

Tre anni di Test PLS

Un'analisi dei risultati della Simulazione del test di accesso ai corsi universitari di area scientifica

2017 - 2019







Comitato Organizzatore dei Test PLS

Ugo Caruso (Referente PLS Scienze dei Materiali)

Marianna Crispino (Referente PLS Biologia)

Silvia Galano (Ricercatrice in Didattica della Fisica)

Maria Rosaria Iesce (Referente PLS Chimica)

Alessandro Iannace (Referente PLS Geologia)

Marco Lapegna (Referente PLS Matematica)

Daniel Riccio (Referente PLS Informatica)

Gaspare Serroni (Tutor Up)

Italo Testa (Referente PLS Fisica)

Gruppo responsabile per l'elaborazione dati e stesura report

Marianna Crispino (Referente PLS Biologia)

Silvia Galano (Ricercatrice in Didattica della Fisica)

Maria Rosaria Iesce (Referente PLS Chimica)

Marco Lapegna (Referente PLS Matematica)

Gaspare Serroni (Tutor Up)

Italo Testa (Referente PLS Fisica)

Sede

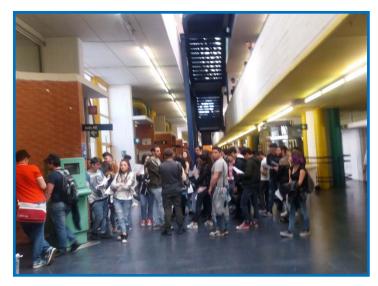
Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo Università degli Studi di Napoli Federico II Via Cintia, 21-Napoli







Alcune foto degli incontri.













Introduzione

Il Piano Lauree Scientifiche (PLS), istituito nel 2004 su iniziativa del MIUR, della Conferenza dei Presidi di Scienze e Tecnologie e di Confindustria, è un piano di intervento nazionale attualmente articolato in 9 Progetti Nazionali disciplinari: Biologia e Biotecnologie, Chimica, Fisica, Geologia, Informatica, Matematica, Scienze Naturali e Ambientali, Scienza dei Materiali e Statistica. Il PLS nasce con lo scopo di¹:

- a) promuovere le immatricolazioni ai corsi di laurea scientifici, puntando anche a favorire un equilibrio di genere;
- b) ridurre gli abbandoni universitari e migliorare le carriere degli studenti mediante l'introduzione di strumenti e metodologie didattiche innovative coerenti con l'approccio di porre lo studente al centro delle attività di apprendimento;
- c) realizzare iniziative di formazione, supporto e monitoraggio delle attività dei tutor che affiancano i corsi di base dei primi anni al fine di: i) fornire ai tutor strumenti di base necessari per l'identificazione delle difficoltà che incontrano gli studenti e per realizzare le forme di sostegno più adatte; ii) predisporre materiale di supporto didattico alle attività di tutorato; iii) sviluppare azioni di monitoraggio per l'identificazione delle modalità più efficaci di tutorato;
- d) realizzare attività di autovalutazione degli studenti delle Scuole secondarie superiori con l'obiettivo di verificare la preparazione all'ingresso nelle Università in relazione ai requisiti richiesti e di accrescere la consapevolezza delle loro conoscenze ai fini della corretta scelta del percorso formativo;
- e) fornire agli insegnanti in servizio delle discipline scientifiche occasioni di crescita professionale mediante la partecipazione attiva alla progettazione delle attività realizzate congiuntamente con l'Università.

Tutte le attività del PLS sono quindi organizzate, secondo le Linee Guida PLS,in sei ambiti differenti, denominati "Azioni":

AZIONE 1 – Orientamento alle immatricolazioni, favorendo l'equilibrio di genere

AZIONE 2 – Riduzione dei tassi di abbandono

AZIONE 3 – Formazione, supporto e monitoraggio delle attività dei tutor

AZIONE 4 – Laboratori per l'insegnamento delle scienze di base

AZIONE 5 – Attività didattiche di autovalutazione

AZIONE 6 – Formazione insegnanti

Presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II, il PLS (PLS - UNINA) è attivo per le aree di: Biologia e Biotecnologia, Chimica, Fisica, Geologia, Informatica, Matematica, Scienze dei Materiali e Statistica.

Dal 2014 i referenti del PLS – UNINA hanno organizzato una variegata serie di iniziative in accordo alle Azioni previste dalle linee guida nazionali, rivolte sia a studenti sia a docenti, comprendenti: seminari disciplinari e divulgativi, laboratori e percorsi didattici rivolti agli studenti, seminari e corsi di formazione per i docenti, attività di orientamento, visite presso i laboratori universitari, ecc. Si tratta di attività che nel corso degli anni sono state riviste e aggiornate, anche sulla base dei feedback forniti dai partecipanti alle stesse. Proprio la necessità di rivedere le attività proposte per venire incontro alle esigenze di studenti e docenti ha portato i referenti PLS delle diverse aree a confrontarsi e a collaborare sempre più, dando vita ad un vero e proprio Comitato PLS-UNINA che progetta e programma le attività PLS in maniera congiunta e interdisciplinare. Una della prime azioni introdotte da tale Comitato è stata l'organizzazione di un Test PLS

¹ Per approfondimenti in merito al PLS si rimanda al sito web del progetto nazionale https://www.pianolaureescientifiche.it/





che servisse come simulazione del test di ingresso per i corsi di laurea di area tecnico-scientifica organizzati dal Consorzio Interuniversitario Sistemi Integrati per l'Accesso (CISIA)². Il test PLS è stato somministrato agli studenti per tre anni, dal 2017 al 2019, per raggiungere diversi obiettivi rientranti nelle Azioni 1, 4, 5 e 6 del PLS. In accordo con l'Azione 1 e 5, il test PLS ha offerto agli studenti la possibilità di esercitarsi con una simulazione il più possibile realistica del test di ingresso ai corsi di studio universitari, non solo per i contenuti dei quesiti proposti, ma anche per la modalità di somministrazione utilizzata nel periodo succitato: test cartaceo svolto nelle aule dell'università in un tempo prefissato sotto la sorveglianza del personale universitario. La comunicazione (individuale) dei risultati delle simulazioni ha consentito l'autovalutazione dei partecipanti utile ad individuare le aree delle conoscenze di base più carenti, che dovevano pertanto essere potenziate per poter affrontare in modo adeguato i corsi di laurea di ambito scientifico. Infine, in accordo con le Azioni 4 e 6 del PLS, i risultati delle simulazioni sono servite e serviranno ai referenti PLS per ottenere una rilevazione delle diverse aree di conoscenza in cui gli studenti sono risultati meno preparati. Sulla base di queste rilevazioni sono state avviate e saranno portate avanti negli anni una serie di azioni specifiche, relative alla formazione insegnanti e alla progettazione di laboratori didattici specifici per gli studenti, finalizzate al potenziamento delle conoscenze e delle competenze degli studenti campani proprio nelle suddette aree.

La struttura del Test PLS

Il test utilizzato per le simulazioni (Allegato A) è composto da 100domande che comprendono, oltre a quesiti disciplinari di Biologia, Chimica, Matematica e Fisica, anche quesiti relativi alla comprensione del testo e alle capacità logiche (linguaggio matematico di base). Il tempo totale a disposizione degli studenti per fornire le risposte è stato di 130 minuti suddiviso come riportato nella Tabella 1. La stessa Tabella mostra anche il numero dei quesiti presenti nel test per ciascuna materia.

Tabella 1. Suddivisione dei quesiti presenti nel test PLS per materia e tempo a disposizione per la risoluzione dei quesiti

Materia dei quesiti	Numero di Etichetta quesiti		Tempo a disposizione (min)	
Linguaggio matematico di base	10	L1, L2,, L10	20	
Biologia	20	B1, B2,, B20	20	
Chimica	20	C1, C2,, C20	25	
Matematica	20	M1, M2,, M20	25	
Fisica	20	F1, F2,, F20	30	
Comprensione del testo	10	T1, T2,,T10	10	

I quesiti sono stati per lo più selezionati dal test del CISIA per Scienze e Ingegneria svoltosi nel 2016. In particolare:

- Tutte le domande di linguaggio matematico di base e matematica sono state mutuate dal test CISIA 2016.
- Le domande di fisica mutuate dal test CISIA sono 8 (F12; F13; F14; F15; F16; F17; F18; F19), scelte in particolare tra quelle risultate più difficili e più facili in base ai risultati degli anni precedenti. Si sono quindi integrate le domande con quesiti tratti da questionari validati nell'ambito di precedenti studi in Didattica della Fisica. La ragione di tale scelta dipende dal fatto che nel test originario erano presenti solo 15 domande di fisica, centrate solo sulle più importanti aree di contenuto, dinamica ed elettromagnetismo, a discapito di altre, quali termodinamica o astronomia di base, ugualmente

-

² Il CISIA è un consorzio interuniversitario che supporta circa una trentina di Atenei italiani nella realizzazione ed erogazione dei test di accesso ai corsi universitari. Si veda https://www.cisiaonline.it/ per maggiori dettagli.





- importanti per gli studenti nella preparazione di base in fisica e scienze, ma che per ragioni di economia di tempo non potevano essere incluse nel test CISIA.
- Le domande di biologia sono state selezionate dal test cartaceo CISIA B³ per l'anno 2016 (da B5 a B19) e l'anno 2013 (B1, B2, B3, B4 e B20).
- Le domande di chimica sono state selezionate dai test CISIA B del 2015 e 2016, con alcune integrazioni elaborate dai referenti in relazione alle attività di laboratorio di base che si svolgono nell'ambito del progetto locale.
- Le domande per la comprensione del testo sono state mutuate dal test cartaceo CISIA B per l'anno 2016. Come emerso da una precedente analisi, queste ultime domande si sono dimostrate estremamente semplici per tutti gli studenti nel campione. Per tale ragione nel seguito di questo report si è deciso di tralasciare la loro analisi focalizzandoci, invece, sugli altri quesiti la cui analisi può fornire informazioni utili per le future attività del PLS.

