



Tesi di Laurea Magistrale in Astronomia

**METODI E STRUMENTI PER UNA DIDATTICA
ATTIVA DELL'ASTRONOMIA NELLA SCUOLA
SECONDARIA**

Candidato:

AGNESE GHETTI

Matricola 1133009

Relatore:

Prof.ssa ORNELLA PANTANO
Università degli studi di Padova

Correlatore:

Dr. MARTA CARLI
Università degli studi di Padova

Padova, anno accademico 2016-2017

INDICE

| | | |
|-------|--|-----|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 2 | IL RUOLO DELL'ASTRONOMIA NELL'EDUCAZIONE SCIENTIFICA | 7 |
| 2.1 | Indicazioni Nazionali per la scuola primaria | 7 |
| 2.2 | Indicazioni Nazionali per la scuola secondaria di primo grado | 8 |
| 2.3 | Indicazioni Nazionali per la scuola secondaria di secondo grado | 8 |
| 2.4 | Esempi di Astronomia nella Fisica | 10 |
| 3 | LE MISCONCEZIONI IN ASTRONOMIA | 12 |
| 3.1 | Misconcezioni nella scuola primaria: John Baxter | 12 |
| 3.2 | Misconcezioni nella scuola secondaria: Philip Sadler | 16 |
| 3.2.1 | <i>A Private Universe</i> | 16 |
| 3.2.2 | Il test di Sadler | 18 |
| 3.2.3 | Le previsioni degli insegnanti | 21 |
| 3.3 | Misconcezioni all'Università: Michael Zeilik. | 22 |
| 3.3.1 | Astronomy Diagnostic Test | 23 |
| 4 | TEST OF ASTRONOMY STANDARDS | 26 |
| 4.1 | Come è stato costruito il TOAST | 27 |
| 4.1.1 | Ricerca dei concetti chiave | 27 |
| 4.1.2 | Costruzione e prima validazione del test | 29 |
| 4.2 | Elementi statistici per analisi del TOAST | 30 |
| 4.3 | Testing the TOAST | 34 |
| 4.3.1 | Validazione da parte degli esperti di Astronomia | 34 |
| 4.3.2 | Test pilota | 35 |
| 4.3.3 | Validità del TOAST | 36 |
| 4.4 | Limitazioni del TOAST | 36 |
| 5 | INDAGINE SUGLI STUDENTI ITALIANI | 40 |
| 5.1 | La traduzione del TOAST | 40 |
| 5.2 | Descrizione del campione di studenti | 42 |
| 5.3 | Risultati del TOAST | 45 |
| 5.4 | Questionario motivazionale | 81 |
| 5.5 | Risultati del questionario motivazionale | 82 |
| 6 | PROPOSTA DI UN PERCORSO DI ASTRONOMIA PER L'INSEGNA- MENTO DELLA FISICA | 92 |
| 6.1 | Ideazione e realizzazione del progetto | 92 |
| 6.1.1 | Lezione 1 | 96 |
| 6.1.2 | Lezione 2 | 107 |
| 6.1.3 | Lezione 3 | 109 |
| 7 | CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI | 112 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Appendices | 115 |
| A TOAST | 116 |
| B TOAST TRADOTTO IN ITALIANO | 124 |
| C QUESTIONARIO MOTIVAZIONALE | 132 |
| D RISULTATI DEL TOAST PER I DOCENTI | 135 |
| Bibliografia | 146 |

INTRODUZIONE

L'osservazione dei fenomeni celesti e i tentativi di interpretarli sono presenti nella storia dell'umanità sin dai tempi più remoti. L'interesse dell'uomo per la volta celeste nasce come necessità pratica per attività agricole e pastorizie e successivamente si sviluppa con connotazioni religiose, come avvenne per le civiltà Babilonese, Sumera ed Egizia. Con la nascita della Filosofia, invece, l'Astronomia diviene un metodo per interrogarsi sull'origine dell'uomo e del mondo. È con Galileo e la rivoluzione copernicana che essa inizia a prendere il distacco da questi ambiti e a divenire scienza, nel suo significato moderno. È dall'epoca di Galileo che una connessione tra Astronomia e Fisica si è creata. In particolare, con le prime osservazioni della Luna attraverso l'utilizzo del cannocchiale egli scoprì che essa ha il medesimo aspetto della Terra e che le leggi che regolano l'Universo sono le stesse che regolano il comportamento dei corpi sulla Terra.

[...]questo invero da nessuno furono osservate prima di noi; e dalle più volte ripetute ispezioni di esse siamo giunti alla convinzione che la superficie della Luna non è affatto liscia, uniforme e di sfericità esattissima, come di essa Luna e di altri corpi celesti una numerosa schiera di filosofi ha ritenuto, ma al contrario, disuguale, scabra, ripiena di cavità e di sporgenze, non altrimenti che la faccia stessa della Terra, la quale si differenzia qua per catene di monti, là per profondità di valli. (Galilei, 1610)

È grazie a questa consapevolezza che dal XVII secolo Astronomia e Fisica divengono due ambiti facilmente sovrapponibili: per comprendere le leggi dell'Universo è necessario conoscere le leggi fisiche e, viceversa, dallo studio di oggetti astronomici è possibile interpretarne e scoprirne di nuove. Tuttavia, questa connessione tra le due discipline può essere dimenticata. Il fascino dell'Astronomia è spesso utilizzato in mostre, eventi, riviste e siti web per attirare l'attenzione del pubblico, e, per renderla accessibile a tutti, a volte il carattere scientifico è messo in secondo piano, creando un'impropria visione della disciplina. Un ambiente che può ribadire la valenza fisica dell'Astronomia è la scuola. Essa, ampliando e approfondendo lo stretto legame tra le due materie può far comprendere agli studenti che l'Astronomia è Fisica e come essa rappresenti un ottimo contesto per insegnare argomenti di Fisica. Questo elaborato vuole incentrare la propria indagine su quale sia l'importanza e lo spazio dedicato all'Astronomia nelle scuole, in particolare in quella secondaria di secondo grado, per cercare soluzioni che tentino di migliorare la didattica della disciplina e la preparazione degli studenti in campo astronomico.

Negli ultimi anni la scuola si trova in una condizione favorevole a questo scopo, con la Riforma Gelmini (*D.M.*, n.211, 2010), infatti, l'insegnamento di argomenti astronomici è passato da Scienze della Terra a Fisica, fatta eccezione per i moti della Terra. Questo cambiamento ha permesso ai laureati in Astronomia di insegnare argomenti della loro materia di specializzazione. I docenti abilitati all'insegnamento di Scienze della Terra sono laureati in ambiti differenti da quello fisico e astronomico e

pertanto possono non avere, a causa del loro curriculum professionale, le conoscenze necessarie per insegnare Astronomia. Spostando l'insegnamento a Fisica questo problema viene risolto, gli insegnanti abilitati a questa disciplina, infatti, provengono generalmente da una laurea in Fisica, quindi più consona all'insegnamento di Astronomia. Tuttavia la riforma, in vigore dal 2012, ha notevolmente ridotto lo spazio concesso a questa materia nelle scuole secondarie, in particolare in quella di secondo grado, come traspare dal contenuto dalle nuove Indicazioni Nazionali. Il Capitolo 2 si occupa di questa analisi, per comprendere quali siano gli argomenti di Astronomia attualmente inseriti nei documenti ministeriali a cui tutte le scuole devono far riferimento. Ciò che emerge è preoccupante per la didattica dell'Astronomia, ma la cospicua riduzione delle attività scolastiche connesse al campo astronomico non ha prodotto una diminuzione degli iscritti all'Università in questo corso di studi.

Se, da un lato, la scuola secondaria ha diminuito il tempo dedicato all'insegnamento di Astronomia, dall'altro la curiosità e la voglia degli studenti di conoscere questo ambito scientifico non è scomparsa. L'elaborato di tesi si interroga pertanto su quale sia il grado di preparazione degli studenti che si iscrivono a questo corso di laurea, per cercare di comprendere questa apparente inconsistenza. Particolare attenzione è rivolta in questa analisi alle misconcezioni, a quei preconcetti che gli studenti manifestano e difficilmente abbandonano. In ambito scientifico, e in particolar modo in quello astronomico, la creazione di misconcezioni è molto frequente. Per questo motivo il Capitolo 3 ne descrive la natura e le modalità più efficaci per rilevarle ed eliminarle.

Lo strumento utilizzato per verificare la presenza di misconcezioni tra gli studenti iscritti al primo anno di Astronomia dell'Università di Padova è il *Test Of Astronomy Standards (TOAST)* un *Distractor Driven Multiple Choice* test sviluppato da Stephanie J. Slater dopo 20 anni di ricerca nell'ambito della didattica dell'Astronomia (S. Slater, 2014). Questo, descritto nel Capitolo 4, viene identificato come il più appropriato per valutare la preparazione degli studenti sui concetti generali di Astronomia, permettendo di far emergere le misconcezioni degli alunni. I risultati ottenuti dai 113 studenti, che in data 13 Ottobre 2017 hanno completato il test, sono riportati nel Capitolo 5.

La preparazione degli studenti può dipendere da molti fattori e non esclusivamente dallo studio svolto a scuola, pertanto il punteggio raggiunto nel TOAST non dipende unicamente dall'attenzione riservata all'Astronomia nella scuola secondaria di secondo grado, ma può derivare da interessi personali dello studente che lo possono aver portato ad approfondire tematiche astronomiche. Per questo motivo è fornito agli studenti un questionario motivazionale, per comprendere le ragioni che li hanno portati a iscriversi al corso di laurea di Astronomia e per comprendere se le loro conoscenze in campo astronomico derivino dallo studio svolto in classe o da approfondimenti personali. Da questa indagine, esposta nel Capitolo 5, emerge come le esperienze scolastiche non siano determinanti nella scelta del corso di studi, ma come piuttosto lo sia la curiosità personale. Questo risultato mostra, ancora una volta, come in generale sia carente l'attenzione rivolta a questa disciplina nella scuola secondaria di secondo grado. La curiosità manifestata dagli studenti per l'Astronomia sembra quindi non essere pienamente soddisfatta dall'ambiente scolastico. Questo aspetto rischia di creare negli alunni aspettative fallaci su ciò che il corso di laurea propone, favorendo l'aumento del numero di abbandoni degli studenti iscritti al se-

condo anno. Approfondendo il legame tra Astronomia e Fisica la scuola non solo migliora questo aspetto, ma può utilizzare argomenti di carattere astronomico, verso cui gli studenti manifestano interesse, come esempi di approfondimento per nozioni di Fisica e migliorare perciò la preparazione in entrambe le discipline. Per tentare di migliorare questi aspetti è necessario intervenire in primo luogo nella scuola secondaria di secondo grado, per permettere agli alunni di comprendere come Astronomia e Fisica siano strettamente connessi e come, per questo motivo, il corso di laurea di Astronomia comprenda molti esami di Fisica. Il rischio è quello che gli studenti, affascinati da libri, riviste o siti di divulgazione non percepiscano la valenza fisica della disciplina e si ritrovino iscritti a un corso di laurea prettamente scientifico. Per cercare di intervenire in questo senso, il Capitolo 6 descrive la progettazione e la realizzazione di un corso di formazione rivolto ai docenti di Fisica di scuola secondaria di secondo grado in cui si presenta come integrare argomenti di Fisica e Astronomia. Lo scopo di questo percorso è quello di fornire ai partecipanti materiale da utilizzare e sperimentare direttamente in classe per l'insegnamento di tematiche di Astronomia, rinforzando il legame tra le due discipline. In questo, particolare attenzione è rivolta alla preparazione del materiale fornito, proponendo esempi di lezioni pratiche e laboratoriali in alternativa a quelle frontali, in modo da favorire l'eliminazione delle misconcezioni.

IL RUOLO DELL'ASTRONOMIA NELL'EDUCAZIONE SCIENTIFICA

L'Astronomia rappresenta una materia piuttosto peculiare all'interno del panorama scolastico. Essa, infatti, non rientra come materia distinta nelle Indicazioni Nazionali in nessun grado di istruzione, ma viene affiancata all'insegnamento di altre materie scientifiche. Con la Riforma Gelmini (*D.M, n.211, 2010*) il ruolo dell'Astronomia è fortemente ridotto all'interno delle scuole, in particolare nella scuola secondaria di secondo grado. Analizzando le Indicazioni Nazionali relative alla scuola primaria e alla scuola secondaria di primo grado, infatti, la presenza di argomenti di carattere astronomico è mantenuta mentre è limitata nel secondo grado d'istruzione.

Nelle sezioni che seguono sono analizzate le indicazioni Nazionali relative ad ogni grado di istruzione per poter indagare l'importanza riservata all'Astronomia nel contesto nazionale ad ogni livello di istruzione. Esse, infatti, sono documenti che costituiscono un punto di riferimento imprescindibile a cui tutte le scuole italiane devono attenersi.

2.1 INDICAZIONI NAZIONALI PER LA SCUOLA PRIMARIA

Per poter individuare tematiche di carattere astronomico nelle Indicazioni Nazionali della scuola primaria è necessario fare riferimento al programma di Scienze. Qui vengono inserite tutte le conoscenze e le abilità che lo studente deve acquisire in ambito scientifico fino al termine della quinta primaria. Nello specifico, argomenti di carattere astronomico compaiono nelle indicazioni per le classi di terza e di quinta primaria.

Per la classe terza il programma prevede che lo studente acquisisca *“familiarità con la variabilità dei fenomeni atmosferici (venti, nuvole, pioggia, ecc.) e con la periodicità dei fenomeni celesti”* (MIUR, 2012). Questa abilità, al livello della scuola primaria, non prevede lo studio teorico del fenomeno, ma permette allo studente di sviluppare una competenza scientifica di osservazione dell'evento. Per la classe quinta, invece, le abilità di apprendimento di Astronomia riguardano la capacità di *“ricostruire e interpretare il movimento di diversi oggetti celesti, rielaborandoli anche attraverso giochi col corpo”* (MIUR, 2012). Alla competenza di osservazione dei fenomeni si aggiunge quella di interpretazione e formulazione di ipotesi e modelli, seppure con ipotesi personali non ancora scientifiche.

All'interno del programma nazionale per la scuola primaria l'Astronomia, insieme ad altre materie scientifiche, permette allo studente di osservare e interpretare l'ambiente che lo circonda, favorendo lo sviluppo di un atteggiamento scientifico. Lo studente *“osserva e descrive lo svolgersi dei fatti, formula domande, anche sulla base di ipotesi personali, propone e realizza semplici esperimenti”* (MIUR, 2012).

2.2 INDICAZIONI NAZIONALI PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

Anche nel caso della scuola secondaria di primo grado l'Astronomia va ricercata nel programma di Scienze. Le competenze di osservazione e interpretazione sviluppate nella scuola primaria devono ora essere ampliate e lo studente deve maturare la capacità di inserire la propria interpretazione all'interno di un modello matematico-scientifico. Nello specifico, *“particolare importanza è attribuita alle modalità attraverso le quali si elabora la descrizione scientifica del mondo, concentrando soprattutto l'attenzione sul processo di matemizzazione degli oggetti fisici e sulla conseguente costituzione di un modello che rimpiazza in senso letterale gli oggetti reali”* (MIUR, 2012). In questa prospettiva vengono inserite nel programma di Scienze per la classe terza le seguenti tematiche: descrizione dei principali moti della Terra e le loro conseguenze, il Sole e il sistema solare: dalle osservazioni degli antichi alle ipotesi della scienza contemporanea, dimostrazione di come il moto apparente del Sole permetta di individuare le stagioni, la latitudine, l'ora del giorno: la meridiana. Al livello della scuola secondaria di primo grado l'Astronomia permette, perciò, allo studente di sviluppare la capacità di ragionare in termini di modello scientifico e di interpretare le osservazioni attraverso di esso.

