 (7,2)	527 (3,9)
‡ Stati Uniti	466 (5,2)	490 (6,8) ▲	492 (6,4)	517 (7,6) ▲	435 (6,2)	474 (6,5) ▲
Federazione Russa	489 (6,5)	501 (6,7) ▲	456 (6,3)	462 (6,3)	492 (6,1)	507 (6,2) ▲
† Portogallo	494 (3,0)	495 (3,4)	477 (3,5)	474 (3,8)	457 (4,2)	471 (3,9) ▲
Francia	455 (3,4)	482 (3,5) ▲	453 (3,5)	478 (3,6) ▲	426 (4,2)	454 (3,8) ▲
Slovenia	464 (3,6)	487 (4,9) ▲	425 (4,8)	454 (5,7) ▲	441 (4,4)	478 (5,3) ▲
Norvegia	443 (4,5)	449 (5,1)	457 (6,1)	467 (6,0)	466 (5,4)	477 (6,0)
Svezia	413 (4,7)	428 (4,7) ▲	435 (5,0)	440 (4,7)	421 (4,4)	436 (4,3) ▲
Italia	420 (6,1)	411 (6,7)	439 (6,1)	429 (6,7)	413 (7,6)	413 (6,7)
Media internazionale	463 (1,6)	474 (1,8) ▲	465 (1,8)	474 (1,9) ▲	453 (1,9)	471 (1,8) ▲

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

0 Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

I risultati della Federazione Russa 6hr+ riguardano un sottoinsieme di studenti della Federazione Russa. Questo sottoinsieme di studenti frequenta un corso intensivo di matematica di almeno 6 ore a settimana.

La Figura 2.4.3 presenta i risultati dell'indagine TIMSS Advanced 2015 nei domini cognitivi conoscenza, applicazione e ragionamento.

Figura 2.4.3: Punteggi nei domini cognitivi in matematica - grado 13

Paese	Punteggio medio nella scala totale	Conoscenza (32 items)		Applicazione (40 items)		Ragionamento (29 items)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Federazione Russa 6hr+	540 (7,8)	538 (8,8)	-2 (2,0)	544 (8,1)	4 (2,0)	541 (7,2)	1 (2,1)
‡ Libano	532 (3,1)	543 (4,5)	11 (2,9) ▲	529 (3,8)	-3 (2,8)	527 (3,9)	-5 (2,2) ▼
‡ Stati Uniti	485 (5,2)	488 (5,7)	3 (2,3)	480 (5,5)	-5 (2,0) ▼	484 (5,3)	-1 (2,2)
Federazione Russa	485 (5,7)	478 (6,7)	-7 (1,7) ▼	491 (6,1)	6 (1,7) ▲	484 (5,3)	-1 (1,2)
† Portogallo	482 (2,5)	479 (3,0)	-3 (1,6)	476 (2,9)	-6 (1,8) ▼	488 (3,5)	6 (2,2) ▲
Francia	463 (3,1)	475 (2,7)	13 (2,0) ▲	449 (3,4)	-14 (1,5) ▼	462 (3,1)	0 (0,9)
Slovenia	460 (3,4)	466 (3,5)	6 (1,7) ▲	465 (4,0)	5 (2,1) ▲	442 (4,0)	-17 (1,6) ▼
Norvegia	459 (4,6)	445 (4,1)	-14 (1,8) ▼	459 (5,1)	0 (2,0)	469 (4,4)	9 (1,4) ▲
Svezia	431 (4,0)	405 (4,7)	-26 (1,4) ▼	434 (3,6)	3 (1,5)	447 (3,9)	16 (2,0) ▲
Italia	422 (5,3)	423 (5,5)	1 (1,9)	425 (5,4)	3 (2,2)	411 (5,9)	-11 (3,1) ▼

▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale

▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Come si vede dalla Figura, gli studenti della Federazione Russa che seguono un programma intensivo di 6 ore o più di matematica alla settimana riportano un punteggio medio di 540 in generale, con un punteggio medio di 538 per il dominio cognitivo conoscenza (presente nell'indagine del 2015 con 32 item), di 544 per il dominio applicazione (40 item) e di 541 per il dominio ragionamento (29 item).

I Paesi che conseguono risultati migliori nei singoli domini cognitivi rispetto al proprio punteggio nella scala complessiva sono:

risultati migliori nel dominio conoscenza: Libano, Stati Uniti, Francia, Slovenia;

risultati migliori nel dominio applicazione: Federazione Russa (corso intensivo con 6 ore o più di matematica alla settimana), Federazione Russa, Italia;

risultati migliori nel dominio ragionamento: Portogallo, Norvegia, Svezia.

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

La Figura 2.4.4 presenta i risultati dell'indagine TIMSS Advanced 2015 nei domini cognitivi: conoscenza, applicazione, ragionamento suddivisi per genere.

Figura 2.4.4: Punteggi nei domini cognitivi in matematica per genere - grado 13

Paese	Conoscenza		Applicazione		Ragionamento	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Federazione Russa 6hr+	527 (10,0)	547 (8,6) ▲	535 (9,4)	552 (7,7) ▲	530 (8,1)	550 (7,1) ▲
‡ Libano	540 (7,2)	544 (4,4)	534 (5,1)	527 (4,9)	525 (6,1)	527 (4,2)
‡ Stati Uniti	474 (6,1)	502 (7,0) ▲	468 (5,7)	491 (6,6) ▲	468 (5,7)	501 (6,6) ▲
Federazione Russa	474 (7,3)	482 (7,0)	487 (6,7)	495 (6,4)	478 (5,5)	490 (5,9) ▲
† Portogallo	480 (3,4)	479 (3,5)	475 (3,4)	476 (3,3)	485 (4,0)	491 (3,9)
Francia	465 (2,9)	485 (3,3) ▲	434 (3,7)	463 (4,0) ▲	446 (3,6)	477 (3,7) ▲
Slovenia	456 (3,8)	481 (4,9) ▲	455 (3,3)	480 (6,8) ▲	428 (4,9)	464 (5,8) ▲
Norvegia	439 (5,3)	449 (5,2)	456 (6,4)	461 (5,7)	461 (4,9)	473 (5,2) ▲
Svezia	395 (5,7)	412 (5,3) ▲	429 (4,5)	437 (4,9)	438 (5,5)	453 (4,0) ▲
Italia	431 (5,9)	418 (7,0)	431 (6,3)	422 (6,6)	410 (7,2)	412 (7,4)
Media internazionale	461 (1,8)	472 (1,8) ▲	463 (1,7)	472 (1,9) ▲	460 (1,8)	476 (1,8) ▲

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

I risultati della Federazione Russa 6hr+ riguardano un sottoinsieme di studenti della Federazione Russa. Questo sottoinsieme di studenti frequenta un corso intensivo di matematica di almeno 6 ore a settimana.

Sia per le ragazze che per i ragazzi, si ritrovano nei singoli Paesi gli stessi risultati trovati globalmente, ed esattamente:

risultati migliori nel dominio conoscenza sia per le ragazze che per i ragazzi: Libano, Stati Uniti, Francia, Slovenia;

risultati migliori nel dominio applicazione sia per le ragazze che per i ragazzi: Federazione Russa (corso intensivo con 6 ore o più di matematica alla settimana), Federazione Russa, Italia;

risultati migliori nel dominio ragionamento sia le ragazze che per i ragazzi: Portogallo, Norvegia, Svezia.

2.4.1 Risultati nei domini di contenuto in Italia

Il rendimento nei domini di contenuto (algebra, analisi, geometria) in Italia è rappresentato nella seguente Figura, suddivisa per macroaree geografiche. Le macroaree geografiche sono le seguenti:

- Nord Ovest: Piemonte, Lombardia, Liguria, Valle D'Aosta
- Nord Est: Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Provincia Autonoma di Trento, Provincia Autonoma di Bolzano
- Centro: Toscana, Umbria, Marche, Lazio
- Sud: Abruzzo, Molise, Campania, Puglia
- Sud Isole: Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

Gli item assegnati nella prova di matematica di livello avanzato erano suddivisi nei tre domini di contenuto nel seguente modo:

- algebra: 37 item
- analisi: 34 item
- geometria: 30 item.

Figura 2.4.5: Punteggi nei domini di contenuto in matematica per area geografica

Macroarea Geografica	Puntaggio medio nella scala totale	Algebra (37 item)		Analisi (34 item)		Geometria (30 item)	
		Puntaggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Puntaggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Puntaggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Nord Ovest	469 (8,7)	461 (8,8)	-7,2 (3,4) ▼	477 (9,2)	8 (4,9)	462 (9,7)	-7 (6,0)
Nord Est	483 (12,7)	481 (12,4)	-2,5 (3,7)	491 (12,2)	7 (3,8)	475 (12,6)	-9 (4,0) ▼
Centro	403 (12,3)	393 (13,1)	-10,1 (5,5)	415 (12,3)	11 (3,8) ▲	396 (12,7)	-7 (3,2) ▼
Sud	397 (8,9)	389 (8,7)	-7,9 (2,8) ▼	408 (8,7)	12 (2,8) ▲	386 (10,1)	-11 (4,3) ▼
Sud Isole	348 (10,9)	339 (10,9)	-9,7 (3,9) ▼	364 (9,6)	16 (5,1) ▲	337 (9,7)	-11 (5,1) ▼
Italia	422 (5,3)	414 (5,1)	-8 (2,2) ▼	433 (5,2)	11 (2,7) ▲	413 (5,7)	-9 (3,2) ▼

- ▲ Puntaggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
▼ Puntaggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Nella Figura precedente possiamo notare che in Italia i punteggi più elevati si hanno in analisi e i risultati più bassi in geometria (compresa trigonometria). Mediamente, l'Italia ottiene i punteggi medi di 422 punti per l'algebra, di 433 punti per l'analisi e di 413 punti per la geometria. Rispetto ai singoli domini di contenuto, troviamo i valori più alti nella macroarea geografica del Nord Est, rispettivamente con 481 punti in algebra, 491 punti in analisi e 475 punti in geometria. Troviamo i valori più bassi nella macroarea geografica Sud Isole (rispettivamente, 348 per l'algebra, 364 per l'analisi e 337

punti per la geometria).

Il punteggio leggermente più alto in analisi forse è dovuto al fatto che questi argomenti sono svolti in Italia prevalentemente nella classe V (o nelle classi IV e V per gli Istituti Tecnici - settore Tecnologico), che è la classe in cui viene effettuata la rilevazione, mentre gli argomenti di geometria, compresa la trigonometria, sono svolti negli anni precedenti alla classe quinta. Lo stesso effetto, anche se in modo più attenuato rispetto al dominio geometria, si può leggere per quanto riguarda il dominio di contenuto riguardante l'algebra.

2.4.2 Risultati nei domini cognitivi in Italia

Oltre che per i domini di contenuto, gli item assegnati nella prova TIMSS Advanced di matematica di livello avanzato erano suddivisi in tre domini cognitivi:

- conoscenza: 32 item
- applicazione: 40 item
- ragionamento: 29 item.

Il rendimento nei domini cognitivi (conoscenza, applicazione, ragionamento) in Italia è rappresentato nella seguente Figura.

Figura 2.4.6: Punteggi nei domini cognitivi in matematica per area geografica

Macroarea Geografica	Punteggio medio nella scala totale	Conoscenza (32 items)		Applicazione (40 items)		Ragionamento (29 items)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Nord Ovest	469 (8,7)	467 (9,6)	-2 (3,9)	470 (9,3)	2 (3,5)	460 (9,9)	-8 (3,9) ▼
Nord Est	483 (12,7)	486 (13,2)	3 (3,3)	484 (12,3)	1 (2,7)	475 (12,9)	-8 (3,8) ▼
Centro	403 (12,3)	404 (11,8)	1 (3,0)	406 (12,7)	3 (4,0)	391 (12,8)	-12 (4,3) ▼
Sud	397 (8,9)	399 (8,8)	2 (3,1)	402 (8,7)	5 (3,0)	384 (9,7)	-13 (3,6) ▼
Sud Isole	348 (10,9)	350 (10,9)	2 (5,4)	354 (10,1)	5 (3,7)	336 (11,3)	-13 (6,5)
Italia	422 (5,3)	423 (5,5)	1 (1,9)	425 (5,4)	3 (2,2)	411 (5,9)	-11 (3,1) ▼

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Per il dominio cognitivo conoscenza il punteggio medio in Italia è di 423 punti, per il dominio applicazione è di 425 punti e per il dominio cognitivo ragionamento è di 411 punti.

Nella Figura si vede che anche per i domini cognitivi dell'indagine TIMSS Advanced (conoscenza, applicazione, ragionamento) si hanno i risultati più alti nella macroarea del Nord Est e quelli più bassi nella macroarea Sud Isole. Rispetto alla scala complessiva di matematica i nostri studenti ottengono punteggi peggiori nel dominio ragionamento

in tutte le macroaree geografiche ad eccezione del Sud Isole, dove tale differenza non risulta essere statisticamente significativa.

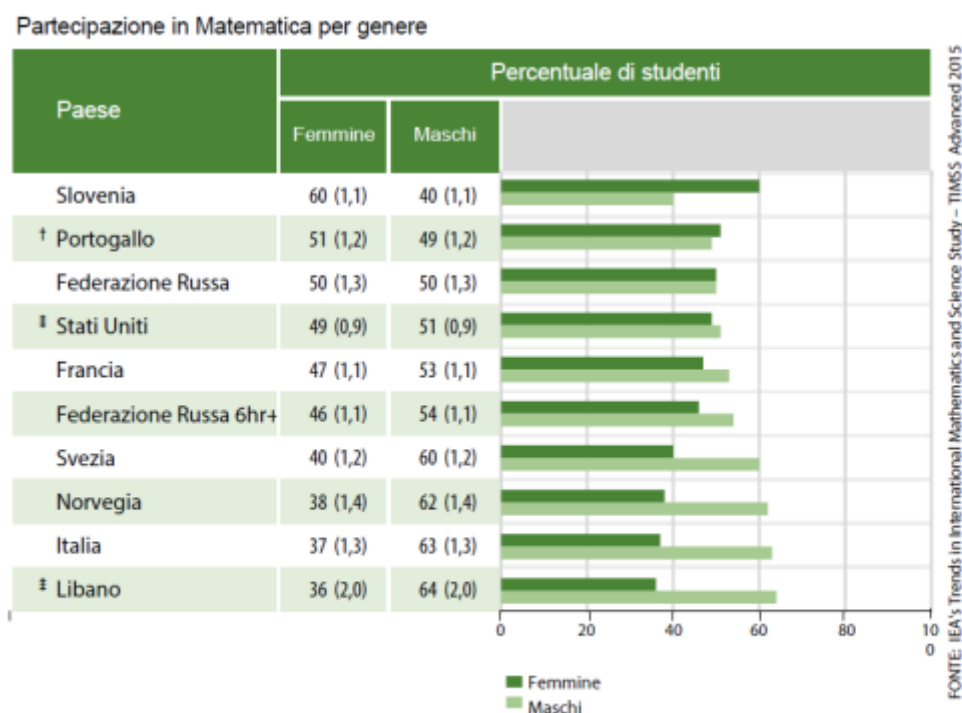
2.5 Differenze di genere nel rendimento in matematica

In 6 Paesi, compresa l'Italia, un numero maggiore di maschi rispetto alle femmine partecipa ai programmi di matematica Avanzata, ad eccezione di due Paesi, Slovenia e Portogallo, in cui è maggiore la partecipazione delle femmine. Inoltre si può osservare come i maschi conseguano risultati migliori nella maggioranza dei Paesi, soprattutto negli Stati Uniti e in Slovenia, mentre in altri Paesi non si riscontrano differenze significative tra i due generi.

Differenze di genere nel rendimento in matematica a livello internazionale

La partecipazione, suddivisa in percentuale per genere, nei vari Paesi è stata quella rappresentata dalla Figura 2.5.1. Come si vede, la Figura è ordinata in ordine decrescente della percentuale di studentesse partecipanti all'indagine. La maggiore percentuale femminile di partecipanti all'indagine (60%) è della Slovenia e la minore è quella del Libano (36%). L'Italia in questa percentuale è penultima, con il 37% di studentesse e il 63% di studenti. Da osservare la partecipazione con due corsi della Federazione Russa: nel corso con 4,5 ore alla settimana le studentesse russe sono esattamente il 50%, nel corso intensivo, con 6 o più ore settimanali di matematica, i ragazzi russi sono il 54% e le ragazze il 46%.

Figura 2.5.1: Partecipazione degli studenti in matematica per genere - grado 13



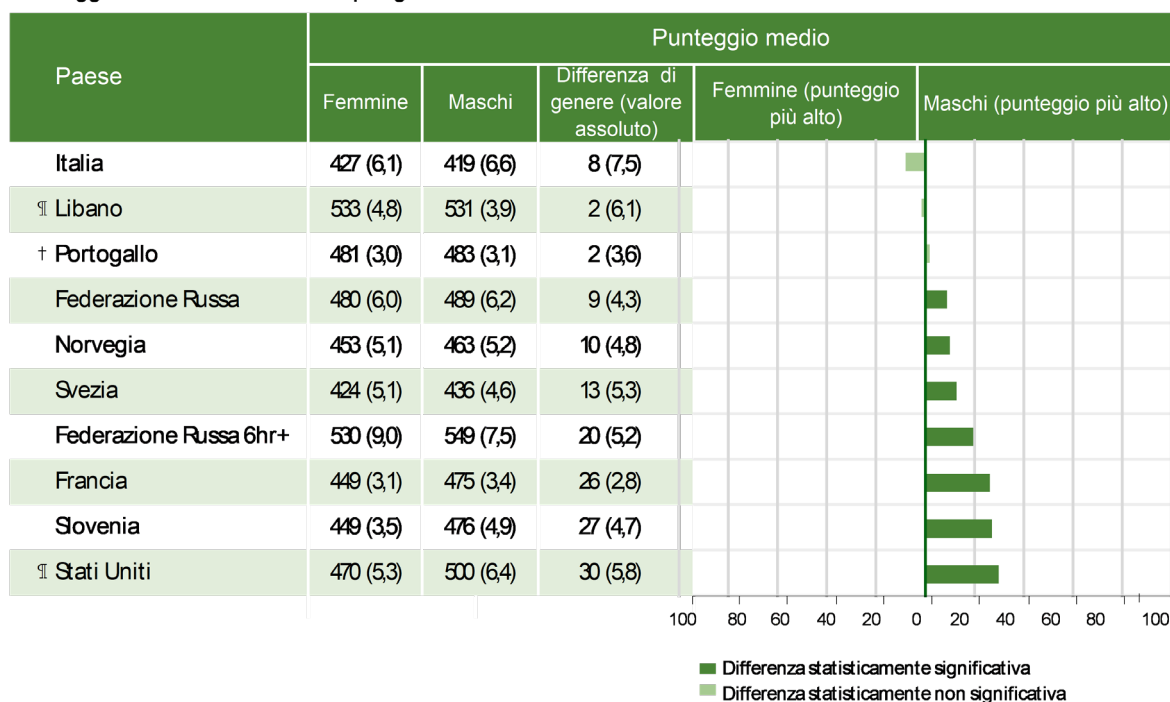
() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

A livello internazionale ci sono delle differenze di genere nel rendimento in matematica tra studentesse e studenti come indica la seguente Figura. La Figura è ordinata in base alla differenza, decrescente, tra il punteggio medio ottenuto dalle studentesse e quello

degli studenti. In Italia e nel Libano c'è una leggera prevalenza dei punteggi medi delle studentesse rispetto a quelli degli studenti. Negli altri Paesi prevalgono invece i punteggi medi degli studenti rispetto a quelli delle studentesse.

Figura 2.5.2: Punteggio medio in matematica per genere - grado 13 (Continua)

Punteggio medio in Matematica per genere



FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Negli anni, per quanto riguarda le differenze di genere nella prova di matematica di livello avanzato, si è avuto un andamento differenziato tra i diversi Paesi. Come si vede, in Italia dal 1995 al 2008 c'è stata una inversione e le studentesse nel 2008 hanno avuto un rendimento migliore rispetto agli studenti, cosa che si è mantenuta anche nel 2015. Si tenga presente tuttavia che per l'Italia questo dato è errato e nasce dalla elaborazione dei dati complessivi che determina conclusioni contraddittorie con quanto è avvenuto effettivamente nei Licei Scientifici e negli Istituti Tecnici del settore Tecnologico partecipanti all'indagine TIMSS Advanced 2015.