La Tabella 2 riassume gli argomenti principali trattati nelle domande. Oltre a considerare la suddivisione dei quesiti per materia sulla base della classica organizzazione adottata dal CISIA, abbiamo preso in esame il raggruppamento basato sull'argomento trattato dalle domande.

Tabella 2. Suddivisione dei quesiti del test PLS in base all'argomento specifico del curriculum delle diverse materie

Argomento (ordine alfabetico)	Quesiti
Aritmetica e algebra elementare	M5, M9, M15, M16, M20
Astronomia	F6; F7; F9
Atomi	F4; C4; C19
Basi cellulari riproduzione e ereditarietà, riproduzione e sviluppo, cicli vitali.	B1; B2; B12
Biodiversità ed ecologia	B6; B15
Calcoli stechiometrici	C9; C17
Calcolo combinatorio e calcolo delle probabilità	L2, L3, L4, L5, L6
Chimica organica	C15
Cinematica	F13; F15; M1
Configurazione elettronica e proprietà degli elementi	C1; C2; C3; C20
Dinamica	F3; F19; F20
Elementi di anatomia e fisiologia degli animali e dell'uomo	B5; B13
Elementi di anatomia e fisiologia dei vegetali	B17; B7
Elementi di biotecnologie	B18
Elettromagnetismo ed ottica	F1; F2; F16; F8; F10; F11; F17
Equazioni e disequazioni algebriche	M2, M13, M18, L1, L7; C6
Equazioni e disequazioni trascendenti	M3, M11
Fondamenti di genetica.	B11; B14; B16; B20
Geometria analitica	M14, M17, M19
Geometria euclidea nel piano e nello spazio	M4, M10, M12
Grandezze e unità di misura	F14; F18; C5; C13
Logaritmi, esponenziali e goniometria	M6, M7, M8; C10
Logica e teoria degli insiemi	L8, L9, L10
Molecole organico biologiche	B4; B9; B10
Organizzazione della cellula	B3: B8; B19
Reazioni chimiche	C7; C12; C14; C16
Soluzioni	C11; C18
Termodinamica	F5; F12; C8

_

³ Il test CISIA B è un test utilizzato per l'accesso e l'immatricolazione ai corsi di studio a numero programmato in Biologia ed altri corsi scientifici, che nel periodo indicato era erogato in modalità cartacea.





Tale scelta è giustificata dalla necessità di comprendere quali argomenti risultano più complicati per gli studenti al fine di selezionare intorno a quali risulta opportuno progettare attività mirate di formazione docenti e percorsi didattici appositi per gli studenti. Il raggruppamento è stato effettuato dai referenti PLS in qualità di esperti nel rispettivo settore. Alcuni quesiti riguardano argomenti interdisciplinari, per questo motivo la suddivisione delle domande per argomento non necessariamente rispetta la suddivisione per materia. Ad esempio, il quesito M1 che riguarda un problema di matematica applicata alla cinematica è stato inserito nel gruppo di domande di fisica. La Tabella 2 mette in evidenza il fatto che i quesiti del questionario PLS trattano un numero di argomenti abbastanza elevato (30) ed inoltre la distribuzione dei quesiti per argomento non è uniforme. Per la maggior parte degli argomenti sono presenti tre quesiti o più, tuttavia, alcuni argomenti sono sottorappresentati, ad esempio l'argomento "Elementi di Biotecnologie" oppure "Chimica organica".

Il campione

La simulazione del test di ingresso ha coinvolto, nell'arco di tre anni, un totale di 1872 studenti degli ultimi due anni delle scuole secondarie superiori della Campania. Nel 2017 e 2018 il bando relativo alla partecipazione al test PLS è stato diffuso principalmente via mail ed attraverso i canali social del PLS-UNINA presso gli istituti scolastici attivamente coinvolti nelle attività dei vari progetti PLS di Ateneo. Il test è stato organizzato in una sola giornata nel mese di maggio in orario pomeridiano per permettere agli studenti di raggiungere la sede universitaria dopo la conclusione delle lezioni mattutine svolte presso il loro Istituto scolastico di provenienza. Abbiamo constatato che questa scelta ha comportato che una parte non piccola degli studenti lasciava l'aula in cui si svolgeva il test prima dello scadere del tempo previsto per la prova, senza rispondere a tutte le domande del test. Per questa ragione nel 2019 si è scelto di cambiare leggermente l'organizzazione del test PLS programmandolo al mattino, nel corso di due giornate, in concomitanza con l'iniziativa Porte Aperte-Collegio di Scienze, organizzata dalla Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Ateneo fridericiano. La manifestazione prevede due giornate dedicate all'orientamento durante le quali gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado possono visitare i dipartimenti e i laboratori universitari e parlare con docenti e dottorandi delle diverse aree per avere informazioni sui corsi universitari. La diffusione del bando relativo al test PLS è pertanto avvenuta anche tramite i canali ufficiali della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base. Per questo motivo nel 2019 il numero di partecipanti al test PLS risulta notevolmente maggiore, circa il doppio, rispetto a quello dei due anni precedenti.

Nel seguito limiteremo le nostre analisi alle risposte dei soli studenti che hanno risposto al test PLS per intero. Si tratta di un campione di 1223 studenti così suddivisi nei tre anni: 326 nel 2017, 284 nel 2018 e 613 nel 2019.

Per poter partecipare al test PLS, gli studenti dovevano prenotarsi compilando un *form* che ci ha permesso di raccogliere dati su alcune variabili legate al campione che avrebbero potuto influire sui risultati del test. In particolare, è stato chiesto ai partecipanti di fornire indicazioni circa:

- il genere;
- l'istituto scolastico di provenienza;
- l'indicazione di una possibile scelta verso una delle seguenti aree di studi universitari: ingegneria, scienze (insieme, STEM), medicina, altro;
- l'aver preso parte a precedenti attività organizzate dal PLS;
- il loro interesse verso una possibile futura carriera lavorativa in ambito scientifico⁴;
- la loro attitudine verso le scienze in ambito scolastico⁵.

⁴ L'interesse è stato rilevato utilizzando una scala Likert con punteggi da 1 a 6, dove 1 indicava poco e 6 molto.





Tali variabili sono state utilizzate per costruire sottoinsiemi di studenti dal nostro campione e per studiare le eventuali differenze tra gli stessi. Si è inoltre proceduto ad individuare un modello predittivo che rendesse conto della performance nelle diverse aree e dell'area STEM come scelta per proseguire gli studi.

L'età media dei partecipanti è stata di 17.80± 0.02. Gli studenti del quarto anno costituivano il 25%. Le studentesse erano il 42.3% del campione. Dal punto di vista della provenienza geografica, gli studenti che hanno preso parte al test PLS erano tutti studenti campani, la maggior parte dei quali proveniente da Napoli e provincia per ovvie ragioni dovute alla maggior facilità nel raggiungere la sede universitaria. In Figura 1 è mostrata la distribuzione geografica degli studenti del nostro campione.

In Figura 2 è riportata la distribuzione degli studenti per indirizzo di scuola secondaria. La maggior parte risultava iscritta al liceo scientifico tradizionale. Si noti la bassa percentuale di studenti provenienti dall'istituto tecnico, che denota la necessità di ampliare l'azione del PLS anche su questo tipo di indirizzo.

Solo il 31,1% degli studenti aveva partecipato ad attività organizzate dal PLS, in particolare: il 5% aveva preso parte ad attività del PLS di biologia, il 6,2% ad attività del PLS di chimica, il 7% ad attività del PLS di matematica e il restante 10,8% ad attività del PLS di fisica.

La maggioranza degli studenti ha dichiarato di essere interessata (18,6%) o fortemente interessata (66,6%) ad intraprendere una carriera lavorativa legata all'ambito scientifico, in accordo col fatto che la maggioranza degli studenti (ben il 75,6%) ha dichiarato di avere un'attitudine positiva verso le scienze.

Per quanto riguarda l'interesse verso le diverse aree di istruzione universitaria, il 27,1% degli studenti ha dichiarato di essere interessato all'area di ingegneria, il 22,3% a medicina, il 18,8% a corsi dell'area delle scienze di base e, infine, il 31,7% ad altre aree disciplinari.

	Numero studenti	Percentuale studenti
Provincia di Napoli	621	50.8
Napoli	533	43.6
Avellino e provincia	29	2.4
Benevento e provincia	19	1.6
Salerno e provincia	15	1.2
Caserta e provincia	6	0.5

Figura 1. Provenienza geografica dei partecipanti al test PLS.

⁵ L'attitudine è stata rilevata utilizzando una scala Likert con punteggi da 1 a 6, dove 1 indicava poco e 6 molto.





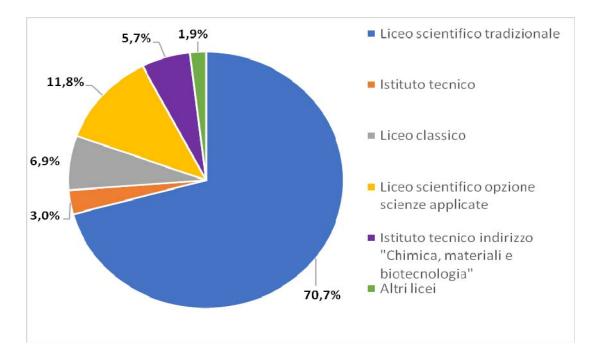


Figura 2. Distribuzione dei partecipanti al test PLS rispetto all'indirizzo di studi dell'Istituto secondario cui risultavano iscritti.