2.3 INDICAZIONI NAZIONALI PER LA SCUOLA SECONDARIA DI SECONDO GRADO

Per quanto riguarda la scuola secondaria di secondo grado sono state analizzate le Indicazioni relative al Liceo Scientifico Scienze Applicate e al Liceo Linguistico. L'attenzione è stata rivolta a queste scuole perché si vuole indagare il cambiamento in seguito alla Riforma Gelmini del riordino dei licei e tra questi il Liceo Scientifico Scienze Applicate rappresenta quello con più ore di Fisica, mentre il Liceo Linguistico funge da esempio per le scuole con meno ore nelle materie scientifiche.

A questo livello d'istruzione l'insegnamento dell'Astronomia non è affidata ad un'unica materia, ma è ripartita su più discipline e su più anni. Le materie in cui è possibile individuare la presenza di argomenti di Astronomia sono Scienze della Terra e Fisica.

Nel primo biennio del Liceo Scienze Applicate le uniche tracce di Astronomia vengono riscontrate nel programma di Scienze della Terra, in cui sono introdotti i moti della Terra. Per il secondo biennio, invece, nel programma di Fisica vengono inserite le Leggi di Keplero e il dibattito cosmologico del XVI e XVII secolo (*Indicazioni Nazionali*, 2012). Nel corso del quinto anno, sempre nel percorso di Fisica, vengono inseriti come argomenti di approfondimento facoltativo tematiche di Astrofisica o Cosmologia. Tuttavia non vengono forniti esempi espliciti di approfondimenti e le Indicazioni rimangono piuttosto vaghe a riguardo.

Per il Liceo Linguistico il programma del primo biennio di Scienze della Terra prevede lo studio dei moti della Terra. Nel secondo biennio, nel percorso di Fisica, viene inserito l'insegnamento delle leggi di Keplero. Al quinto anno viene indicata la possibilità di aggiungere approfondimenti facoltativi di Fisica moderna, Astrofisica e Cosmologia, senza particolari specificazioni su quali possano essere gli argomenti da trattare.

In definitiva, le tematiche di Astronomia affrontate dal Liceo Scienze Applicate e dal Liceo Linguistico sono le medesime, nonostante il Liceo Scientifico preveda 66 ore di Scienze della Terra e 66 ore di Fisica nel primo biennio, mentre propone 99 ore per entrambi i corsi nel secondo biennio e nel quinto anno. Nel Liceo Linguistico, invece, Scienze della Terra ha a disposizione 66 ore annuali nel primo biennio, Fisica, introdotta nel secondo biennio, prevede 66 ore annuali.

In conclusione, facendo riferimento alle indicazioni Nazionali, risulta evidente come il ruolo dell'Astronomia all'interno della scuola secondaria di secondo grado sia marginale (Tabella 1). Con la riforma dei Licei l'insegnamento dell'Astronomia non è più associato a quello di Scienze della Terra, ma a quello di Fisica, fatta eccezione per i moti della Terra. Questa modifica ha limitato le tematiche astronomiche affrontate nel corso degli anni di liceo. Tuttavia, la riduzione delle ore non implica una scomparsa di argomenti di Astronomia nella scuola, infatti, molti argomenti di carattere astronomico possono essere inseriti nel corso degli anni come approfondimenti ai concetti di Fisica. I fenomeni astronomici sono spiegabili grazie alle conoscenze di Fisica e concetti di Astronomia sono utilizzabili come esempi di approfondimento di Fisica. Un ambiente in cui è possibile rinforzare la connessione tra le due discipline è la scuola. La sezione che segue, facendo riferimento alle Indicazioni Nazionali di Fisica per il Liceo Scientifico Scienze Applicate, contiene alcuni esempi di come inserire argomenti di Astronomia nel percorso di Fisica.

Tabella 1.: Argomenti di Astronomia presenti nelle Indicazioni Nazionali nei diversi livelli scolastici.

| Livello scolastico | Argomenti di Astronomia |
|------------------------------------|---|
| Scuola primaria | - Osservazione e interpretazione del moto dei principali corpi celesti visibili. |
| Scuola Secondaria di primo grado | - Moti della Terra - Alternarsi del dì e della notte - Alternarsi delle stagioni - L'ora del giorno: la meridiana |
| Scuola Secondaria di secondo grado | - Moti della Terra - Leggi di Keplero - Dibattito cosmologico del XVI e XVII secolo - Approfondimenti di astrofisica moderna |

2.4 ESEMPI DI ASTRONOMIA NELLA FISICA

L'elaborato di tesi vuole indagare la possibilità di inserire argomenti di Astronomia nel percorso di Fisica. Questa sezione fa riferimento in particolare alle Indicazioni Nazionali del Liceo Scientifico Scienze Applicate. L'attenzione è rivolta a questa scuola perché rappresenta il liceo con il maggior numero di ore di Fisica e, pertanto, la scuola che può accentuare maggiormente il legame tra Astronomia e Fisica.

Spunti per inserire concetti di Astronomia nel percorso di Fisica sono presenti nelle Indicazioni Nazionali già riferite al primo biennio. Queste, infatti, prevedono l'insegnamento di fenomeni di riflessione e rifrazione della luce e del funzionamento dei principali strumenti ottici. Tra gli strumenti che sfruttano questi processi si colloca certamente il telescopio, che può essere introdotto per esemplificare l'utilizzo di specchi e lenti in ambito astronomico. La connessione tra Astronomia e Fisica può continuare, inoltre, con riferimenti al cannocchiale di Galileo e alle prime osservazioni astronomiche effettuate con esso. Questo collegamento permette di introdurre la nascita del metodo scientifico moderno, argomento inserito nelle Indicazioni Nazionali di Fisica per il primo biennio.

Nel secondo biennio viene inserita la teoria della gravitazione universale con la legge di Newton e le leggi di Keplero. Questo argomento, che prevede la discussione del dibattito cosmologico del *XVI* e *XVII* secolo, può anticipare il dibattito cosmologico del *XIX* secolo, la teoria della relatività di Einstein e la concezione di Universo. Questi, infatti, sono altri esempi che fanno riferimento a situazioni astronomiche che divengono oggetto di studio per convalidare o confutare leggi fisiche. La connessione tra le due discipline nel secondo biennio continua in riferimento all'introduzione dei fenomeni ondulatori, di cui la luce è esempio emblematico. La sua dualità viene affrontata nel corso del quinto anno, ma lo studio dei fenomeni ondulatori è presentata già nel corso del quarto anno. In riferimento a questo argomento, le connessioni astronomiche sono le più svariate, essendo la luce il veicolo primario con cui si studia l'Universo. L'introduzione al campo magnetico, inoltre, sempre relativo al secondo biennio di liceo, può permettere ai docenti di introdurre il campo magnetico terrestre o in generale dei pianeti, le fasce di Van Allen e il caso estremo delle Pulsar come esempio di forte campo magnetico.

Nel quinto anno, infine, vengono affrontate le equazioni di Maxwell e descritte, perciò, le onde elettromagnetiche, la loro produzione e propagazione, i loro effetti e le loro applicazioni nelle varie bande di frequenza. Anche in questo caso l'Astronomia offre moltissimi spunti di approfondimento. È possibile introdurre il concetto di spettro, facendo riferimento a quello solare ed eventualmente allargando la discussione a quello relativo ad altre stelle. Con questa connessione è possibile introdurre, infatti, il processo di assorbimento e di emissione (spettri stellari e di nebulose ad emissione). Il caso stellare offre la possibilità, inoltre, di introdurre l'ipotesi quantistica di Planck e la teoria del corpo nero.

In questa sezione sono stati illustrati diversi esempi di come alcune tematiche astronomiche possano essere utilizzate per approfondire o introdurre nozioni di Fisica. Un'attenzione scolastica volta a fortificare il legame tra le due discipline può migliorare molti aspetti della didattica dell'Astronomia. Può migliorare la preparazione degli studenti in campo astronomico, approfondire concetti di Fisica e fungere da orientamento per gli studenti. Infatti, non enfatizzando questa connessione, il rischio

è quello che gli studenti, affascinati da notizie di divulgazione e dal grande impatto scenico dell'Astronomia si iscrivano al corso di laurea senza una chiara visione di ciò che studieranno. Intervenendo nella scuola secondaria con l'intento di accentuare il legame tra le due discipline è possibile fornire agli studenti un'idea più chiara di quale siano gli argomenti di studio dell'Astronomia e di quali possibilità lavorative offra il corso di laurea, mettendo così gli studenti in condizione di autovalutarsi e comprendere se il campo astronomico è realmente di loro interesse.

LE MISCONCEZIONI IN ASTRONOMIA

Nel capitolo precedente si sono analizzate le Indicazioni Nazionali, constatando come l'insegnamento dell'Astronomia a scuola non occupi una posizione di rilievo. Gli argomenti di carattere astronomico esplicitamente citati, infatti, sono limitati sostanzialmente alle leggi di Keplero e ad eventuali approfondimenti a discrezione del docente. Ad aggravare lo scenario, molti studi mostrano come la carenza di istruzione in ambito astronomico possa favorire lo sviluppo o il radicamento di concezioni e modelli interpretativi errati difficili da eliminare, noti nella ricerca in didattica delle scienze come misconcezioni. Particolare interesse è stato rivolto negli ultimi trent'anni allo studio delle misconcezioni, poiché esse hanno condotto a una nuova consapevolezza sulle modalità di apprendimento degli studenti e sulle più frequenti difficoltà che essi incontrano nella comprensione di alcuni concetti. In questo capitolo vengono presentati gli studi più rilevanti riguardo le misconcezioni astronomiche emerse da ricerche condotte su studenti di differenti età. In questo campo gli studi più importanti sono quelli di John Baxter, Philip Sadler, Michael Zeilik e Stephanie J. Slater. Le loro indagini tentano di comprendere la natura delle misconcezioni e di individuare modalità efficaci per eliminarle. Questo capitolo si occupa degli studi di Baxter, Sadler e Zeilik, mentre il Capitolo 4 si concentra più nel dettaglio sugli studi di Slater, identificati come quelli più consoni allo studio delle misconcezioni astronomiche per gli studenti italiani.




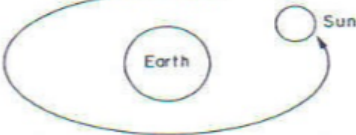
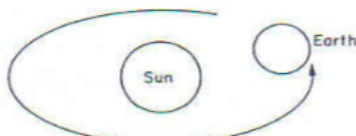

3.1 MISCONCEZIONI NELLA SCUOLA PRIMARIA: JOHN BAXTER

Prima di concentrarsi sull'analisi degli studi delle misconcezioni sviluppate dagli studenti nelle discipline scientifiche, e nello specifico in Astronomia, è importante soffermarsi su quale sia lo loro origine. A questo cercano di rispondere gli studi di Jean Piaget, psicologo e pedagogista svizzero. Le sue ricerche, pubblicate nel testo "*The child's conception of the world*" (Piaget, 1951), vogliono indagare quale sia la modalità di pensiero dei bambini, in particolare quali idee sviluppino riguardo al mondo che li circonda. Per poterlo fare Piaget individua come modalità di indagine più efficace quella della *clinical interview*. Egli chiede ai bambini intervistati di spiegare un particolare fenomeno naturale per poter capire in che modo la loro mente interpreta ciò che li circonda. Le interviste di Piaget rappresentano una tappa importante per lo studio delle modalità con cui gli individui conoscono e imparano nuovi concetti. Per lo scopo di questa tesi non è necessario entrare nello specifico di questi complessi studi, tuttavia, essi rappresentano il punto di partenza per poter interpretare la natura delle misconcezioni e per comprendere il motivo per cui esse siano così radicate nella mente degli studenti.

Le analisi di Piaget, infatti, danno l'avvio a molte altre ricerche nella modalità di intervista clinica sulle conoscenze scientifiche dei bambini, incluse quelle di carattere astronomico.


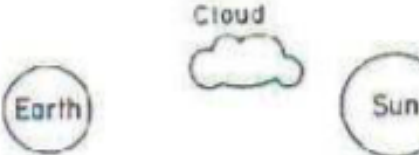
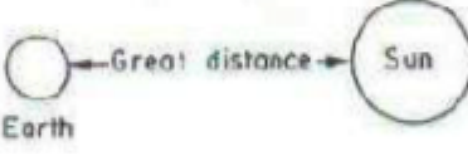
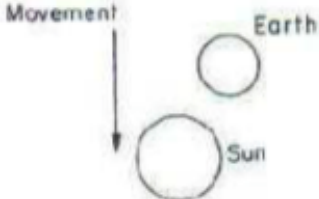

John Baxter, per esempio, conduce una vasta indagine sulle credenze astronomiche

Tabella 2.: Nozioni sull'alternanza del dì e notte riconosciute da Baxter in un gruppo di studenti con età compresa tra i 9 e 16 anni.

| Nozione | Rappresentazione grafica |
|--|--|
| 1)Il Sole va dietro alla collina |  <p>A simple line drawing of a hill on the left. To the right of the hill, a semi-circle representing the Sun is partially hidden behind the hill's peak. The labels 'Hill' and 'Sun' are present.</p> |
| 2)Le nuvole coprono il Sole |  <p>A semi-circle representing the Sun is on the left, partially covered by a cloud-like shape on the right. The labels 'Sun' and 'Cloud' are present.</p> |
| 3)La Luna copre il Sole |  <p>A semi-circle representing the Sun is on the left. To its right is a smaller circle representing the Moon. An arrow labeled 'Movement' points from the Moon towards the Sun, indicating an eclipse. The labels 'Sun' and 'Moon' are present.</p> |
| 4)Il Sole gira intorno alla Terra una volta al giorno |  <p>A central circle labeled 'Earth' is surrounded by a large elliptical orbit. A smaller circle labeled 'Sun' is positioned on the right side of the orbit, with an arrow indicating a counter-clockwise path around Earth. The labels 'Earth' and 'Sun' are present.</p> |
| 5)La Terra gira intorno al Sole una volta al giorno |  <p>A central circle labeled 'Sun' is surrounded by a large elliptical orbit. A smaller circle labeled 'Earth' is positioned on the right side of the orbit, with an arrow indicating a counter-clockwise path around the Sun. The labels 'Sun' and 'Earth' are present.</p> |
| 6)La Terra ruota attorno al proprio asse una volta al giorno |  <p>Two circles are shown. The left one is labeled 'Sun'. The right one is labeled 'Earth' and has a curved arrow around it indicating rotation on its axis. The labels 'Sun' and 'Earth' are present.</p> |

che nei bambini di età compresa tra i 9 e 16 anni (Baxter, 1989). L'autore ipotizzata che le nozioni astronomiche degli intervistati scaturiscano dalla mescolanza delle loro interpretazioni personali con informazioni scientifiche acquisite a scuola o in altri contesti. In questo studio Baxter riesce a individuare sei concetti comuni a più di uno studente intervistato (Tabella 2). Tra questi vi sono nozioni che tentano di spiegare il ciclo del dì e della notte in termini di occultamento del Sole (nozione 1 e 2) mentre altre, riconoscono la rotazione della Terra come causa dell'alternarsi del dì e della notte (nozione 6). In approfondimento a questo studio, Baxter conduce un'analisi simile concentrandosi sull'origine dell'alternarsi delle stagioni. Anche in

Tabella 3.: Nozioni sull'alternanza delle stagioni riconosciute da Baxter in un gruppo di studenti con età compresa tra i 9 e 16 anni.

| Nozione | Rappresentazione grafica |
|--|--|
| 1) Alcuni pianeti freddi sottraggono calore al Sole |  |
| 2) Spesse nubi invernali fermano il calore del Sole |  |
| 3) Il Sole è più lontano dalla Terra in Inverno |  |
| 4) Il Sole si reca dall'altra parte della Terra per far arrivare l'Estate in quei luoghi |  |
| 5) I cambiamenti delle piante sono la causa delle stagioni | No diagram |
| 6) La stagioni sono spiegate in termini di inclinazione dell'asse terrestre |  |

questo caso, individua sei nozioni comuni, riportate in Tabella 3. Alcune di queste attribuiscono la causa delle stagioni all'oscuramento del Sole durante l'Inverno (nozione 1 e 2), altre la identificano nella variazione della distanza tra Sole e Terra (nozione 3 e 4). Una spiegazione alternativa giustifica l'alternarsi stagionale con i cambiamenti osservati nelle piante (nozione 5), mentre l'ultima nozione è la corretta spiegazione scientifica (nozione 6). Le spiegazioni fornite dagli studenti intervistati rappresentano un esempio di misconcezione. Tra queste ne compaiono alcune che vengono ritrovate negli studi condotti su studenti di età più avanzata (Sezione 3.2 e Sezione 3.3).