Figura 2.5.3: Differenze nei risultati di matematica per genere nelle diverse rilevazioni - grado 13

Paese	Femmine				Maschi			
	Percentuale di studenti	Punteggio medio nella scala	Differenze tra cicli		Percentuale di studenti	Punteggio medio nella scala	Differenze tra cicli	
			2008	1995			2008	1995
Francia								
2015	47 (1,1)	449 (3,1)		-112 ▼	53 (1,1)	475 (3,4)		-100 ▼
1995	37 (2,0)	561 (4,8)			63 (2,0)	575 (4,6)		
Italia								
2015	37 (1,3)	427 (6,1)	-27 ▼	-50 ▼	63 (1,3)	419 (6,6)	-27 ▼	-68 ▼
2008	34 (2,5)	454 (9,5)		-23	66 (2,5)	446 (8,3)		-41 ▼
€ 1995	39 (3,8)	477 (12,5)			61 (3,8)	487 (11,6)		
Libano								
€ 2015	36 (2,0)	533 (4,8)	-21 ▼		64 (2,0)	531 (3,9)	-10 ▼	
2008	29 (1,6)	554 (3,1)			71 (1,6)	541 (2,5)		
Norvegia								
2015	38 (1,4)	453 (5,1)	19 ▲		62 (1,4)	463 (5,2)	21 ▲	
2008	38 (1,7)	434 (5,3)			62 (1,7)	442 (5,6)		
Federazione Russa								
2015	46 (1,1)	530 (9,0)	-21	4	54 (1,1)	549 (7,5)	-20	-21
2008	45 (1,8)	551 (7,5)		25 ▲	55 (1,8)	569 (7,3)		0
1995	48 (2,4)	526 (9,1)			52 (2,4)	570 (8,7)		
Slovenia								
2015	60 (1,1)	449 (3,5)	1	-20	40 (1,1)	476 (4,9)	4	-10
2008	60 (1,8)	448 (5,3)		-21	40 (1,8)	472 (4,7)		-14
€ 1995	50 (4,2)	469 (11,4)			50 (4,2)	486 (11,1)		
Svezia								
2015	40 (1,2)	424 (5,1)	20 ▲	-68 ▼	60 (1,2)	436 (4,6)	18 ▲	-70 ▼
2008	40 (2,1)	404 (6,6)		-88 ▼	60 (2,1)	418 (6,5)		-88 ▼
1995	31 (3,5)	492 (4,8)			69 (3,5)	506 (6,9)		
Stati Uniti								
€ 2015	49 (0,9)	470 (5,3)		-16	51 (0,9)	500 (6,4)		-7
€ 1995	47 (3,2)	486 (10,1)			53 (3,2)	507 (7,6)		

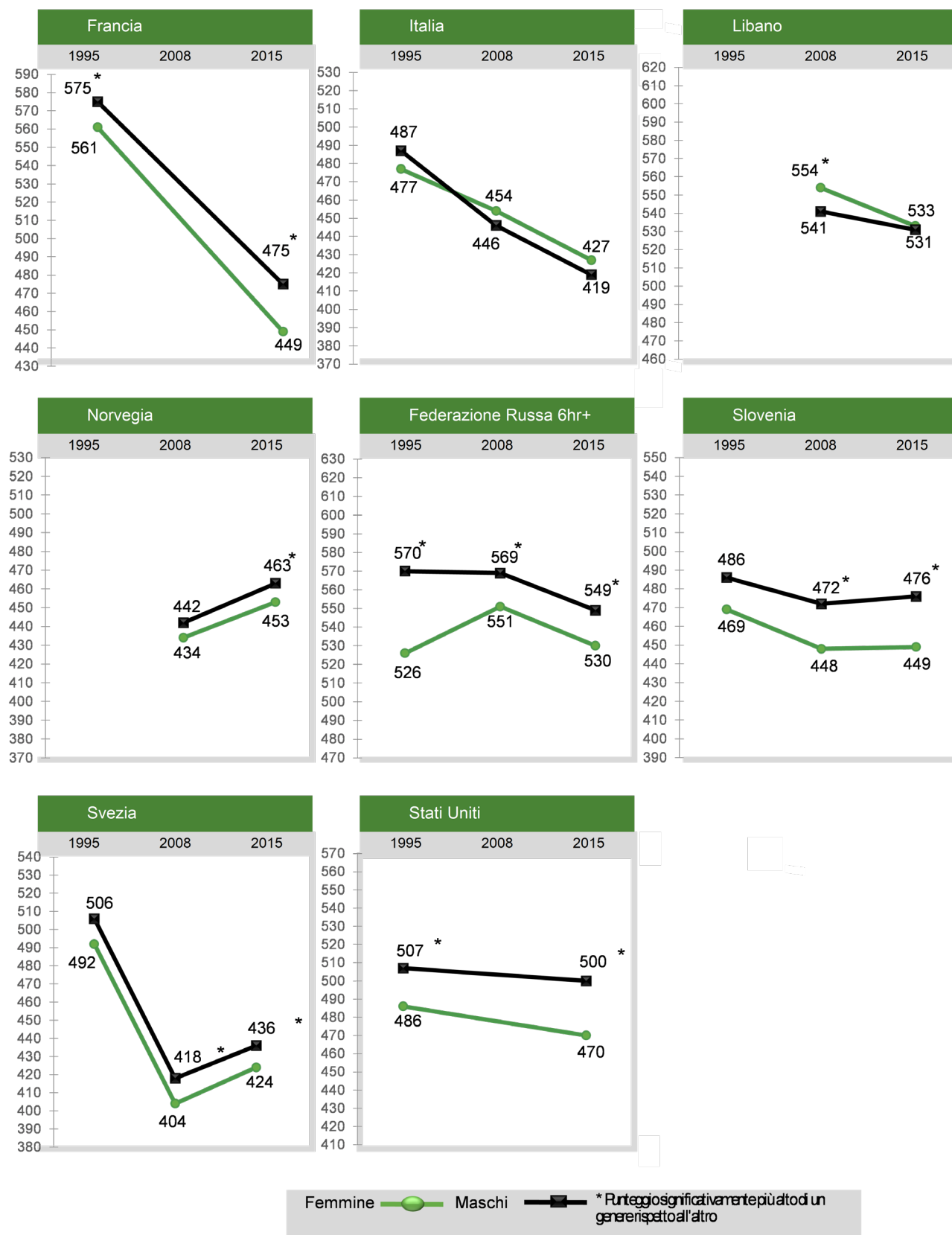
▲ Punteggio significativamente superiore al ciclo precedente

▼ Punteggio significativamente inferiore al ciclo precedente

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Figura 2.5.4: Differenze nei risultati di matematica per genere nelle diverse rilevazioni - grado 13



FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Abbiamo visto che in Italia ci sono due tipi di scuola che hanno partecipato all'indagine TIMSS Advanced 2015 per la matematica: i Licei Scientifici e gli Istituti Tecnici del settore Tecnologico. In entrambi i tipi di scuola i ragazzi vanno complessivamente meglio

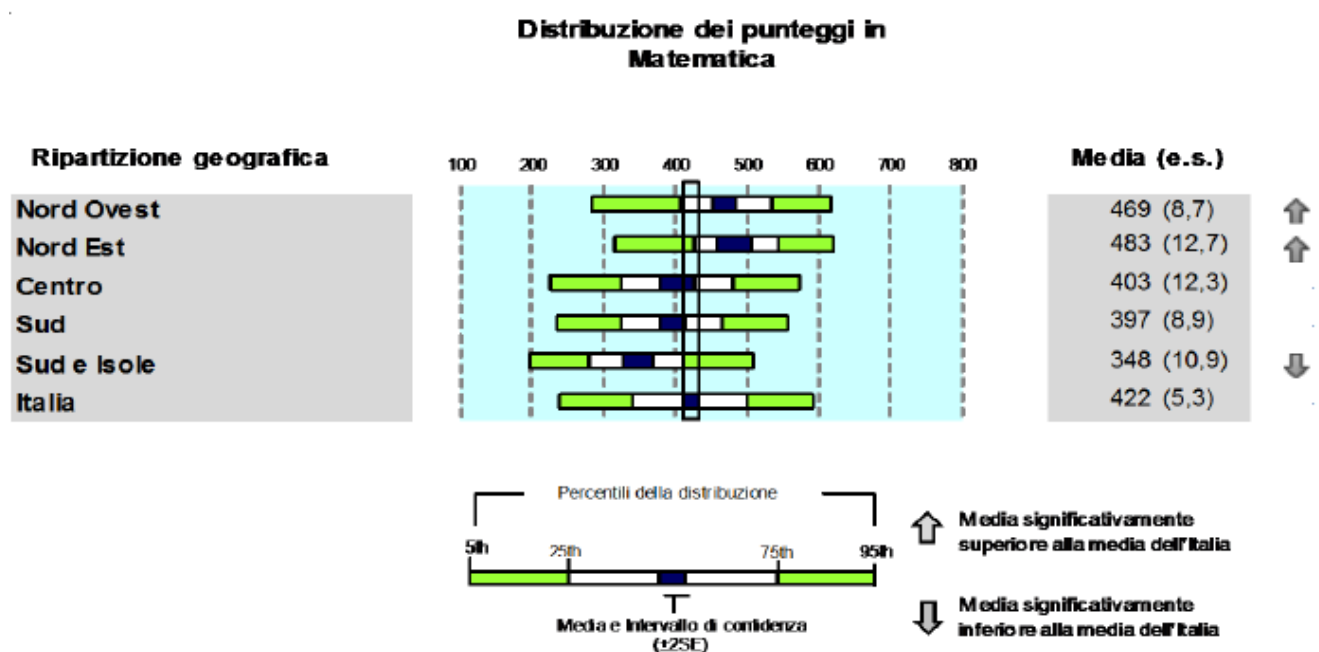
delle ragazze in matematica. Tuttavia le ragazze negli Istituti Tecnici Tecnologici sono pochissime rispetto ai ragazzi. Se si fa una media complessiva, per genere, si ottiene una distorsione dei dati reali, già discussa nel precedente paragrafo. Quindi non è corretto dire che in Italia le ragazze sono andate meglio dei ragazzi in matematica, perché questa affermazione deriva da un trattamento dei dati che in questo caso non si può fare perché distorce quel che è avvenuto effettivamente.

2.6 Differenze interne al sistema scolastico italiano

2.6.1 Differenze tra le macroaree geografiche

Considerando i dati disaggregati a livello territoriale, il Nord Est e il Nord Ovest spiccano in positivo con punteggi medi rispettivamente di 483 e 469, ambedue significativamente superiori alla media nazionale pari a 422; al contrario il Sud Isole registra il punteggio più basso, e significativamente inferiore alla media dell'Italia, con un punteggio di 348, al di sotto della scala usata da TIMSS Advanced (cfr. Figura 2.6.1).

Figura 2.6.1: Punteggi medi degli in matematica per area geografica



Nella Figura 2.6.2 sono riportate le percentuali degli studenti italiani che raggiungono ciascun livello di rendimento (*benchmark*) suddivisi per macroarea geografica.

Figura 2.6.2: Risultati in matematica rispetto ai benchmark internazionali per area geografica

Macroarea Geografica	Percentuale di studenti		
	Livello Avanzato (625)	Livello Alto (550)	Livello Intermedio (475)
Nord Ovest	4 (1,5)	21 (3,2)	51 (3,4)
Nord Est	5 (1,8)	24 (3,7)	56 (5,6)
Centro	1 (0,5)	8 (1,2)	27 (3,5)
Sud	1 (0,5)	6 (1,1)	22 (2,4)
Sud Isole	0 (0,3)	2 (1,2)	10 (2,6)
Italia	2 (0,5)	12 (1,0)	34 (1,7)

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Nella prima riga, riguardante la macroarea Nord Ovest, nel livello avanzato (punteggio maggiore o uguale a 625), troviamo il 4% degli studenti, a livello alto (punteggio maggiore o uguale a 550) troviamo il 21% degli studenti e a livello intermedio (punteggio maggiore o uguale a 475) troviamo il 51% degli studenti. Si tratta di percentuali cumulative. Per esempio, facendo riferimento alla prima riga, nel 51% a livello intermedio sono compresi anche gli studenti di livello alto (che sono il 17%, ottenuto da 21%-4%) e gli studenti di livello avanzato, che sono il 4%.

Per quanto riguarda l'Italia, troviamo a livello avanzato (punteggio maggiore o uguale a 625) il 2% degli studenti, a livello alto (punteggio maggiore o uguale a 550) troviamo il 12% degli studenti e a livello intermedio (punteggio maggiore o uguale a 475) troviamo il 34% degli studenti.

All'indagine hanno partecipato studenti di Liceo Scientifico e studenti dell'Istituto Tecnico - settore Tecnologico, frequentanti la classe V. È stato, quindi, calcolato, a livello italiano, il rendimento in matematica differenziato per tipologia di Istituto, Liceo Scientifico ed Istituto Tecnico - settore Tecnologico (cfr. Figura 2.6.3).

Figura 2.6.3: Punteggi medi negli studenti in matematica per tipo di scuola

Macroarea Geografica	Liceo Scientifico		Istituto Tecnico settore Tecnologico	
	Punteggio medio	Età media al momento della rilevazione	Punteggio medio	Età media al momento della rilevazione
Nord Ovest	502 (9,5) ▲	18,9	397 (28,6)	19,3
Nord Est	518 (13,4) ▲	18,9	411 (25,5)	19,2
Centro	437 (9,1) ▲	18,8	288 (10,1)	19,2
Sud	417 (9,4) ▲	18,7	330 (18,3)	19,1
Sud Isole	359 (12,8) ▲	18,8	305 (13,0)	19,0
Italia	445 (5,2) ▲	18,8	356 (13,2)	19,2

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

I risultati mostrano la netta differenza del rendimento fra i due tipi di scuola, mentre il punteggio medio degli studenti del Liceo Scientifico è pari a 445, quello degli studenti dell'Istituto Tecnico Tecnologico è pari a 356, con 89 punti in meno.

Si noti anche l'età media degli studenti italiani al momento della rilevazione, che risulta essere la più alta tra tutti i Paesi partecipanti. Osserviamo anche che l'età media appare maggiore negli Istituti Tecnici-settore Tecnologico rispetto ai Licei Scientifici, probabilmente per un maggiore tasso di ripetenza presente negli Istituti Tecnici rispetto ai Licei Scientifici.

La Figura 2.6.4 riporta la composizione per genere, in percentuale, del campione che ha partecipato all'indagine TIMSS Advanced 2015 per l'Italia e per le differenti aree geografiche.

F

figura 2.6.4: Partecipazione per genere e tipologia di scuola

Macroarea Geografica	Italia		Licei		Istituti tecnici	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Nord Ovest	37 (2,1)	63,0 (2,1)	45 (2,7)	55 (2,7)	19 (3,2)	81 (3,2)
Nord Est	33 (2,0)	67,0 (2,0)	43 (2,2)	57 (2,2)	10 (4,2)	90 (4,2)
Centro	36 (3,9)	64,0 (3,9)	45 (3,6)	55 (3,6)	8 (3,5)	92 (3,5)
Sud	36 (2,5)	64,0 (2,5)	47 (3,1)	53 (3,1)	1 (0,3)	99 (0,3)
Sud Isole	44 (4,6)	56,0 (4,6)	48 (3,9)	52 (3,9)	27 (17,1)	73 (17,1)
Italia	37 (1,3)	63 (1,3)	46 (1,4)	54 (1,4)	12 (2,6)	88 (2,6)

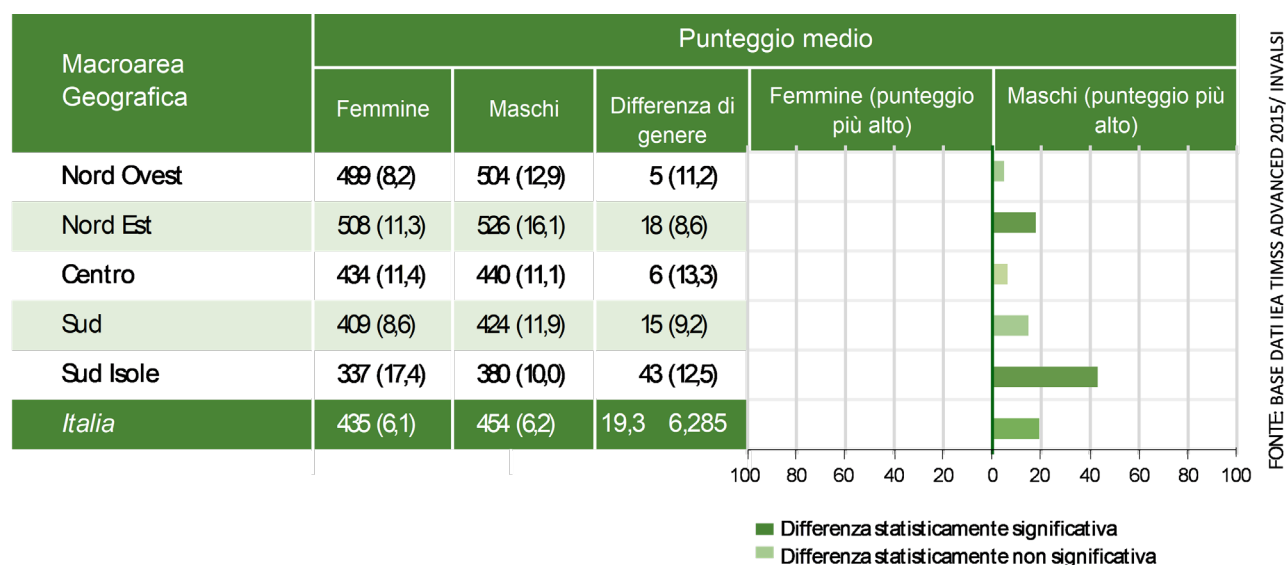
FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Si nota che complessivamente ha partecipato il 37% di studentesse e il 63% di studenti. Nei Licei Scientifici la percentuale dei maschi è maggiore rispetto a quella delle femmine, ma non di molto, se paragonata a quella degli Istituti Tecnici-settore Tecnologico. In Italia la distribuzione delle femmine tra gli istituti scolastici non è omogenea. Infatti, sono veramente pochissime le ragazze che frequentano gli Istituti Tecnici-settore Tecnologico. Complessivamente nei Licei Scientifici è del 46% di ragazze e del 54% di ragazzi. Come si osserva negli Istituti Tecnici - settore Tecnologico la percentuale dei maschi è di gran lunga superiore rispetto a quella delle femmine, complessivamente 12% femmine e 88% maschi, con una situazione parossistica al Sud dove c'è stata, negli Istituti Tecnici-settore Tecnologico, una partecipazione dell'1% di ragazze e del 99% di ragazzi. Possiamo concludere che il confronto sui dati complessivi, tra ragazzi e ragazze, non è possibile, in quanto troppe poche femmine frequentano gli Istituti Tecnici Tecnologici. Per questo motivi, data la scarsa numerosità delle studentesse frequentanti gli Istituti Tecnici non sono presentati dati per genere all'interno degli Istituti Tecnici per le diverse aree geografiche.

La Figura 2.6.5 illustra il data della partecipazione e il punteggio medio in matematica per genere nei Licei Scientifici all'interno delle diverse aree geografiche

Figura 2.6.5: Partecipazione e punteggio medio in matematica per genere - Licei Scientifici - grado 13



Il rendimento in matematica nei Licei Scientifici è maggiore per i ragazzi rispetto a quello delle ragazze in ogni macroarea geografica. Complessivamente, nei Licei Scientifici, il punteggio medio delle ragazze è 435 punti a fronte di 454 punti per i ragazzi. La Figura 2.6.6 riporta i punteggi medi nei domini di contenuto (algebra, analisi, geometria) distribuiti per macroarea geografica.

Figura 2.6.6: Punteggi nei domini di contenuto in matematica - grado 13

Macroarea Geografica	Punteggio medio nella scala totale	Algebra (37 item)		Analisi (34 item)		Geometria (30 item)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Nord Ovest	469 (8,7)	461 (8,8)	-7,2 (3,4) ▼	477 (9,2)	8 (4,9)	462 (9,7)	-7 (6,0)
Nord Est	483 (12,7)	481 (12,4)	-2,5 (3,7)	491 (12,2)	7 (3,8)	475 (12,6)	-9 (4,0) ▼
Centro	403 (12,3)	393 (13,1)	-10,1 (5,5)	415 (12,3)	11 (3,8) ▲	396 (12,7)	-7 (3,2) ▼
Sud	397 (8,9)	389 (8,7)	-7,9 (2,8) ▼	408 (8,7)	12 (2,8) ▲	386 (10,1)	-11 (4,3) ▼
Sud Isole	348 (10,9)	339 (10,9)	-9,7 (3,9) ▼	364 (9,6)	16 (5,1) ▲	337 (9,7)	-11 (5,1) ▼
Italia	422 (5,3)	414 (5,1)	-8 (2,2) ▼	433 (5,2)	11 (2,7) ▲	413 (5,7)	-9 (3,2) ▼

▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
 ▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

Fonte: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Tranne che nelle macroaree Nord Est e Nord Ovest, i risultati migliori si hanno in analisi, con un punteggio medio complessivo di 433 punti e i risultati peggiori negli altri due domini (algebra, ad eccezione del Nord Est e del Centro o geometria, tranne che per il Nord Ovest). Complessivamente in algebra il punteggio medio è di 414 punti e quello

di geometria di 413 punti.