Analisi dati

Le risposte al test PLS sono state valutate assegnando il punteggio di un punto per ciascuna risposta corretta e di zero punti per ciascuna risposta errata o non data; il massimo punteggio possibile, dunque, risulta essere 90⁶. L'affidabilità del test complessiva e delle singole aree è stata misurata mediante l'alfa di *Cronbach*. Le differenze tra i punteggi medi ottenuti dai diversi gruppi di studenti sono state studiate attraverso l'analisi della varianza (ANOVA), mentre le differenze tra i punteggi ottenuti da studenti e studentesse sono state studiate attraverso il test *t* di *Student*. Infine, per studiare l'effetto delle variabili di contesto sul punteggio del test e sulla volontà di intraprendere una carriera in ambito STEM si sono effettuate una serie di regressioni lineari. Si rimanda ai testi indicati in bibliografia per maggiori dettagli sulle metodologie statistiche utilizzate.

Risultati

Statistiche descrittive per tutte le aree

Il punteggio medio sui tre anni è 25.76± 0.07 (err. st.), che corrisponde mediamente a poco più di un quarto di risposte corrette (Figura 3). Possiamo considerare perciò il test PLS difficile per gli studenti del campione. Si può notare che i valori del punteggio totale seguono un andamento pressoché normale (asimmetria = 0.84± 0.07; curtosi = 1.29± 0.14). L'alfa di Cronbach è ottimo (0.86). L'alto valore dell'alfa di Cronbach può essere però giustificato dal numero elevato di domande complessive presente nel test.

_

⁶ Avendo escluso le domande relative alla Comprensione del Testo, il punteggio totale che gli studenti possono ottenere risulta essere di 90 invece che 100.





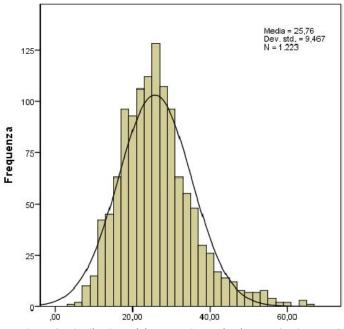


Figura 3. Distribuzione del punteggio totale al test PLS sui tre anni.

Le correlazioni tra le varie aree sono infatti tutte significative (Tabella 3). Le aree che correlano di più tra loro sono matematica/fisica e biologia/chimica (per entrambe le coppie r=0.51).

Tabella 3. Correlazione tra i punteggi delle aree del test

	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio matematico di base	Matematica
Biologia		,506**	,344**	,270**	,212**
Chimica			,406**	,215**	,289**
Fisica			-	,379**	,508 ^{**}
Linguaggio matematico di base				-	,349**
Matematica					

Biologia

Il grafico in Figura 4 mostra la distribuzione dei punteggi in biologia ottenuti dagli studenti su tutti gli anni. La media è di 7.39± 0.07 (err. st.). Si può notare che i valori del punteggio totale seguono un andamento normale (asimmetria = 0.20± 0.07; curtosi = -0.23±0.14). L'alfa di Cronbach è accettabile (0.74). In Tabella 4 e Figura 5 riportiamo, per ciascuna domanda, la percentuale media di risposte corrette per ogni anno e su tutti e tre gli anni. Come appare evidente non vi sono differenze significative nei risultati ottenuti nei diversi anni considerati.





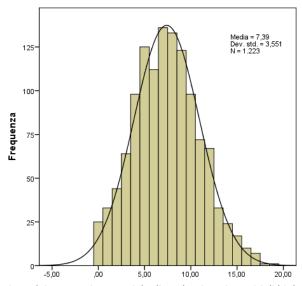


Figura 4. Distribuzione dei punteggi ottenuti dagli studenti per i quesiti di biologia nei tre anni.

Tabella 4 . Dettaglio relativo alla difficoltà dei quesiti di biologia e alle relative percentuali di risposte corrette.

Domanda	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale media di
	risposte corrette nel	risposte corrette nel	risposte corrette nel	risposte corrette nel
	2017	2018	2019	triennio
B1	25,5	28,5	21,5	25.2
B2	49,6	54,2	41,8	48.5
В3	52,6	62,7	45,0	53,4
B4	55,9	65,8	51,9	57,9
B5	70,0	77,1	62,6	69,9
В6	62,5	73,9	57,0	64,5
В7	9,9	13,7	6,0	9,9
B8	24,6	29,9	20,6	25,0
B9	55,3	70,8	46,2	57,4
B10	14,7	18,3	11,6	14,9
B11	39,6	46,8	30,3	38,9
B12	20,8	24,6	18,4	21,3
B13	83,8	87,0	80,8	83,9
B14	36,3	41,5	33,8	37,2
B15	33,9	39,4	25,9	33,1
B16	34,1	44,0	25,1	34,4
B17	15,3	18,0	12,7	15,3
B18	19,6	27,8	14,2	20,5
B19	11,6	16,2	9,0	12,3
B20	38,6	49,6	32,6	40,3

Dal grafico in Figura 5 si evince che particolarmente ostici per gli studenti sono gli argomenti di biologia vegetale (B7 e B17). Tra l'altro la domanda B19, benché riguardi l'organizzazione della cellula, ha una valenza vegetale e anche questa domanda ha una percentuale di risposte corrette molto bassa (circa il 12%). Di questa difficoltà si è ampiamente discusso in passato con gli insegnanti in varie sedi e tutti sono stati d'accordo nell'asserire che gli argomenti di biologia vegetale non sono praticamente trattati a scuola per mancanza di tempo. Non a caso, le percentuali riscontrate nel test PLS coincidono perfettamente con i dati CISIA, che rappresentano un campione nazionale di studenti, per cui si può concludere che la carenza in biologia vegetale degli studenti di scuola superiore è generalizzata nel nostro paese.

Per quanto riguarda invece l'organizzazione della cellula, un tema in cui ci si aspetterebbe una buona risposta da parte degli studenti perché si tratta di un argomento assolutamente basilare di biologia, sorprendentemente il risultato è più basso del previsto (% media di risposte corrette = 30%). Essendo questo argomento trattato in genere al terzo anno delle scuole superiori, gli studenti tendono a dimenticarlo. Ciò invece in cui gli studenti riescono meglio sono gli argomenti relativi alle molecole





organico-biologiche, la genetica e la fisiologia dell'uomo. Si tratta di argomenti che fanno parte di quelli generalmente trattati nei test di accesso ai corsi di laurea in medicina e che probabilmente ricevono maggiore attenzione nell'insegnamento secondario.

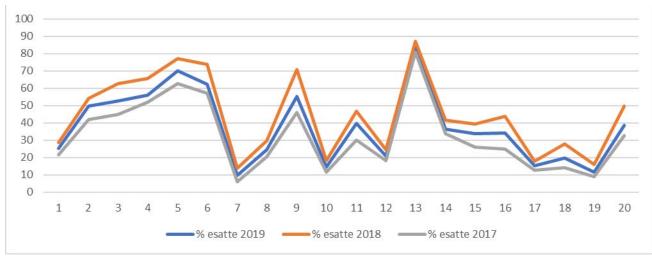


Figura 5. Percentuale di risposte corrette ottenute nei diversi anni di somministrazione del test PLS per ciascuna domanda di biologia.

Chimica

Il punteggio medio sui tre anni è 7.63 \pm 0.09 (Figura 6). Come nel caso dei quesiti di biologia, anche per quelli di chimica si può notare che la percentuale di risposte corrette per le singole domande è molto simile sui tre anni. La distribuzione dei punteggi può considerarsi normale (asimmetria = $-0.05\pm$ 0.07; curtosi = $-0.03\pm$ 0.14). L'alfa di Cronbach è accettabile (0.71). La Tabella 5 e la Figura 7 riportano, per ogni domanda di chimica, la percentuale di risposte corrette nei tre anni e la percentuale media delle risposte corrette sui tre anni.

L'argomento di chimica che in media ha totalizzato la percentuale più bassa di risposte esatte (C4, ~7%) riguarda la teoria VSEPR e la sua applicazione per la previsione della geometria di una molecola; è interessante notare che molto elevata è la percentuale di risposte nulle (maggiore del 70%). Questi dati sono in linea con i dati CISIA, che, come già riportato, rappresentano un campione nazionale di studenti, e appaiono indicare un argomento poco o per nulla trattato nei percorsi scolastici. Ciò è probabilmente legato alla difficoltà dell'argomento se non saldamente legato a conoscenze di base quali proprietà periodiche e legami chimici. Difficili sono risultate anche le domande sulla reattività chimica degli elementi (proprietà periodiche, C1: ~13%) e su calcoli stechiometrici da applicare ad una reazione di equilibrio (C6: ~11%) e ad una reazione di neutralizzazione (C9: ~11%). La difficoltà ad applicare il calcolo stechiometrico è evidente anche nelle percentuali al disotto del 25% delle risposte esatte in altre domande simili (C17 e C18). Risultati analoghi si sono registrati anche per il pH, sia come calcolo in sé, che come concetto associato a proprietà acide e basiche di sostanze. Questi dati evidenziano una difficoltà degli studenti ad applicare equazioni e logaritmi, in pratica difficoltà a risolvere problemi che non richiedano solo di "ricordare" quanto letto sui libri di testo ma di applicare una o più relazioni (matematiche interdisciplinari) al fine di ottenere un risultato numerico. Sicuramente attività sperimentali potrebbero essere utili per migliorare l'apprendimento degli aspetti più ostici di questi argomenti. Infine, le grandezze fisiche e le loro dimensioni sembrano essere un argomento acquisito da una gran parte degli studenti (80% risposte corrette). Le proprietà dei gas, argomento al confine con la fisica (termodinamica), risultano invece difficili per gli studenti (26% di risposte corrette alla domanda C8). Nei colloqui con i docenti è stato sottolineato che questo argomento è per lo più trattato nel corso di fisica al terzo anno e non più ripreso né in fisica né tantomeno in chimica, per cui inaspettato per alcuni studenti. Questo sembra confermare la difficoltà al riconoscimento del collegamento tra diversi concetti disciplinari. Dai dati, infine, emerge una buona





padronanza da parte degli studenti degli argomenti riguardanti la configurazione elettronica (~48% risposte corrette) e le reazioni (~57% di risposte corrette).