Le interviste cliniche di Baxter conducono la psicologa Susan Carey a intravedere un'analogia tra il cambiamento concettuale individuale dello studente e il cambiamento di paradigmi nella scienza. Infatti, alcune delle nozioni errate riportate da Baxter rappresentano credenze scientifiche di altre epoche. Nella psicologia dell'educazione si afferma, pertanto, l'ipotesi, sostenuta dagli studi di Carey, che i concetti degli studenti siano organizzati in strutture simili a teorie e che il compito dell'insegnamento sia quello di modificare queste strutture. La modalità con cui l'istruzione deve intervenire deve differenziarsi, tuttavia, a seconda dei casi. Nell'eventualità in cui ci sia una concordanza tra i concetti da acquisire e quelli già preesistenti nello studente, l'istruzione si deve limitare ad arricchire le concezioni già esistenti con ulteriori informazioni. Più complesso è il caso in cui non ci sia questa concordanza. In questa situazione è necessario effettuare una ristrutturazione radicale che richiede non solo una revisione delle credenze ma anche una riformulazione dei concetti. Il secondo dei due scenari è quello di maggior interesse ai fini di questa tesi e rappresenta il caso di cambiamento concettuale.

Alla stessa conclusione giunge Posner in ambito educativo. Le sue ricerche scaturiscono dalla insoddisfazione della visione empiristica di conoscenza, secondo cui tutta la conoscenza derivi dall'esperienza e si accumuli additivamente (Posner et al., 1982). Egli presenta la propria teoria di cambiamento concettuale combinando due studi: uno sulla storia e sociologia della scienza (Kuhn e Hawkins, 1963) e l'altra sulla psicologia dello sviluppo (Piaget, 1951). Posner suggerisce che la condizione per l'accettazione di un nuovo concetto è simile alle condizioni, individuate da Kuhn, sotto le quali la comunità scientifica accetta un nuovo paradigma scientifico. Riferendosi alle teorie di Kuhn e Piaget, identifica quattro condizioni necessarie affinché avvenga il cambiamento concettuale. Nel corso degli anni questi requisiti vengono rielaborati, ma mantengono ancora oggi validità riconosciuta. Essi sono:

- **Insoddisfazione:** scienziati e studenti per essere in grado di modificare una loro concezione devono prima riconoscerne la debolezza. Essa può, per esempio, essere incapace di interpretare una determinata esperienza oppure avere implicazioni visibilmente errate.
- **Intelligibilità:** il nuovo concetto deve essere comprensibile per l'individuo, anche ad un livello minimale. È compito dell'insegnante creare collegamenti con conoscenze già possedute dall'alunno in modo da costruire la base per apprendere la nuova concezione.
- **Plausibilità:** il nuovo concetto deve avere la capacità di risolvere i problemi che la concezione da modificare non era in grado di spiegare.

- **Produttività:** il nuovo concetto deve offrire una più ampia comprensione della realtà e deve essere capace di aprire nuove aree d'indagine.

La visione di Posner e Carey di cambiamento concettuale è criticata da di Sessa, secondo cui le conoscenze degli studenti non devono essere considerate in analogia a una teoria scientifica, ma piuttosto come un insieme frammentario di schemi originati dall'osservazione di particolari eventi (Di Sessa, 1993). Per lo scopo di questa tesi non è importante soffermarsi sul dibattito tra i sostenitori del modello "Posner" e quello "di Sessa", ma è sufficiente notare, come è ben precisato da Berti (2002), che le controversie tra le due teorie potrebbero derivare dalla pretesa di ricavare conclusioni di portata generale da ricerche su nozioni specifiche. Berti, infatti, sostiene che è possibili accettare entrambe le teorie, affermando che esistono strutture concettuali simili a teorie scientifiche (Posner et al., 1982), ma che esse sono affiancate ad altre che non hanno questa somiglianza (Di Sessa, 1993). La conclusione di Berti è che, indipendentemente dalle cause e dalla risoluzione delle controversie, le indagini sulle svariate misconcezioni presenti a diversi livelli scolari siano di estrema utilità per gli insegnanti. Conoscendo le idee sostenute dai loro studenti i docenti possono rendersi conto delle difficoltà a cui i loro allievi vanno incontro.

Questo lavoro di tesi si occupa della didattica dell'Astronomia nella scuola secondaria di secondo grado, pertanto, l'attenzione viene posta sugli studi condotti in riferimento a questo livello scolastico. Tuttavia, gli studi rivolti a gradi scolastici inferiori sono di grande importanza e non possono essere trascurati. Alle indagini di Baxter seguono molte altre ricerche sulle misconcezioni astronomiche dei bambini, tra le più rilevanti si citano quelle di Vosniadou. I suoi studi vogliono indagare la concezione che bambini hanno sulla sfericità della Terra, cercando di comprendere da dove le loro misconcezioni prendano forma. Le sue conclusioni sembrano identificare l'esperienza concreta come prima causa di misconcezioni, i bambini considerano la Terra piatta perché è così che appare loro ogni giorno quando osservano il suolo (Vosniadou e Brewer, 1992). Queste e molti altre analisi relative ai temi di Astronomia hanno permesso di individuare le misconcezioni più frequenti in questo campo e in questa fascia d'età (scuola primaria di primo grado e secondaria di primo grado). Nelle sezioni successive si analizzano quali di queste misconcezioni resistono all'istruzione e si ripresentano negli alunni di scuola secondaria o negli studenti universitari.

3.2 MISCONCEZIONI NELLA SCUOLA SECONDARIA: PHILIP SADLER

Lo studio delle misconcezioni rappresenta il punto di partenza di molte ricerche sulla didattica dell'Astronomia condotte negli ultimi trent'anni. Tra le più importanti per la scuola secondaria di secondo grado ci sono quelle di Phil Sadler e del progetto *Science Teaching through its Astronomical Roots* (STAR), che coinvolge astronomi e insegnanti di Astronomia di scuole superiori.

3.2.1 *A Private Universe*

Il progetto STAR, fondato grazie al sostegno di *National Science Foundation* (NSF), combinando le conoscenze di esperti di Astronomia e di insegnanti, cerca di indagare

le conoscenze degli studenti in ambito astronomico e sulla base di queste ideare metodi di insegnamento più efficaci e materiale scolastico più incisivo. Il progetto ogni anno realizza un percorso scolastico da proporre agli studenti di scuola superiore in alternativa al corso tradizionale di Astronomia. Per valutare l'efficacia di questi nuovi metodi gli studenti che partecipano al progetto sono sottoposti a un pre-test e un post-test. In questo modo è possibile rilevare se il corso ideato dall'equipe del progetto STAR produce un miglioramento nell'apprendimento degli studenti durante l'anno. Il primo anno all'indagine in modalità post-test e pre-test segue un'intervista degli studenti per validare le risposte ottenute dal test scritto. Il video *A Private Universe*¹ prodotto da Philip Sadler e Matt Schneps raccoglie le interviste più significative. Nel video, in particolare, vengono interrogati alunni di scuola superiore, coinvolti nel progetto STAR, e studenti laureati ad Harvard. Agli intervistati viene chiesto di spiegare la causa dell'alternarsi delle stagioni o delle fasi lunari. Questi argomenti rientrano nelle Indicazioni Nazionali americane e, pertanto, le risposte dovrebbero essere note già agli studenti di scuola superiore. Tuttavia, come chiaramente mostra il video, le spiegazioni fornite sono errate: su 23 individui intervistati, 21 non sono in grado di fornire la spiegazione scientifica a una delle due domande. La vera particolarità dell'indagine non risiede nella percentuale di risposte sbagliate, ma piuttosto nella loro natura. Gli studenti forniscono, indipendentemente dal grado di istruzione, le medesime spiegazioni errate. Secondo i candidati la ragione scientifica dell'alternarsi delle stagioni è la diversa distanza della Terra dal Sole durante l'Inverno e l'Estate. Gli studenti sono certi che la Terra durante l'Inverno si trovi a una distanza maggiore dal Sole e che, viceversa, durante l'Estate si trovi più vicino ad esso. Più la Terra è lontana dal Sole, spiegano gli studenti, meno efficacemente i raggi luminosi provenienti da esso riscaldano la superficie terrestre, causando l'Inverno. Per quanto riguarda le fasi lunari, invece, gli studenti le interpretano come diretta conseguenza di un'ombra che la Terra proietta sulla Luna o di nuvole che bloccano la sua luce. Gli intervistati mostrano sicurezza nel sostenere la loro teoria, dimostrando che le misconcezioni sono modelli alternativi elaborati e utilizzati dagli studenti e ben radicati nel loro pensiero. Tutti gli studenti analizzati hanno studiato nel loro percorso scolastico la spiegazione scientifica di tali fenomeni, tuttavia risultano incapaci di attingere a queste conoscenze. Ciò che colpisce nell'indagine è, inoltre, il livello di istruzione dei soggetti intervistati. In particolare, alcuni sono laureati ad Harvard e hanno sostenuto esami di Astronomia e Fisica. Nonostante il loro livello d'istruzione non hanno rimosso le misconcezioni, mostrando le stesse di studenti del nono grado di istruzione, corrispondente alla prima superiore. Il risultato dell'indagine mette, perciò, in evidenza la necessità di lavorare in maniera più specifica sulle misconcezioni con una riflessione e un rinnovamento della didattica che tenga conto dei risultati della ricerca. In particolare, come mostrano i risultati del progetto STAR, presentati nella sezione che segue, l'utilizzo di nuovi metodi e tecniche di insegnamento permettono agli insegnanti di sostituire le convinzioni sbagliate con spiegazioni scientifiche. Inoltre, Sadler enfatizza l'importanza per gli insegnanti di venire a conoscenza delle misconcezioni sostenute dai loro alunni. Ogni studente, infatti, costruisce un "Universo Privato" all'interno del quale elabora ipo-

1 Il video ha vinto quattro premi: Silver Apple, National Educational Film and Video Festival (1987), Gold Medal, Documentary, Houston International Film Festival (1988), Gold Plaque Award, Chicago International Film Festival (1989) e Blue Ribbon, American Film and Video Association

tesi e teorie che possono avere o meno valenza scientifica. Comprendere quali siano le misconcezioni dei propri studenti permette agli insegnanti di lavorare su di esse in maniera specifica al fine di eliminarle, sostituendole con la conoscenza scientifica.

3.2.2 *Il test di Sadler*

Dalle interviste proposte nel video *A Private Universe* emerge non solo la difficoltà degli studenti nella piena comprensione di argomenti di Astronomia, ma anche la poca efficacia dei metodi tradizionali di insegnamento della disciplina. Per questo motivo, il gruppo di ricerca di Sadler si propone non solo di indagare i più diffusi preconcetti tra gli studenti ma anche di sviluppare programmi e metodi di insegnamento efficaci nell'eliminarli, facendo riferimento a studi già condotti secondo i quali:

- Gli studenti apprendono meglio attraverso attività pratiche,
- Concentrare l'insegnamento su pochi concetti chiave è più efficace che presentare molti argomenti,
- Se non vengono eliminati o modificati, i preconcetti degli studenti ostacolano l'apprendimento.

Come già specificato, per poter valutare se effettivamente i moduli progettati per una nuova didattica dell'Astronomia siano risolutivi è necessario valutare il grado di conoscenza degli studenti prima e dopo aver ricevuto questi insegnamenti. Negli anni di valutazione del progetto STAR la modalità con cui vengono esaminati i moduli progettati è prevalentemente attraverso interviste e l'utilizzo di pre-test/post-test modificati di anno in anno. Con la conclusione del progetto STAR, Sadler ha perciò a disposizione moltissimo materiale che gli permette di ampliare le sue indagini. Egli decide di creare un test che permetta di individuare le misconcezioni degli studenti. Sviluppa una raccolta di quesiti che possono essere impiegati nella preparazione di un *Distractor Driven Multiple Choice test* (DDMC). Questo tipo di strumento si contrappone ai classici test a scelta multipla. È ideato, infatti, a partire dalle interviste condotte sugli studenti e contiene domande che mirano a verificare se una determinata misconcezione è stata eliminata o meno. Per farlo il test propone tra le possibili risposte le misconcezioni emerse dalle interviste. Questo tipo di test risulta più efficace rispetto ai test tradizionali e permette di verificare quali spiegazioni errate vengono mantenute da una certa classe di studenti. In generale, questo tipo di verifica è più complessa per gli alunni e il punteggio medio rispetto a un test tradizionale è spesso inferiore. Ad esempio di ciò si riportano in Tabella 4 i dati ottenuti da due domande relative a test differenti: uno tradizionale e uno DDMC. Il primo è costruito da *National Assessment of Educational Progress* (NAEP) e assegnato a studenti del terzo grado di istruzione, corrispondente alla terza primaria. Il secondo, invece, *Astronomy and Space Science Concept Inventory* (ASSCI) è ideato da Sadler per studenti del settimo ed ottavo grado di istruzione, corrispondenti alla seconda e terza media. Entrambe le domande mirano a verificare la conoscenza sull'alternarsi del dì e della notte. Come mostrato in Tabella 4 la percentuale relativa alla risposta corretta è più elevata per gli studenti di terza primaria. In particolare l' 81% di essi ha risposto in modo corretto, mentre solo il 45% degli studenti di seconda e terza media è in grado di individuare la risposta esatta al quesito, nonostante il concetto

valutato dalle domande sia il medesimo. La ragione di questa differenza è dovuta al metodo con cui è costruito DDMC test. Come già spiegato, per questi test vengono sfruttate le interviste svolte su altri studenti, così da poter individuare le misconcezioni e riproporle nel test sotto forma di risposte. Per questo motivo uno studente che non ha compreso del tutto l'argomento è portato a scegliere la risposta errata che corrisponde alla sua misconcezione.

Tabella 4.: Confronto tra una domanda del NAEP e del ASSCI. In grassetto vengono indicate le risposte corrette.

| NAEP | | ASSCI | |
|--|-----|--|-----|
| Qual è la ragione per cui esistono il dì e la notte: | | Gli scienziati spiegano l'alternarsi del dì e la notte attraverso: | |
| A. La Terra ruota | 81% | A. Lo spegnimento del Sole | 4% |
| B. Il Sole ruota | 8% | B. Il movimento della Terra intorno al Sole | 37% |
| C. La Luna ruota | 4% | C. L'oscuramento della Terra dovuto alle nuvole | 3% |
| D. Il Sole diventa buio la notte | 6% | D. La rotazione della Terra intorno al proprio asse | 45% |
| E. Non lo so | 1% | E. Il movimento del Sole intorno alla Terra | 10% |

Il gruppo di esperti del progetto STAR svolge molte indagini ed è in grado di fornire a Sadler il materiale necessario per ideare un DDMC test. Egli pubblica i dati ottenuti da pre-test a scelta multipla formulato nel corso del progetto STAR, in particolare quello sviluppato per valutare l'efficacia degli insegnamenti dell'anno accademico 1990 – 1991 (Sadler, 1992). Il test contiene in totale 60 domande, delle quali 47 sono domande di carattere concettuale, mirate a individuare i preconcetti degli studenti, mentre le restanti 13 servono per completare lo studio con un'indagine demografica. Le classi selezionate per essere sottoposte al test sono scelte tra quelle di 22 insegnanti situate in diversi stati del territorio USA, per poter rendere l'indagine completa. In totale gli studenti a cui Sadler sottopone il test sono 1414 dal nono al dodicesimo grado di istruzione, corrispondenti agli anni di scuola superiore, e provenienti da zone diverse degli Stati Uniti. L'attenzione di Sadler per i caratteri demografici delle classi analizzate è dovuto alla volontà di indagare la possibilità per cui le misconcezioni abbiano una dipendenza dall'area geografica del target analizzato o da altri fattori che esulano dall'insegnamento ricevuto a scuola. Nel contesto americano le classi possono avere una forte prevalenza di studenti di un particolare gruppo etnico (ad esempio classi a prevalenza afroamericana, ispanica, ecc...), che spesso è in relazione anche a condizioni socio-economiche svantaggiate. Questa analisi non è particolarmente significativa nello scenario italiano e, pertanto, non viene esaminata con molta attenzione.