La Figura 2.6.7 riporta i punteggi medi nei domini cognitivi (conoscenza, applicazione, ragionamento) distribuiti per macroarea geografica.

Figura 2.6.7: Punteggi nei domini cognitivi in matematica - grado 13

Macroarea Geografica	Punteggio medio nella scala totale	Conoscenza (32 items)		Applicazione (40 items)		Ragionamento (29 items)		
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	
Nord Ovest	469 (8,7)	467 (9,6)	-2 (3,9)	470 (9,3)	2 (3,5)	460 (9,9)	-8 (3,9)	▼
Nord Est	483 (12,7)	486 (13,2)	3 (3,3)	484 (12,3)	1 (2,7)	475 (12,9)	-8 (3,8)	▼
Centro	403 (12,3)	404 (11,8)	1 (3,0)	406 (12,7)	3 (4,0)	391 (12,8)	-12 (4,3)	▼
Sud	397 (8,9)	399 (8,8)	2 (3,1)	402 (8,7)	5 (3,0)	384 (9,7)	-13 (3,6)	▼
Sud Isole	348 (10,9)	350 (10,9)	2 (5,4)	354 (10,1)	5 (3,7)	336 (11,3)	-13 (6,5)	
Italia	422 (5,3)	423 (5,5)	1 (1,9)	425 (5,4)	3 (2,2)	411 (5,9)	-11 (3,1)	▼

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
- ▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Complessivamente per quanto riguarda il dominio conoscenza il punteggio medio è di 423 punti, per applicazione è di 425 punti e quello riguardante il ragionamento è di 411 punti.

Il ragionamento è la scala dove i nostri studenti ottengono punteggi peggiori rispetto alla scala totale, ad eccezione di Sud Isole dove le differenze non sono statisticamente significative.

2.7 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica

Per i differenti paesi partecipanti a TIMSS Advanced, solo un'esigua percentuale di studenti frequenta corsi di matematica a livello avanzato e quindi rientra nella popolazione di studenti eleggibili per partecipare all'indagine. Prima di interpretare i risultati dei trend degli studenti italiani occorre sottolineare che rispetto ai cicli precedenti è cambiata la composizione della popolazione degli studenti degli Istituti Tecnici partecipanti all'indagine.

Per quanto riguarda l'Italia sia gli studenti dei Licei Scientifici sia gli studenti degli Istituti Tecnici ad indirizzo tecnologico hanno fatto parte del campione. In TIMSS 2015 la popolazione di riferimento per l'Italia è costituita dal 24,5% degli studenti frequentanti l'ultimo anno delle scuole superiori; mentre nel 2008 era del 19,7% e nel 1995 il 14% degli studenti. I dati relativi alla composizione del campione evidenziano quindi un aumento consistente del numero degli studenti attraverso gli anni. In particolare negli ultimi vent'anni in Italia si è avuto un aumento di circa il 10% degli studenti che scelgono i Licei Scientifici o gli Istituti Tecnici ad indirizzo tecnologico. L'Italia è l'unico Paese che ha visto aumentare la percentuale di studenti che frequenta corsi di matematica di livello avanzato e che quindi hanno partecipato all'indagine. Tale andamento, infatti, non si riscontra negli altri Paesi dove si assiste a una progressiva e costante diminuzione del numero degli studenti che frequentano corsi di matematica di livello avanzato al termine della scuola secondaria.

Sei Paesi hanno dati disponibili nel periodo 1995-2015. Se si analizzano gli andamenti nei risultati di matematica è possibile evidenziare come in tre Paesi (Francia, Svezia e Italia) si riscontra un peggioramento statisticamente significativo dei risultati, mentre negli altri tre Paesi (Federazione Russa, Slovenia e Stati Uniti) non si riscontrano differenze statisticamente significative tra i due cicli.

Rispetto al ciclo del 2008, sei Paesi hanno dati disponibili. Di questi, tre (Italia, Federazione Russa e Libano) mostrano risultati peggiori, mentre in Norvegia e Svezia si riscontrano risultati migliori rispetto al ciclo precedente. I due paesi del Nord Europa ottengono risultati migliori rispetto al 2008, pur mantenendo sostanzialmente invariato il numero di studenti partecipanti all'indagine rispetto al ciclo precedente. La Slovenia non mostra differenze statisticamente significative tra i due cicli.

2.7.1 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica - differenze di genere

Un primo dato da considerare rispetto alle differenze di genere è relativo alla percentuale di maschi e femmine iscritti ai corsi di matematica di livello avanzato nei vari paesi. In Italia, Libano, Norvegia e Svezia, la maggior parte degli studenti iscritti a tali corsi sono maschi.

Per quanto riguarda le differenze di rendimento rispetto al genere, nella maggior parte dei Paesi che hanno partecipato all'indagine 2015 si riscontra una certa uniformità: in

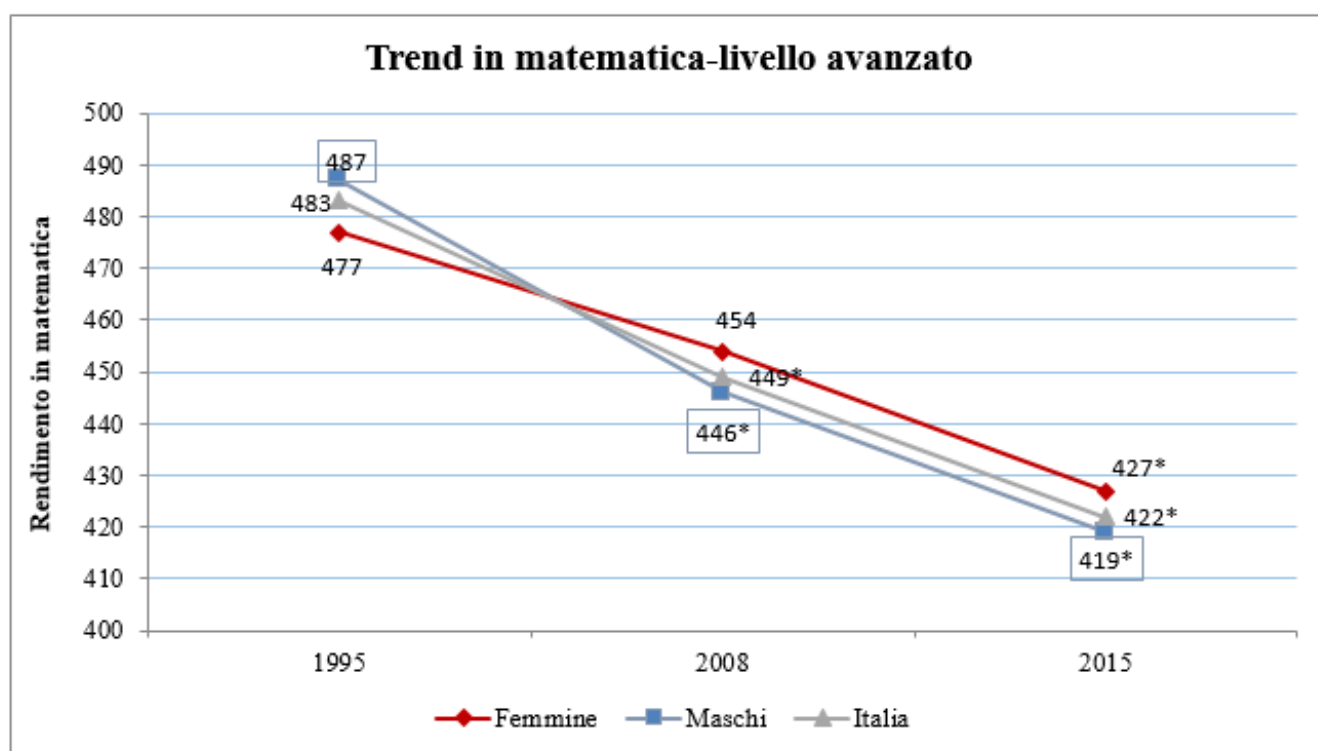
sette paesi, dei dieci partecipanti all'indagine, gli studenti ottengono risultati migliori delle studentesse. Solo in Libano, Italia e Portogallo non si evidenziano differenze statisticamente significative tra maschi e femmine.

Per quanto riguarda l'Italia occorre sottolineare come solo un'esigua percentuale di studentesse è iscritta agli Istituti Tecnici ad indirizzo tecnologico (9% delle studentesse del campione), mentre la maggior parte delle studentesse frequenta Licei Scientifici. L'assenza di differenze di rendimento tra maschi e femmine in Italia è legata a questo aspetto. Come evidenziato nel capitolo 2, se si analizzano i dati solo dei Licei Scientifici, i maschi ottengono risultati statisticamente superiori rispetto alle femmine, confermando il gap di genere evidenziato in tutte le indagini internazionali e nelle rilevazioni nazionali indipendentemente del grado scolastico.

Le differenze di rendimento in funzione del genere sembrano costanti attraverso i vari cicli.

Nella Figura 2.7.1 è riportato l'andamento dei risultati in matematica per l'Italia e quello dei maschi e delle femmine nelle rilevazioni TIMSS del 1995, 2008 e 2015.

Figura 2.7.1: Andamento in matematica



Fonte: base dati TIMSS Advanced 2015 / INVALSI.

*differenze statisticamente significative rispetto al ciclo precedente.

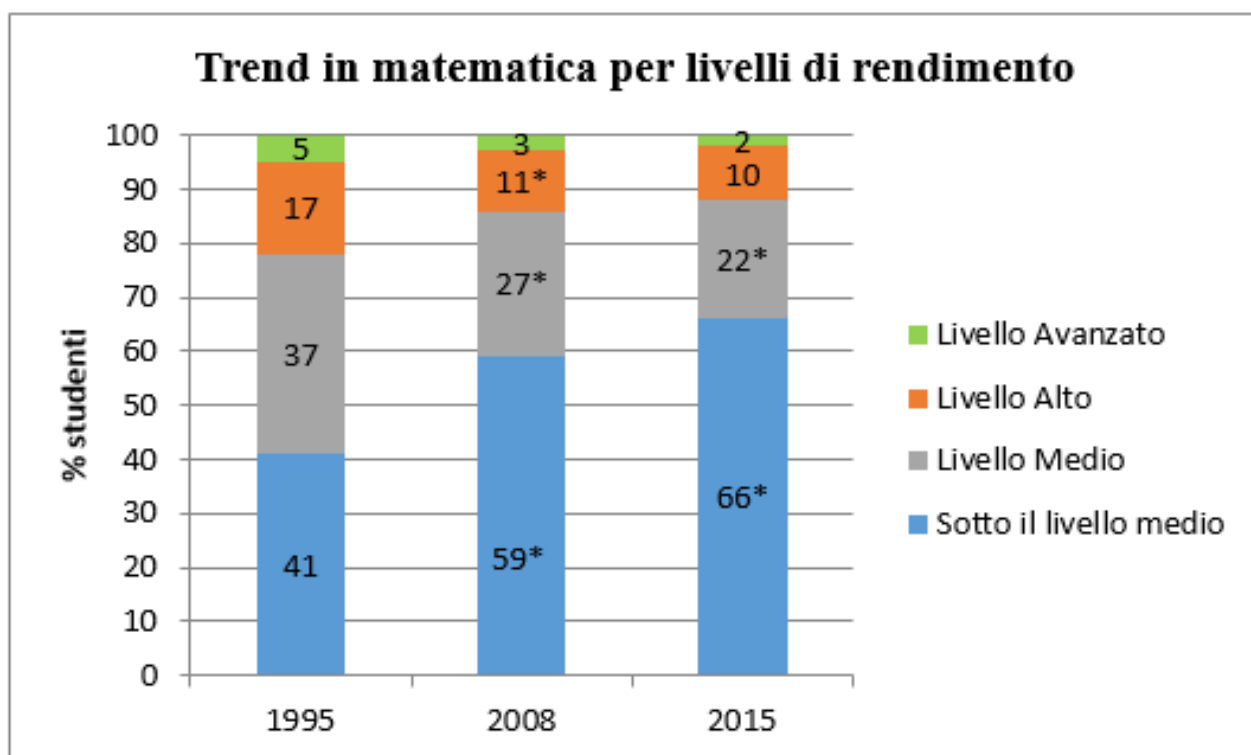
Come si può vedere, in Italia si ha un peggioramento progressivo nel corso dei vari cicli dell'indagine. Nei maschi si evidenzia lo stesso andamento, mentre per le femmine le differenze tra il 1995 e il 2008 non risultano statisticamente significative, anche se si evidenzia un andamento verso un peggioramento delle studentesse confermato

nel 2015.

2.7.2 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in matematica - differenze nei livelli

Un'altra informazione rilevante che è possibile ottenere attraverso l'analisi dei trend riguarda la possibilità di confrontare le prestazioni degli studenti nei diversi cicli anche in rapporto ai tre livelli di rendimento (*benchmark*) per capire se ci siano state variazioni nel tempo nella percentuale di studenti relativa a ciascun livello. La Figura seguente illustra tali cambiamenti per l'Italia.

Figura 2.7.2: Andamento in matematica per livelli di rendimento (*benchmark*)



Fonte: base dati TIMSS Advanced 2015 / INVALSI.

*differenze statisticamente significative rispetto allo stesso livello del ciclo precedente.

L'Italia non mostra differenze sostanziali per il livello avanzato nel corso dei cicli, in quanto le percentuali non hanno subito variazioni significative, mentre per il livello alto si registra una variazione significativa, in senso negativo, dal punto di vista statistico, tra il ciclo 2008 e 1995. Nel 2015 la differenza con il 2008 per il livello avanzato non risulta statisticamente significativa.

La percentuale di studenti che raggiunge il livello intermedio, invece è in diminuzione e si passa dal 37% nel 1995 al 27% nel 2008 fino ad arrivare al 22% nel 2015. Aumenta di conseguenza la percentuale di studenti che non raggiunge neanche il livello intermedio, passando dal 41% nel 1995 al 66% nel 2015.

2.8 Sintesi e conclusioni

I risultati di TIMSS Advanced devono necessariamente essere considerati in concomitanza con i dati relativi alla copertura della popolazione nei differenti Paesi, ossia la percentuale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado rappresentati nel campione TIMSS Advanced in quanto studenti frequentanti rispettivamente corsi di matematica di livello avanzato. Ciò fornisce informazioni, per ciascun Paese, su quanti esperti nelle discipline scientifiche e tecnologiche, e a quale livello, si stanno formando; in altre parole, sulla maggiore o minore partecipazione dei sistemi scolastici in merito a questo tipo di formazione in matematica avanzata.

I Paesi che hanno partecipato all'indagine differiscono notevolmente tra loro, andando dall'1,9% degli studenti partecipanti al programma di studio intensivo (6 ore o più alla settimana di matematica di livello avanzato) della Federazione Russa al 34,4% della Slovenia.

L'Italia ha una percentuale di copertura della popolazione scolastica del 24,5%, fra le più alte tra i Paesi partecipanti, a indicare che la matematica avanzata è insegnata a circa un quarto della popolazione totale degli studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado. Gli studenti italiani coinvolti in TIMSS Advanced matematica sono quelli che frequentano il Liceo Scientifico o un Istituto Tecnico del settore Tecnologico. Si tenga tuttavia presente che mentre i Licei Scientifici svolgono un orario settimanale, nelle classi III, IV e V, di 4 h (pari formalmente a 132 ore di matematica per ciascun anno scolastico), gli Istituti Tecnici - settore Tecnologico svolgono 4 ore settimanali nella classe III e nella classe IV mentre nella classe 5^a svolgono 3 h settimanali di matematica (pari formalmente in un anno scolastico a 99 h di matematica).

I punteggi medi più alti si osservano fra gli studenti russi inclusi in un programma di studio intensivo (6 ore o più di matematica per settimana) e fra gli studenti libanesi. Mentre gli studenti italiani, con una media di 422, e gli studenti svedesi, con una media di 431, ottengono i punteggi più bassi fra i Paesi partecipanti.

L'Italia formalmente ha circa il 24,5% di copertura di matematica avanzata nella popolazione studentesca delle classi quinte (13 anno di scolarità), ma in realtà presenta forti differenze nel rendimento tra le aree geografiche e tra Licei Scientifici e Istituti Tecnici del settore Tecnologico. Probabilmente questo è anche dovuto al fatto che in questi ultimi istituti la matematica ha 3 h settimanali nella classe quinta mentre nei Licei Scientifici la matematica è presente con 4 h settimanali. In Italia si va tra i valori più alti (518) nel Nord Est (Licei Scientifici), ai valori più bassi (288 punti) del Centro (Istituti Tecnici-settore Tecnologico).

Per quanto riguarda le differenze di genere, in sei Paesi, compresa l'Italia, un numero maggiore di maschi rispetto alle femmine partecipa ai programmi di matematica avanzata rispetto a due Paesi, Slovenia e Portogallo, in cui è maggiore la partecipazione delle femmine. Inoltre si può osservare come i maschi conseguano risultati migliori nella maggior parte dei Paesi, soprattutto negli Stati Uniti e in Slovenia; in altri Paesi non si

riscontrano differenze significative tra i due generi. Questo è un punto difficile da esaminare per l'Italia data la particolare composizione per genere di uno dei due tipi di scuola che hanno partecipato all'indagine (Istituti Tecnici-settore Tecnologico). I dati non consentono un confronto per genere all'interno degli Istituti Tecnici data l'esiguo numero di studentesse frequentanti tale indirizzo. Per quanto riguarda invece i Licei Scientifici, i risultati mostrano un migliore rendimento dei maschi rispetto alle femmine, confermando quanto già emerso in altre indagini internazionali quali TIMSS (sia per la quarta primaria sia per la terza secondaria di I grado) e OSE PISA.

Analizzando le percentuali di risposta ai vari item, si trova che gli studenti italiani hanno le più alte percentuali di risposte non date. Inoltre alcuni argomenti, pure previsti dai "programmi", sono molto trascurati sia nei Licei Scientifici che negli Istituti Tecnici del settore Tecnologico.

È anche da osservare che gli studenti italiani partecipanti all'indagine TIMSS Advanced per la matematica del 2015 hanno seguito le *Indicazioni nazionali* per i Licei (2010)¹⁰ e le *Linee Guida* per gli Istituti Tecnici (2010 e 2012)¹¹. A giudicare dai risultati ottenuti dagli studenti italiani sembra che queste *Indicazioni nazionali/Linea guida* non abbiano migliorato in media la preparazione degli studenti nella matematica di livello avanzato rispetto a quella che avevano nelle precedenti indagini TIMSS del 2008 e del 1998.

Anche se per ora non ci sono ancora prove INVALSI per la classe V della Scuola secondaria di II grado, le differenze di punteggio medio tra le aree geografiche sono in pieno accordo con gli esiti delle prove INVALSI per la classe II della scuola secondaria di II grado (livello 10 di scolarità).

Si spera che questi risultati siano tenuti in debito conto dal MIUR, dal Governo e dai decisori politici ad ogni livello per assegnare alla matematica un orario nella scuola secondaria di II grado adeguato alla sua importanza nella formazione degli studenti che intraprendono corsi di laurea universitari di tipo scientifico e tecnologico.

¹⁰ Cfr. http://archivio.pubblica.istruzione.it/riforma_superiori/nuovesuperiori/doc/Regolamento_licei_definitivo_16.02.2010.pdf

¹¹ Cfr. http://archivio.pubblica.istruzione.it/riforma_superiori/nuovesuperiori/doc/Regolam_tecnici_def_04_02_10.pdf

CAPITOLO 3

RENDIMENTO IN FISICA

3.1 Quadro di riferimento di fisica

Analogamente alla matematica, il quadro di riferimento TIMSS Advanced 2015¹² per la valutazione in fisica è organizzato in due dimensioni: una dimensione dei contenuti, in cui vengono precisati i domini, o argomenti, da valutare (cioè Meccanica e Termodinamica, Eletticità e Magnetismo, Fenomeni ondulatori e Fisica atomica e nucleare) e una dimensione cognitiva, in cui vengono precisati i processi di pensiero (cioè Conoscenza, Applicazione e Ragionamento), da valutare. I domini cognitivi descrivono i processi di ragionamento che ci si aspetta dagli studenti quando si impegnano con i contenuti della fisica.