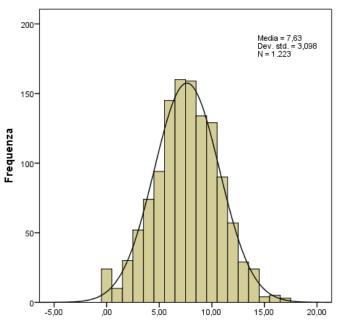


Figura 6. Distribuzione del punteggio totale ottenuto dagli studenti per i quesiti di chimica.

Tabella 5. Dettaglio relativo alla difficoltà dei quesiti di chimica e alle relative percentuali di risposte corrette.

Domanda	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale media
	risposte corrette	risposte corrette	risposte corrette	di risposte corrette
	nel 2017	nel 2018	nel 2019	nel triennio
C1	16,3	12,0	9,6	12,6
C2	71,5	70,8	67,4	69,9
C3	57,7	55,6	48,5	53,9
C4	7,1	7,4	6,0	6,8
C5	92,6	85,9	94,3	90,9
C6	12,0	7,7	12,6	10,8
C7	71,5	63,4	73,9	69,6
C8	23,9	28,5	25,6	26,0
C9	12,3	14,8	7,3	11,5
C10	30,7	32,0	18,3	27,0
C11	29,8	30,3	30,0	30,0
C12	56,7	53,5	41,4	50,5
C13	73,6	68,3	67,9	69,9
C14	41,1	38,7	34,6	38,1
C15	46,0	51,4	45,2	47,5
C16	73,0	69,7	69,2	70,6
C17	26,4	25,4	22,3	24,7
C18	21,2	22,2	22,7	22,0
C19	17,8	15,8	17,6	17,1
C20	58,3	63,7	54,3	58,8





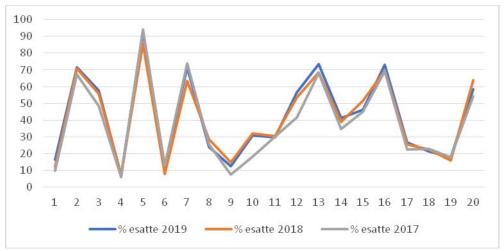


Figura 7. Grafico della percentuale di risposte corrette ottenute nei diversi anni di somministrazione del test PLS per ciascuna domanda di chimica.

Fisica

La Tabella 6 ed il grafico in Figura 8 mostrano la percentuale di risposte corrette per ogni domanda e sui tre anni. In sole due domande la percentuale media di risposte corrette è maggiore del 30% e solo in un caso, quesito F14 inerente a una definizione di base (la distanza tra due punti), poco più della metà degli studenti ha saputo fornire una risposta corretta. Di conseguenza, il punteggio medio ottenuto dagli studenti sui tre anni è molto basso: 3.49 ± 0.07 , su 20, il che significa che la media delle risposte corrette è circa il 15% (Figura 9). A differenza di quanto si è verificato per i quesiti di biologia e chimica, per i quesiti di fisica la distribuzione dei valori del punteggio totale ottenuto dagli studenti è lontana da un andamento normale (asimmetria = 1.56 ± 0.07 ; curtosi = 3.77 ± 0.14). L'alfa di Cronbach è appena accettabile (0.64).

Tabella 6. Dettaglio relativo alla difficoltà dei quesiti di fisica e alle relative percentuali di risposte corrette.

Domanda	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale media
	risposte corrette	risposte corrette	risposte corrette nel	di risposte corrette
	nel 2017	nel 2018 2019		nel triennio
F1	9,5	8,5	12,7	10,2
F2	4,6	3,5	3,8	4,0
F3	10,7	16,2	12,7	13,2
F4	27,3	23,2	21,2	23,9
F5	31,3	30,3	25,0	28,9
F6	23,3	31,3	32,5	29,0
F7	6,1	4,6	3,8	4,8
F8	8,6	7,7	8,5	8,3
F9	10,7	16,5	13,2	13,5
F10	23,3	15,8	14,4	17,8
F11	23,6	19,4	12,2	18,4
F12	2,1	0,4	2,0	1,5
F13	6,7	6,7	8,2	7,2
F14	53,1	61,6	54,5	56,4
F15	35,3	43,0	35,9	38,1
F16	10,4	8,5	10,4	9,8
F17	17,5	15,5	11,9	15,0
F18	23,9	28,9	25,4	26,1
F19	9,2	6,3	9,1	8,2
F20	13,2	10,2	17,1	13,5





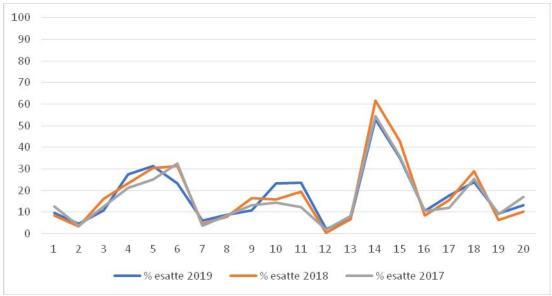


Figura 8. Grafico della percentuale di risposte corrette ottenute nei diversi anni di somministrazione del test PLS per ciascuna domanda di fisica.

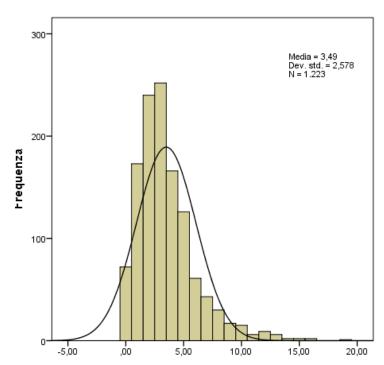


Figura 9. Distribuzione del punteggio totale ottenuto dagli studenti per i quesiti di fisica.

E' interessante notare che i quesiti F12, F16 ed F19, in cui si chiede di esprimere una relazione qualitativa tra due grandezze, nota una certa proporzione tra le stesse, sono risultate le più difficili: ciò rispecchia, come emerso anche da precedenti confronti con gli insegnanti delle scuole secondarie, un pregiudizio degli studenti che tendono a percepire come più difficili quei quesiti di fisica in cui non viene richiesto di applicare una o più relazioni al fine di ottenere un risultato numerico. Notiamo inoltre che le domande che presentano una percentuale più alta di risposte corrette (F05, F06, F14, F15 ed F18) sono quelle in cui si richiede di ricordare e applicare una definizione (di distanza o di densità, fattori alla base del cambiamento delle stagioni, definizione del significato geometrico della pendenza di una retta in un grafico velocità – tempo).





Matematica

La Tabella 7 mostra per ogni domanda la percentuale di riposte corrette per ogni anno e su tutti e tre gli anni. Anche per la matematica gli andamenti sono molto simili sui tre anni (Figura 10). Il punteggio totale ottenuto dagli studenti per queste domande è anch'esso molto basso, pari a 4.00 ± 0.07 (Figura 11). La distribuzione non è normale (asimmetria = 1.17 ± 0.07 ; curtosi = 2.69 ± 0.14). L'alfa di Cronbach è anch'esso basso (0.59).

Tabella 7. Dettaglio relativo alla difficoltà dei quesiti di matematica e alle relative percentuali di risposte corrette.

Domanda	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale media
	risposte corrette	risposte corrette	risposte corrette	di risposte corrette
	nel 2017	nel 2018	nel 2019	nel triennio
M1	15,0	19,4	15,2	16,5
M2	45,4	43,3	41,4	43,4
M3	46,9	52,1	52,0	50,3
M4	23,6	14,8	19,6	19,3
M5	76,4	72,2	73,2	73,9
M6	40,8	39,1	38,3	39,4
M7	11,3	10,9	10,6	10,9
M8	10,4	7,7	9,8	9,3
M9	10,7	5,3	6,9	7,6
M10	11,7	7,0	8,0	8,9
M11	13,5	13,4	14,2	13,7
M12	15,0	10,2	9,8	11,7
M13	17,5	15,8	18,4	17,2
M14	4,6	3,5	3,8	4,0
M15	9,5	6,3	7,3	7,7
M16	23,9	27,8	26,9	26,2
M17	8,3	4,9	7,0	6,7
M18	10,7	9,9	11,1	10,6
M19	23,0	21,1	13,5	19,2
M20	28,5	25,4	28,5	27,5

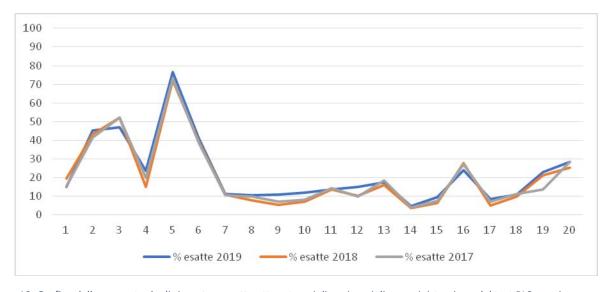


Figura 10. Grafico della percentuale di risposte corrette ottenute nei diversi anni di somministrazione del test PLS per ciascuna domanda di matematica.





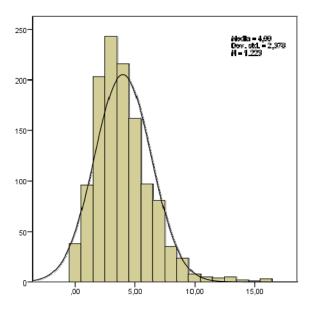


Figura 11. Distribuzione del punteggio totale ottenuto dagli studenti per i quesiti di matematica.

In sole quattro domande (M2, M3, M5, M6), gli studenti hanno ottenuto in media sui tre anni una percentuale maggiore del 30% di risposte corrette. Questo può essere dovuto alla presenza di alcuni argomenti non presenti nel sillabo di scuola superiore. Per esempio, la M11, che chiede di risolvere $|\log(x)|-1=0$, è risultata molto difficile (~14% risposte corrette). Lo stesso vale per la M13 e la M18 che sono risultate molto difficili perché vanno molto oltre tecnicismi che possono essere appresi a scuola: M13 chiede le soluzioni del polinomio di terzo grado (non indicato esplicitamente) P(x) di cui si sa che è divisibile per x^2+x+1 , mentre la M18 chiede la soluzione di un sistema di equazioni con un parametro. Anche l'area di geometria euclidea è risultata difficile: il quesito sulle circonferenze ed i quesiti su cono e sfera hanno tutti ottenuti meno del 15% di risposte corrette.