Il risultato pubblicato è quello relativo al solo pre-test (Sadler, 1992). L'esito è significativo, il punteggio medio² del test è di 34%. La prova, inoltre, identifica

² Il punteggio di ogni studente viene normalizzato come la frazione tra il punteggio effettuato e il punteggio totale corrispondente a 47 risposte giuste.

Tabella 5.: Alcune tra le misconcezioni rilevate dal test di Sadler. Ad ognuna è affiancata la percentuale di studenti che l'hanno scelta come risposta. Le misconcezioni riportate in grassetto sono quelle scelte con una percentuale maggiore rispetto alla risposta corretta.

| % | Misconcezioni |
|----|---|
| 75 | I colori della luce seguono la sintesi additiva |
| 72 | L'intensità della luce scala come $1/r$ |
| 53 | I filtri colorati si comportano seguendo la sintesi additiva |
| 46 | La dimensione del Sole è stimata essere 10 volte più grande di quella reale |
| 46 | La variazione della distanza tra Terra e Sole è responsabile delle stagioni |
| 42 | La forma delle costellazioni appare invariata se vista da qualsiasi altra stella |
| 41 | L'ombra della Terra sulla Luna produce le fasi lunari |
| 41 | Il Sole raggiunge la stessa altezza ogni giorno |
| 38 | L'Astrologia è una scienza |
| 37 | La Luna orbita intorno alla Terra in un giorno |
| 37 | I due emisferi hanno distanza diversa dal Sole |
| 35 | Le giornate si allungano in estate |
| 32 | Il Sole si muove molto rapidamente rispetto alla sfera celeste |
| 32 | Saturno è più vicino al Sole di quanto sia realmente |
| 32 | La dimensione della Terra è stimata essere 10 volte più grande di quella reale |
| 32 | L'Universo ha dimensione costante |
| 30 | La distanza Terra-Luna è stimata essere minore di quanto sia realmente |
| 30 | La luce esiste solo se può essere osservata |
| 28 | L'orbita della Terra è fortemente ellittica |

51 misconcezioni, 19 delle quali sono preferite dagli studenti rispetto alla risposta scientificamente corretta (Tabella 5).

Come mostrato dal basso punteggio ottenuto in media, 34%, i DDMC test risultano più complessi rispetto ai test classici. Tuttavia, essi permettono di indagare molti aspetti. Tra i più importanti, e già accennati, la possibilità di capire quali misconcezioni sono sostenute dagli studenti. Sadler vuole analizzare, inoltre, se le misconcezioni sono peculiari di studenti meno brillanti nelle materie scientifiche o se appartengono indistintamente a tutti gli alunni. Si potrebbe ipotizzare, infatti, che gli studenti che conseguono voti alti nei corsi di Scienze della Terra e di Astronomia non riportino le stesse misconcezioni di quelli che, invece, raggiungono voti più bassi. Tuttavia, questa differenza non viene evidenziata dal test di Sadler e nemmeno da altri studi svolti. Diverse ricerche tentano, inoltre, di valutare la correlazione tra IQ e presenza di misconcezioni. Una di queste indagini consiste nel sottoporre lo stesso test di Fisica a due gruppi di studenti con differente IQ (Placek, 1985). Il primo gruppo comprende alunni con un IQ di 146 e il secondo con un IQ di 116. Nove domande del test richiedono allo studente di elaborare una risposta scritta nella qua-

le spiegare un determinato fenomeno fisico. Le rimanenti 5 domande sollecitano lo studente a predire il risultato di un esperimento. Sebbene l'insegnante di Fisica dei due gruppi assegni agli studenti con un IQ di 146 un voto più elevato rispetto agli studenti con un IQ di 116, il test non rivela significative differenze tra i due gruppi se si considerano le misconcezioni. Altri studi svolti in Germania (Rhöneck e Grob, 1987) sono condotti per analizzare un'eventuale correlazione tra IQ e misconcezioni. Tuttavia non si individua una correlazione tra questi, ma si riscontra un'alta correlazione tra i punteggi di pre-test e post-test sottoposti agli studenti prima e dopo aver ricevuto l'insegnamento. Questo risultato implica che gli alunni mantengono le loro misconcezioni originali anche dopo aver ricevuto l'istruzione, indipendentemente dal valore di IQ. Le medesime conclusioni pervengono dagli studi di Sadler sui dati del test. Tutti gli individui, indipendentemente dal successo scolastico nelle materie scientifiche e dal valore di IQ, possono sostenere misconcezioni astronomiche ed è difficile comprendere come queste persistano nonostante i vari gradi di istruzione. Alla luce di questa consapevolezza, rilevata anche da *A Private Universe*, molti studi si interrogano sull'efficacia dell'istruzione tradizionale nel modificare o eliminare i preconcetti degli studenti. Fra questi studi compaiono quelli già citati di Sadler e del progetto STAR. Questi mostrano come i modelli interpretativi errati degli studenti non cambino facilmente con lezioni tradizionali frontali. Pertanto, Sadler sostiene una modifica dei metodi di insegnamento per poter migliorare le conoscenze scientifiche degli studenti.

3.2.3 *Le previsioni degli insegnanti*

Altri aspetti importanti vengono messi in evidenza dalle indagini di Sadler. Tra questi l'incapacità degli insegnanti di predire il punteggio ottenuto dai propri studenti. Con la collaborazione di Alan P. Lightman, professore di Fisica del MIT, Sadler chiede a 1200 professori di Astronomia di predire il risultato dei loro studenti nel pre-test e nel post-test. Di questi, solo 240 rispondono alla richiesta, valutando in generale un punteggio basso per il pre-test mentre un voto più alto per il post-test. In particolare, gli insegnanti prevedono come risultato del pre-test una media di 36% di risposte corrette mentre 73% come risultato del post-test. Essi tendono a sopravvalutare gli effetti dell'istruzione scolastica sugli studenti. Questo risulta evidente, se si confrontano i risultati del post-test con le predizioni degli insegnanti. Purtroppo, le pubblicazioni di Sadler non riportano per esteso i risultati ottenuti dal post-test, ma contengono solamente un commento su di essi. Non è possibile, perciò, svolgere un'indagine quantitativa su questi dati. Il suo lavoro di ricerca, insieme a quello dei suoi colleghi, continua negli anni successivi. In particolare, simili risultati emergono dagli studi condotti attraverso l'utilizzo del *Astronomy and Space Science Concept Inventory* (ASSCI). Il questionario viene sottoposto a studenti di ogni grado di istruzione, dalla scuola primaria alla scuola secondaria di secondo grado (Tabella 6). L'analisi dell'autore relativa al post-test è solo qualitativa, anche in questo caso non vengono pubblicati i dati numerici. Oltre alla sovrastima degli insegnanti il test ASSCI presenta altre caratteristiche interessanti. Infatti, è sottoposto ai docenti, di ogni livello d'istruzione, per poter analizzare la loro preparazione e poterla confrontare con quello degli studenti. La presenza di alcune misconcezioni negli alunni potrebbe essere dovuta alla mancata preparazione degli insegnanti. Questa analisi,

condotta sul test ASSCI e non sul DDMC del progetto STAR, risulta fondamentale. Con questa indagine l'insegnante viene a conoscenza non solo delle difficoltà degli studenti, ma anche delle proprie. In questo modo egli è in grado di capire su quali argomenti necessita una maggiore preparazione e su quali, invece, no. Per questo motivo in Tabella 6 vengono riportati anche i punteggi degli docenti. L'analisi mostra come anche gli insegnanti manifestino alcune difficoltà nel rispondere correttamente al test, individuando così anche per loro la presenza di misconcezioni. In particolare lo studio di Sadler dimostra che gli insegnanti di scuola primaria fino al quarto grado, K-4, presentano misconcezioni relative alle fasi lunari. I docenti delle scuole medie e della quinta primaria, da K-5 a K-8, invece, presentano misconcezioni sulla forma dell'orbita terrestre, ritenuta fortemente ellittica. Pochi insegnanti di scuola superiore, da K-9 a K-12, mantengono misconcezioni e rappresentano solo qualche caso isolato. Questa analisi in termini di conoscenze degli insegnanti permette di comprendere che i docenti che più manifestano difficoltà sono quelli di scuola primaria e scuola secondaria di primo grado. Questa conclusione, non particolarmente sorprendente, è dovuta alla diversa formazione degli insegnanti. Infatti, i docenti di scuola superiore hanno sostenuto diversi esami di livello elevato in campo fisico e astronomico e, presumibilmente per questa ragione, riescono a eliminare preconcetti su questi argomenti. Gli insegnanti di scuola secondaria di primo grado, pur provenendo da una formazione scientifica, spesso sono laureati in Biologia o Scienze Naturali, pertanto possono presentare misconcezioni su concetti di Astronomia e Fisica con più frequenza rispetto ai colleghi di scuola secondaria di secondo grado. Per gli insegnanti di scuola primaria, invece, l'istruzione nelle materie scientifiche si limita a quella ricevuta nella scuola superiore eventualmente approfondita da qualche corso sostenuto all'Università.

In conclusione, la preparazione scientifica dei professori è diversa a seconda del grado d'istruzione in cui insegnano. In questi termini è comprensibile il risultato ottenuto dall'analisi di Sadler e presentato in Tabella 6. Tuttavia, questo esito è migliorabile. Modificando la didattica delle materie scientifiche e in particolare dell'Astronomia nella scuola secondaria, infatti, si migliora la preparazione di tutti gli studenti. Alcuni di essi si dedicheranno a una carriera in ambito scientifico, mentre altri diventeranno insegnanti di scuola primaria. Se si agisce per migliorare la preparazione anche dei futuri insegnanti si può diminuire la probabilità che essi presentino misconcezioni e che le trasmettano ai loro studenti.

Il lavoro di Sadler, dal progetto STAR allo sviluppo del ASSCI, è fondamentale nell'ambito della didattica dell'Astronomia. Mette in luce le misconcezioni astronomiche più frequenti tra gli studenti, l'inadeguatezza del metodo tradizionale dell'insegnamento dell'Astronomia e la sottovalutazione delle misconcezioni degli studenti da parte degli insegnanti.

3.3 MISCONCEZIONI ALL'UNIVERSITÀ: MICHAEL ZEILIK.

Gli studi di Sadler costituiscono una frazione cospicua delle ricerche condotte negli ultimi trent'anni sulla didattica dell'Astronomia. Tuttavia, non sono le uniche indagini realizzate. L'educazione delle Scienze si sviluppa recentemente e numerosi sono stati gli studi e i *Distractor Driven Multiple Choices* test costruiti in parallelo al lavoro di Sadler. Tra i più importanti, e già citati, ci sono quelli di Michael Zeilik.

Tabella 6.: La tabella riporta nella prima colonna il punteggio medio ottenuto dagli studenti nel ASSCI per diverse fasce d'età, nella seconda il punteggio predetto dagli insegnanti, nella terza il punteggio ottenuto dagli insegnanti nel test. Il K-4 corrisponde alla quarta primaria, il K-5 alla quinta primaria, dal K-6 al K-8 corrispondono alle classi della scuola media mentre dal K-9 al K-12 corrispondono le classi della scuola superiore.

| Fascia d'istruzione | Studenti | Predizione | Insegnanti |
|---------------------|----------|------------|------------|
| K-4 | 51% | 59% | 83% |
| da K-5 a K-8 | 41% | 54% | 79% |
| da K-9 a K-12 | 42% | 54% | 87% |

Nel Luglio del 1998 nasce in New Mexico la *Collaboration for Astronomy Education Research*, (CAER)³, che si pone come obiettivo lo sviluppo di uno strumento che possa essere utilizzato in tutte le Università per valutare la preparazione degli studenti universitari in ambito astronomico. Tra i possibili test utilizzabili e già sviluppati emerge quello di Sadler a conclusione del progetto STAR. Tuttavia, lo strumento creato da Sadler e dai suoi collaboratori, oltre a non essere totalmente disponibile, è sviluppato per studenti di scuola secondaria superiore e non per gli iscritti all'Università. I valori di affidabilità non sono perciò noti per un diverso gruppo di studenti (Sezione 4.2). Il secondo strumento candidato è il test pubblicato da Michael Zeilik nel Giugno 1998, la prima versione del *Astronomy Diagnostic Test* (ADT).

Tra i due test disponibili il CAER, di cui Zeilik stesso fa parte, decide di utilizzare l' ADT, apportando alcuni cambiamenti. Il test modificato prende il nome di *Astronomy Diagnostic Test 2* (ADT 2).

3.3.1 *Astronomy Diagnostic Test*

Nel 1992 viene affidato a Zeilik da parte di NSF il compito di riformare il corso introduttivo di Astronomia all'Università del New Mexico (progetto *Astronomy 101*) e con la collaborazione di alcuni colleghi⁴ sviluppa la prima versione del ADT per poter misurare le conoscenze preliminari degli iscritti a tale corso. Prima di sviluppare il test, Zeilik, insieme al suo gruppo di ricerca, inizia la stesura dei concetti irrinunciabili da inserire all'interno del nuovo corso. Una volta individuati e revisionati da altri 19 insegnanti di Astronomia esterni al gruppo, il compito diviene quello di costruire uno strumento in grado di valutare le conoscenze degli studenti. Il primo test prodotto è il *Misconception Measure* (Zeilik, 2002) contenente domande tratte dagli studi di Sadler. Dal 1994 al 1995 il gruppo di Zeilik propone questo test a gruppi di studenti volontari, modificandolo di anno in anno per migliorarne l'affidabilità e la validità (Sezione 4.2). Il lavoro di revisione e modifica del test procede anche negli anni successivi e produce una lista di 29 domande validate. Questo strumento, così come è stato pubblicato nel Giugno 1998, non viene però giudicato completo dal CAER. Il test viene, perciò, revisionato e riscritto dai membri del CAER fa-

³ I membri principali del CAER sono Timothy Slater, Grace Deming, Jeff Adams, Rebecca Lindell, Christine Brick, Michael Zeilik e Beth Hufnagel.

⁴ C. Schau e N.Mattern (Educational Foundations, College of Education); K.Teague (Cognitive Sciences, Dept. of Psychology), e S.Hall (Department of Physics and Astronomy)

cendo riferimento ai principi psicometrici standard (Ryan e R.M., 1997). Secondo queste indicazioni, infatti, il test a scelta multipla deve essere costruito in modo tale che ogni domanda valuti la conoscenza di un unico concetto, che la domanda sia formulata in modo da permettere allo studente di avere chiara la richiesta e che il testo venga scritto senza l'utilizzo di linguaggio scientifico troppo specifico. Queste condizioni diminuiscono la possibilità di fraintendimento nella richiesta. Oltre alla revisione lessicale delle domande vengono aggiunte nuovi quesiti sviluppati da singoli membri del gruppo CAER, G.Deming e R.Lindell.

La versione finale del test, ADT 2, viene pubblicata in seguito a questo lavoro di miglioramento nel Luglio del 1999. Essa contiene 33 domande a scelta multipla, 21 di contenuto astronomico e 12 domande di carattere anagrafico. Soddisfa i parametri di affidabilità e validità, calcolati con analisi statistiche su centinaia di studenti.