In generale, questo quadro è simile a quello utilizzato in TIMSS Advanced 2008. Tuttavia, sono stati aggiornati alcuni temi per meglio riflettere la copertura dei *curricula* dei corsi di fisica attuali nelle scuole superiori, degli standard e dei quadri di riferimento dei paesi partecipanti al TIMSS Advanced. Sono state prese in considerazione anche le ricerche e le iniziative attuali nel campo dell' educazione scientifica, come il *Framework for K–12 Science Education* (National Research Council, 2012)¹³, sviluppato negli Stati Uniti, il Physics Higher 2 Syllabus (Comitato per gli Esami e la Valutazione, Singapore, 2013)¹⁴ utilizzato a Singapore, il Physics Curriculum (Secondary 4–6) (Education Bureau, Hong Kong, SAR, 2007)¹⁵, utilizzato a Hong Kong, e l'AP Physics Course Description (College Board, 2012)¹⁶.

La Tabella 3.1.1 mostra le percentuali del tempo del test dedicato a ciascun dominio dei contenuti e a ciascun dominio cognitivo.

Tabella 3.1.1: Percentuali del tempo del test di fisica TIMSS dedicato ai domini dei contenuti e ai domini cognitivi

Domini dei contenuti	Percentuali
Meccanica e Termodinamica	40 %
Eletticità e Magnetismo	25 %
Fenomeni ondulatori e Fisica Atomica e Nucleare	35 %
Domini cognitivi	Percentuali
Conoscenza	30 %
Applicazione	40 %
Ragionamento	30 %

12 Mullis, I.V.S. & Martin, M.O. (Eds.) (2014). *TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015-advanced/frameworks.html>

13 Cfr. <https://www.nap.edu/read/13165/chapter/1>

14 Cfr. http://www.seab.gov.sg/content/syllabus/alevel/2017Syllabus/9749_2017.pdf

15 Cfr. http://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/kla/science-edu/Phy_C&A_Guide_updated_e.pdf

16 Cfr. <https://secure-media.collegeboard.org/digitalServices/pdf/ap/ap-physics-1-course-and-exam-description.pdf>

3.1.1 Domini di contenuto

Il quadro di riferimento per la fisica TIMSS Advanced comprende tre domini di contenuto: meccanica e termodinamica, *elettricità e magnetismo* e fenomeni ondulatori e fisica atomica / nucleare. Il contenuto compreso in questi tre domini è molto simile a quello del TIMSS Advanced 2008, ad eccezione del fatto che il contenuto era organizzato, nel 2008, in quattro domini. Questa nuova organizzazione rispecchia anche la struttura dei *curricula* di fisica di molte scuole superiori. Argomenti che nel 2008 erano inclusi nel dominio calore e temperatura, ora sono inseriti nel dominio meccanica e termodinamica e alcuni argomenti riguardanti suono e luce, che nel 2008 erano inclusi, rispettivamente, nei domini della meccanica e della elettricità e magnetismo, sono ora inseriti nel dominio che comprende i fenomeni ondulatori.

Ogni dominio di contenuto del TIMSS Advanced è suddiviso in aree tematiche e ciascuna di queste, a sua volta, comprende diversi argomenti, che hanno circa lo stesso peso in termini di tempo all'interno del test.

Meccanica e termodinamica

La comprensione delle forze e del moto è fondamentale anche per altre aree della fisica. Questo dominio del TIMSS Advanced 2015 si concentra su tre aree tematiche comuni alla maggior parte dei programmi dei paesi partecipanti:

- cinematica e dinamica;
- leggi di conservazione;
- calore e temperatura.

La cinematica, la dinamica (le tre leggi di Newton del moto) e la legge di gravitazione sono componenti importanti di questa area, così come le leggi di conservazione (energia e quantità di moto) e la prima legge della termodinamica. L'area della termodinamica include i meccanismi di trasferimento del calore e i cambiamenti delle proprietà della materia con la temperatura.

Meccanica e termodinamica: cinematica e dinamica

1. Prevedere e determinare la posizione, lo spostamento e la velocità dei corpi, date le condizioni iniziali; usare le leggi del moto di Newton per spiegare la dinamica dei vari tipi di moto e calcolare spostamento, velocità, accelerazione, distanza percorsa o tempo impiegato.
2. Individuare le forze, compresa quella d'attrito, che agiscono su un corpo fermo, in moto a velocità costante, o con accelerazione costante e spiegare come la loro azione influenzi il movimento del corpo; risolvere problemi che coinvolgono forze.
3. Determinare le forze che agiscono su un corpo in moto su una traiettoria circolare a velocità costante, l'accelerazione centripeta del corpo, la velocità e il periodo.
4. Utilizzare la legge della gravitazione per determinare il moto degli oggetti celesti e le forze che agiscono su di essi.

Meccanica e Termodinamica: le leggi di conservazione

1. Applicare la legge di conservazione dell'energia meccanica in contesti pratici, risolvere problemi che implicano la trasformazione di energia potenziale in energia cinetica e viceversa.
2. Applicare la legge di conservazione della quantità di moto in una dimensione negli urti elastici e anelastici.
3. Risolvere problemi utilizzando la prima legge della termodinamica.

Meccanica e termodinamica: calore e temperatura

1. Dimostrare la comprensione dei meccanismi di trasferimento di calore e dell'equivalente meccanico del calore (lavoro); utilizzare il calore specifico o la capacità termica per prevedere la temperatura di equilibrio quando corpi a diversa temperatura sono messi a contatto.
2. Mettere in relazione la dilatazione di solidi e di liquidi con il cambiamento della temperatura; utilizzare la legge dei gas perfetti (nella forma $pV/T = \text{costante}$) per risolvere problemi e comprenderne i limiti.

Elettricità e magnetismo

L'elettricità e il magnetismo sono aree di studio fondamentali della fisica e hanno un'ampia gamma di applicazioni pratiche. Il dominio Elettricità e Magnetismo del TIMSS Advanced 2015 si concentra su:

- elettricità e circuiti elettrici;
- magnetismo e induzione elettromagnetica.

Concetti importanti nell'elettricità sono il comportamento delle cariche elettrostatiche e il loro moto nei circuiti elettrici, compreso il ruolo della resistenza e le trasformazioni di energia. È fondamentale in questo dominio la comprensione del rapporto tra elettricità e magnetismo, inclusa l'interazione di particelle cariche con campi magnetici, la produzione di campi magnetici con fili percorsi da corrente e l'induzione.

Elettricità e magnetismo: elettricità e circuiti elettrici

1. Calcolare l'intensità e la direzione dell'attrazione o repulsione elettrostatica tra particelle cariche isolate, applicando la legge di Coulomb.
2. Prevedere la forza agente su una particella carica in moto in un campo elettrico uniforme e determinarne la traiettoria.
3. Risolvere problemi relativi ai circuiti elettrici e ai loro componenti, collegando la corrente alla tensione, alla resistenza e alle trasformazioni energetiche, facendo uso della legge di Ohm e della legge di Joule.

Elettricità e magnetismo: magnetismo e induzione elettromagnetica

YSI

1. Prevedere la forza agente su una particella carica in moto in un campo magnetico uniforme e determinarne la traiettoria.
2. Dimostrare di comprendere la relazione tra magnetismo ed elettricità nei fenomeni quali i campi magnetici intorno ai conduttori elettrici (legge di Ampere), gli elettromagneti e l'induzione elettromagnetica.
3. Risolvere problemi utilizzando le leggi di Faraday e di Lenz sull'induzione.

Fenomeni ondulatori e Fisica Atomica / nucleare

I fenomeni ondulatori e la fisica atomica / nucleare comprendono gran parte di ciò che talvolta è noto come fisica moderna. Questo dominio TIMSS Advanced 2015 si concentra su due aree tematiche comuni alla maggior parte dei programmi dei paesi partecipanti:

- fenomeni ondulatori;
- fisica atomica e nucleare.

Lo studio dei fenomeni ondulatori fornisce un ponte tra fisica classica e fisica moderna e comprende le onde meccaniche, la radiazione elettromagnetica e anche rifrazione, interferenza e diffrazione. La fisica atomica e nucleare costituisce il nucleo della fisica moderna e include la struttura del nucleo atomico, il comportamento degli elettroni, le reazioni nucleari e il decadimento radioattivo.

Fenomeni ondulatori e Fisica Atomica / Nucleare: fenomeni ondulatori

1. Risolvere problemi applicando le conoscenze dei fenomeni relativi alle onde meccaniche e la conoscenza della relazione tra velocità, frequenza e lunghezza d'onda.
2. Dimostrare la comprensione della radiazione elettromagnetica in termini di onde prodotte dall'interazione tra campi elettrici e magnetici variabili; identificare i vari tipi di onde (radio, infrarosse, luce visibile, raggi X, raggi gamma) in base alla lunghezza d'onda e alla frequenza.
3. Dimostrare la comprensione della radiazione termica in termini di temperatura e lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica emessa.
4. Dimostrare la comprensione della riflessione, rifrazione, interferenza e diffrazione.

Fenomeni ondulatori e Fisica Atomica / Nucleare: fisica atomica e nucleare

1. Risolvere problemi applicando le conoscenze sulla struttura degli atomi e degli isotopi, del numero atomico e della massa atomica; collegare lo spettro di emissione e assorbimento della luce al comportamento degli elettroni.
2. Dimostrare la comprensione della dualità onda-corpuscolo, inclusa l'applicazione dell'effetto fotoelettrico nel comprendere gli effetti della diversa intensità o lunghezza d'onda della luce in arrivo e la soluzione di problemi che coinvolgono la natura ondulatoria della materia.
3. Dimostrare la comprensione delle reazioni nucleari e risolvere problemi che coinvol-

gono il decadimento radioattivo, il calcolo del tempo di dimezzamento di un isotopo radioattivo; descrivere il ruolo delle reazioni nucleari in natura (come, per esempio, nelle stelle) e spiegare le loro applicazioni pratiche, come, ad esempio, nei reattori nucleari.

4. Dimostrare la comprensione dell'equivalenza massa-energia nelle reazioni nucleari e nelle trasformazioni di particelle.

3.1.2 Domini cognitivi

La dimensione cognitiva è suddivisa in tre domini basati sui processi di pensiero che gli studenti devono utilizzare affrontando i quesiti di fisica sviluppati per l'indagine TIMSS Advanced 2015.

Il primo dominio, conoscenza, riguarda la capacità degli studenti di ricordare, riconoscere e descrivere fatti, concetti e procedure necessarie per una solida base in fisica. Il secondo dominio, applicazione, è incentrato sull'utilizzo di queste conoscenze per fornire spiegazioni e risolvere problemi.

Il terzo dominio, ragionamento, richiede l'utilizzo di dimostrazioni e la comprensione della fisica per analizzare, sintetizzare e generalizzare, spesso in situazioni non familiari e in contesti complessi.

Mentre c'è una certa gerarchia relativa ai tre domini (dal sapere, all'applicare e al ragionare), ciascun dominio cognitivo contiene quesiti che presentano una gamma completa di difficoltà. Ogni dominio di contenuto comprende quesiti sviluppati per valutare ciascuno dei tre domini cognitivi. Perciò il dominio meccanica e termodinamica comprende quesiti che richiedono conoscenza, applicazione e ragionamento, e altrettanto gli altri domini di contenuto.

Le sezioni seguenti descrivono ulteriormente i processi di pensiero definendo i domini cognitivi. Le descrizioni generali sono seguite dall'elenco dei comportamenti specifici da mettere in atto rispondendo ai quesiti connessi a ciascun dominio.

Conoscenza

I quesiti di questo dominio valutano la conoscenza, da parte degli studenti, di fatti, relazioni, processi, concetti e strumenti. Una conoscenza ampia e precisa permette agli studenti di impegnarsi con successo in attività cognitive più complesse, essenziali per l'indagine scientifica.

Tabella 3.1.2: Comportamenti inclusi nel dominio conoscenza

Ricordare / Riconoscere	Identificare o descrivere fatti, relazioni, processi, fenomeni e concetti; individuare gli usi appropriati della strumentazione scientifica e delle procedure; riconoscere e usare il lessico scientifico, simboli, abbreviazioni, unità e scale.
Descrivere	Descrivere o individuare le descrizioni di materiali, strutture, fenomeni, processi, proprietà, interazioni e relazioni.
Fornire esempi	Fornire o identificare esempi di processi e fenomeni che possiedono determinate specifiche caratteristiche; spiegare fatti o concetti attraverso esempi appropriati.

Applicazione

I quesiti di questo dominio richiedono agli studenti di impegnarsi nell'applicare la conoscenza di fatti, relazioni, processi, concetti, strumenti e metodi in contesti probabilmente familiari nell'insegnamento e nell'apprendimento della fisica.

Questo dominio comprende sia problemi quantitativi, che richiedono una soluzione numerica, sia problemi qualitativi che richiedono una risposta scritta di tipo descrittivo.

Tabella 3.1.3: Comportamenti inclusi nel dominio applicazione

Utilizzare modelli	Utilizzare un grafico o un modello per dimostrare la comprensione di concetti e principi fisici, o per illustrare una struttura, un processo, una relazione, o un sistema (per es. circuito elettrico o struttura atomica).
Interpretare informazioni	Usare la conoscenza dei concetti e dei principi della fisica per interpretare informazioni in forma di testo, tabella, figura o grafico.
Trovare soluzioni	Applicare una relazione fisica, un'equazione o una formula per trovare una soluzione qualitativa o quantitativa.
Spiegare	Fornire, o individuare, una spiegazione per un'osservazione o un fenomeno naturale usando un concetto, un principio, una legge o una teoria fisica.

Ragionamento

Gli elementi di questo dominio richiedono agli studenti di impegnarsi nel ragionamento scientifico per analizzare dati, trarre conclusioni, risolvere problemi e per estendere la conoscenza acquisita a nuove situazioni. Al di là dell'applicazione più diretta dei concetti di fisica, esemplificata nel dominio applicazione, la soluzione dei problemi nel dominio ragionamento riguarda contesti non familiari o più complicati. Risolvere tali problemi può richiedere una varietà di approcci o di strategie. Il ragionamento scientifico include anche lo sviluppo di ipotesi e la progettazione di indagini scientifiche.

Tabella 3.1.4: Comportamenti inclusi nel dominio ragionamento

Analizzare	Identificare gli elementi di un problema scientifico e usare informazioni, concetti, relazioni e modelli per rispondere alle domande o risolvere il problema.
Sintetizzare	Risolvere problemi che richiedono di prendere in considerazione numerosi fattori diversi o concetti correlati; integrare concetti matematici nelle soluzioni di problemi di fisica.
Progettare ricerche	Pianificare indagini o procedure appropriate per rispondere a domande scientifiche o verificare ipotesi; descrivere o riconoscere le caratteristiche di indagini ben progettate in termini di variabili da misurare e controllare, così come relazioni di causa-effetto.
Formulare domande / ipotesi / previsioni	Formulare domande a cui si può rispondere mediante indagini e formulare ipotesi verificabili basate sulla teoria, sull'analisi di informazioni scientifiche e/o conoscenze ricavate da osservazioni; fare previsioni sugli effetti di cambiamenti nelle condizioni fisiche, utilizzando prove e comprensione concettuale.
Valutare	Valutare spiegazioni alternative; valutare i risultati di indagini relative alla sufficienza dei dati per sostenere conclusioni.
Trarre conclusioni	Effettuare valide inferenze basate su osservazioni, prove e/o comprensione dei concetti fisici; trarre le conclusioni appropriate che riguardano domande o ipotesi.
Generalizzare	Elaborare conclusioni generali che vanno al di là della sperimentazione o delle condizioni date; applicare le conclusioni a nuovi contesti della fisica.
Giustificare	Utilizzare le prove e la comprensione della fisica per giustificare le spiegazioni, le soluzioni dei problemi e le conclusioni derivanti dalle indagini scientifiche.

3.1.3 Pratiche scientifiche nel TIMSS Advanced di fisica

Vengono descritte - novità nel TIMSS Advanced 2015 - le pratiche scientifiche da considerare nella valutazione in fisica. Queste pratiche comprendono le competenze che gli studenti utilizzano in modo sistematico per condurre un'indagine scientifica. I fisici si impegnano nella ricerca seguendo pratiche scientifiche che consentono loro di esplorare i fenomeni fisici e rispondere a domande su di essi. Gli studenti di fisica devono diventare esperti in queste pratiche per comprendere come è portata avanti l'impresa scientifica e queste competenze dovrebbero essere acquisite nei corsi di matematica e scienze. Nel TIMSS Advanced 2015 sono rappresentate cinque pratiche scientifiche fondamentali per l'indagine scientifica:

1. Formulare domande basate su osservazioni

L'indagine scientifica include l'osservazione di fenomeni fisici con caratteristiche o pro-

prietà sconosciute e lo studio in dettaglio dei dati esistenti. Queste osservazioni, insieme con l'attuale conoscenza dei concetti fisici, portano a domande utilizzate per formulare ipotesi da sperimentare alla ricerca della risposta a queste domande.

2. Ricavare le prove

Rispondere alle domande di ricerca e ai test delle ipotesi richiede la progettazione e l'esecuzione di indagini sistematiche e di esperimenti controllati (inclusi l'individuazione delle variabili dipendenti e indipendenti). Gli scienziati devono usare la conoscenza dei concetti e dei fenomeni fisici per trovare l'approccio più efficace in un'indagine, inclusa la decisione sulle prove da raccogliere, la comprensione degli strumenti e delle procedure appropriate per la raccolta dei dati e la conoscenza del livello di precisione e accuratezza necessari nella raccolta dei dati.

3. Elaborare i dati

Una volta raccolti i dati, gli scienziati li sintetizzano in varie tipologie di visualizzazione. Descrivono e riassumono le linee di tendenza, riconoscono modelli, interpolano ed estrapolano, analizzano le relazioni tra variabili e determinano quali modelli e relazioni meritano di essere ulteriormente esplorati. Inoltre, valutano se i dati sono coerenti con le previsioni e considerano quando sono necessarie revisioni delle ipotesi iniziali.

4. Rispondere alle domande di ricerca

Gli scienziati usano le prove ricavate dalle osservazioni e dalle ricerche, insieme alla conoscenza scientifica, per rispondere alle domande che hanno fatto, sostenendo o rigettando le ipotesi.

5. Sviluppare argomentazioni dalle prove

Gli scienziati usano le prove e la comprensione dei concetti fisici per sviluppare spiegazioni ed elaborare modelli di fenomeni fisici, individuare le lacune o le debolezze delle interpretazioni scientifiche, giustificare e sostenere la ragionevolezza delle spiegazioni, modelli e conclusioni, estendendoli a nuove situazioni.

Queste pratiche scientifiche non possono essere valutate in modo isolato, ma nel contesto dei domini di contenuto del TIMSS Advanced, basandosi sulla gamma dei processi di pensiero specificati nei domini cognitivi. Pertanto, alcuni quesiti in TIMSS Advanced valuteranno una o più di queste pratiche scientifiche insieme con il contenuto specificato nel dominio di contenuto e i processi di pensiero specificati nei domini cognitivi.

3.2 Quadro internazionale dei risultati

La Figura 3.2.1 riporta la distribuzione dei risultati in fisica dei paesi partecipanti al test TIMSS Advanced 2015.