Linguaggio matematico di base

La Tabella 8 mostra l'andamento delle risposte corrette sui tre anni e la percentuale media di risposte corrette. Anche in questo caso, l'andamento è molto simile sui tre anni (Figura 12). Il punteggio medio sui tre anni (Figura 13) è 3.25 ± 0.06 , con un andamento normale (asimmetria = 0.47 ± 0.07 ; curtosi = -0.19 ± 0.14). L'alfa di Cronbach è anch'esso basso (0.51) a causa del numero ridotto di domande. Notiamo che l'unica domanda con una percentuale di risposte corrette minore del 10% (LO3) coinvolge i criteri di divisibilità.

Tabella 8. Dettaglio relativo alla difficoltà dei quesiti di linguaggio matematico di base e alle relative percentuali di risposte corrette.

ar risposte corre	itte.			
Domanda	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale di	Percentuale media
	risposte corrette	risposte corrette	risposte corrette	di risposte corrette
	nel 2017	nel 2018	nel 2019	nel triennio
L1	41,7	39,4	39,0	40,0
L2	50,6	55,3	44,2	50,0
L3	10,7	7,0	6,4	8,0
L4	52,8	50,4	40,1	47,8
L5	36,5	39,1	36,2	37,3
L6	23,9	27,1	20,4	23,8
L7	25,2	31,7	23,0	26,6
L8	16,3	19,0	21,9	19,1
L9	40,5	46,1	40,0	42,2
L10	36,2	41,2	34,7	37,4





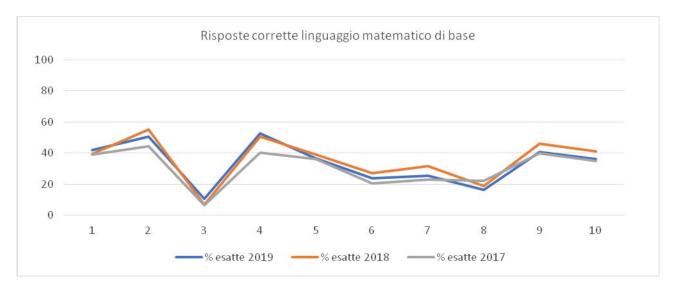


Figura 12. Grafico della percentuale di risposte corrette ottenute nei diversi anni di somministrazione del test PLS per ciascuna domanda di linguaggio matematico di base.

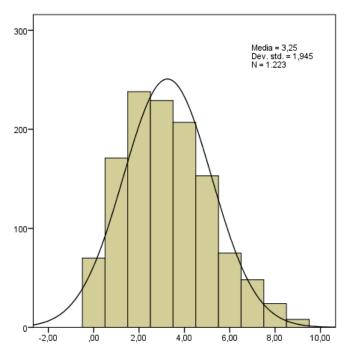


Figura 13. Distribuzione del punteggio totale ottenuto dagli studenti per i quesiti di linguaggio matematico di base.

Differenze relative tra gruppi di studenti

Come abbiamo specificato in precedenza, all'atto di iscrizione alla simulazione del test PLS agli studenti è stato chiesto di rispondere a domande relative al loro interesse personale verso le materie scientifiche, verso gli studi e la carriera futura che avrebbero voluto intraprendere, ecc. Nelle Tabelle 9-11 riassumiamo l'abilità media tra i gruppi di studenti formati sulla base di tali variabili e riportiamo i risultati dell'ANOVA relativa ai confronti tra tali gruppi.





Tabella 9. Confronto tra le percentuali di risposte corrette degli studenti compresi nei sottoinsiemi del campione caratterizzati dall'interesse ad iscriversi ai corsi di laurea afferenti alle aree di: ingegneria, medicina, scienze, altra area.

			Percentuale (di risposte corr	ette	
Area universitaria di interesse*	Intero test	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio matematico	Matematica
Scienze (19%)	31%	40%	41%	20%	34%	21%
Ingegneria (27%)	29%	35%	38%	19%	32%	22%
Medicina (22%)	30%	43%	41%	16%	33%	20%
Altro (32%)	26%	32%	34%	16%	31%	18%
F di Fisher	15,173 ^a	25,160°	13,566 ^a	8,701 ^a	1,338 ^{ns}	5,655 ^b

^{*}Lo studente poteva scegliere una sola area di interesse tra le quattro riportate.

ns = differenza non significativa

Notiamo che per quel che riguarda l'area universitaria di interesse, la maggioranza assoluta degli studenti (54%) è interessata a corsi di studi diversi da Scienze ed Ingegneria (STEM: 46%). Questo potrebbe in parte spiegare i punteggi bassi nel test. Le differenze tra i diversi gruppi risultano statisticamente significative per tutte le aree del test tranne per il linguaggio matematico di base. Inoltre, notiamo che gli studenti interessati a Scienze e Medicina ottengono punteggi migliori nei quesiti di biologia e chimica. Al contrario, gli studenti interessati ad altri corsi di studi (cioè non scientifici né di medicina) ottengono punteggi statisticamente più bassi nei quesiti di fisica e matematica.

Tabella 10. Confronto tra le percentuali di risposte corrette degli studenti compresi nei sottoinsiemi del campione caratterizzati dal diverso grado di attitudine per le scienze in ambito scolastico.

	Percentuale di risposte corrette					
Attitudine verso le scienze in ambito scolastico*	Intero test	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio matematico	Matematica
Meno Positiva (24.4%)	26%	35%	35%	15%	32%	18%
Più Positiva (75.6%)	29%	38%	39%	18%	33%	21%
F di Fisher	20,575 ^b	$5,629^a$	20,575 ^b	12,603 ^b	0,937 ns	16,033 ^b

^{*}L'attitudine era valutata in una scala Likert da 1 a 6. Abbiamo considerato positiva un'attitudine con punteggio ≥ 4.

ns = differenza non significativa

Tabella 11. Confronto tra le percentuali di risposte corrette degli studenti compresi nei sottoinsiemi del campione caratterizzati dal diverso interesse ad intraprendere una carriera lavorativa in ambito scientifico.

	Percentuale di risposte corrette					
Interesse a intraprendere una	Intero test	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio	Matematica
carriera in ambito scientifico*					matematico	
Scarso o medio interesse (33.4%)	26%	34%	34%	15%	30%	18%
Maggiore interesse (66.6%)	30%	38%	40%	19%	34%	21%
F di Fisher	41.244 ^a	15.213 ^a	25.062 ^a	19.906 ^a	10.176^{b}	19.271 ^a

^{*}L'attitudine era valutata in una scala Likert da 1 a 6. Abbiamo considerato positiva un'attitudine con punteggio > 4.

Ai partecipanti al test PLS è stato anche chiesto di indicare se avessero preso parte in precedenza alle attività del PLS. Abbiamo riportato in Tabella 12 i risultati del confronto tra gli studenti precedentemente coinvolti in attività PLS e gli altri studenti.

 $^{^{}a}df = 3, p < 10^{-4}.$

 $^{^{}b}df = 3, p = 0.001.$

 $^{^{}a}df = 1, p = 0.02;$

 $^{^{}b}df = 1, p = < 10^{-4}$

 $^{^{}a}df = 1, p < 10^{-4}$

 $^{^{}b}df = 1, p = 0.001;$





Tabella 12. Confronto tra le percentuali di risposte corrette degli studenti che prima di partecipare al test PLS avevano preso parte ad attività organizzate dal PLS.

	Percentuale di risposte corrette					
Partecipazione al PLS	Intero test	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio matematico	Matematica
SI (33.4%)	31%	40%	40%	21%	35%	23%
NO (66.6%)	27%	36%	37%	16%	31%	19%
F di Fisher	38.252 ^a	11.556 ^a	8.835 ^a	44.125 ^a	9.597 ^a	33.809 ^a

 $^{^{}a}df = 1, p < 10^{-4}$

Gli studenti che avevano partecipato in precedenza ad attività PLS hanno ottenuto risultati totali leggermente migliori di chi non aveva partecipato al PLS. Si tratta in tutti i casi di differenze statisticamente significative. Non è possibile stabilire se tali differenze siano imputabili al fatto che le attività PLS abbiano contribuito significativamente ad aumentare la preparazione degli studenti, oppure al fatto che gli studenti che hanno partecipato al PLS erano già in partenza mediamente più preparati degli altri studenti, dal momento che la selezione relativa ai partecipanti al PLS viene effettuata autonomamente dai docenti e generalmente coinvolge gli studenti più interessati ad una disciplina scientifica particolare o a studi scientifici in generale.

Differenze di genere

Per quanto riguarda le differenze di comportamento tra studenti e studentesse nel nostro campione, nei grafici delle Figure 14 – 18 abbiamo riportato la percentuale di risposte corrette fornite dai gruppi di Maschi e Femmine, per ciascuna domanda delle aree indagate.

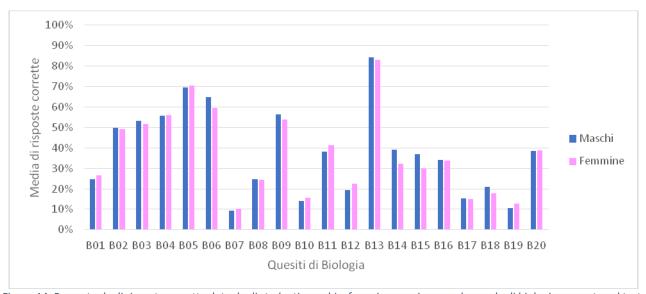


Figura 14. Percentuale di risposte corrette date dagli studenti maschi e femmine per ciascuna domanda di biologia presente nel test PLS.