Il ADT 2 rappresenterebbe un ottimo strumento per un'analisi dei prerequisiti degli iscritti al primo anno di Astronomia dell'Università di Padova, tuttavia, è costruito facendo riferimento alle Indicazioni Nazionali americane. Gli argomenti chiave inclusi nell'ADT 2 sono riportati di seguito e vengono indicati in grassetto quelli in comune alle Indicazioni Nazionali italiane per la scuola secondaria di secondo grado:

- **Moto apparente del Sole,**
- Distanze nel Sistema Solare,
- **Fasi lunari,**
- **Stagioni,**
- Surriscaldamento globale,
- **Natura della luce,**
- **Gravità,**
- Caratteristiche delle stelle,
- Cosmologia.

È evidente che i prerequisiti richiesti nelle Università americane sono diversi da quelli richiesti in Italia. Il test deve essere calato in un contesto italiano per essere efficace. Inoltre, anche gli stessi parametri di affidabilità e validità sono dipendenti dal gruppo di individui che svolgono il test. Modificando tale gruppo si modificano i parametri e lo stesso strumento, validato positivamente più volte in America, potrebbe essere inadeguato per gli studenti italiani. Questo è uno dei motivi per cui non è stato scelto il test di Zeilik come strumento di analisi per gli studenti dell'Università di Padova.

Oltre al ADT 2 vengono sviluppati molti altri test che si propongono di valutare le conoscenze astronomiche degli studenti universitari. La maggior parte di essi sono Concept Inventory, questionari del tipo DDMC, ma incentrati su un unico argomento. I più importanti e utilizzati sono riportati in Tabella 7 del capitolo successivo. Come il lavoro di Sadler, anche quello di Zeilik è molto importante nell'ambito della didattica dell'Astronomia, poiché rappresenta il punto di partenza per molte altre indagini. I Concept Inventory in Tabella 7 ripercorrono gli studi di

Sadler e Zeilik e, partendo dai loro risultati, sviluppano nuovi strumenti di ricerca delle misconcezioni in Astronomia, ma anche in altri ambiti di studio. Uno dei lavori più importanti, che si ispira a quelli di Sadler e Zeilik è quello di Stephanie J. Slater, presentato nel capitolo che segue.

TEST OF ASTRONOMY STANDARDS

Stephanie J. Slater dopo 20 anni di ricerca nell'ambito cognitivo nel campo dell'Astronomia sviluppa il *Test of Astronomy Standards* (TOAST). Il suo obiettivo è quello di produrre un test che permetta di valutare la comprensione generale degli studenti universitari in Astronomia. Questo obiettivo si distingue da quello di altri ricercatori che hanno invece prodotto dei Concept Inventory che si focalizzano su un unico argomento. I più importanti vengono riportati in Tabella 7. I Concept Inventory monotematici, infatti, non hanno la stessa valenza per una ricerca che voglia indagare le conoscenze astronomiche di partenza degli studenti universitari. Se il test è costruito secondo i parametri di affidabilità e validità è certamente utilizzabile per verificare il grado di comprensione di una determinata classe su uno specifico argomento. Tuttavia, se si vuole valutare, come questa tesi si propone di fare, il livello generale di comprensione degli studenti provenienti da scuole e classi diverse questi test non sono i più efficaci.

Tabella 7.: Concept Inventory sviluppati

| Concept Inventory | Autore |
|---|------------------|
| LPCI: Lunar Properties Concept Inventory | Lindell, 2004 |
| GECI: Greenhouse Effect Concept Inventory | Keller, 2006 |
| LSCI: Light and Spectra Concept Inventory | Bardar, 2006 |
| SPCI: Star Properties Concept Inventory | Bailey, 2012 |
| NGCI: Newtonian Gravity Concept Inventory | Williamson, 2013 |

Un'indagine condotta attraverso l'utilizzo di un test di carattere generale permette di rilevare altri aspetti, se sottoposto non solo agli studenti ma anche ai professori. Uno di questi aspetti è connesso al *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). Con questa espressione si intende la modalità con cui gli insegnanti affiancano la loro conoscenza pedagogica, ciò che conoscono sull'insegnamento, alla conoscenza relativa alla materia che insegnano (Gudmundsdottir e Shulman, 1987). Slater individua quattro competenze di cui un professore deve disporre (S. Slater, 2014). Esse sono:

- Una buona conoscenza dell'argomento (nozioni e concetti);
- Una comprensione della struttura delle discipline scientifiche;
- Una conoscenza delle difficoltà comuni degli studenti riguardo un particolare argomento;
- Strategie di insegnamento che facciano riferimento alle esigenze di apprendimento degli studenti.

Queste competenze variano da insegnante a insegnante, ma anche da un argomento scientifico all'altro. Un test su un unico argomento potrebbe valutare queste competenze, ma non sarebbe in grado di mettere in risalto gli argomenti in cui il professore

possiede un buon valore di PCK rispetto a quelli in cui il valore è più basso. Solo un test che comprenda diversi concetti è in grado di mettere a confronto queste capacità.

Ulteriori motivazioni hanno condotto Slater a sviluppare un nuovo test che si differenziasse da quelli già esistenti. Tra questi vi è il *teacher-expectancy effect*, secondo il quale un professore che è valutato nella didattica, attraverso l'analisi dei risultati di un test sottoposto ai suoi studenti, tende a concentrare maggior attenzione durante il corso sui contenuti che saranno presenti nella prova di valutazione. Se l'oggetto della verifica finale è uno solo allora quel determinato argomento riceve maggior approfondimenti e attenzione durante il semestre. Se, invece, il test è generale, allora, l'istruzione della materia in generale è migliorata.

Questi motivi hanno spinto Slater a produrre un nuovo test di Astronomia di carattere generale. Come è stato già specificato, una prova di questo genere ha vantaggi dal punto di vista della ricerca della didattica non trascurabili. È in grado, infatti, di individuare gli argomenti di più difficile comprensione per gli studenti e i concetti a cui non viene dedicata la giusta attenzione nella scuola secondaria.

4.1 COME È STATO COSTRUITO IL TOAST

Il lavoro di Slater, sebbene cerchi di allontanarsi da quello dei Concept Inventory già esistenti, non può non fare riferimento ad essi. Tutti questi test (Tabella 7), infatti, sono stati costruiti in modo tale da individuare gli studenti che possiedono una consolidata conoscenza scientifica in ambito astronomico e quelli che, invece, manifestano misconcezioni. Questa caratteristica vuole essere mantenuta anche nel questionario di Slater. Il *Center For Astronomy Physics Research* (CAPER), di cui Stephanie Slater è direttore, procede, perciò, con un'analisi del materiale già pubblicato. In particolare, i questionari a cui Slater fa riferimento contengono tra le 20 e le 33 domande, formulate con linguaggio “non tecnico”, costruite a partire da analisi di interviste e test pilota. Per realizzare i differenti Concept Inventory spesso vengono coinvolti esperti che sviluppano altri test. Per questo motivo in diversi questionari spesso si ritrovano domande simili. Timothy Slater e Edward Prather, ad esempio, prendono parte a più di un progetto¹ ed entrambi hanno contribuito alla costruzione del TOAST. In questa sezione viene presentato il processo seguito da Slater per giungere alla versione finale del test (Appendice A). Per giungere a tale versione sono state condotte tre fasi: la produzione di un documento unico contenente i concetti chiave da inserire, la formulazione delle domande in riferimento ai concetti selezionati e, infine, la fase di collaudo dello strumento prodotto.

4.1.1 Ricerca dei concetti chiave

Lo scopo di Slater è quello, come già specificato, di costruire un test che valuti le competenze generali di uno studente iscritto al corso introduttivo di Astronomia (*Astronomy 101*). Il primo problema da affrontare per la stesura del test riguarda la scelta dei concetti da inserire al suo interno. Per un test di Astronomia, a differen-

¹ T. Slater si è dedicato a ADT 2, LPCI, GECE, LSCI, SPCI e NGCI e Prather ha collaborato per GECE, LSCI, SPCI e NGCI.

za di un questionario di Fisica, questa fase risulta particolarmente complessa. Ad esempio, la comprensione di più argomenti di Fisica newtoniana può essere valutata verificando la comprensione del concetto di forza. Attraverso quest'unica nozione è possibile costruire, come è stato fatto, un intero Concept Inventory, il *Force Concept Inventory* (FCI) per un corso di Fisica classica. Tuttavia, come nota Slater, non è possibile ricrearne l'analogo astronomico, poiché il corso introduttivo di Astronomia è l'insieme di vari argomenti indipendenti. Non esiste un concetto chiave che sia comune ai moti dei pianeti sulla volta celeste, alle stelle, alla loro evoluzione e classificazione e alla Cosmologia. Risulta impossibile, pertanto, creare un test che sfrutti un unico concetto chiave per valutare la conoscenza di diversi argomenti.

Il FCI presenta, inoltre, un'altra peculiarità. È possibile, infatti, individuare due modelli di pensiero relativi al concetto di forza: modello Aristoteliano e modello Newtoniano. Il punteggio del FCI può essere correlato alla tipologia di modello sostenuto da un alunno: un basso punteggio indica una visione chiaramente non newtoniana, mentre un punteggio alto manifesta la presenza di un modello newtoniano. In Astronomia non è possibile identificare due o più modelli di pensiero che permettano di effettuare una distinzione sulla modalità di ragionamento dello studente. In conclusione non è possibile ricostruire un Concept Inventory che sia l'analogo astronomico del FCI.

Nonostante questa complicazione il lavoro di Slater continua nella ricerca dei concetti chiave da inserire all'interno del proprio test. Per farlo è possibile agire attraverso due diversi approcci. Il primo prevede un'analisi e una discussione su quali contenuti dovrebbero essere affrontati dal corso e quali invece esclusi, definendo così lo scopo del corso introduttivo di Astronomia. Il secondo, invece, prevede di isolare le idee fondamentali che permettono allo studente di costruire una conoscenza generale in ambito astronomico. Slater decide di seguire la seconda modalità, richiedendo l'aiuto di centinaia di esperti. Tre enti hanno pubblicato tre diversi documenti che definiscono i concetti chiave di Astronomia. Essi sono:

- *National Science Education Standards*, pubblicato nel 1996 da National Research Council (NRC);
- *Benchmarks for Science Literacy*, pubblicato nel 1986 da American Association for the Advancement of Science (AAAS);
- *Goals for Astronomy 101*, pubblicato nel 2004 dal American Astronomical Society (AAS).

Dai tre diversi documenti se ne produce uno unico, chiedendo la collaborazione di tutti e tre gli enti. La revisione del materiale richiede molto tempo e la produzione di un solo documento è ostacolata dalla grande quantità di materiale da esaminare. Inoltre, i tre enti lavorano con approcci differenti e, pertanto, il raggiungimento di un documento condiviso non è immediato. Tuttavia, questa fase di analisi e revisione produce una lista di 11 concetti chiave, raggruppati in 3 categorie. In Tabella 8 vengono riportati i concetti e le domande del TOAST che fanno riferimento ad essi. Questi macro-argomenti vengono revisionati ulteriormente da un gruppo di 28 esperti, tra cui astronomi, insegnanti del corso *Astronomy 101* e ricercatori membri di *Astronomy Education Community*. Essi non riscontrano particolari correzioni e il documento viene approvato senza ulteriori modifiche.

Tabella 8.: Elenco delle categorie e dei concetti chiave presenti nel documento creato con la collaborazione di NRC, AAAS e AAS

| Categoria | Concetto | Domanda |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Leggi e Processi fisici | Gravità | Domanda 20, 21 |
| | Onde elettromagnetiche | Domanda 23, 25, 26, 27 |
| | Produzione elementi pesanti | Domanda 8, 22, 24 |
| Struttura dell'Universo | Evoluzione dell'Universo | Domanda 9, 15 |
| | Stelle ed Evoluzione stellare | Domanda 13, 14, 16, 17 |
| | Struttura del Sistema Solare | Domanda 18, 19 |
| | Le Stagioni | Domanda 7, 12 |
| | Scala delle Distanze | Domanda 10, 11 |
| Movimenti in cielo | Moto Annuale | Domanda 2, 4 |
| | Moto Giornaliero | Domanda 1, 6 |
| | Fasi Lunari | Domanda 3, 5 |

4.1.2 Costruzione e prima validazione del test

Una volta elencati i concetti chiave che il test vuole valutare, è necessario costruire le domande che facciano riferimento a tali nozioni.

Slater può fare riferimento alle domande di test già validati, purché siano stati sviluppati seguendo i principi psicometrici, secondo i quali il test deve essere costruito in modo tale che ogni domanda valuti la conoscenza di un unico concetto, che la domanda sia formulata in modo da permettere allo studente di avere chiara la richiesta e che il testo venga scritto senza l'utilizzo di linguaggio scientifico troppo specifico (Ryan e R.M., 1997). In questo modo è sufficiente revisionare il materiale già pubblicato e scegliere le domande che facciano riferimento ai concetti (Tabella 8). Slater, pertanto, si trova a disposizione moltissimo materiale già validato e pronto per l'uso. Solo nel caso di due argomenti è necessario la formulazione di nuove domande. In particolare, per *La struttura dell'Universo* e *La struttura del Sistema Solare* si elaborano quattro nuove domande. La stesura dei nuovi quesiti procede attraverso l'analisi di interviste e materiale già pubblicato relativo ai concetti da verificare. Pertanto, anche in questo caso, le domande seguono la modalità di sviluppo dei Distractor Driven Multiple Choice Test.

Individuate le domande, il gruppo di Slater procede con una revisione lessicale dei quesiti. Infatti, come prevedono i principi psicometrici di Ryan e R.M. (1997) è necessario utilizzare un linguaggio colloquiale e privo di formalismo scientifico. Sebbene i Concept Inventory precedenti soddisfino tale richiesta, il TOAST è il solo test che quantifica il parametro di comprensione lessicale. Il questionario viene sottoposto, a tale proposito, al *Flesch-Kincaid Grade Level test* che permette di calcolare il grado di comprensione lessicale di un testo. Se il punteggio ottenuto è di 8,2 significa che il documento è scritto a un livello di comprensione di uno studente dell'ottavo grado di istruzione, ovvero di terza media. Questo test, applicato al TOAST ha permesso di modificare e riscrivere le porzioni di testo che richiedessero un livello di istruzione superiore all'ottavo. Dopo queste correzioni il TOAST presenta un punteggio di 6,8 nel *Flesch-Kincaid Grade Level test*. In questo modo la versione finale contiene un

linguaggio comprensibile a uno studente di scuola media e permette di valutare la conoscenza del concetto senza essere alterato da eventuali incomprensioni nel testo. Una volta individuate le domande e valutata la loro difficoltà lessicale è necessario un'ulteriore revisione da parte del gruppo di esperti. Essi hanno verificato che le domande indagassero gli aspetti centrali dei concetti chiave precedentemente determinati (Tabella 8). Per ogni concetto il TOAST propone al massimo quattro domande, perciò risulta difficile che gli argomenti siano analizzati nella loro totalità. Le domande devono incentrarsi, perciò, sugli aspetti più rilevanti di ogni concetto. Per poter decidere se le domande individuate soddisfino tale condizioni è chiesto al gruppo di esperti di rispondere alle seguenti domande:

- La domanda del test indaga un aspetto importante del concetto che vuole analizzare o dovrebbe essere sostituita con un'altra domanda?
- La domanda del test è indicativa della conoscenza che gli studenti di un corso introduttivo di scienze dovrebbero avere?
- Hai commenti relativi alla domanda del test?