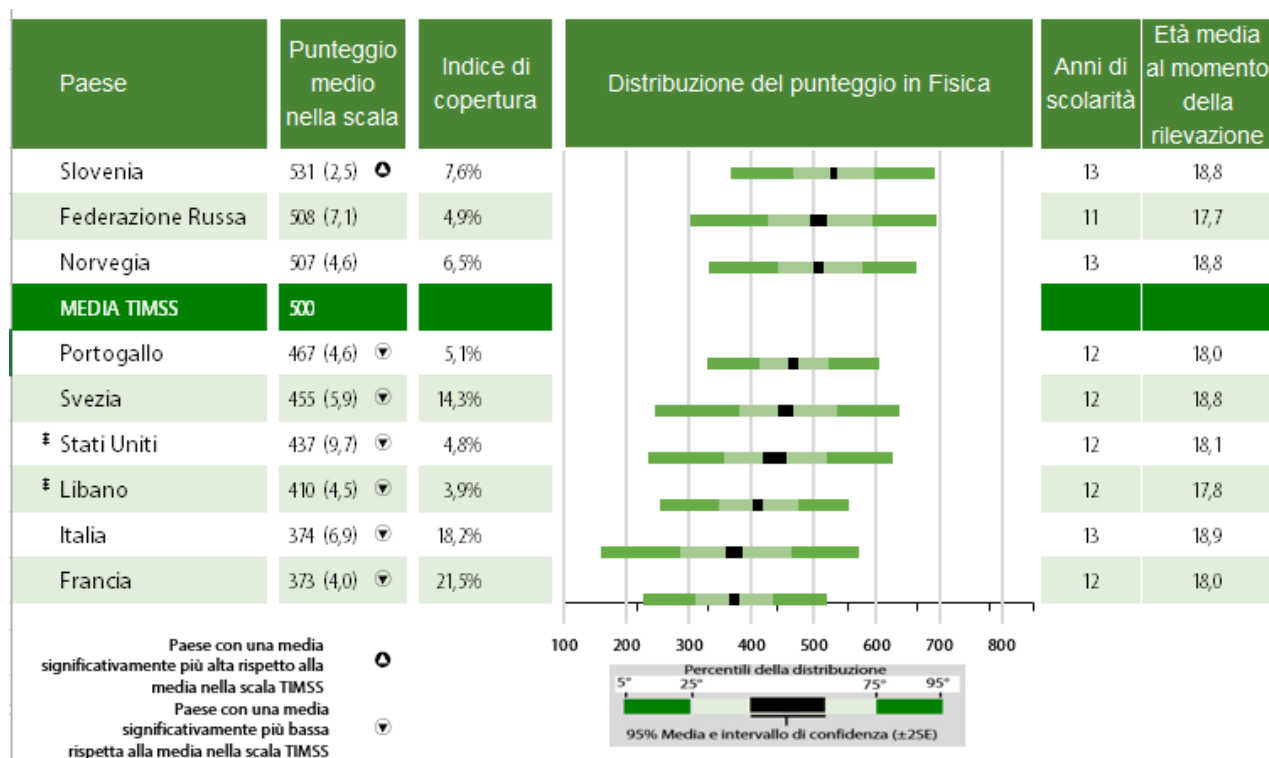
I risultati devono necessariamente essere considerati in relazione ai dati della copertura della popolazione nei differenti Paesi, ossia la percentuale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado rappresentati nel campione TIMSS Advanced in quanto studenti frequentanti corsi di fisica.

L'Italia ha una percentuale di copertura della popolazione scolastica del 18,2%, fra le più alte tra i Paesi partecipanti, a indicare che la fisica è insegnata a circa un quinto della popolazione totale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado. Gli studenti italiani coinvolti in TIMSS Advanced fisica sono quelli che frequentano il Liceo Scientifico.

L'indagine TIMSS Advanced è rivolta agli studenti frequentanti l'ultimo anno della scuola secondaria di II grado; in Italia, Norvegia e Slovenia il test è stato somministrato a studenti al tredicesimo anno di scolarità, mentre nella maggior parte degli altri paesi partecipanti si trattava del dodicesimo anno.

La scala per la valutazione del TIMSS Advanced è stata stabilita nel 1995, in base alla distribuzione dei risultati dei paesi partecipanti. Per fornire un punto di riferimento per il confronto tra i paesi, il centro della scala, pari a 500, era collegato alla media della distribuzione. Le unità della scala sono state scelte in modo che 100 punti di scala corrispondano alla deviazione standard della distribuzione.

Figura 3.2.1: Punteggi medi degli studenti in fisica



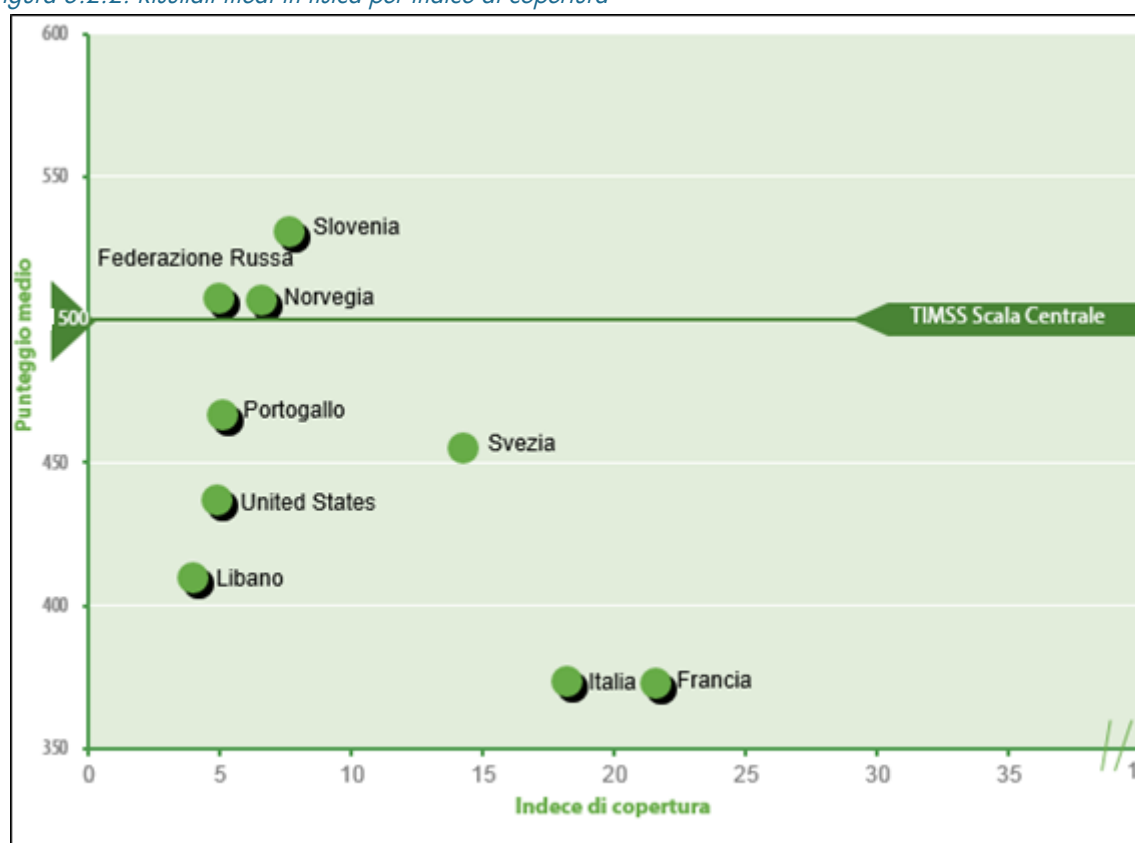
FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

La Slovenia è l'unico Paese con un punteggio significativamente superiore alla media internazionale, mentre 6 Paesi su 9, compresa l'Italia (punteggio medio 374), conseguono un punteggio medio in fisica significativamente inferiore alla media internazionale (500). L'Italia registra anche un significativo peggioramento del rendimento in fisica rispetto al 2008.

La Figura 3.2.2 riporta i risultati conseguiti dai paesi partecipanti in relazione all'indice di copertura della fisica.

Figura 3.2.2: Risultati medi in fisica per indice di copertura



La Slovenia consegue un punteggio medio statisticamente superiore alla media internazionale, avendo una percentuale relativamente bassa di studenti che frequentano corsi di fisica all'ultimo anno della scuola secondaria, L'Italia e la Francia, con un numero maggiore di studenti frequentanti corsi di fisica all'ultimo anno, si collocano nella parte più bassa della distribuzione.

3.3 Analisi dei risultati nei diversi domini

I risultati ottenuti nel dominio dei contenuti sono riportati nella Figura 3.3.1:

Figura 3.3.1: Punteggi nei domini di contenuto in fisica

Paese	Punteggio medio nella scala totale	Meccanica e Termodinamica (39 items)			Elettricità e Magnetismo (27 items)			Fenomeni ondulatori e Fisica atomica/nucleare (35 items)		
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	
Slovenia	531 (2,5)	541 (2,7)	10 (1,6)	▲	530 (4,3)	-1 (4,5)		511 (4,5)	-20 (3,9)	▼
Federazione Russa	508 (7,1)	514 (6,7)	7 (1,6)	▲	515 (8,0)	8 (2,8)	▲	490 (7,5)	-17 (2,1)	▼
Norvegia	507 (4,6)	503 (4,1)	-5 (1,7)	▼	514 (5,5)	7 (3,8)		507 (5,2)	0 (2,1)	
Portogallo	467 (4,6)	489 (4,8)	22 (3,2)	▲	431 (5,8)	-35 (4,5)	▼	456 (6,2)	-11 (5,2)	▼
Svezia	455 (5,9)	455 (6,1)	0 (2,7)		455 (6,0)	1 (2,6)		451 (6,3)	-4 (2,7)	
‡ Stati Uniti	437 (9,7)	462 (9,6)	25 (3,4)	▲	380 (12,2)	-58 (3,9)	▼	431 (8,7)	-7 (3,0)	▼
‡ Libano	410 (4,5)	395 (4,4)	-15 (4,7)	▼	399 (5,2)	-11 (5,9)		431 (6,8)	20 (5,7)	▲
Italia	374 (6,9)	376 (6,4)	2 (2,6)		425 (6,6)	51 (3,7)	▲	329 (7,9)	-45 (2,3)	▼
Francia	373 (4,0)	327 (5,7)	-46 (3,7)	▼	339 (4,7)	-34 (3,8)	▼	418 (4,5)	45 (2,5)	▲

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Osservando i risultati contrassegnati con il simbolo ▲ o ▼, si nota che 4 Paesi evidenziano il dominio di contenuto meccanica e termodinamica come punto di forza rispetto alla scala totale, 2 Paesi, fra i quali l'Italia, il dominio elettricità e magnetismo e 2 Paesi fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare. Viceversa, 3 Paesi evidenziano il dominio di contenuto meccanica e termodinamica come punto di debolezza rispetto alla scala totale, 3 Paesi il dominio elettricità e magnetismo e 5 Paesi, fra i quali l'Italia, fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare.

I risultati ottenuti nei domini cognitivi sono riportati nella seguente Figura 3.3.2.

Figura 3.3.2: Punteggi nei domini cognitivi in fisica

Paese	Punteggio medio nella scala totale	Conoscenza (30 items)		Applicazione (41 items)		Ragionamento (30 items)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Slovenia	531 (2,5)	521 (4,2)	-10 (3,3) ▼	543 (3,8)	12 (3,5) ▲	514 (5,7)	-17 (5,6) ▼
Federazione Russa	508 (7,1)	517 (7,5)	9 (2,4) ▲	508 (7,6)	1 (1,3)	493 (6,7)	-15 (2,4) ▼
Norvegia	507 (4,6)	529 (4,2)	22 (2,9) ▲	484 (5,3)	-23 (1,8) ▼	519 (5,7)	12 (2,8) ▲
Portogallo	467 (4,6)	474 (4,7)	7 (3,0) ▲	452 (5,7)	-15 (3,9) ▼	481 (3,9)	14 (2,9) ▲
Svezia	455 (5,9)	452 (6,0)	-3 (2,1)	454 (6,4)	0 (3,0)	450 (6,2)	-4 (3,2)
‡ Stati Uniti	437 (9,7)	444 (9,8)	7 (3,5)	420 (10,2)	-17 (2,9) ▼	455 (8,8)	17 (3,3) ▲
‡ Libano	410 (4,5)	378 (4,7)	-32 (3,6) ▼	433 (5,4)	22 (5,3) ▲	375 (6,2)	-35 (4,1) ▼
Italia	374 (6,9)	367 (6,6)	-7 (4,4)	371 (7,3)	-3 (2,1)	375 (7,3)	1 (3,0)
Francia	373 (4,0)	375 (3,9)	2 (1,6)	358 (5,6)	-15 (3,4) ▼	397 (4,2)	24 (1,9) ▲

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

I dati non evidenziano un pattern comune per tutti i paesi, il dominio Applicazione è quello che rappresenta un punto di debolezza per 4 paesi e di forza solo per due. I punti di forza di Norvegia e Portogallo sono i domini cognitivi di conoscenza e ragionamento, in tutti gli altri Paesi solo un dominio cognitivo rappresenta un punto di forza, ad eccezione dell'Italia e della Svezia dove i punteggi degli studenti nei diversi domini cognitivi non differiscono dal rispettivo punteggio totale di scala.

3.4 Livelli di rendimento (*benchmark*) in fisica

Per descrivere i risultati degli studenti, TIMSS Advanced 2015 ha individuato tre livelli o indici di posizione (*benchmark*) nella scala complessiva di fisica:

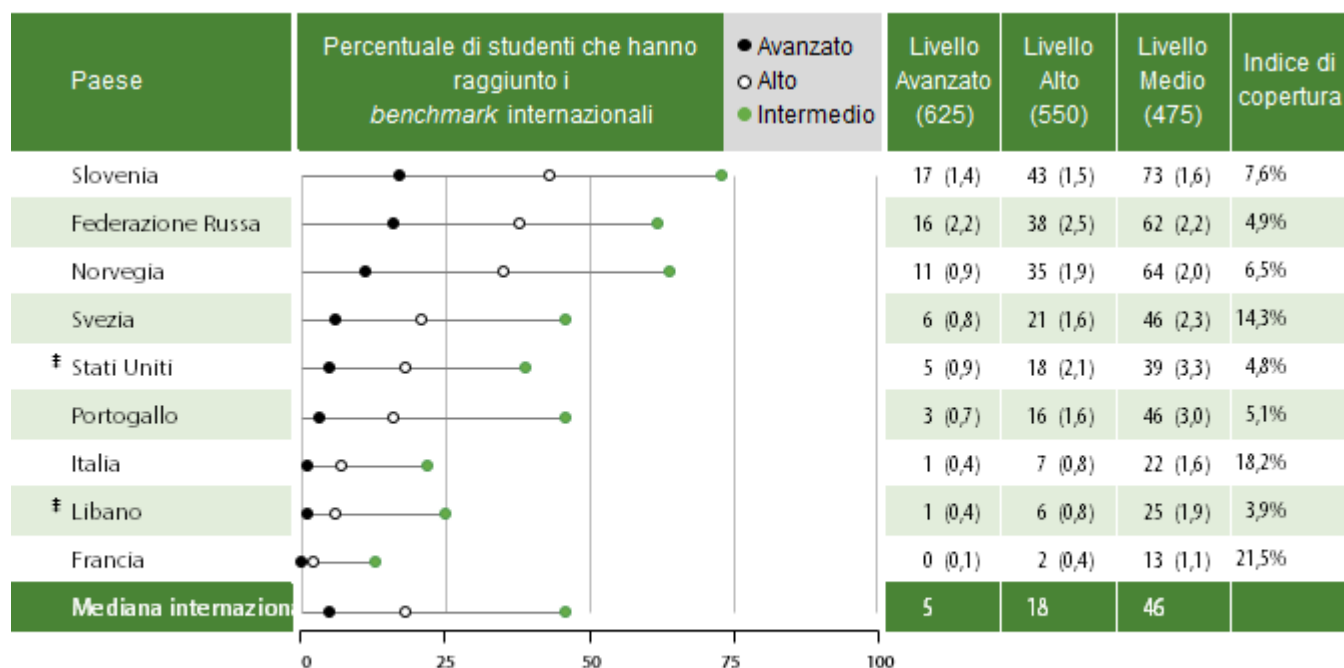
- livello avanzato (625 punti);
- livello alto (550 punti);
- livello intermedio (475 punti).

Tabella 3.4.1: Livelli di rendimento (*benchmark*) in fisica

625	Benchmark avanzato	●
	<i>Gli studenti sanno comunicare le loro conoscenze delle leggi della Fisica e le sanno applicare per risolvere problemi in contesti pratici e astratti.</i> Sanno applicare le conoscenze del moto di oggetti in caduta libera, sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e temperatura, dei circuiti elettrici e dei campi elettrici. Gli studenti sanno comunicare le loro conoscenze sui campi magnetici e sui fenomeni legati alle onde meccaniche ed elettromagnetiche e dimostrano la comprensione della Fisica atomica e nucleare. Gli studenti sanno progettare procedure sperimentali e sanno interpretare i risultati, sanno sintetizzare informazioni da diagrammi complessi e grafici che descrivono concetti astratti di Fisica per risolvere problemi. Sanno risolvere problemi che richiedono più passaggi su una varietà di grandezze fisiche, in una vasta gamma di contesti, sanno trarre conclusioni sui fenomeni fisici e forniscono spiegazioni comunicando le loro conoscenze scientifiche.	
550	Benchmark alto	○
	<i>Gli studenti sanno applicare le leggi di base della Fisica per risolvere problemi in una varietà di situazioni.</i> Sanno applicare le conoscenze di cinematica e dinamica, sanno comunicare la comprensione delle leggi della conservazione dell'energia e della quantità di moto, sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e temperatura per risolvere problemi. Gli studenti sanno applicare le conoscenze della legge Ohm e dell'effetto Joule ai circuiti elettrici, sanno risolvere problemi che riguardano i campi magnetici, il moto di particelle cariche in campi magnetici e l'induzione elettromagnetica. Mostrano di aver compreso i fenomeni relativi alle onde elettromagnetiche e alle reazioni nucleari. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi complessi e grafici che descrivono concetti astratti, ricavano formule ed eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti, valutano le spiegazioni di fenomeni fisici e forniscono brevi spiegazioni comunicando le loro conoscenze scientifiche.	
475	Benchmark intermedio	●
	<i>Gli studenti mostrano di possedere alcune conoscenze di base della Fisica che spiegano una serie di fenomeni.</i> Sanno usare le loro conoscenze di cinematica e dinamica per risolvere problemi, sanno applicare le loro conoscenze dei concetti di calore e temperatura nei trasferimenti di energia e le leggi di conservazione in contesti quotidiani e astratti. Essi mostrano di conoscere i campi elettrici, le proprietà di cariche puntiformi e il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Gli studenti sanno applicare le conoscenze di fenomeni relativi alle onde meccaniche ed elettromagnetiche e le conoscenze della Fisica atomica e nucleare per risolvere problemi. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi e grafici per risolvere problemi, eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti e valutano enunciati al fine di individuare spiegazioni di fenomeni fisici.	

La Figura 3.4.2 mostra la percentuale di studenti che raggiungono ciascuno dei tre *benchmark* internazionali di TIMSS Advanced. I risultati sono riportati in ordine decrescente rispetto alla percentuale di studenti che raggiunge il livello avanzato, indicato con un pallino nero. Poiché uno studente che arriva al livello avanzato raggiunge di fatto anche tutti gli altri livelli, il livello più alto comprende anche quelli inferiori, per cui la percentuale indicata a destra della Tabella rappresenta una percentuale cumulata.

Figura 3.4.2: Prestazioni in relazione ai benchmark internazionali di fisica



(†) Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Nell'ultima riga viene riportata la mediana internazionale dei risultati per ciascuno dei tre livelli: livello avanzato 5%, alto 18%, intermedio 46%. Gli studenti di Slovenia, Federazione Russa e Norvegia raggiungono il *benchmark* avanzato per valori che vanno dall'11% al 17%, gli altri paesi, per questo livello raggiungono al massimo il 6%. In Italia una percentuale molto bassa raggiunge il livello avanzato (1%), solo il 7% raggiunge il livello alto e meno del 25% raggiunge il livello intermedio.