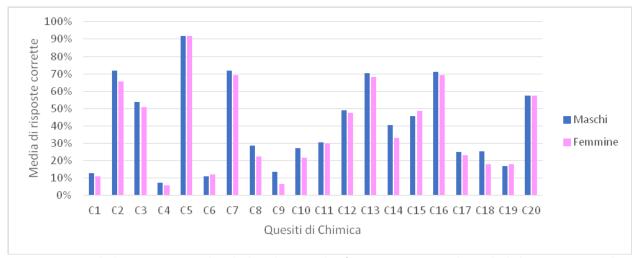


Figura 15. Percentuale di risposte corrette date dagli studenti maschi e femmine per ciascuna domanda di chimica presente nel test PLS.

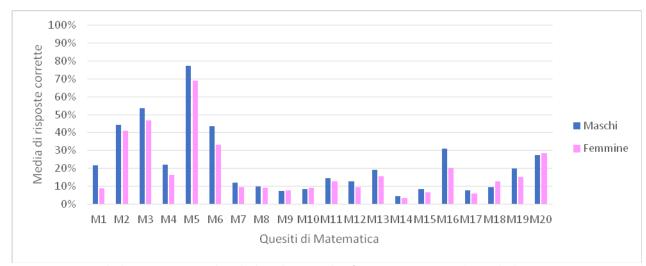


Figura 16. Percentuale di risposte corrette date dagli studenti maschi e femmine per ciascuna domanda di matematica presente nel test PLS.

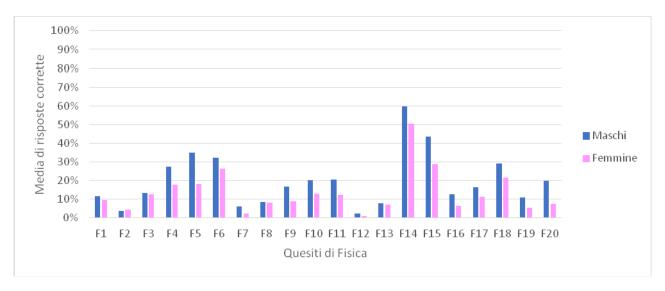


Figura 17. Percentuale di risposte corrette date dagli studenti maschi e femmine per ciascuna domanda di fisica presente nel test PLS.





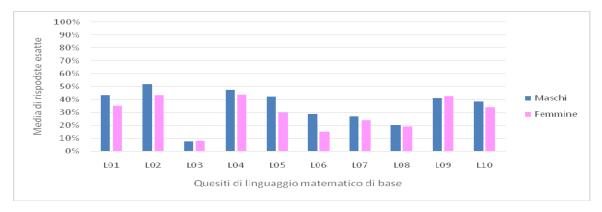


Figura 18. Percentuale di risposte corrette date dagli studenti maschi e femmine per ciascuna domanda di linguaggio matematico di base presente nel test PLS.

La differenza di genere per quanto riguarda le risposte ai singoli quesiti non sempre è statisticamente significativa. Nella Tabella 13 abbiamo riportato tutti i quesiti del test PLS per cui tale differenza è significativa. Come si evince dalla Tabella 13, la differenza di genere è praticamente assente per i quesiti di biologia (Figura 15); si manifesta solo in cinque quesiti di chimica (Figura 16) di cui uno, il quesito C08, si riferisce in realtà ad un tema interdisciplinare con la fisica, la Termodinamica. Possiamo pertanto dire che anche per quanto riguarda la chimica non vi è sostanzialmente una differenza di genere marcata. La situazione si capovolge nel caso della matematica e ancor più della fisica; in questi casi, infatti, la differenza di genere si manifesta nella maggior parte dei quesiti proposti. Inoltre, abbiamo verificato se vi fossero differenze per quanto riguarda l'interesse nell'intraprendere una carriera in ambito scientifico e il loro interesse nei confronti delle materie scientifiche. I grafici nelle Figure 19 e 20 mostrano le percentuali di maschi e femmine rispetto ai suddetti aspetti e, come appare dagli stessi, non si evidenziano differenze di genere relativamente a queste due variabili. La differenza di genere è evidente in Figura 21 dove sono riportati i risultati del confronto di genere rispetto all'interesse per una determinata area di afferenza dei corsi di studio universitari. La differenza di genere emerge fortemente per i corsi di medicina, verso i quali risultano essere molto più interessate le studentesse, e per i corsi di ingegneria, per i quali la tendenza di genere si inverte. Tali differenze di genere si compensano se si mediano i due ambiti e questo spiega perché quando si parla in generale di interesse ad intraprendere una carriera in ambito scientifico o di interesse per le scienze, ambiti nei quali sono comprese sia ingegneria sia medicina, la differenza di genere risulta inesistente.

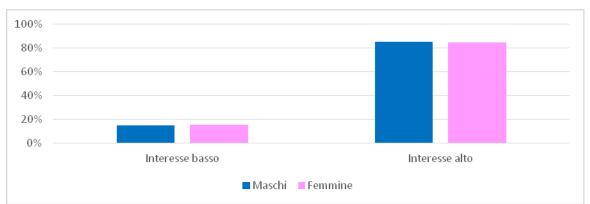


Figura 19. Percentuale di maschi e femmine che mostrano un interesse basso o alto ad intraprendere future carriere lavorative in ambito scientifico. Le percentuali sono calcolate rispetto al numero totale di femmine (N_f =517) e di maschi (N_m =706). Le differenze non sono statisticamente significative (media femmine = 4.18; media maschi = 4.28; t = -1.476, gl = 1221, p = 0.14).





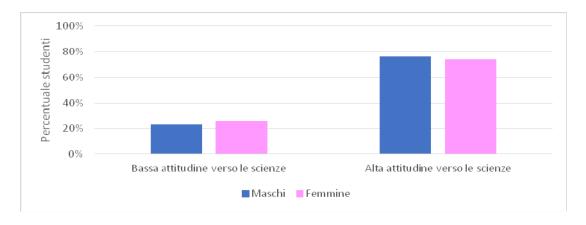


Figura 20. Percentuale di maschi e femmine che mostrano una bassa o alta attitudine verso le scienze. Le percentuali sono calcolate rispetto al numero totale di femmine (Nf = 517) e di maschi (Nm = 706). Le differenze non sono statisticamente significative (media femmine = 4.80; media maschi = 4.73; t = 1.018, gl = 1221, p = 0.309).

Tabella 13. Quesiti del test PLS per i quali si è rilevata una significativa differenza di genere.

Quesito	Argomento	Percentuale risposte	Percentuale risposte corrette	t di Student
		corrette Femmine	Maschi	
C02	Proprietà degli elementi	66.76%	71.81%	t = 0.024, p = 0.024
C08	Termodinamica	22.24%	28.47%	t = -2.461, p = 0.014
C09	Calcoli stechiometrici	6.38%	13.31%	t = -3.947, p < 10 ⁻⁴
C10	Soluzioni	21.66%	27.05%	t = -2.154, p = 0.031
C18	Soluzioni	17.99%	25.21%	t = -3.014, p = 0.003
L01	Equazioni e disequazioni algebriche	35.20%	43.20%	t = -2.829, p = 0.005
L02	Calcolo combinatorio e delle probabilità	43.52%	52.12%	t = -2.983, p = 0.003
L05	Calcolo combinatorio e delle probabilità	29.79%	42.21%	t = -4.479, p < 10 ⁻⁴
L06	Calcolo combinatorio e delle probabilità	14.89%	28.75%	t = -5.771, p < 10 ⁻⁴
M01	Cinematica	8.70%	21.53%	t = -6.114, p < 10 ⁻⁴
M03	Equazioni e disequazioni trascendenti	46.81%	53.54%	t = -2.329, p = 0.020
M04	Geometria euclidea	16.25%	21.95%	t = -2.491, p = 0.013
M05	Aritmetica e algebra elementare	69.05%	77.34%	t = -3.268, p =0.001
M06	Logaritmi, esponenziali e goniometria	33.08%	43.63%	t = -3.752, p < 10 ⁻⁴
M16	Aritmetica e algebra elementare	20.12%	30.88%	t = -4.249, p < 10 ⁻⁴
M19	Geometria analitica	15.09%	19.83%	t = -2.143, p = 0.032
F04	Atomi	17.79%	27.34%	$t = -3.921$, $p < 10^{-4}$
F05	Termodinamica	18,0%	35.1%	t = -6.718, p < 10 ⁻⁴
F06	Astronomia	26.31%	32.29%	t = -2.266, p = 0.024
F07	Astronomia	2.32%	6.23%	t = -3.244, p = 0.001
F09	Astronomia	8.87%	16.71%	$t = -4.096$, $p < 10^{-4}$
F10	Onde elettromagnetiche	12.96%	20.40%	t = -3.295, p = 0.001
F11	Onde elettromagnetiche	12.19%	20.40%	t = -3.802, p < 10 ⁻⁴
F12	Termodinamica	0.77%	2.27%	t = -2.035, p = 0.042
F14	Grandezze e unità di misura	50.48%	59.63%	t = -3.193, p = 0.001
F15	Cinematica	28.82%	43.63%	t = -5.344, p < 10 ⁻⁴
F16	Elettromagnetismo ed ottica	6.38%	12.61%	t = -3.604, p < 10 ⁻⁴
F17	Onde elettromagnetiche	11.22%	16.43%	t = -2.582, p = 0.10
F18	Grandezze e unità di misura	21.47%	29.04%	t = -2.995, p = 0.003
F19	Dinamica	5.42%	10.76%	t = -3.325, p = 0.001
F20	Dinamica	7.35%	19.69%	t = -6.146, p < 10 ⁻⁴





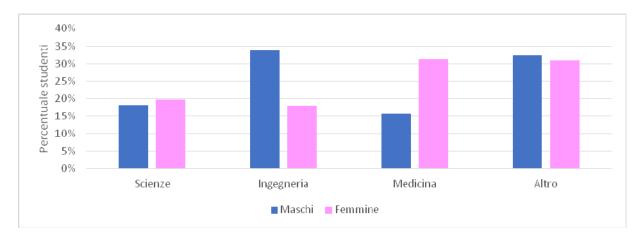


Figura 21. Distribuzione di genere per aree di interesse universitario. Le percentuali sono calcolate rispetto al numero totale di femmine ($N_f = 517$) e di maschi ($N_m = 706$). Le differenze sono statisticamente significative ($\chi^2 = 60.834$, gl = 3, $p < 10^{-4}$).