Con questa analisi il test è ulteriormente perfezionato e ha subito la prima fase di validazione. In relazione alla prima richiesta un quesito riguardante la *Gravità* è sostituito. La seconda, invece, produce unicamente risposte positive. La terza richiesta porta, infine, alla correzione di due domande. La prima è modificata a causa della somiglianza riscontrata da tre esperti con il materiale proveniente da *Lecture Tutorials for Introductory Astronomy* (Adams, 2003). Il secondo quesito da modificare riguarda, invece, il concetto di *Struttura dell'Universo*. La domanda è relativa al Big Bang e una delle risposte è formulata in questo modo: “*The event that created all matter and space from an infinitely small dot of energy*”. Il verbo “*to create*” è stato sostituito col verbo “*to form*”. Con questo esempio risulta evidente il lavoro di minuziosa modifica e analisi della struttura del test che permette di creare uno strumento completo e utilizzabile per molte indagini. Il testo finale in inglese è riportato in Appendice A.

4.2 ELEMENTI STATISTICI PER ANALISI DEL TOAST

L'analisi statistica e i parametri calcolati per verificare la validità e l'affidabilità del TOAST sono scelti secondo la *Classical Test Theory* (CTT). Questa teoria definisce il punteggio osservato raggiunto da uno studente X_p come somma del punteggio vero T_p e di un errore E_p secondo la seguente equazione:

$$X_p = T_p + E_p$$

Il punteggio vero (T_p) viene definito come il punteggio che lo studente raggiungerebbe se eseguisse il test molte volte nelle medesime condizioni. La *Classical Test Theory* definisce i parametri di affidabilità, validità, difficoltà e discriminazione a partire dalla definizione di punteggio osservato (X_p). Questa caratteristica ha condotto, nel corso degli anni, a sviluppare una nuova modalità di analisi dei dati statistici di un test. In particolare è stata sviluppata una nuova teoria: la *Item Response Theory* (IRT). Essa critica l'astrattezza della definizione di punteggio osservato (X_p), dalla

quale deriva la definizione dei restanti parametri statistici della CTT. La nuova modalità di analisi vuole svincolarsi da tale definizione e, per questo motivo, ridefinisce e introduce nuovi parametri che non facciano riferimento a X_p , (Wallace e Bailey, 2010). Tuttavia, l'assunzione di base che caratterizza i modelli della IRT è l'unidimensionalità. Per poter applicare tale teoria a un test è necessario che esso sia un Concept Inventory monotematico. Questo non è il caso del test di Slater e, pertanto, l'analisi condotta attraverso i classici parametri statistici è giustificata. Nella seguente sezione vengono elencati i parametri utilizzati per esaminare i risultati del TOAST.

Validità

Una generica ricerca che si proponga di misurare o osservare una determinata quantità deve per prima cosa soddisfare il criterio di validità. Questa è una condizione fondamentale per un'indagine, nel caso non venisse soddisfatta l'analisi risulterebbe inefficace e quindi inconcludente. La validità di una ricerca permette di valutare se ciò che è stato trovato rispecchia effettivamente il fenomeno studiato, oppure dipende da variabili di disturbo. Senza verificare questo criterio non è possibile trarre alcuna conclusione dai dati raccolti. Esistono molti tipi di validità, i più importanti per le indagini svolte attraverso l'utilizzo di DDMC test sono: interna, esterna, di costruito e di contenuto.

La validità interna serve per dimostrare che i risultati ottenuti siano effettivamente conseguenza del fenomeno studiato e non dipendano da altre variabili non considerate. Questo concetto può essere assimilato a quello di accuratezza delle indagini. Esistono molti fattori che possono invalidare una ricerca in questo senso, in particolare per le indagini che utilizzano pre-test e post-test. Il tempo che intercorre tra l'uno e l'altro strumento può modificare le caratteristiche del campione di individui analizzati in più modi. Se non si verifica la validità interna si interpretano le variazioni esterne come conseguenze della ricerca e i dati raccolti divengono inconcludenti. La validità esterna, invece, definisce la possibilità di estendere i risultati della ricerca ad ambiti più ampi rispetto a quello in cui l'indagine è stata condotta. Si riferisce, cioè, alla generalizzabilità delle conclusioni evinte dall'analisi. Anche in questo caso ci sono molti fattori che possono intaccare la validità esterna e rendere inefficace uno studio. Scegliere un gruppo di individui a cui sottoporre l'indagine che non sia rappresentativo della popolazione a cui si vuole estendere la ricerca, per esempio, ne annulla la validità esterna.

La validità di costruito garantisce che il concetto astratto indagato sia definito nello stesso modo in cui è definito in ricerche simili. Per poter confrontare indagini che fanno riferimento a uno stesso concetto è necessario che i ricercatori lo abbiano definito nello stesso modo. Se così non fosse due ricerche che si propongono di analizzare gli stessi aspetti nella realtà indagano concetti differenti. Per verificare questo tipo di validità è necessario specificare chiaramente la teoria di riferimento, per definire esplicitamente l'oggetto della ricerca.

Infine, la validità di contenuto di un'indagine assicura che le domande che costituiscono il test coprano l'intera definizione del costruito in esame e che siano in grado di coglierne gli aspetti più importanti.

Affidabilità

È un sinonimo di consistenza e di ripetibilità ed è condizione necessaria affinché l'analisi sia anche valida. Nelle analisi di tipo quantitativo esistono tre principali categorie di affidabilità: stabilità, equivalenza e consistenza interna.

L'affidabilità come stabilità misura la consistenza dell'analisi in funzione del tempo e del campione di soggetti analizzati. Nello specifico, un'indagine ripetuta sugli stessi individui dopo un intervallo di tempo adeguato è stabile se i risultati delle due osservazioni conducono a risultati simili. Un'analisi condotta su due campioni distinti di soggetti con caratteristiche simili è stabile se produce risultati analoghi. I metodi per poter verificare l'affidabilità come stabilità sono diversi. Tra i più utilizzati ci sono la statistica di Pearson e il t-test. La stabilità del TOAST ha permesso l'utilizzo del test su studenti italiani nonostante esso sia stato sviluppato e testato su studenti americani.

Nel caso l'analisi comprenda più di un ricercatore è necessario assicurarsi che questi utilizzino lo stesso metodo di interpretazione dei risultati. Se così non fosse le conclusioni non sarebbero confrontabili tra loro e l'indagine non sarebbe affidabile. Questo tipo di affidabilità prende il nome di equivalenza e può essere espressa calcolando la percentuale di concordanza interna (*inter-rater agreement*). Questa tipologia di affidabilità è relativa alla fase di progettazione del questionario. Nelle analisi condotte per questa tesi è stato sfruttato il TOAST, test già sviluppato, per questo motivo l'equivalenza non rientra tra i tipi di affidabilità rilevanti nell'indagine.

L'affidabilità intesa come consistenza interna misura la correlazione tra le domande all'interno del test. Può essere calcolata in diversi modi. Uno dei parametri più utilizzati è l'indice di *Cronbach- α* o semplicemente α . Nello specifico è definito come:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\sigma_i}}{\sqrt{\sigma_{tot}}} \right) \quad (1)$$

dove n corrisponde al numero di domande, σ_i rappresenta la deviazione standard della i -esima domanda e σ_{tot} è la deviazione standard dei punteggi totali. Questo parametro è fondamentale nella fase di produzione del test perché permette di verificare se tutte le domande inserite misurano la stessa quantità o se, invece, ne misurano diverse. Se il parametro α assume un valore prossimo allo zero allora le domande non sono tra di loro correlate e indagano aspetti diversi. Se, al contrario, l'indice è prossimo all'unità le domande sono altamente correlate e misurano la stessa quantità. Il valore minimo di α che rende affidabile un test è stato fissato a 0,8, ma alcuni ricercatori considerano accettabili valori superiori al 0,67.

Punteggio medio e correzione per guessing

Per calcolare il punteggio medio ottenuto dagli studenti nel TOAST è stato considerato un punteggio pari a 1 per ogni risposta corretta, mentre un punteggio di 0 nel caso di risposta errata. Per ogni studente è possibile ricavare il punteggio conseguito sommando le risposte esatte individuate da ognuno. Questo risultato, tuttavia, può

essere modificato attraverso la formula di Frary di correzione per *guessing*, con cui è possibile penalizzare uno stile di risposta casuale. La formula è:

$$T = C - \frac{E}{k - 1} \quad (2)$$

dove T è il punteggio corretto per *guessing*, k è il numero di opzioni di risposta alla domanda, C è il numero di domande a cui lo studente ha risposto correttamente, mentre E rappresenta quelle errate. La correzione per *guessing* fa sì che il punteggio corretto atteso più probabile in caso di stile di risposta completamente casuale sia uguale a zero. Non tutti gli alunni risponderanno casualmente a tutte le domande, ma con questa formula è possibile tenere conto dell'eventualità che questo succeda. La correzione per *guessing* viene utilizzata nei test in cui un'elevata frazione di esaminati non è in grado di eliminare una o più delle risposte sbagliate. In questo caso, infatti, gli studenti possono essere portati ad adottare uno stile di risposta casuale. Nel caso del TOAST la correzione per *guessing* non viene effettuata da Slater, poiché il test fa riferimento ad argomenti di Fisica e Astronomia presenti nei programmi scolastici americani e, pertanto, gli studenti dovrebbero conoscere gli argomenti in esame ed evitare uno stile di risposta casuale. Nel caso dell'indagine italiana, invece, la questione è più controversa. In questo elaborato di tesi si è deciso di calcolare la correzione per *guessing* nell'indagine condotta sugli studenti italiani, per effettuare un confronto tra i punteggi corretti e non corretti. Tuttavia, per poter confrontare efficacemente i risultati ottenuti con quelli di Slater si è considerato il punteggio non corretto per *guessing*.

Per calcolare la correzione nel caso del TOAST è necessario considerare due diversi valori di k (si veda equazione 3). Infatti, esso non è lo stesso per tutte le 27 domande, alcune presentano 4 opzioni di risposta, mentre altre ne hanno 5. Per tenere conto di questa differenza la formula è stata applicata separatamente alle due categorie di domande. In particolare, 11 di queste presentano 4 opzioni di risposta, mentre le rimanenti 16 ne hanno 5. È stata applicata la formula per ottenere T_1 , punteggio corretto nel caso di $k = 4$, e T_2 nel caso $k = 5$. Per il risultato finale corretto è bastato sommare i valori di T_1 e di T_2 per ogni studente.

Difficoltà di una domanda

Per poter quantificare la frequenza con cui una risposta viene selezionata si utilizza generalmente il P-value o l'indice di difficoltà. È un parametro che viene calcolato a posteriori e serve nella fase di collaudo del test per valutare se una domanda può essere o meno mantenuta all'interno del questionario. Esso è definito come la frazione di individui che sceglie una determinata risposta. Solitamente viene calcolato solo per risposta corretta ma può essere esteso anche a quelle sbagliate. In particolare, il valore percentuale del P-value è calcolato con la seguente formula:

$$(P - value)_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{N} 100 \quad (3)$$

dove j è un indice che rappresenta le risposte A, B, C, D o E a seconda del valore che assume, $X_{i,j}$ indica il numero di risposte di tipo j alla i -esima domanda e N rappresenta il numero totale di studenti. L'indice di difficoltà richiesto per ottenere

un risultato accettabile è compreso tra 30% e 90%.

Discriminazione di una domanda

Oltre al valore di difficoltà si può calcolare, sempre a posteriore, il valore di discriminazione o D-value. Esso è in grado di distinguere se una risposta è stata scelta da studenti che hanno complessivamente raggiunto un punteggio alto nel test oppure uno basso. È possibile calcolare la correlazione tra il punteggio totale ottenuto da uno studente e il punteggio di una singola risposta. Se la correlazione è elevata, allora significa che la risposta viene scelta prevalentemente da chi raggiunge un punteggio alto nel test. Al contrario una correlazione negativa indica che la risposta è scelta prevalentemente da chi ha ottenuto un punteggio basso nel questionario. Nel caso del TOAST questo indice di discriminazione viene calcolato come *Point Biserial* attraverso la:

$$(P - biserial)_{i,j} = \frac{\sigma_{T,Y_{i,j}}}{\sigma_T \sigma_{Y_{i,j}}} \quad (4)$$

Gli indici j ed i assumono lo stesso significato del caso del calcolo del P-value, $\sigma_{T,Y_{i,j}}$ rappresenta la covarianza tra il punteggio totale ottenuto dallo studente nel test e la singola risposta al quesito. Secondo CCT un valore minimo di *point-biserial* di 0,15 è accettabile per le risposte corrette. Se questa condizione non viene rispettata la domanda è ritenuta fuorviante e viene modificata così da ottenere un indice di discriminazione accettabile.

4.3 TESTING THE TOAST

Terminata la fase di modifica e correzione delle domande il gruppo di ricerca di Slater procede con il collaudo del test. Come la fase di revisione anche quella di collaudo prevede numerosi stadi. In particolare, per il TOAST vengono eseguite le seguenti procedure: collaudo da parte degli esperti, collaudo da parte degli studenti, calcolo della validità e confronto con i dati della letteratura.

4.3.1 *Validazione da parte degli esperti di Astronomia*

Si chiede di svolgere il questionario al gruppo di esperti che ha revisionato il TOAST per poterlo convalidare in termini di correttezza scientifica. Del gruppo originario di 28 esperti solo 17 sostengono la prova. Il punteggio medio è di 98%, nessun risponde erroneamente a più di due domande. Gli specialisti sono successivamente intervistati, per poter analizzare più accuratamente tale risultato. Ad ognuno è chiesto di motivare due risposte del test, così da individuare le ragioni che hanno condotto gli esperti a fallire alcune risposte. Le interviste indicano che gli errori sono prodotti da una mancata attenzione al quesito oppure dalla presenza di misconcezioni. In particolare la risposta più problematica riguarda il movimento della sfera celeste. Questo risultato è di notevole importanza perché indica che il TOAST è in grado di evidenziare la presenza di misconcezioni anche nel caso di astronomi esperti. Un aspetto importante di questa analisi è, inoltre, la conferma che il contenuto del test è corretto dal punto di vista scientifico e non presenta errori concettuali. Una

volta raggiunto questo risultato il questionario può essere convalidato attraverso la somministrazione a studenti universitari.

4.3.2 Test pilota

Per poter calcolare la validità del TOAST è condotta un'analisi su 1066 studenti iscritti al corso introduttivo di Astronomia in diversi istituti: due *doctoral-granting research universities*, due *liberal arts universities* e un *community college*. Il punteggio medio ottenuto dagli studenti di queste Università è 44,4%. Attraverso i dati ottenuti dal test pilota è possibile calcolare il valore del *Cronbach α* che risulta di 0,86 e quindi accettabile (Sezione 4.2). È calcolata per ogni domanda la difficoltà, P-value, e la discriminazione, Point-Biserial, i cui valori sono riportati in Tabella 9. Il valore medio ottenuto per il TOAST è 46%, anche in questo caso rientra nelle limitazioni richieste. Il valore di discriminazione deve essere maggiore di 0,15 per considerarsi soddisfacente. Nel caso del TOAST ha un valore medio di 0,42, con il valore minimo di 0,28, quindi accettabile.

Per ampliare il campo di ricerca, Slater conduce indagini anche su gruppi differenti, che non siano formati da studenti universitari. Nello specifico, sottopone il TOAST a gruppi con diversi livelli di istruzione in Astronomia così da poter verificare se il questionario è in grado di distinguere tali individui. Ci si aspetta, infatti, che i soggetti con un più alto livello di conoscenze astronomiche raggiungano un punteggio più elevato. I gruppi a cui viene assegnato il test sono formati da: 17 astronomi professionisti, 313 astronomi dilettanti, 519 α -teacher, insegnanti che hanno cioè partecipato a corsi di formazione di Astronomia, 32 insegnanti di materie non scientifiche. Il risultato indica che il test è sensibile al livello di istruzione e all'esperienza in Astronomia dei soggetti (Tabella 10). Tale considerazione è conseguenza di un'analisi chiamata ANOVA, *ANalysis Of VAriance*, ma è anche intuitivamente interpretabile. Infatti, così come sono rappresentati in Tabella 10, le diverse categorie presentano un punteggio decrescente con il diminuire degli anni di istruzione in ambito astronomico e quindi il TOAST è un strumento adatto a misurare le conoscenze di Astronomia.