Tabella 3.4.3: Descrizione del benchmark internazionale intermedio (475) in TIMSS Advanced 2015 per i risultati di fisica

475 Benchmark intermedio
Sommario <i>Gli studenti mostrano di possedere alcune conoscenze di base della Fisica che spiegano una serie di fenomeni. Sanno usare le loro conoscenze di cinematica e dinamica per risolvere problemi, sanno applicare le loro conoscenze dei concetti di calore e temperatura nei trasferimenti di energia e le leggi di conservazione in contesti quotidiani e astratti. Essi mostrano di conoscere i campi elettrici, le proprietà di cariche puntiformi e il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Gli studenti sanno applicare le conoscenze di fenomeni relativi alle onde meccaniche ed elettromagnetiche e le conoscenze della Fisica atomica e nucleare per risolvere problemi. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi e grafici per risolvere problemi, eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti e valutano enunciati al fine di individuare spiegazioni di fenomeni fisici. Gli studenti sanno utilizzare le loro conoscenze di cinematica e dinamica per risolvere problemi, individuando la direzione dell'accelerazione degli oggetti in moto rettilineo o circolare, riconoscendo le proprietà di questi moti. Sanno relazionare la distanza e la massa degli oggetti con la loro attrazione gravitazionale. Sanno applicare le conoscenze delle leggi di conservazione a contesti quotidiani e astratti, calcolando il lavoro fatto dalle forze di attrito per fermare un oggetto e correlando le variazioni di energia interna e di temperatura in un gas. Sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e di temperatura alle trasformazioni e ai trasferimenti di energia, valutando l'entità dei cambiamenti di temperatura di una massa d'aria che si dilata, individuando le trasformazioni energetiche che si verificano quando un meteorite entra nell'atmosfera terrestre e riconoscendo i processi di trasferimento di energia nel sistema Sole-Terra. Gli studenti sanno applicare le conoscenze sui campi elettrici e le proprietà di cariche puntiformi, identificando, ad esempio, la direzione della forza su di un corpo puntiforme carico posto in un campo elettrico. Essi mostrano anche di conoscere il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, indicando la direzione della corrente indotta in una bobina e valutando le descrizioni di come l'induzione può essere usata per alimentare una torcia elettrica. Gli studenti sanno applicare le conoscenze relative a fenomeni riguardanti le onde meccaniche ed elettromagnetiche. Nella risoluzione di problemi sanno calcolare, determinare e confrontare le lunghezze d'onda e le velocità delle onde in diversi mezzi, sanno riconoscere l'intervallo di lunghezze d'onda della luce visibile e sanno prevedere il risultato dell'aumento di temperatura di un corpo nero. Gli studenti sanno applicare le conoscenze della Fisica atomica e nucleare per risolvere problemi in contesti pratici e astratti, caratterizzando le radiazioni elettromagnetiche, valutando le affermazioni sulla distribuzione delle energie nell'elettronica fotoelettrica e indicando il numero di protoni e neutroni in diversi isotopi. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi e grafici per risolvere i problemi, eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti e valutano le spiegazioni dei fenomeni fisici.</i>

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Figura 3.4.4: Esempio item benchmark Internazionale intermedio

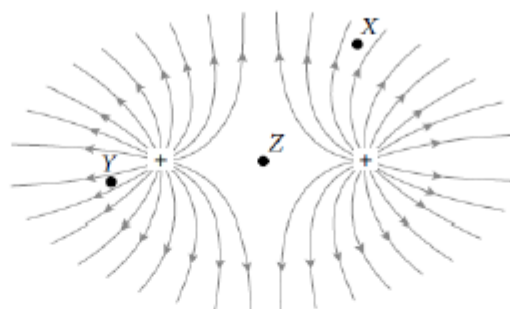
Paese	Percentuale di risposte corrette
Portogallo	77 (2,2) ●
Francia	76 (1,2) ●
Norvegia	75 (1,5) ●
Federazione Russa	73 (2,0) ●
§ Stati Uniti	68 (2,3)
Media internazionale	68 (0,8)
Slovenia	67 (3,1)
Italia	66 (1,9)
Svezia	66 (1,3)
§ Libano	41 (3,8) ▼

Dominio di contenuto: Elettricità e magnetismo

Dominio cognitivo: Applicazione

Descrizione: Parte A - Identifica la direzione della forza che agisce su di una carica puntiforme posta in vari punti di un campo elettrico

Nel diagramma vengono riportate le linee di campo elettrico attorno a due cariche puntiformi positive.



A. Una carica di prova positiva viene posizionata in corrispondenza di ciascuno dei punti elencati di seguito.

Scegli la direzione della freccia che rappresenta meglio la forza cui sarebbe sottoposta la carica in corrispondenza di ciascuno dei punti.

Punto X

(A) ↖

(B) ↗

(C) ↙

(D) ↘

(E) nessuna forza

Punto Y

(A) ↖

(B) ↗

(C) ↙

(D) ↘

(E) nessuna forza

Punto Z

(A) ↖

(B) ↗

(C) ↙

(D) ↘

(E) nessuna forza

B. Elenca i punti X, Y e Z in ordine crescente di forza di campo.

È mostrato il tipo di risposta da dare per ottenere il punteggio pieno (1 punto). Per ricevere un punto per la parte A, gli studenti hanno selezionato, in ordine, le opzioni B, C e E.



Percentuale significativamente più alta rispetto alla media internazionale



Percentuale significativamente più bassa rispetto alla media internazionale

§ Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

(Percentuali corrette: media internazionale 68%; Italia 66%).

I risultati ottenuti dagli studenti italiani sono poco al di sotto della media internazionale. Occorre sottolineare che il programma curricolare italiano prevede questo argomento e nei libri di testo utilizzati in Italia sono presenti esercizi simili.

Figura 3.4.5: Descrizione del benchmark internazionale alto (550) in TIMSS Advanced 2015 per i risultati di fisica

550	Benchmark alto	
	Sommario <i>Gli studenti sanno applicare le leggi di base della Fisica per risolvere problemi in una varietà di situazioni.</i> Sanno applicare le conoscenze di cinematica e dinamica, sanno comunicare la comprensione delle leggi della conservazione dell'energia e della quantità di moto, sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e temperatura per risolvere problemi. Gli studenti sanno applicare le conoscenze della legge Ohm e dell'effetto Joule ai circuiti elettrici, sanno risolvere problemi che riguardano i campi magnetici, il moto di particelle cariche in campi magnetici e l'induzione elettromagnetica. Mostrano di aver compreso i fenomeni relativi alle onde elettromagnetiche e alle reazioni nucleari. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi complessi e grafici che descrivono concetti astratti, ricavano formule ed eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti, valutano le spiegazioni di fenomeni fisici e forniscono brevi spiegazioni comunicando le loro conoscenze scientifiche. Gli studenti sanno applicare le conoscenze di cinematica e dinamica per risolvere problemi, stimano il coefficiente di attrito tra oggetto e superficie e l'intensità della forza normale agente su di un corpo che scivola all'interno di un cilindro e sanno ricavare un'espressione per la velocità di un oggetto che si trova nella parte più alta di un percorso circolare verticale. Essi sanno comunicare la comprensione delle leggi della conservazione dell'energia e della quantità di moto, sanno calcolare la velocità e identificare la direzione del moto di oggetti che si urtano. Gli studenti sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e di temperatura per risolvere i problemi che implicano leggi sul gas, grafici pressione-volume e rilascio energetico dell'acqua che si raffredda. Gli studenti sanno applicare le loro conoscenze sulla legge di Ohm e sull'effetto Joule e sanno risolvere problemi che riguardano l'interazione tra particelle cariche e l'interazione di queste con campi magnetici. Sanno applicare le conoscenze sul campo magnetico e sull'induzione elettromagnetica per risolvere problemi. Gli studenti mostrano di conoscere fenomeni correlati con le onde elettromagnetiche identificando le lunghezze d'onda delle radiazioni elettromagnetiche più dannose per gli esseri umani e calcolando l'indice di rifrazione del vetro. Gli studenti sanno applicare le conoscenze di Fisica atomica e nucleare, spiegando quale semiconduttore è adatto da utilizzare nei pannelli solari, stimando l'età di un campione di materiale organico dalla concentrazione di carbonio-14 presente in esso, individuando la fonte di energia utilizzata per generare elettricità in una centrale nucleare e sapendo spiegare le cause che determinano la differenza di massa di un atomo prima e dopo una reazione nucleare. Gli studenti sanno ricavare informazioni da diagrammi complessi e grafici che descrivono concetti astratti, ricavano formule ed eseguono calcoli su una varietà di grandezze fisiche in una vasta gamma di contesti, valutano le spiegazioni di fenomeni fisici e forniscono brevi spiegazioni comunicando le loro conoscenze scientifiche.	

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Figura 3.4.6: Esempio item benchmark internazionale alto

Paese	Percentuale di risposte corrette	Dominio di contenuto: Meccanica e termodinamica
		Dominio cognitivo: Applicazione
		Descrizione: Mostra i passaggi per calcolare l'energia richiesta per aumentare la temperatura dell'acqua in un assegnato contesto
Slovenia	77 (2,2) ●	Marco beve 0,5 L di acqua. L'acqua è alla temperatura di 4,0 °C e viene poi riscaldata a 37,0 °C nel suo corpo. Quanta energia è necessaria per l'aumento della temperatura dell'acqua? Il calore specifico dell'acqua è di 4,2 kJ/kg·°C. Mostra il procedimento che hai seguito, comprese le equazioni usate. Risposta: _____ 69 _____ kJ $Q = C_m \Delta T$ $= (4,2)(.5)(37-4)$ $= 69 \text{ kJ}$ È mostrato il tipo di risposta da dare per ottenere il punteggio pieno (1 punto). Per ottenere 1 punto, lo studente ha scritto la relazione matematica relativa alla quantità di calore scambiata in termini di calore specifico, massa e variazione di temperatura, ha sostituito i dati assegnati ed ha calcolato il risultato finale.
Federazione Russa	68 (2,4) ●	
Portogallo	57 (2,9) ●	
Svezia	53 (2,3) ●	
Media internazionale	42 (0,7)	
Italia	39 (1,7) ▼	
Francia	29 (1,9) ▼	
‡ Stati Uniti	26 (2,1) ▼	
Norvegia	17 (1,4) ▼	
‡ Libano	12 (1,8) ▼	



Percentuale significativamente più alta rispetto alla media internazionale



Percentuale significativamente più bassa rispetto alla media internazionale

(Percentuali corrette: media internazionale 42%; Italia 39%).

La percentuale di risposte corrette dei nostri studenti è inferiore in maniera statisticamente significativa rispetto alla media internazionale nonostante l'argomento trattato è previsto dal programma curricolare italiano e gli studenti svolgono esercizi simili a quello proposto. Il dato che colpisce è la percentuale elevata di studenti che non fornisce alcuna risposta (38%), questo potrebbe dipendere dal fatto che l'argomento viene trattato nel biennio del liceo e, probabilmente, gli studenti italiani dell'ultimo anno non ricordano la formula da utilizzare.

Figura 3.4.7: Descrizione del benchmark internazionale avanzato (625) in TIMSS Advanced 2015 per i risultati di fisica

625	Benchmark avanzato
	Sommario <i>Gli studenti sanno comunicare le loro conoscenze delle leggi della Fisica e le sanno applicare per risolvere problemi in contesti pratici e astratti.</i> Sanno applicare le conoscenze del moto di oggetti in caduta libera, sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e temperatura, dei circuiti elettrici e dei campi elettrici. Gli studenti sanno comunicare le loro conoscenze sui campi magnetici e sui fenomeni legati alle onde meccaniche ed elettromagnetiche e dimostrano la comprensione della Fisica atomica e nucleare. Gli studenti sanno progettare procedure sperimentali e sanno interpretare i risultati, sanno sintetizzare informazioni da diagrammi complessi e grafici che descrivono concetti astratti di Fisica per risolvere problemi. Sanno risolvere problemi che richiedono più passaggi su una varietà di grandezze fisiche, in una vasta gamma di contesti, sanno trarre conclusioni sui fenomeni fisici e forniscono spiegazioni comunicando le loro conoscenze scientifiche Gli studenti mostrano di conoscere il moto di oggetti in caduta libera. Sanno applicare le conoscenze dei concetti di calore e temperatura a problemi pratici, calcolando, per esempio, la temperatura di un gas dopo la compressione, descrivendo l'operazione di taratura di un termometro e analizzando un sistema meccanico azionato da un motore elettrico per valutare la perdita di energia. Gli studenti sanno applicare le conoscenze relative a circuiti e campi elettrici per calcolare, per esempio, la forza su di una particella carica che si muove tra due lastre cariche, per confrontare il consumo di potenza di differenti lampadine collegate tra loro in un circuito complesso e sanno interpretare il grafico corrente-resistenza per calcolare la resistenza interna di una pila. Gli studenti sanno comunicare le proprie conoscenze sui campi magnetici calcolando l'intensità di un campo magnetico che agisce su di un protone e prevedendo la traiettoria di un fascio di elettroni in presenza di un campo magnetico. Gli studenti sanno applicare le proprie conoscenze di fenomeni relativi alle onde elettromagnetiche, valutando argomenti che riguardano la lunghezza d'onda della luce alla temperatura del corpo emittente, mettendo in relazione i colori della luce emessa da barre metalliche con la loro temperatura, per spiegare quale è più calda e riconoscendo che un oggetto rosso assorbe completamente la radiazione proveniente da una sorgente di luce verde. Gli studenti dimostrano di possedere le conoscenze fondamentali di Fisica atomica e nucleare, bilanciando le equazioni per le reazioni nucleari di fissione, identificando i reattivi atomici più appropriati da utilizzare in una reazione di fusione e calcolando la massa persa durante una reazione di fusione.

Figura 3.4.8: Esempio item benchmark internazionale avanzato

Paese	Percentuale di risposte corrette	Dominio di contenuto: Eletticità e magnetismo Dominio cognitivo: Ragionamento Descrizione: Fai una previsione su come si modifica il percorso orizzontale di un fascio di elettroni come risultato della presenza di un campo magnetico
Federazione Russa	50 (2,3)	Un fascio di elettroni, all'interno di un tubo di vetro in cui è stato fatto il vuoto, è diretto da sinistra a destra. Il tubo è inserito in un campo magnetico uniforme, diretto verso il basso, come mostrato in figura. Che cosa accade agli elettroni del fascio? ☐ A Il fascio piega dentro la pagina ☒ B Il fascio piega fuori della pagina ☐ C Il fascio piega verso il basso ☐ D Il fascio piega verso l'alto
Norvegia	39 (1,8)	
Svezia	39 (1,5)	
Slovenia	36 (2,5)	
Media internazionale	32 (0,7)	
Libano	28 (2,2)	
Italia	27 (1,6)	
Stati Uniti	23 (1,7)	
Portogallo	13 (1,6)	
Francia	- -	

Percentuale significativamente più alta rispetto alla media internazionale
 Percentuale significativamente più bassa rispetto alla media internazionale

(i) Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

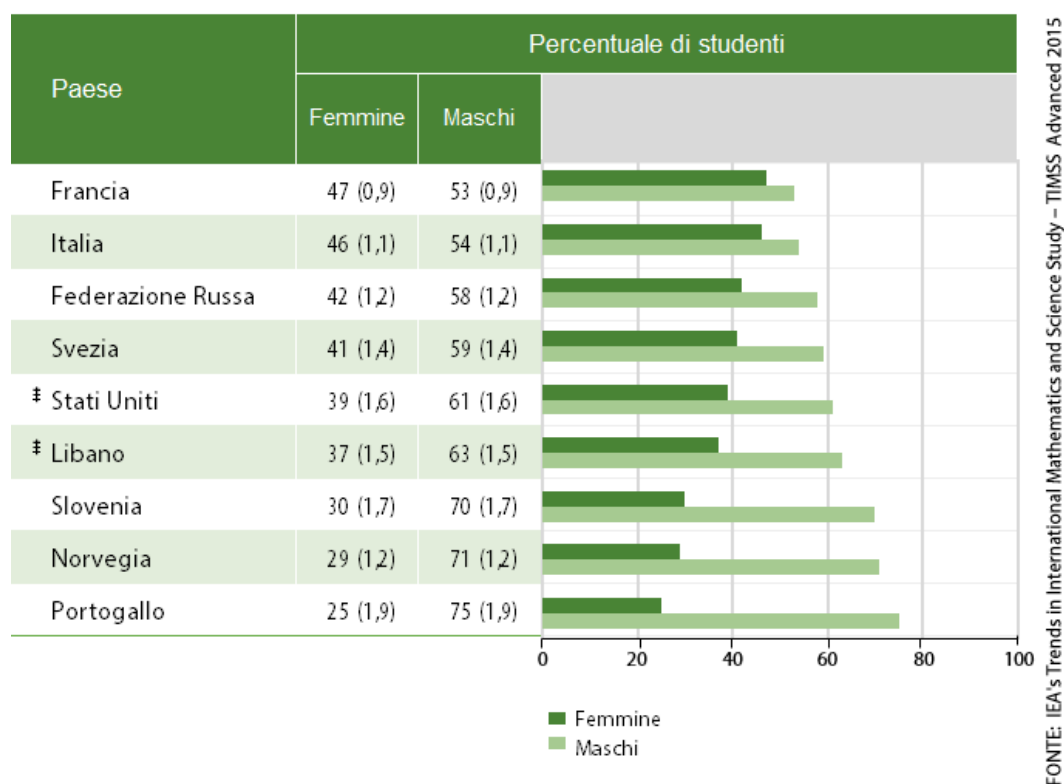
(Percentuali corrette: media internazionale 32%; Italia 27%).

Anche se l'argomento trattato è previsto dai programmi curriculari, il quesito richiede la conoscenza del calcolo vettoriale e non sempre gli studenti sono abili nel ricercare direzione e verso della forza che agisce su una carica in moto in un campo magnetico, forza che è perpendicolare al piano contenente i vettori velocità e campo magnetico. L'alta percentuale di risposte degli studenti per l'opzione C (in Italia il 28% degli studenti) conferma quanto detto: in modo superficiale per la forza agente sulla carica in moto nel campo magnetico sono stati scelti direzione e verso del campo.

3.5 Differenze di genere nel rendimento in fisica

La Figura 3.5.1 illustra le differenze in termini di frequenza di corsi di fisica tra maschi e femmine.

Figura 3.5.1: Partecipazione in fisica per genere a livello internazionale - grado 13

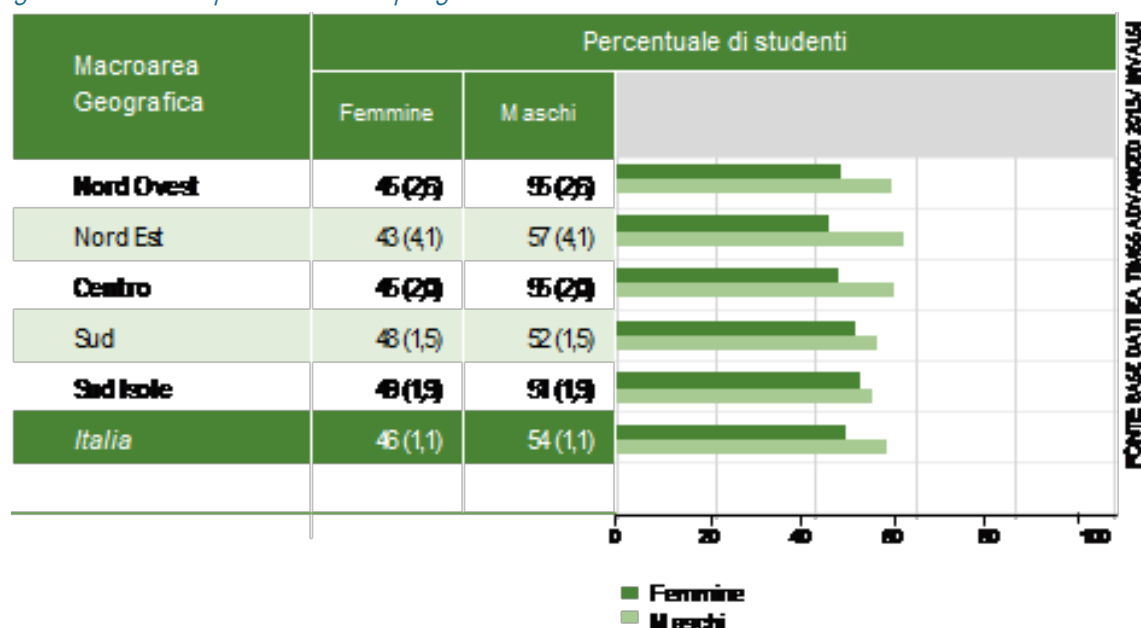


() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Come si può vedere dalla Figura, più maschi che femmine, a livello internazionale, seguono i programmi di fisica, con differenze a favore dei maschi molto marcate in Portogallo (50% in più di maschi iscritti ai corsi di fisica rispetto alle femmine), meno evidenti in Francia (6% di differenza sempre in favore dei maschi). Anche in Italia la differenza di partecipazione a favore dei maschi è solo dell'8%.

La Figura seguente mostra la distribuzione per genere all'interno delle diverse macroaree italiane.