Differenze tra i vari indirizzi di studio

Per comprendere se vi siano differenze nel modo in cui gli studenti del nostro campione hanno risposto ai quesiti del test PLS a seconda dell'indirizzo di studi frequentato, abbiamo riportato nei grafici delle Figure 22- 26 per ciascuna area del test, la percentuale di studenti di ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i quesiti della materia in esame. Vista la grande differenza, in termini assoluti, di studenti provenienti dal liceo scientifico rispetto a tutti gli altri indirizzi di studio, si è scelto di riportare nei grafici la percentuale di studenti che per ciascun indirizzo di studi ha conseguito un certo punteggio totale. Le suddette percentuali sono state calcolate rispetto al totale di studenti di ciascun indirizzo: ad esempio, le percentuali di studenti provenienti dal liceo scientifico sono riferite al totale di studenti dello scientifico cioè 865, le percentuali di studenti del tecnico sono riferite al totale di 37 studenti provenienti da istituti tecnici. Purtroppo, la differenza in termini assoluti di studenti provenienti dal liceo scientifico rispetto agli altri indirizzi di studio non ci permette di fare confronti statisticamente significativi tra i risultati conseguiti da studenti provenienti dai diversi indirizzi di studio. Possiamo tuttavia verificare come si distribuiscono tendenzialmente i risultati ottenuti dagli studenti rispetto ai diversi indirizzi di studio (per quegli indirizzi per i quali nel nostro campione è presente almeno un 5% di studenti). Nei grafici il colore rosa corrisponde alla percentuale di studenti che ha risposto positivamente al 50% dei quesiti. Notiamo che per tutte le aree disciplinari del test PLS solo gli studenti provenienti dai licei scientifico tradizionale e scienze applicate riescono a superare la soglia del 50% di risposte corrette, seppur in percentuali non significative. Per i quesiti di matematica e di fisica le percentuali di studenti che hanno risposto correttamente ad almeno il 50% delle domande sono praticamente trascurabili per tutti gli indirizzi di studio considerati. Per quanto riguarda il linguaggio matematico di base (Figura 26), questa è l'area in cui tutti gli studenti di tutti gli indirizzi superano la sufficienza, seppur in percentuale diversa (ad esempio, gli studenti del liceo classico sono quelli che hanno risposto meglio alle domande di quest'area).





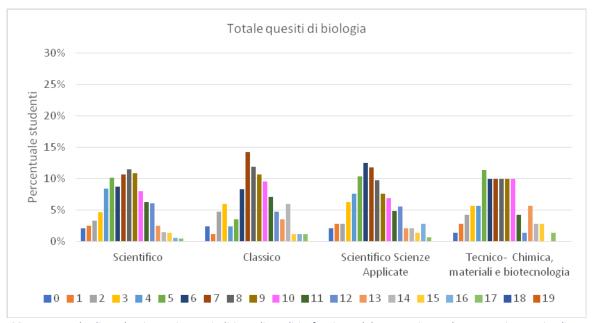


Figura 22. Percentuale di studenti per ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i soli quesiti di biologia. Ciascun colore indica un diverso punteggio totale, come riportato nella legenda. In rosa abbiamo indicato un punteggio di 10 su 20 ovvero il punteggio conseguito dagli studenti che hanno correttamente risposto a metà dei quesiti di biologia presenti nel test PLS.

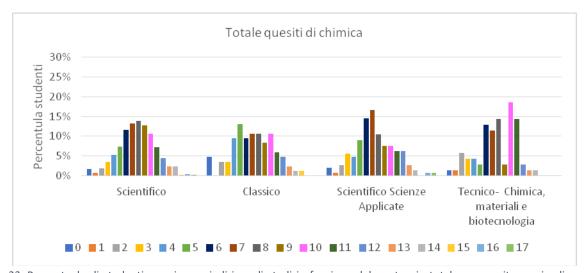


Figura 23. Percentuale di studenti per ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i soli quesiti di chimica. Ciascun colore indica un diverso punteggio totale, come riportato nella legenda. In rosa abbiamo indicato un punteggio di 10 su 20 ovvero il punteggio conseguito dagli studenti che hanno correttamente risposto a metà dei quesiti di chimica presenti nel test PLS.





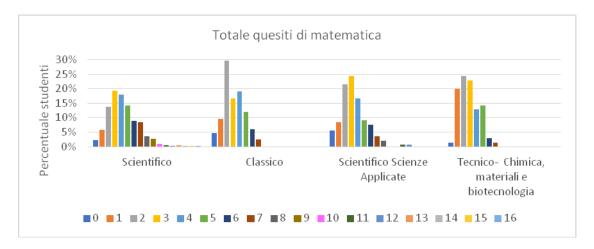


Figura 24. Percentuale di studenti per ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i soli quesiti di matematica. Ciascun colore indica un diverso punteggio totale, come riportato nella legenda. In rosa abbiamo indicato un punteggio di 10 su 20 ovvero il punteggio conseguito dagli studenti che hanno correttamente risposto a metà dei quesiti di matematica presenti nel test PLS.

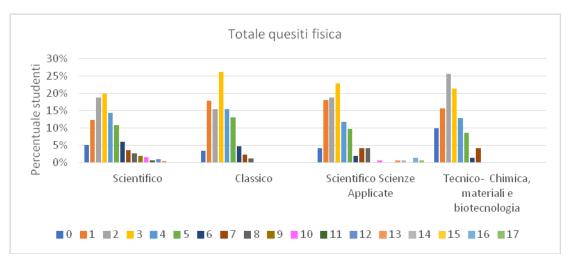


Figura 25. Percentuale di studenti per ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i soli quesiti di fisica. Ciascun colore indica un diverso punteggio totale, come riportato nella legenda. In rosa abbiamo indicato un punteggio di 10 su 20 ovvero il punteggio conseguito dagli che hanno correttamente risposto a metà dei quesiti di fisica presenti nel test PLS.

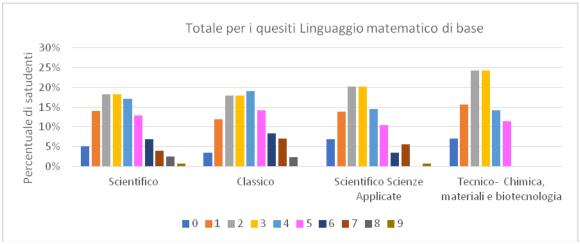


Figura 26. Percentuale di studenti per ciascun indirizzo di studi in funzione del punteggio totale conseguito per i soli quesiti di linguaggio matematico di base. Ciascun colore indica un diverso punteggio totale, come riportato nella legenda. In rosa abbiamo indicato un punteggio di 5 su 10 ovvero il punteggio conseguito dagli studenti che hanno correttamente risposto a metà dei quesiti di linguaggio matematico di base presenti nel test PLS.





Modelli predittivi

Si riportano i risultati di regressioni multiple per studiare in maniera sistematica l'effetto delle variabili di contesto sul punteggio del test e sulla volontà di intraprendere una carriera in ambito STEM. La Tabella 14 riporta i valori dei coefficienti di regressione e la loro significatività. Il genere, in particolare essere maschi, predice positivamente il rendimento in tutte le aree del test, tranne biologia. Anche partecipare alle attività PLS e avere interesse per una carriera in ambito scientifico predice positivamente la performance in tutte le aree del test. Frequentare il liceo scientifico predice positivamente il rendimento nel test, tranne che nell'area di biologia. Quindi in definitiva possiamo concludere con il seguente profilo di studente per avere un buon risultato al test ed orientarsi verso corsi di studio STEM:

essere maschio, aver partecipato alle attività PLS, frequentare il liceo scientifico, avere interesse verso una carriera in ambito scientifico.

Tabella 14. Coefficienti di rearessione lineare tra variabili di contesto e variabili dipendenti del test PLS.

	Totale	Biologia	Chimica	Fisica	Linguaggio	Matematica	STEM
Variabile di contesto					matematico		
Varianza spiegata (%)	12	3	6	14	5	12	8
Genere (1 = femmine)	-0.14**	-0.01 ^{ns}	-0.06*	-0.24**	-0.13**	-0.09*	-0.13**
PLS (1 = No PLS)	-0.15**	-0.09*	-0.07*	-0.16**	-0.07*	-0.15**	-0.06*
Attitudine verso materie scientifiche	0.07*	0.009 ^{ns}	0.07*	0.07*	0.01 ^{ns}	0.09*	0.05 ^{ns}
Interesse verso carriere in ambito scientifico	0.15**	0.12**	0.14**	0.10*	0.09*	0.07*	0.17**
Tipo Scuola (1 = liceo scientifico	0.17**	0.04 ^{ns}	0.11**	0.13**	0.10**	0.24**	0.12**

^{*}p < 0.05; ** p < 10^{-4} ; ns = differenza non significativa

La Tabella 15 riporta i coefficienti di regressione lineare tra le variabili dipendenti. Notiamo che l'orientarsi verso un'area di studio STEM è predetto dal punteggio totale al test ma anche e in maniera più significativa dal punteggio in fisica, mentre è anticorrelato al punteggio in biologia.

Tabella 15. Coefficienti di regressione lineare tra variabili dipendenti del test PLS.