Tabella 9.: Parametri statistici calcolati dai risultati ottenuti dal test pilota sottoposto a 1066 studenti.

| Cronbach α | P-value | Point-Biserial |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------|
| 0.83 | 46% | 0.42 |

Tabella 10.: Punteggi medi ottenuti da diversi gruppi nel TOAST.

| Numero di individui | Soggetti | Punteggio Medio |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| 17 | Astronomi Professionisti | 98% |
| 313 | Astronomi Dilettanti | 83% |
| 519 | Insegnanti α | 66% |
| 32 | Insegnanti | 51% |
| 1066 | Studenti | 44% |

4.3.3 Validità del TOAST

Un ulteriore parametro da verificare per assicurarsi che il test sia stato correttamente elaborato è la validità. Per confermare la validità del TOAST, Slater confronta i risultati ottenuti con quelli già presenti in letteratura. In particolare, ci si aspetta che i dati del test facciano emergere preconcetti simili a quelli già rilevati da altre indagini. Un esempio particolarmente significativo dell'analisi di validità è quello relativo alle domande 7 e 12. Entrambe fanno riferimento all'argomento delle *Stagioni*. In letteratura la misconcezione più comune associata a questa nozione è la credenza che la causa dell'alternarsi delle stagioni sia la variazione della distanza Terra-Sole nel corso dell'anno (Sezione 3.2.1). La causa scientifica, invece, è l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto all'eclittica. La struttura del TOAST permette di individuare chi fra gli studenti ha compreso la ragione scientifica dell'alternarsi delle stagioni e chi, invece, ha solo assimilato superficialmente il concetto, mantenendo ancora la misconcezione relativa alla distanza. Infatti, la domanda 7 (Tabella 11) verifica se lo studente è a conoscenza dell'importanza dell'inclinazione dell'asse terrestre nel fenomeno delle stagioni. Dall'analisi condotta sui 1066 studenti americani risulta che solo il 52,96% riconosce tale importanza. Se ci si fermasse a questo risultato si potrebbe erroneamente concludere che circa la metà degli studenti conosce la ragione fisica dell'alternarsi delle stagioni. Tuttavia, il test prosegue con la domanda 12 (Tabella 12). Essa chiede di prevedere cosa succederebbe alle stagioni se l'orbita terrestre fosse perfettamente circolare, e la distanza Terra-Sole non variasse mai nel corso dell'anno. A questa domanda solo il 40,43% degli studenti risponde correttamente, mostrando la difficoltà nell'eliminare le misconcezioni. Nonostante la metà degli alunni sia a conoscenza del fatto che l'inclinazione terrestre determini un elemento importante per il verificarsi dell'alternarsi delle stagioni, molti di essi ritengono che questo sia conciliabile con la variazione della distanza Terra-Sole. In particolare, gli studenti, sono portati a manipolare la motivazione scientifica in funzione della loro misconcezione. Così l'inclinazione terrestre, nella visione degli alunni, diventa responsabile delle stagioni perché modifica la distanza dal Sole dell'emisfero Nord e dell'emisfero Sud. Questo risultato permette di concludere che gli studenti non hanno compreso appieno la spiegazione scientifica dell'alternarsi delle stagioni. La misconcezione relativa alle stagioni è ritrovata, pertanto, dagli studi di Slater su studenti universitari. Lo stesso preconcetto è individuato negli studi di Baxter (1989) su bambini di età compresa tra i 9 e i 16 anni (Sezione 3.1). Risultati simili sono stati ottenuti nell'analisi delle rimanenti domande del TOAST e quindi è possibile confermare la sua validità. La descrizione dettagliata del risultato ottenuto per ognuna delle 27 domande del TOAST è riportata nel Capitolo 5, in cui vengono esaminati anche i risultati ottenuti nell'indagine condotta sugli studenti italiani. In Tabella 13 sono riassunti per ogni domanda i risultati ottenuti dal TOAST dagli studenti americani.

4.4 LIMITAZIONI DEL TOAST

Alcune limitazioni sono intrinseche al tipo di strumento scelto e non dipendono dalla struttura specifica del TOAST. Tra queste la necessità di calcolare i parametri statistici che ne verificano l'affidabilità e la validità ogni volta che il test viene utilizzato.

Tabella 11.: P-value e i Point-biserial della domanda 7 ottenuti nell'indagine di Slater. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | |
|--|---------------|--------|--------|-------|
| 7. Immagina che l'asse terrestre non sia inclinato rispetto al piano dell'orbita. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | |
| A. Non ci sarebbero più le stagioni | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | |
| | A | B | C | D |
| P-value | 52,96% | 22,92% | 13,04% | 4,35% |
| P-biserial | 0,28 | -0,05 | -0,21 | -0,11 |

Tabella 12.: P-value e i Point-biserial della domanda 12 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | |
|--|-------|--------|--------|---------------|
| 12. Immagina che l'orbita della Terra sia perfettamente circolare e quindi la distanza Terra-Sole sia sempre la stessa. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | |
| A. Non ci sarebbero più le stagioni. | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | |
| | A | B | C | D |
| P-value | 18,7% | 27,83% | 13,04% | 40,43% |
| P-biserial | -0,31 | -0,09 | -0,22 | 0,50 |

Un'ulteriore limitazione è dovuta alla modalità con cui viene costruito il test. Infatti, le domande e le misconcezioni che vengono presentate tra le possibili risposte sono prodotte sulla base di interviste condotte sugli studenti. Alcuni intervistati possono risentire di uno stato di vulnerabilità in cui il disagio di essere sotto analisi può prevalere sulle vere conoscenze scientifiche, alterando il risultato dell'indagine. Per questo motivo è possibile che le misconcezioni inserite nel test non siano una rappresentazione completa di tutti i preconcetti degli studenti.

Per quanto riguarda il caso specifico del TOAST, esso è un test che vuole valutare le conoscenze degli studenti riguardo più concetti di Astronomia. Questa caratteristica, seppure rappresenti una peculiarità del TOAST rispetto ai Concept Inventory astronomici monotematici, identifica anche un limite per il test. Infatti, per ogni concetto sono inserite al massimo quattro domande. Per misurare le conoscenze di uno studente sono poche, nonostante siano state costruite per esaminare le idee fondamentali di ogni concetto. Questa caratteristica è rilevata nel lavoro di Brogt et al. (2007) che analizza i risultati ottenuti da alcune classi che hanno sostenuto l'ADT. La conclusione è valida anche per il TOAST, poiché entrambi contengono poche domande per ogni argomento.

Nonostante la presenza di alcune limitazioni il TOAST è identificato come il test

Tabella 13.: Sintesi dei risultati ottenuti dagli studenti americani nel TOAST. Per ogni domanda viene riportata la percentuale di risposta, quella corretta è riportata in grassetto. Nell'ultima colonna è riportato il Point-Biserial della risposta corretta.

| Domanda | Argomento | A | B | C | D | E | Point-biserial |
|---------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | Movimento nel cielo | 11,07% | 2,77% | 38,34% | 2,77% | 36,76% | 0,44 |
| 2 | Movimento nel cielo | 17,79% | 7,51% | 39,13% | 6,72% | 18,18% | 0,43 |
| 3 | Fasi Lunari | 12,65% | 6,32% | 4,74% | 12,65% | 57,31% | 0,39 |
| 4 | Moto annuale | 3,95% | 12,25% | 9,94% | 65,61% | 3,95 | 0,46 |
| 5 | Fasi Lunari | 13,04% | 11,46% | 5,93% | 6,72% | 60,87% | 0,33 |
| 6 | Moto giornaliero | 17% | 23,32% | 2,77% | 5,93% | 39,53% | 0,38 |
| 7 | Le stagioni | 52,96% | 22,92% | 13,04% | 4,35 | - | 0,28 |
| 8 | Produzione elementi pesanti | 18,97% | 11,46% | 10,67% | 43,08% | 8,3% | 0,58 |
| 9 | Evoluzione dell'Universo | 46,64% | 10,67% | 23,32% | 23,32% | - | 0,32 |
| 10 | Scala delle distanze | 4,35% | 2,37% | 18,58% | 63,24% | 5,53% | 0,40 |
| 11 | Scala delle distanze | 9,09% | 10,28% | 60,08% | 8,3% | 7,11% | 0,39 |
| 12 | Le stagioni | 18,7% | 27,83% | 13,04% | 40,43% | - | 0,50 |
| 13 | Stelle ed evoluzione stellare | 7,51% | 2,77% | 35,18% | 32,02% | 11,86% | 0,61 |
| 14 | Stelle ed evoluzione stellare | 12,65% | 19,37% | 4,35% | 39,13% | 13,04% | 0,43 |
| 15 | Evoluzione dell'Universo | 17,86% | 30,36% | 32,81% | 14,73% | - | 0,41 |
| 16 | Stelle ed evoluzione stellare | 3,16% | 7,11% | 5,53% | 1,98% | 79,45% | 0,42 |
| 17 | Stelle ed evoluzione stellare | 25,69% | 26,09% | 28,46% | 8,97% | - | 0,29 |
| 18 | Struttura del Sistema Solare | 1,58% | 2,77% | 2,77% | 56,13% | 30,83% | 0,40 |
| 19 | Struttura del Sistema Solare | 22,92% | 18,18% | 33,6% | 11,86% | - | 0,56 |
| 20 | Gravità | 21,46% | 18,91% | 14,45% | 45,18% | - | 0,42 |
| 21 | Gravità | 28,92% | 40,16% | 19,34% | 11,58% | - | 0,47 |
| 22 | Produzione elementi pesanti | 17% | 25,30% | 45,06% | 7,11% | - | 0,44 |
| 23 | Onde elettromagnetiche | 12,65% | 11,46% | 40,32% | 19,37% | 7,91% | 0,50 |
| 24 | Produzione elementi pesanti | 9,88% | 27,67% | 32,81% | 12,65% | 5,53% | 0,41 |
| 25 | Onde elettromagnetiche | 10,67% | 12,65% | 27,27% | 41,11% | - | 0,48 |
| 26 | Onde elettromagnetiche | 26,09% | 28,06% | 19,76% | 16,21% | - | 0,31 |
| 27 | Onde elettromagnetiche | 35,18% | 25,69% | 8,3% | 6,72% | 11,46% | 0,37 |

più appropriato per gli scopi di questa tesi per molte ragioni. Dovendo valutare le competenze raggiunte da studenti provenienti da scuole diverse è necessario utilizzare un test sulle conoscenze generali, che non si concentri su un unico argomento. Questa necessità non può essere garantita dai Concept Inventory monotematici, ma da test di carattere generale. Tra quelli citati, ADT2 e TOAST, la scelta è ricaduta sul TOAST. Questo, infatti, oltre a tener conto di aspetti non considerati da ADT2 (Sezione 4.1.2), inserisce domande riguardanti argomenti di Fisica. In questo modo, è possibile confrontare le conoscenze di Astronomia e di Fisica degli studenti. Questa caratteristica è risultata determinante nella scelta del test da utilizzare in questo elaborato, volendo indagare lo stato dell'Astronomia nella scuola secondaria, strettamente connesso all'insegnamento della Fisica. Analizzando perciò le conoscenze degli studenti su concetti di Astronomia e Fisica è possibile valutare se la presenza di misconcezioni sia rintracciabile in entrambe le discipline o solo in una di esse. Il capitolo che segue descrive l'indagine condotta sugli studenti italiani.

INDAGINE SUGLI STUDENTI ITALIANI

L'analisi delle nuove Indicazioni Nazionali ha mostrato come il ruolo dell'Astronomia nella scuola secondaria di secondo grado sia essenzialmente marginale (Sezione 2.3). Il numero di iscritti a questo corso di laurea non ha, tuttavia, subito alcuna decrescita rispetto agli anni precedenti la riforma. Al contrario esso ha registrato un aumento di immatricolati. Alla luce di questo, l'elaborato vuole indagare il grado di preparazione degli studenti iscritti al corso di laurea in Astronomia. La presenza di modelli interpretativi errati negli immatricolati può derivare da molte cause, tra cui l'inefficacia dell'insegnamento ricevuto nella scuola secondaria. Il mantenersi delle misconcezioni di concetti astronomici di base alla fine della scuola secondaria di secondo grado mostrerebbe, perciò, la necessità di migliorare le modalità con cui l'Astronomia viene insegnata in particolare modo in questo grado d'istruzione. Inoltre, una ricerca in questa direzione permette ai docenti universitari di conoscere il grado di preparazione dei loro futuri studenti. Essi, una volta noti i preconcetti degli studenti, potranno lavorare in maniera specifica sulle misconcezioni rilevate nel proprio gruppo di studenti, impostando le lezioni in maniera personalizzata, partendo cioè proprio dalle idee errate rilevate nel gruppo. Alcuni docenti spesso ritengono poco importante valutare le conoscenze degli studenti all'inizio del corso, reputando sufficiente l'insegnamento che l'alunno riceverà durante le proprie lezioni. Tuttavia, questa prospettiva facilita il mantenimento delle misconcezioni e favorisce l'inglobamento delle nuove nozioni all'interno di modelli interpretativi fallaci. Infatti, come mostra Sadler nel video *A Private Universe*, ogni individuo, senza distinguere tra docente o alunno, ha la propria interpretazione di ciò che lo circonda e presenta le proprie misconcezioni (Capitolo 3). Sottovalutare questo significa alimentare le misconcezioni e lasciare che lo studente ne sviluppi altre. Per rimuovere le misconcezioni è necessario individuare e impostare l'insegnamento del corso in funzione delle difficoltà presentate dagli studenti. Questo è il motivo per cui il TOAST viene sviluppato ed è anche uno dei motivi per cui è utilizzato nella ricerca di questa tesi.

5.1 LA TRADUZIONE DEL TOAST

Il TOAST rappresenta il test più appropriato per condurre un'indagine sulle conoscenze preliminari degli immatricolati al corso di laurea di Astronomia di Padova. Esso, come già specificato, è in grado di verificare la presenza di misconcezioni di carattere astronomico e fisico degli studenti, valutando le conoscenze generali degli alunni.