Figura 3.5.2: Partecipazione in fisica per genere in Italia

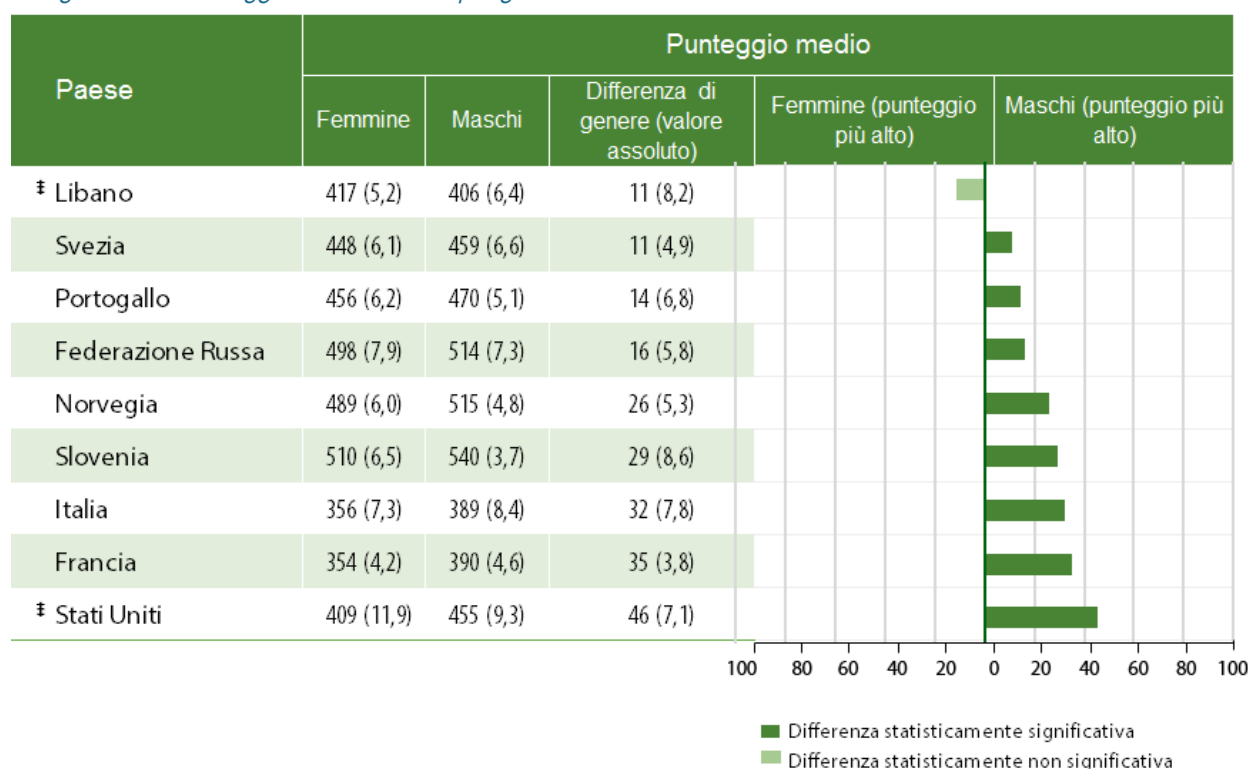


■ Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

L'andamento nelle macroaree in Italia rispecchia, con buona approssimazione la media nazionale con differenze più evidenti al Nord Est (14%), Nord Ovest e Centro (10%), contro differenze meno marcate al Sud (4%) e Sud Isole (2%).

Le due Figure seguenti illustrano invece le differenze di punteggio medio per genere nei diversi Paesi partecipanti a TIMSS Advanced (Figura 3.5.3) e nelle diverse macroaree italiane (Figura 3.5.4).

Figura 3.5.3: Punteggio medio in fisica per genere a livello internazionale

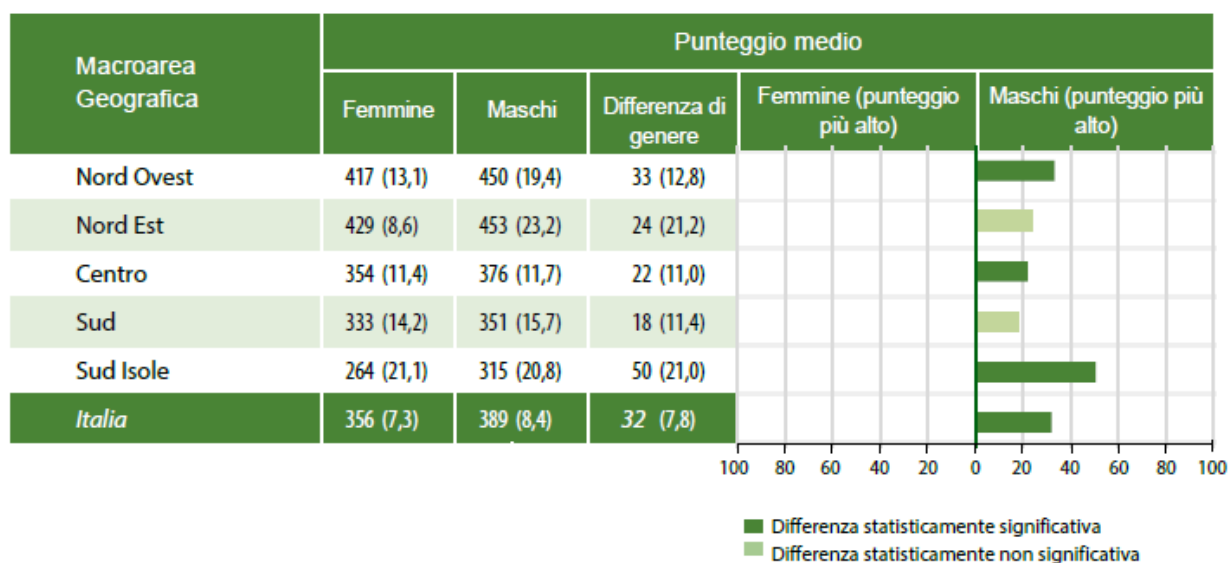


() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

I punteggi ottenuti in fisica dai maschi sono più alti di quelli ottenuti dalle femmine in tutti i Paesi ad eccezione del Libano dove tali differenze non risultano statisticamente significative. L'Italia conferma l'andamento internazionale con una differenza, in media, di 32 punti a vantaggio dei maschi.

Figura 3.5.4: Punteggio medio in fisica per genere in Italia



() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

Il quadro è confermato anche a livello delle macroaree geografiche italiane: i ragazzi

hanno livelli di rendimento migliori in fisica, statisticamente significativi, rispetto alle ragazze nel Nord Ovest, nel Centro e soprattutto nel Sud Isole, dove la differenza di punteggio è pari a 50.

Domini di contenuto

Le Figure 3.5.5 e 3.5.6 illustrano i risultati nei diversi domini di contenuto rispettivamente a livello internazionale e per le diverse macroaree italiane.

Figura 3.5.5: Punteggi nei domini di contenuto in fisica per genere a livello internazionale

Paese	Meccanica e Termodinamica		Elettricità e Magnetismo		Fenomeni ondulatori e Fisica atomica/nucleare	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Slovenia	515 (6,1)	553 (3,6) ▲	515 (7,2)	537 (6,0) ▲	495 (10,6)	518 (5,4)
Federazione Russa	502 (7,9)	523 (6,8) ▲	510 (9,2)	519 (8,1)	485 (8,4)	494 (7,7)
Norvegia	481 (5,0)	511 (4,7) ▲	507 (6,6)	517 (6,0)	488 (7,2)	515 (5,6) ▲
Portogallo	476 (7,0)	493 (5,2) ▲	420 (9,0)	435 (6,8)	442 (10,8)	460 (6,4)
Svezia	441 (6,4)	465 (6,7) ▲	457 (6,3)	454 (7,0)	449 (7,0)	452 (8,0)
‡ Stati Uniti	434 (11,7)	480 (9,4) ▲	346 (15,2)	401 (12,0) ▲	406 (10,9)	446 (8,4) ▲
‡ Libano	396 (9,8)	395 (4,6)	411 (13,0)	392 (6,0)	440 (6,4)	425 (8,8)
Italia	354 (6,7)	394 (7,4) ▲	414 (6,9)	434 (7,8) ▲	310 (8,9)	345 (9,4) ▲
Francia	303 (6,4)	349 (6,5) ▲	321 (7,4)	355 (4,5) ▲	402 (4,3)	432 (5,4) ▲
Media internazionale	434 (2,6)	463 (2,1) ▲	434 (3,1)	449 (2,5) ▲	435 (2,9)	454 (2,5) ▲

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

‡ Non ha soddisfatto le linee guida per il tasso di partecipazione del campione.

Per quanto riguarda i domini di contenuto, a livello internazionale, i maschi vanno meglio delle femmine in tutti i Paesi in meccanica e termodinamica; ad eccezione del Libano dove le differenze non risultano statisticamente significative, in quattro Paesi (Slovenia, Stati Uniti, Francia e Italia) in elettricità e magnetismo e sempre in quattro Paesi (Norvegia, Stati Uniti, Francia e Italia) in fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare.

Figura 3.5.6: Punteggi nei domini di contenuto in fisica per genere e area geografica

Macroarea Geografica	Meccanica e Termodinamica		Elettricità e Magnetismo		Fenomeni ondulatori e Fisica atomica/nucleare	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Nord Ovest	406 (13,0)	451 (18,5) ▲	468 (15,0)	494 (18,4) ▲	380 (15,5)	419 (21,9) ▲
Nord Est	421 (9,0)	450 (22,6)	482 (9,4)	496 (23,1)	394 (13,1)	422 (25,5)
Centro	352 (11,1)	379 (10,3) ▲	411 (12,1)	422 (11,6)	305 (14,6)	331 (13,1)
Sud	336 (13,9)	363 (14,7) ▲	393 (13,8)	397 (15,2)	280 (16,0)	298 (17,8)
Sud Isole	269 (18,6)	327 (17,7) ▲	332 (18,8)	364 (17,6) ▲	211 (22,4)	256 (21,7) ▲
Italia	354 (6,7)	394 (7,4) ▲	414 (6,9)	434 (7,8) ▲	310 (8,9)	345 (9,4) ▲

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

In Italia, come si evince dalla Figura 3.5.6 si riscontra lo stesso andamento a favore dei ragazzi, in particolare, in meccanica e termodinamica questa differenza a favore dei ragazzi è significativamente più alta, in tutte le macroaree eccetto che per il Nord Est. Negli altri domini di contenuto, i risultati sono significativamente a favore dei ragazzi solo nel Nord Ovest e nel Sud Isole.

Domini cognitivi

Le Figure 3.5.7 e 3.5.8 illustrano i risultati nei diversi domini cognitivi rispettivamente a livello internazionale e per le diverse macroaree italiane.

Figura 3.5.7: Punteggi nei domini cognitivi di fisica per genere a livello internazionale

Paese	Conoscenza		Applicazione		Ragionamento	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Slovenia	492 (8,1)	533 (4,9) ▲	537 (6,7)	546 (4,7)	477 (7,6)	529 (7,1) ▲
Federazione Russa	512 (8,8)	520 (7,6)	502 (9,3)	513 (7,7)	476 (8,2)	505 (7,0) ▲
Norvegia	500 (7,0)	541 (4,5) ▲	475 (7,0)	488 (5,5) ▲	497 (9,4)	528 (5,9) ▲
Portogallo	460 (7,6)	479 (5,3) ▲	443 (8,3)	455 (5,8)	467 (6,8)	485 (4,8) ▲
Svezia	438 (6,4)	461 (6,5) ▲	453 (6,6)	455 (7,1)	440 (6,7)	458 (6,5) ▲
‡ Stati Uniti	401 (13,3)	471 (9,3) ▲	401 (13,0)	433 (9,8) ▲	425 (10,5)	474 (8,9) ▲
‡ Libano	385 (7,3)	374 (6,0)	441 (5,5)	427 (7,0)	386 (7,7)	368 (7,6)
Italia	343 (7,2)	388 (7,7) ▲	359 (7,4)	382 (8,8) ▲	353 (7,4)	394 (8,5) ▲
Francia	347 (4,8)	399 (4,5) ▲	345 (7,1)	369 (5,9) ▲	377 (5,5)	414 (6,0) ▲
Media internazionale	431 (2,7)	463 (2,2) ▲	440 (2,7)	452 (2,4) ▲	433 (2,6)	462 (2,3) ▲

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

‡ Non ha soddisfatto le linee guida per il tasso di partecipazione del campione.

FONTE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Per quanto riguarda i domini cognitivi, i maschi ottengono risultati statisticamente superiori alle femmine nei domini conoscenza e ragionamento in tutti i Paesi ad eccezione del Libano. Mentre nel dominio applicazione i maschi ottengono risultati superiori alle femmine in Norvegia, Stati Uniti, Francia e Italia.

Figura 3.5.8: Punteggi nei domini cognitivi di fisica per genere e area geografica

Macroarea Geografica	Conoscenza		Applicazione		Ragionamento	
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
Nord Ovest	396 (13,8)	442 (19,2) ▲	420 (14,6)	446 (20,5)	417 (13,4)	462 (21,3) ▲
Nord Est	408 (10,9)	450 (21,8)	435 (10,9)	447 (24,4)	432 (11,4)	460 (23,7)
Centro	342 (11,2)	373 (11,8) ▲	355 (13,8)	366 (13,7)	350 (13,1)	381 (12,8) ▲
Sud	323 (13,2)	354 (14,5) ▲	336 (15,9)	341 (15,5)	326 (15,7)	350 (16,4) ▲
Sud Isole	261 (19,3)	319 (18,6) ▲	263 (20,6)	309 (21,2) ▲	255 (19,8)	316 (20,1) ▲
Italia	343 (7,2)	388 (7,7) ▲	359 (7,4)	382 (8,8) ▲	353 (7,4)	394 (8,5) ▲

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

▲ Media significativamente più alta di un genere rispetto all'altro

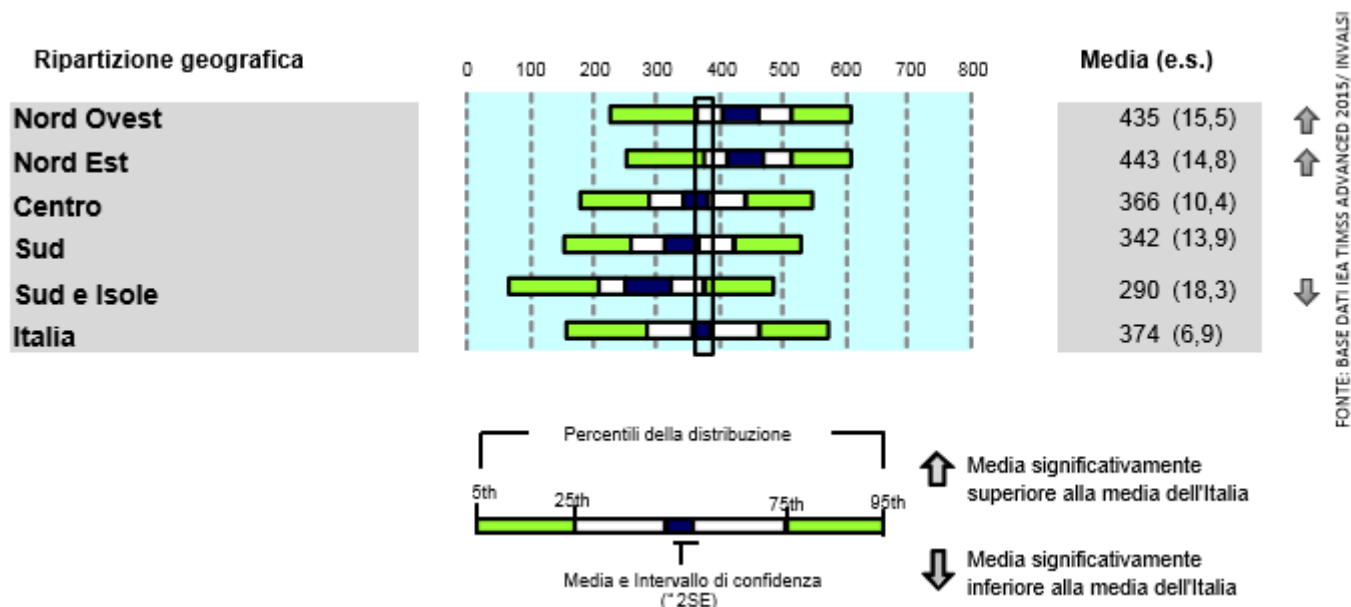
() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Anche in Italia l'andamento è identico. Dalla Figura 3.5.8 si evince che nei domini di conoscenza e ragionamento la differenza di punteggio a favore dei ragazzi è significativamente più alta in tutte le macroaree eccetto che per il Nord Est. Nel dominio applicazione, questa differenza è significativamente più alta a favore dei ragazzi solo nel Sud Isole.

3.6 Differenze interne al sistema scolastico italiano

Il tipo di campionamento scelto dall'Italia consente di confrontare il rendimento degli studenti tenendo conto delle differenze territoriali. La Figura seguente illustra i risultati degli studenti in fisica per area geografica.

Figura 3.6.1: Risultati in fisica rispetto ai benchmark internazionali



Quello che emerge è in linea con i risultati di altre indagini internazionali, quale PISA, o delle rilevazioni nazionali: si assiste in Italia a forti differenze per area geografica, con il Nord Ovest e il Nord Est che si collocano al di sopra della media nazionale (rispettivamente 435 e 443 rispetto alla media nazionale di 374 punti) e il Sud Isole al di sotto, con 153 punti di differenza tra Nord Est rispetto a Sud Isole. I risultati del Centro e del Sud non si discostano in maniera statisticamente significativa da quelli nazionali. Un modo utile per interpretare ulteriormente tali differenze è quello di guardare ai livelli di rendimento (*benchmark*) nelle diverse aree geografiche. La Figura 3.6.2 mostra la distribuzione dei livelli di rendimento in fisica per area geografica.

Figura 3.6.2: Risultati in fisica rispetto ai benchmark internazionali

Macroarea Geografica	Percentuale di studenti		
	Livello Avanzato (625)	Livello Alto (550)	Livello Intermedio (475)
Nord Ovest	3,4 (1,1)	14,5 (2,7)	38,8 (4,7)
Nord Est	3,1 (1,6)	15,0 (2,6)	39,3 (4,6)
Centro	0,4 (0,3)	4,7 (1,0)	15,8 (2,5)
Sud	0,6 (0,3)	3,2 (1,2)	12,9 (2,6)
Sud Isole	0,0 (0,0)	0,9 (0,6)	5,9 (2,1)
Italia	1 (0,4)	7 (0,8)	22 (1,6)

Fonte: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

La lettura della Figura dà informazioni aggiuntive rispetto al confronto del semplice punteggio medio. Si può infatti notare che la percentuale di studenti che raggiunge tutti e tre i livelli nel Nord Ovest e nel Nord Est risulta superiore a quella nazionale. Il punteggio del Centro non differisce in maniera statisticamente significativa dalla media nazionale, mentre Sud e Sud Isole si tengono sotto le medie nazionali. Non ci sono studenti del Sud Isole che raggiungono il livello avanzato.

La lettura di tali dati per l'Italia fa riflettere se si considera che il nostro sistema educativo prevede un programma curricolare centralizzato a livello nazionale e dovrebbe di conseguenza garantire un'omogeneità nei risultati degli studenti, indipendentemente dalle aree territoriali di provenienza.

Nella Figura 3.6.3 si possono leggere, rispetto alle diverse macroaree geografiche, le differenze di rendimento per ciascun dominio di contenuto dalla scala totale di fisica.

Figura 3.6.3: Punteggi nei domini di contenuto in fisica - grado 13

Macroarea Geografica	Punteggio medio nella scala totale	Meccanica e Termodinamica (39 item)		Elettricità e Magnetismo (27 item)		Fenomeni ondulatori e Fisica atomica/nucleare (35 item)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Nord Ovest	435 (15,5)	431 (15,0)	-4 (4,1)	483 (15,7)	48 (7,0) ▲	401 (17,2)	-34 (7,3) ▼
Nord Est	443 (14,8)	438 (14,8)	-5 (4,0)	490 (14,9)	47 (5,1) ▲	410 (17,5)	-32 (6,1) ▼
Centro	366 (10,4)	367 (9,4)	1 (4,4)	417 (10,4)	51 (6,0) ▲	319 (12,2)	-47 (5,0) ▼
Sud	342 (13,9)	350 (13,5)	8 (6,1)	395 (13,3)	53 (5,4) ▲	289 (15,3)	-53 (4,4) ▼
Sud Isole	290 (18,3)	299 (16,8)	9 (4,5)	348 (16,8)	58 (4,9) ▲	234 (20,6)	-56 (5,5) ▼
Italia	374 (6,9)	376 (6,4)	2 (2,6)	425 (6,6)	51 (3,7) ▲	329 (7,9)	-45 (2,3) ▼

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

- ▲ Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Gli studenti hanno punteggi significativamente più bassi rispetto al punteggio della scala totale in fenomeni ondulatori e fisica atomica e nucleare in tutte e cinque le macroaree geografiche: questo risultato trova la sua giustificazione nella constatazione che, solo da qualche anno, nel corso dell'ultimo anno di liceo scientifico si studia la fisica atomica e nucleare. Le Indicazioni Nazionali (MIUR 2010) prevedono che i contenuti di fisica, nei Licei Scientifici, siano distribuiti in cinque anni, lasciando all'ultimo anno spazio per lo studio della così detta "Fisica Moderna", tale aspetto era spesso tralasciato in passato quando i contenuti erano compressi in tre anni. In Meccanica e Termodinamica non si riscontrano differenze statisticamente significative all'interno delle diverse aree geografiche rispetto alla scala complessiva; questo risultato sorprende perché questa parte della fisica, in genere, viene ben approfondita nei Licei Scientifici. In tutte le cinque macro

aree, gli studenti raggiungono un punteggio medio per l'ambito Elettricità e Magnetismo significativamente più alto rispetto al punteggio medio sulla scala totale.