Punteggio nelle varie aree del test	Orientamento verso materie STEM		
Varianza spiegata (%)	3		
Fisica	0.140***		
Matematica	0.042 ^{ns}		
Biologia	-0.071*		
Chimica	0.047 ^{ns}		
Linguaggio matematico di base	-0.037 ^{ns}		
Punteggio totale	0.093**		

^{*}p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 10⁻⁴

Confronti con i risultati ottenuti dal campione CISIA

Come ultima analisi presentiamo il confronto dei nostri risultati con quelli pubblicati dal CISIA negli anni 2014-2016. Tale analisi è pertanto un modo per validare in maniera concorrente il test simulato PLS.

Lisultati riportati dal CISIA comprendono 75 quesiti: 20 Matematica, 15 Riologia, 15 Chimica, 15 Fisica, 10

I risultati riportati dal CISIA comprendono 75 quesiti: 20 Matematica, 15 Biologia, 15 Chimica, 15 Fisica, 10 Testo. Qui riportiamo le differenze con le prime quattro aree. Il campione comprendeva 18656, 18550 e 19437 studenti, rispettivamente per il 2016, 2015, 2014. L'analisi è limitata a tre anni per favorire il confronto con i risultati del test PLS. I quesiti CISIA erano utilizzati nell'ambito della selezione all'accesso ai corsi ad indirizzo prevalentemente biologico. La Figura 27 mostra la percentuale di risposte corrette nelle





aree della Matematica, Biologia, Chimica e Fisica per gli studenti che hanno partecipato rispettivamente al test CISIA alla Federico II, al test CISIA in tutta Italia e al test simulato PLS. I risultati mostrano un andamento molto simile per le aree di Biologia e Chimica. Per l'area di matematica notiamo che la percentuale di risposte corrette degli studenti che hanno partecipato al test PLS è significativamente minore (21% vs. 25% degli studenti della Federico II e 31% degli studenti italiani). Per l'area di Fisica, al contrario, la percentuale di risposte corrette degli studenti che hanno partecipato al test PLS è lievemente maggiore (17% vs. 11% degli studenti della Federico II e 15% degli studenti italiani). Questi risultati suggeriscono una buona validità concorrente del test simulato PLS, specialmente nelle aree chimica e biologia. Per quel che riguarda le differenze di genere, notiamo che il test PLS presenta un gap medio minore rispetto a quello del CISIA nelle aree della matematica, biologia e chimica, mentre tale gap è maggiore per il test PLS nell'area della fisica (Figura 28).

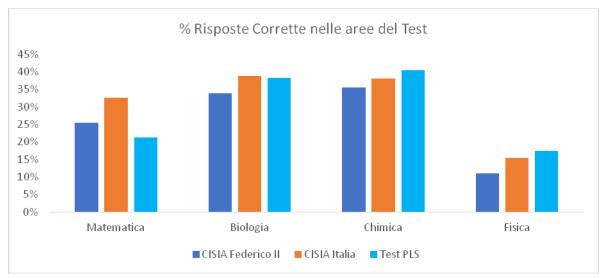


Figura 27. Percentuale di riposte corrette nelle diverse aree del test CISIA e PLS per tre campioni di studenti: CISIA Federico II, CISIA Italia e PLS.

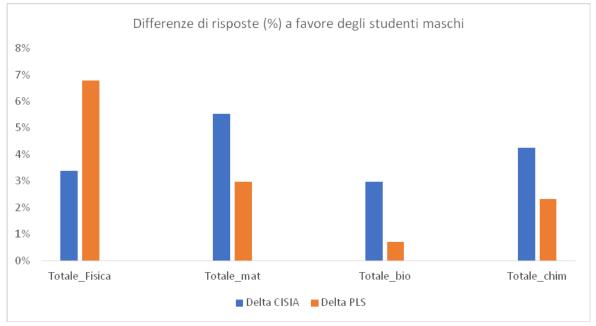


Figura 28. Differenza media (in %) tra le riposte corrette date dagli studenti maschi e le femmine nelle diverse aree del test CISIA e PLS.





Conclusioni

Uno degli scopi principali del test simulato PLS consisteva nella necessità di raccogliere dati utili ad indirizzare la futura programmazione delle azioni del PLS. In tale ottica i risultati del test, anche quando non statisticamente significativi, forniscono molte indicazioni sui cambiamenti da mettere in atto sia per quanto concerne le azioni direttamente rivolte agli studenti sia per quanto riguarda la formazione docenti.

I dati relativi alla performance degli studenti provenienti dai diversi indirizzi di studio non evidenziano significative differenze nelle conoscenze di base necessarie ad affrontare un percorso universitario di ambito scientifico, se non una migliore preparazione degli studenti del liceo scientifico e scienze applicate in biologia e chimica. Ciò suggerisce la necessità di potenziare le attività del PLS, in particolare per le Azioni 1, 4 e 5, nei confronti di istituti tecnici o professionali o licei classici, che generalmente non presentano richiesta di partecipazione alle attività PLS ritenendole di scarso interesse per i loro iscritti.

Per quanto riguarda gli argomenti in cui gli studenti hanno mostrato maggiori difficoltà, questi risultano essere: dinamica, termodinamica, elettromagnetismo ed ottica, equilibri chimici e calcoli stechiometrici, elementi di anatomia e fisiologia dei vegetali, geometria euclidea nel piano e nello spazio e, infine, geometria analitica. Alcune difficoltà sono legate ad argomenti poco trattati o non trattati nelle scuole: configurazione elettronica e proprietà periodiche degli elementi, chimica organica, biotecnologie, fisica moderna, biologia vegetale. In altri casi appare essenziale il richiamo a definizioni o argomenti trattati in anni precedenti (soluzioni e proprietà per la chimica, l'organizzazione della cellula per la biologia, equazioni per la matematica). In molti casi le difficoltà incontrate evidenziano carenze di base che spesso si ripercuotono anche su altre materie: ad esempio, i risultati ottenuti relativamente ai quesiti inerenti le molecole organico-biologiche (Biologia) possono essere dovuti a difficoltà in chimica organica, così come le difficoltà relative alle equazioni (Matematica) hanno probabili conseguenze sui risultati ottenuti in stechiometria (Chimica) ed in dinamica (Fisica). A questo va aggiunta la tendenza degli studenti ad un apprendimento mnemonico che li porta ad avere grosse difficoltà a risolvere problemi che non richiedano solo di "ricordare" quanto letto sui libri di testo ma di applicare una o più relazioni al fine di ottenere un risultato numerico il che richiede capacità di rielaborare e collegare tra loro i diversi concetti disciplinari. Da queste osservazioni si evidenzia pertanto la necessità di richiamare allo studente le necessarie intersezioni con materie affini per migliorare la preparazione ma soprattutto per evidenziare la interdisciplinarità delle scienze che hanno bisogno di conoscenze di base comuni fin dal percorso scolastico.

Quanto emerge dall'analisi delle differenze di genere evidenzia l'attenzione fin dalle scuole verso percorsi differenziati e corrisponde perfettamente alle immatricolazioni che vedono alta percentuale di studenti maschi iscritti a corsi di ingegneria e fisica e matematica e di studentesse a corsi di medicina e biologia. Per chimica le percentuali sono confrontabili.

In entrambe queste azioni il PLS può giocare un ruolo significativo e appare auspicabile all'interno degli istituti scolastici una maggiore interazione tra le discipline seguendo l'esempio della collaborazione interdisciplinare attuata dai referenti PLS-UNINA nella formazione docenti.

Per il futuro sulla base di quanto emerso dal test PLS, riteniamo opportuno indirizzare la formazione docenti verso un'azione comune di tutte le aree del PLS che si concentri nell'affrontare i temi in cui gli studenti hanno mostrato maggiori difficoltà attraverso corsi e attività laboratoriali con forti riferimenti interdisciplinari. Le attività dovrebbero essere organizzate in modo che i docenti possano riportarle e implementarle autonomamente nelle loro classi. In tal senso potrebbe essere opportuno sviluppare lezioni e laboratori virtuali che possano supportare i docenti che non hanno accesso nelle loro scuole a laboratori attrezzati, soprattutto per quanto riguarda la chimica e la biologia, materie per le quali le norme di sicurezza spesso rappresentano un ostacolo per la realizzazione di attività in aula. L'esperienza della didattica a distanza (DAD) si è rivelata un utile strumento in momenti di emergenza ma può essere estesa nella normalità a situazioni particolari quali l'assenza di laboratori o la difficoltà a raggiungere le sedi universitarie per economia di spesa o per lontananza.

Infine, riteniamo necessario lo sviluppo di una "conoscenza curricolare verticale", che includa la familiarità con argomenti e questioni che sono insegnati nella stessa materia durante i diversi anni.





Queste osservazioni suggeriscono la necessità di un maggiore confronto Università – Scuola che si concentri nell'affrontare i temi fondanti del curriculum, anche attraverso attività laboratoriali, con riferimento alla letteratura in didattica disciplinare e a metodologie innovative.

Bibliografia

I risultati qui presentati sono stati oggetto delle seguenti pubblicazioni:

Capasso G., Colantonio A., Coppeta J., Galano S., Scotti di Uccio U., Serroni G., Testa I. (2018) Conoscenze di fisica di base degli studenti al termine della scuola secondaria. *Giornale di Fisica*, 59, 4, 331-363

Galano S., Caruso U., Crispino M., Iesce M.R., Iannace A., Lapegna M., Riccio D., Serroni G., Testa I. (In stampa). Un'indagine del Piano Nazionale Lauree Scientifiche sulle conoscenze di Biologia e Chimica degli studenti di scuola secondaria superiore. *Le Scienze Naturali nella Scuola*.

Per le metodologie di analisi statistica (Alfa di Cronbach, ANOVA, test t di Student, regressioni lineari) si è fatto riferimento ai seguenti testi:

Barbaranelli C. (2007) Analisi dei dati. Tecniche multivariate per la ricerca psicologica e sociale. LED Edizioni

Aron A., Coups E., Aron E. (2018) Fondamenti di statistica. Introduzione alla ricerca in psicologia. Pearson Edizioni