Nella Figura 3.6.4 si possono leggere, rispetto alle diverse macroaree geografiche, le differenze di rendimento per ciascun dominio cognitivo dalla scala complessiva di fisica.

Figura 3.6.4: Punteggi nei domini cognitivi in fisica

Macroarea Geografica	Punteggio medio nella scala totale	Conoscenza (30 items)		Applicazione (41 items)		Ragionamento (30 items)	
		Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale	Punteggio medio	Differenza dal punteggio medio nella scala totale
Nord Ovest	435 (15,5)	421 (15,4)	-14 (5,6) ▼	434 (16,5)	-1 (3,7)	442 (16,4)	7 (3,5)
Nord Est	443 (14,8)	432 (13,6)	-10 (6,1)	442 (15,9)	-1 (4,4)	448 (16,7)	5 (5,5)
Centro	366 (10,4)	359 (9,9)	-7 (5,3)	361 (12,0)	-5 (6,5)	367 (11,4)	1 (4,3)
Sud	342 (13,9)	339 (12,8)	-3 (5,4)	339 (14,1)	-3 (4,6)	339 (15,0)	-3 (6,3)
Sud Isole	290 (18,3)	291 (17,3)	1 (8,0)	287 (19,5)	-4 (5,1)	286 (18,9)	-4 (5,7)
Italia	374 (6,9)	367 (6,6)	-7 (4,4)	371 (7,3)	-3 (2,1)	375 (7,3)	1 (3,0)

FONTE: BASE DATI IEA TIMSS ADVANCED 2015/ INVALSI

- Punteggio della sottoscala significativamente più alto del punteggio nella scala totale
- ▼ Punteggio della sottoscala significativamente più basso del punteggio nella scala totale

() Gli errori standard sono tra parentesi. I risultati sono arrotondati al numero intero più vicino (in alcuni casi i totali non sono del tutto coerenti).

Come si può notare, i risultati degli studenti nei diversi domini cognitivi all'interno delle diverse aree geografiche sono abbastanza omogenei e simili a quelli ottenuti nella scala complessiva. Sono in qualche modo sorprendenti i risultati ottenuti dagli studenti del Nord Ovest nel dominio della conoscenza, significativamente al di sotto del punteggio medio sulla scala totale. Nel dominio applicazione non si riscontrano differenze statisticamente significative rispetto alla scala complessiva di fisica all'interno delle singole macroaree.

3.7 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - livello avanzato

Nei vari cicli di indagine, per i differenti Paesi partecipanti a TIMSS Advanced, solo una percentuale relativamente bassa di studenti frequenta corsi di fisica e quindi rientra nella popolazione di studenti eleggibili per partecipare all'indagine. Mentre l'Italia, insieme alla Francia, è caratterizzata da una percentuale più elevata di studenti iscritti a corsi di fisica.

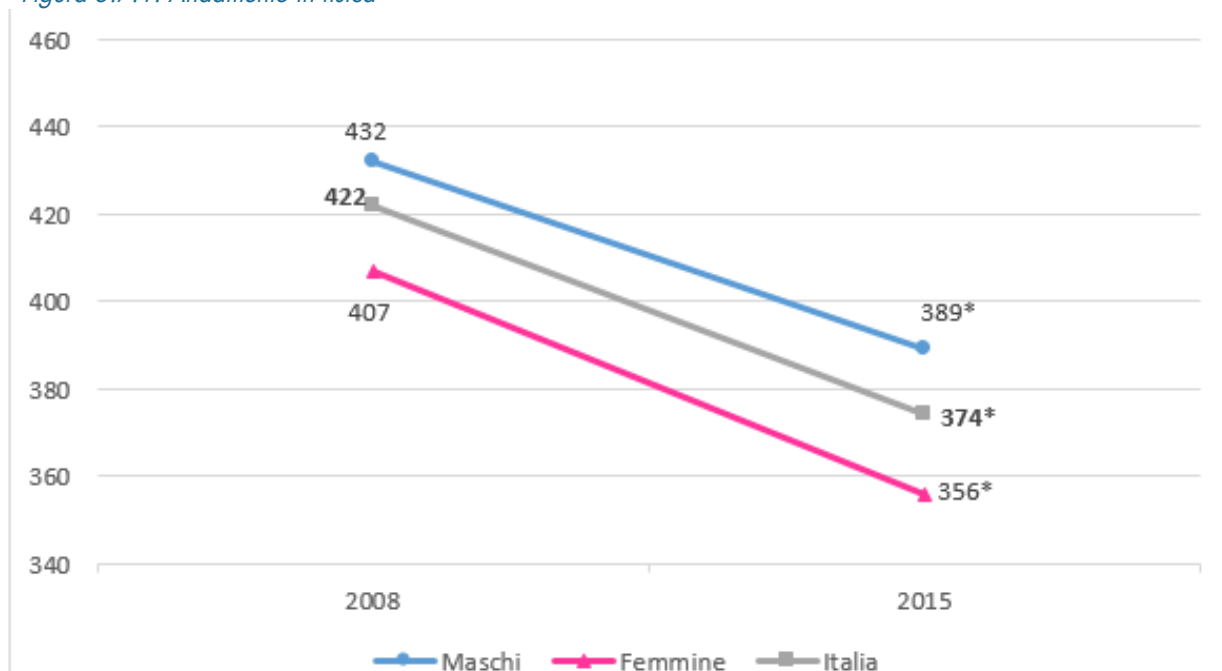
Solo sei Paesi hanno dati confrontabili con il ciclo 2008. Di questi, due Paesi (Federazione Russa e Slovenia) non mostrano differenze statisticamente significative tra i due cicli, mentre quattro Paesi (Italia, Libano, Norvegia e Svezia) ottengono risultati significativamente inferiori rispetto al precedente ciclo. Per quanto riguarda l'Italia, occorre sottolineare che i dati relativi alla composizione del campione evidenziano un aumento consistente del numero degli studenti attraverso gli anni che studia fisica nel proprio percorso di studi. L'Italia è l'unico Paese che ha visto aumentare la percentuale di studenti che frequenta corsi di fisica di livello avanzato e che quindi potevano essere eleggibili per partecipare all'indagine.

Per interpretare correttamente i risultati dei trend degli studenti italiani occorre sottolineare che rispetto ai cicli precedenti è cambiata la composizione della popolazione degli studenti dei Licei Scientifici partecipanti all'indagine. Per quanto riguarda l'Italia, infatti, nel 2010, in seguito alla riforma Gelmini, si è assistito ad un riordino degli istituti della scuola secondaria di I grado. In particolare, prima del 2010, fisica era una materia trattata principalmente nei Licei Scientifici/progetto Brocca, indirizzo scientifico-tecnologico. Per questo motivo la popolazione degli studenti italiani eleggibile per TIMSS Advanced 2008 era costituita solo dal 3,8% della popolazione studentesca italiana. In seguito alla riforma Gelmini, sono stati aboliti tutti gli indirizzi sperimentali e attualmente il liceo scientifico è caratterizzato dall'indirizzo tradizionale e quello delle scienze applicate. Il numero di ore dedicate all'insegnamento della fisica nei Licei Scientifici è stato uniformato tra liceo scientifico tradizionale e liceo scientifico indirizzo scienze applicate. Per questo motivo la popolazione degli studenti del 2015 eleggibili per TIMSS Advanced in fisica è aumentata, includendo tutti gli studenti iscritti ai Licei Scientifici che rappresentano il 18% della popolazione studentesca italiana iscritta all'ultimo anno della scuola secondaria di II grado.

3.7.1 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - differenze di genere

Ad eccezione del Libano, le differenze di genere in fisica sono a vantaggio dei maschi. Tale dato sembra costante nel tempo, con gli studenti maschi che ottengono risultati superiori rispetto alle colleghe femmine in entrambi i cicli dell'indagine (2008 e 2015). La Figura seguente illustra l'andamento nel tempo dei risultati in fisica per l'Italia.

Figura 3.7.1: Andamento in fisica



Fonte: base dati TIMSS Advanced 2015 / INVALSI.

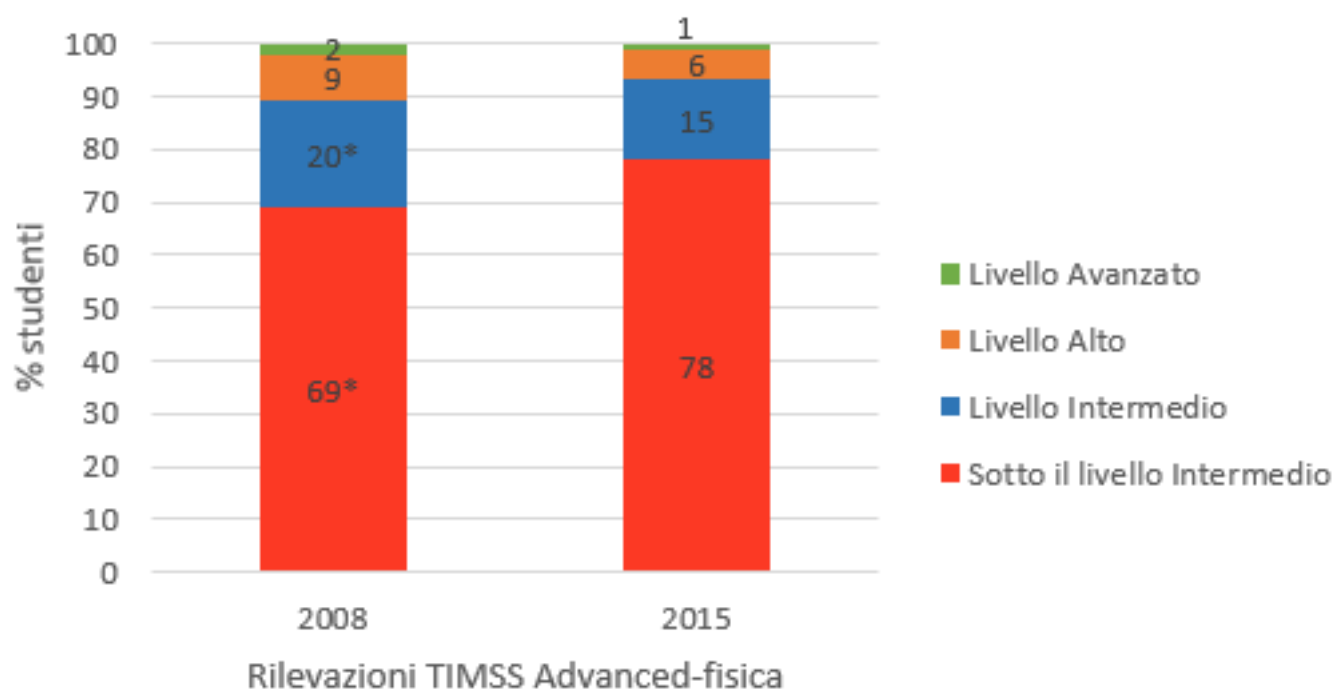
*differenze statisticamente significative rispetto al ciclo precedente.

Rispetto alla prima edizione a cui l'Italia ha partecipato, il punteggio in fisica è peggiorato sia per i maschi (389 nel 2015 e 432 nel 2008) sia per le femmine (356 nel 2015 e 407 nel 2008). Tale dato, come anticipato in premessa potrebbe essere legato all'aumentato numero della popolazione studentesca eleggibile per partecipare alla prova di fisica rispetto al vecchio ciclo.

3.7.2 Differenze di rendimento rispetto alle precedenti rilevazioni in fisica - differenze nei livelli

Un'altra informazione rilevante che è possibile ottenere attraverso l'analisi dei trend riguarda la possibilità di confrontare le prestazioni dei studenti nei diversi cicli anche in rapporto a tre livelli di rendimento (*benchmark*) per conoscere se ci sono state variazioni nel tempo nella percentuale di studenti relativa a ciascun livello. La Figura seguente illustra tale andamento per l'Italia.

Figura 3.7.2: Andamento in fisica per livelli di rendimento (benchmark)



Fonte: base dati TIMSS Advanced 2015 / INVALSI.

*differenze statisticamente significative rispetto al 2015.

Tra il 2008 e il 2015 non si riscontrano cambiamenti statisticamente significativi nelle percentuali di studenti che si collocano a livello avanzato, mentre si riscontra una diminuzione nella percentuale di studenti che si collocano a livello alto e intermedio. Rispetto al 2008 è quindi aumentata la percentuale di studenti che non raggiunge neanche il livello intermedio.

3.8 Sintesi e conclusioni

I risultati di TIMSS Advanced devono necessariamente essere considerati confrontandoli con il così detto indice di copertura della popolazione nei differenti Paesi, ossia la percentuale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado rappresentati nel campione TIMSS Advanced, in quanto studenti frequentanti rispettivamente corsi di matematica di livello avanzato e/o di fisica. Questo fornisce informazioni, per ciascun Paese, su quanti esperti in discipline scientifiche e tecnologiche, e a quale livello, si stanno formando; in altre parole, sulla maggiore o minore partecipazione dei sistemi scolastici in merito a questo tipo di formazione.

In relazione a questo indice, i Paesi che hanno partecipato all'indagine differiscono notevolmente, andando dal 3,9% degli studenti del Libano al 21,5% degli studenti della Francia.

L'Italia ha un indice di copertura della popolazione scolastica del 18,2%, fra i più alti tra i Paesi partecipanti, a indicare che la fisica è insegnata a circa un quinto della popolazione totale di studenti dell'ultimo anno di scuola secondaria di secondo grado. Gli studenti italiani coinvolti in TIMSS Advanced fisica sono quelli che frequentano il Liceo Scientifico.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti, la Slovenia è l'unico Paese con un punteggio significativamente superiore alla media internazionale, mentre 6 Paesi su 9, compresa l'Italia (punteggio medio 374) conseguono un punteggio medio in fisica significativamente inferiore alla media internazionale (500). L'Italia registra anche un significativo peggioramento del rendimento in fisica rispetto al 2008.

A livello di macroarea geografica, il Nord Est e il Nord Ovest spiccano in positivo con punteggi medi rispettivamente di 443 e 435, ambedue significativamente superiori alla media nazionale pari a 374, analoghi ai punteggi di Svezia e Stati Uniti; il Sud Isole registra invece il punteggio più basso, e significativamente inferiore alla media nazionale, con un valore medio di 290, con 153 punti di differenza rispetto al Nord Est, al di sotto della media ottenuta dalla Francia (373 punti), Paese che si colloca all'ultimo posto nella classifica internazionale, preceduto dall'Italia che è al penultimo posto.

In tutti e 9 i Paesi la percentuale dei maschi che partecipa ai programmi di fisica è maggiore delle femmine, e in tutti, eccetto il Libano, i ragazzi conseguono livelli di rendimento significativamente più alti delle femmine. In Italia il divario tra maschi e femmine in fisica è pari a 32 punti a favore dei primi, maggiore rispetto a quello osservato nel 2008.

Il quadro è confermato anche a livello delle macroaree geografiche: i maschi hanno livelli di rendimento in fisica significativamente migliori delle femmine nel Nord Ovest, nel Centro e soprattutto nel Sud Isole, dove la differenza di punteggio medio rispetto alle femmine è pari a 50.

Per descrivere i risultati degli studenti, TIMSS Advanced 2015 ha individuato tre livelli o indici di posizione (*benchmark*) nella scala complessiva di fisica: avanzato (fino a 625 punti), alto (fino a 550 punti), intermedio (fino a 475 punti).

Solo il 5% degli studenti, a livello internazionale, raggiunge il *benchmark* avanzato, ma in Slovenia e Russia la percentuale sale rispettivamente al 17% e al 16%.

In Italia, questo *benchmark* è raggiunto solo dall'1% degli studenti; rispetto alle macroaree geografiche questa percentuale sale fino a circa il 3% nel Nord Est e nel Nord Ovest, per arrivare allo 0,6% nel Sud, allo 0,4% nelle regioni centrali; non ci sono studenti del Sud Isole che raggiungono il livello avanzato.

Il *benchmark* alto è raggiunto dal 18% degli studenti a livello internazionale e solo dal 7% degli studenti italiani, gli studenti sloveni e russi raggiungono rispettivamente il 43% e il 38%; a livello delle macroaree geografiche italiane, gli studenti del Nord Est e del Nord Ovest raggiungono circa il 15%, Centro e Sud raggiungono valori inferiori alla media nazionale, Sud Isole raggiungono solo lo 0,9%.

Il *benchmark* intermedio è raggiunto dal 46% degli studenti a livello internazionale e dal 22% degli studenti italiani; a livello delle macroaree geografiche italiane, si registra, anche in questo caso, una netta differenza tra le regioni settentrionali, che si attestano sopra il 38%, e il Sud Isole, dove la percentuale di studenti che raggiungono almeno questo *benchmark* scende al 6% circa.

Analogamente alla matematica, il quadro di riferimento TIMSS Advanced 2015 per la valutazione in fisica è organizzato in due dimensioni: una dimensione dei contenuti, in cui vengono precisati i domini, o argomenti (cioè meccanica e termodinamica, elettricità e magnetismo, fenomeni ondulatori e fisica atomica e nucleare), e una dimensione cognitiva, in cui vengono precisati i processi di pensiero (cioè conoscenza, applicazione e ragionamento). I domini cognitivi descrivono i processi di pensiero che ci si aspetta che gli studenti utilizzino quando affrontano i contenuti della fisica.

Quattro Paesi evidenziano il dominio di contenuto meccanica e termodinamica come punto di forza rispetto alla scala totale (per scala totale si intende il punteggio medio ottenuto in ciascun Paese per la fisica), due Paesi, fra i quali l'Italia, il dominio elettricità e magnetismo e due Paesi fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare. Viceversa, tre Paesi evidenziano il dominio di contenuto meccanica e termodinamica come punto di debolezza rispetto alla scala totale, tre Paesi il dominio elettricità e magnetismo e cinque Paesi, fra i quali l'Italia, fenomeni ondulatori e fisica atomica/nucleare.

Il dato nazionale risulta confermato in ciascuna macroarea geografica: i nostri studenti ottengono punteggi superiori in elettricità e magnetismo rispetto al proprio punteggio di scala totale e peggiori in fenomeni ondulatori e atomica/nucleare.

Rispetto alle differenze di genere, a livello internazionale si evidenzia il vantaggio sostanziale dei maschi nei vari domini di contenuto: i ragazzi conseguono, infatti, risultati migliori, statisticamente significativi, rispetto alle ragazze in otto Paesi nel dominio di contenuto meccanica e termodinamica, in 4 Paesi in elettricità e magnetismo e in feno-

meni ondulatori e fisica atomica/nucleare.

In Italia, i maschi conseguono punteggi medi significativamente migliori delle ragazze in tutti i domini di contenuto. Anche all'interno delle varie macroaree geografiche i ragazzi conseguono risultati migliori delle ragazze in meccanica e termodinamica in tutte le macroaree eccetto che per il Nord Est. Negli altri domini di contenuto, i risultati sono significativamente a favore dei ragazzi solo nel Nord Ovest e nel Sud Isole.

Per quanto riguarda i domini cognitivi, a livello internazionale si osserva come il dominio cognitivo conoscenza sia il punto di forza di tre Paesi, applicazione di due Paesi e ragionamento di quattro Paesi. Viceversa, in due Paesi il punto di debolezza rispetto alla scala totale è costituito dal dominio cognitivo conoscenza, in quattro Paesi dall'applicazione e in tre Paesi dal ragionamento.

In Italia i punteggi ottenuti dagli studenti nei vari domini cognitivi non si discostano in maniera statisticamente significativa dal punteggio totale di scala. E ciò vale anche all'interno delle varie aree geografiche, ad eccezione del Nord Ovest dove gli studenti ottengono punteggi peggiori nel dominio conoscenza rispetto alla scala totale.

Per quanto riguarda la differenza di genere, anche per i domini cognitivi si confermano, a livello internazionale, i risultati positivi a favore dei ragazzi, ad eccezione del Libano dove tali differenze non risultano statisticamente significative.

Per l'Italia, anche per quanto riguarda i domini cognitivi, i maschi fanno meglio delle femmine. In particolare, nel dominio della conoscenza e del ragionamento questa differenza a favore dei ragazzi è significativamente più alta in tutte le macroaree eccetto che per il Nord Est. Nel dominio dell'applicazione, questa differenza è significativamente più alta a favore dei ragazzi solo nel Sud Isole.