Individuato il test da utilizzare è necessario tradurlo in italiano per garantire agli studenti una completa comprensione delle domande. La traduzione avviene attraverso un lavoro prima individuale poi di confronto di tre diverse esperte in Astronomia e Fisica. In linea col TOAST originale, la traduzione fa riferimento al parametro di comprensione lessicale del testo (Sezione 4.1.2). Nel caso di Slater l'indice calcolato è *Flesch-Kincaid*, che tiene conto di due variabili linguistiche: la lunghezza media

delle parole, espressa in sillabe per parola, e la lunghezza media delle frasi espressa in parole per frase. Questo parametro, tuttavia, è sviluppato per la lingua inglese e pertanto non si presta ad essere utilizzato nel caso italiano. Infatti, il conteggio delle sillabe nella lingua italiana risulta più complesso e non è completamente formalizzabile mediante regole di portata generale. Una soluzione alternativa a questo problema viene proposta dal Gruppo universitario linguistico pedagogico dell'istituto di Filosofia dell'Università degli studi di Roma La Sapienza. Il gruppo di ricerca sviluppa una nuova formula direttamente dalla lingua italiana che tiene conto del numero di lettere per parola e del numero di frasi. Il nuovo indice, che prende il nome di indice Gulpease viene calcolato:

$$Gulpease = 89 - \frac{LP}{10 + FR \cdot 3} \quad (5)$$

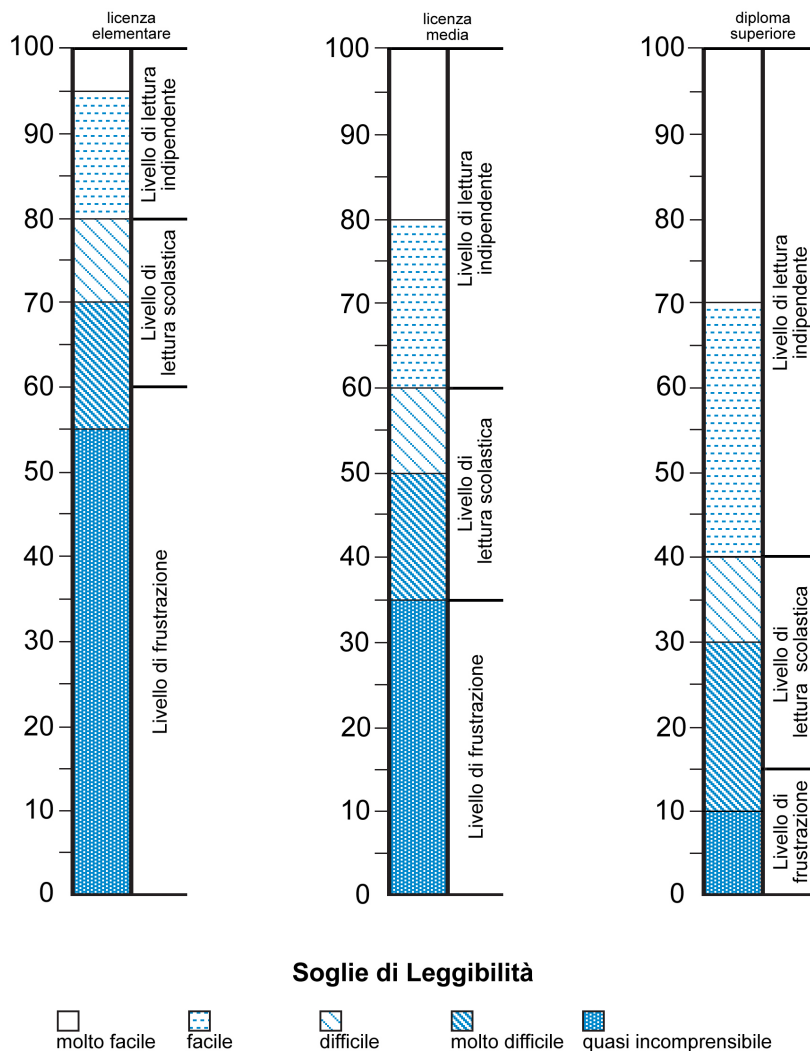
Dove $LP = \text{lettere} \frac{100}{\text{totaleparole}}$ mentre $FR = \text{frasi} \frac{100}{\text{totaleparole}}$. È compreso tra 0, che indica la leggibilità più bassa, e 100, che rappresenta invece quella più alta. Con l'indice Gulpease è definita anche una scala di valori che mette in relazione il risultato ottenuto dalla formula con il grado di scolarizzazione del lettore, riportata in Figura 1. Facendo riferimento ad essa è possibile notare come il testo diventi di difficile lettura non appena l'indice Gulpease diventi minore di 80 per chi ha la licenza di scuola primaria, di 60 per la licenza di scuola media e di 40 per chi ha il diploma superiore. Viene calcolato, pertanto, l'indice Gulpease, per ogni domanda del TOAST, per assicurare un livello di comprensione del testo accessibile agli studenti (Tabella 14). Viene indicato, inoltre, il grado di difficoltà del testo, ottenuto confrontando l'indice Gulpease con la scala di valori relativa al livello d'istruzione della scuola secondaria di secondo grado. Come appare dalla Tabella 14 il livello di difficoltà della traduzione è basso, con unica eccezione per la domanda 14. Tuttavia, la difficoltà di tale domanda è relativa alla presenza di parole di carattere scientifico che non possono essere sostituite per mantenere il significato della domanda. Le parole che generano un indice Gulpease basso, e quindi un grado di comprensione più elevato, sono, inoltre, isolate nelle risposte, pertanto il valore dell'indice non fa riferimento alla comprensibilità della domanda.

Il TOAST tradotto e utilizzato è riportato in Appendice B

Eulogos[®]

<http://www.eulogos.net>

Indice Gulpease: scala dei valori



Elaborazione Eulogos da:

Maria Emanuela Piemontese, "Capire e farsi capire. Teorie e tecniche della scrittura controllata", Tecnodid, Napoli 1996, p. 102

Figura 1.: Scale di valori che interpreta l'indice Gulpease come grado di difficoltà. In figura sono riportate tre diverse scale, che fanno riferimento alla scuola primaria di primo grado e secondaria di primo e secondo grado. Per la traduzione del TOAST si fa riferimento alla scala relativa alla scuola secondaria di secondo grado.

5.2 DESCRIZIONE DEL CAMPIONE DI STUDENTI

L'elaborato di tesi vuole valutare le conoscenze astronomiche degli studenti, per poter comprendere e indagare il grado di preparazione degli alunni in un contesto scolastico che non valorizza questa disciplina. Per poter studiare questo aspetto si

Tabella 14.: Indici di leggibilità calcolati su <http://www.linkomm.net/calcolo-indice-lettura-facile.html>

| Domanda | Gulpease | Difficoltà |
|---------|----------|--------------|
| 1 | 60 | Facile |
| 2 | 56 | Facile |
| 3 | 56 | Facile |
| 4 | 71 | Facile |
| 5 | 57 | Facile |
| 6 | 64 | Facile |
| 7 | 69 | Facile |
| 8 | 57 | Facile |
| 9 | 60 | Facile |
| 10 | 53 | Facile |
| 11 | 64 | Facile |
| 12 | 65 | Facile |
| 13 | 66 | Facile |
| 14 | 34 | Difficile |
| 15 | 62 | Facile |
| 16 | 90 | Molto facile |
| 17 | 80 | Molto facile |
| 18 | 73 | Molto facile |
| 19 | 67 | Facile |
| 20 | 73 | Molto facile |
| 21 | 60 | Facile |
| 22 | 66 | Facile |
| 23 | 58 | Facile |
| 24 | 74 | Molto facile |
| 25 | 61 | Facile |
| 26 | 59 | Facile |
| 27 | 66 | Facile |

decide di sottoporre il TOAST agli studenti iscritti al primo anno del corso di studi di Astronomia dell'Università di Padova (a.a 2017/2018). Gli studenti in questione non hanno ancora ricevuto insegnamenti universitari di carattere astronomico, pertanto tra i fattori che possono influenzare i risultati del test, si colloca la preparazione raggiunta nella scuola secondaria di secondo grado. Volendo, infatti, indagare la didattica dell'Astronomia nella scuola secondaria di secondo grado, questa scelta risulta adeguata. Il test, ad ogni modo, non è sottoposto a studenti ancora frequentanti la scuola secondaria, ma a quelli che già hanno concluso tale percorso e sono iscritti all'Università. Con questa decisione si selezionano individui particolarmente motivati, che manifestano interesse verso la disciplina e che possono aver approfondito argomenti per curiosità personale, con esperienze al di fuori dello scenario scolastico. In questo modo, il risultato del TOAST dipende non solo dalla preparazione ricevuta a scuola, ma dalla particolare esperienza di ogni studente. Per questo motivo l'indagine non si limita a esaminare i dati ottenuti dal TOAST, ma somministra agli studenti un questionario motivazionale, per tentare di comprendere l'importanza che l'interesse e l'attitudine individuale potrebbe avere sulle conoscenze degli studenti

(si veda Sezione 5.4). Al TOAST e al questionario motivazionale vengono aggiunte alcune domande anagrafiche che permettono di descrivere con maggior precisione il campione di studenti analizzati. Le richieste inserite sono:

- Hai partecipato a stage o hai fatto esperienza di alternanza scuola-lavoro nel campo dell’Astronomia e della Fisica? Se sì quali?
- A quale età hai iniziato ad appassionarti ad Astronomia?
- A quale età hai deciso effettivamente di iscriverti al corso di laurea in Astronomia?
- Hai preso in considerazione altri corsi di laurea? Se sì, quali?
- Specifica qualsiasi circostanza particolarmente importante che ti ha portato a scegliere Astronomia.
- Indica il tuo genere.
- Indica il tuo luogo di nascita.
- Al test di ingresso di Astronomia hai avuto il debito formativo in matematica?
- Indica se sei uno studente fuori sede, in sede o pendolare.
- Dove hai frequentato la scuola secondaria? Indica la città.
- Con quale voto ti sei diplomato?
- Ti sei iscritto al corso di Astronomia subito dopo esserti diplomato?

Di particolare importanza sono le domande relative al voto con cui si sono diplomati e il conseguimento del debito formativo in Matematica. Infatti, in questo modo è possibile verificare la correlazione tra il punteggio totale dello studente nel TOAST e queste due valutazioni (Sezione 5.3). La partecipazione a stage o ad esperienze di alternanza scuola-lavoro è, invece, esaminata per comprendere l’efficacia di queste attività proposte dall’Università di Padova. Studenti iscritti al corso di studi perché motivati dalla partecipazione a queste esperienze ne conferma l’importanza didattica e di orientamento.

Il questionario anagrafico è somministrato a 113 studenti in data 13 Ottobre 2017, insieme al TOAST e al questionario motivazionale (i cui risultati vengono riportati nella Sezione 5.3 e nella Sezione 5.4). I 113 ragazzi, di cui un 60% di ragazzi e 40% di ragazze, provengono da diversi istituti. In Tabella 15 vengono riportate le scuole da cui provengono in maggioranza gli studenti. Il 74% degli studenti si è iscritto ad Astronomia subito dopo essersi diplomato, il 19% senza aver valutato altri corsi di laurea, mentre il rimanente 81% ha preso in considerazione altri ambiti di studio. In Tabella 16 sono riportati i corsi di studio più frequentemente indicati. In Tabella 17, invece, sono riportate le età a cui gli studenti hanno scelto di iscriversi al corso di laurea di Astronomia.

Infine, i risultati del test anagrafico indicano che 84% degli studenti non ha preso parte né a stage né ad esperienze di alternanza scuola-lavoro. Tra i pochi, 16%, che hanno aderito a una di queste esperienze, il 25% ha partecipato a *Il Cielo come*

Tabella 15.: Elenco dei principali istituti da cui provengono gli studenti analizzati. Le percentuali indicate sono relative al numero totale di studenti analizzati (113)

| Istituto | % |
|------------------------------|----------|
| Liceo Scientifico | 45% |
| Istituto Tecnico Industriale | 15% |
| Liceo Classico | 12% |
| Liceo Linguistico | 7% |
| Liceo Artistico | 5% |
| Liceo Scienze Umane | 4% |
| Altri Istituti | 12% |

Tabella 16.: Elenco dei corsi di laurea che gli immatricolati ad Astronomia hanno individuato come alternative al corso di studi di Astronomia. Le percentuali indicate sono relative al numero totale di studenti analizzati (113)

| Corso di laurea | % |
|-------------------------|----------|
| Fisica | 41% |
| Ingegneria Aerospaziale | 13% |
| Matematica | 10% |
| Biologia | 4% |
| Medicina | 3% |
| Filosofia | 3% |
| Altri corsi li laurea | 9% |
| Nessun corso di laurea | 19% |

Tabella 17.: Età a cui gli studenti hanno dichiarato di aver effettivamente scelto di iscriversi al corso di laurea in Astronomia. Le percentuali indicate sono relative al numero totale di studenti analizzati (113)

| Età | % |
|--------------|----------|
| 3 – 5 anni | 4% |
| 6 – 10 anni | 34% |
| 11 – 13 anni | 15% |
| 14 – 18 anni | 42% |
| 19 – 20 anni | 4% |

Laboratorio, organizzato dal Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova, mentre il 19% ha partecipato al Campus di Bardonecchia organizzato dall'Università di Torino. La sezione che segue riporta i risultati ottenuti dai 113 studenti nel TOAST.

5.3 RISULTATI DEL TOAST

Il TOAST è somministrato in data Venerdì 13 Ottobre, durante l'orario di lezione. Il test, completo di sezione anagrafica e questionario motivazionale, è completato in un'ora di tempo attraverso l'utilizzo dei computer disponibili in aula P140 del

complesso Paolotti. I dati sono elaborati nel mantenimento della privacy, senza far riferimento al nominativo o al numero di matricola. La Tabella 18 e la Figura 2 riassumono i risultati ottenuti per ognuna delle 27 domande, discussi nel dettaglio in questa Sezione.

Dai dati (riassunti in Tabella 18) è possibile calcolare i parametri di difficoltà, discriminazione e affidabilità, secondo le formule riportate nella Sezione 4.2. I valori ottenuti di P-value e Point-biserial per ogni risposta vengono riportati dalla Tabella 20 alla Tabella 46, in cui sono messi a confronto i dati ottenuti con quelli pubblicati da Slater. La Tabella 18 riassume i risultati ottenuti dall'indagine italiana. Dalla media relativa alle sole risposte corrette (riportate in grassetto in Tabella 18) è possibile notare come l'indice di difficoltà ottenuto (54%) sia maggiore di quello dell'indagine di Slater (46%). Ciò significa che mediamente una percentuale maggiore di studenti italiani sceglie la risposta corretta. Questo risultato può apparire inconsistente col punteggio totale medio dei due gruppi esaminati (Tabella 19). Il punteggio medio corretto per *guessing* degli studenti italiani è del 41,7%, mentre il punteggio medio ottenuto dagli studenti americani è 44,4%. Tuttavia, si ritiene che questa incongruenza sia dovuta alla correzione effettuata per *guessing*. Nelle pubblicazioni di Slater, infatti, non si fa riferimento a tale aspetto, mentre per gli studenti italiani la penalizzazione per *guessing* è calcolata. Tale correzione deve essere applicata nel caso in cui il gruppo di studenti non sia in grado di eliminare una o più delle risposte proposte dal test. In questo scenario, infatti, è possibile che lo studente adotti uno stile di risposta casuale e, pertanto, la formula di *guessing*, che vuole penalizzare questo aspetto, deve essere applicata. Slater, invece, non procede con la penalizzazione, perché tutti gli argomenti che rientrano nel TOAST sono inseriti nei programmi nazionali americani di scuola secondaria superiore. Nel caso italiano, invece, la situazione è più complessa. Infatti, alcuni argomenti del test non rientrano nelle Indicazioni Nazionali relative alla scuola secondaria di secondo grado (Evoluzione dell'Universo, Stelle ed Evoluzione stellare, Struttura del Sistema Solare, Scala delle distanze), rendendo necessaria la correzione per *guessing* per le domande riferite a tali argomenti. Tuttavia altri argomenti (Moto annuale, Moto giornaliero, Fasi lunari, Gravità, Onde elettromagnetiche, Le stagioni) rientrano nelle Indicazioni Nazionali di scuola secondaria di primo e secondo grado. Pertanto, in riferimento a queste domande, la correzione per *guessing* non dovrebbe essere effettuata, poiché gli studenti dovrebbero essere in grado di eliminare una o più delle risposte errate. Questo elaborato ha calcolato entrambi i risultati, corretti e non corretti per *guessing*, per mostrare entrambi i punteggi (Tabella 19). Tuttavia, per poter confrontare i risultati di questa indagine con quelli di Slater, che non hanno subito la correzione, vengono considerati i punteggi non corretti per *guessing*. Senza l'utilizzo della formula di Frary il risultato medio degli italiani sarebbe superiore a quello degli americani, in accordo al valore di P-value. Il punteggio medio degli italiani non corretto per *guessing* è di 54,7%. In Figura 3 è riportata la distribuzione dei punteggi ottenuti dagli studenti non corretta per *guessing*.

Il parametro medio di discriminazione, invece, è inferiore nel caso italiano rispetto a quello americano (Tabella 19). Nonostante il valor medio sia accettabile, alcune domande presentano un Point-biserial inferiore al minimo valore tollerabile, riconosciuto come 0,15. I singoli valori per ogni risposta vengono riportati dalla Tabella 20 alla Tabella 46. Le domande che non raggiungono il minimo Point-biserial consi-

Figura 2.: Andamento complessivo dei P-value di ogni domanda per l'indagine condotta sugli studenti italiani. La linea rossa rappresenta il valor medio di P-value (54%).

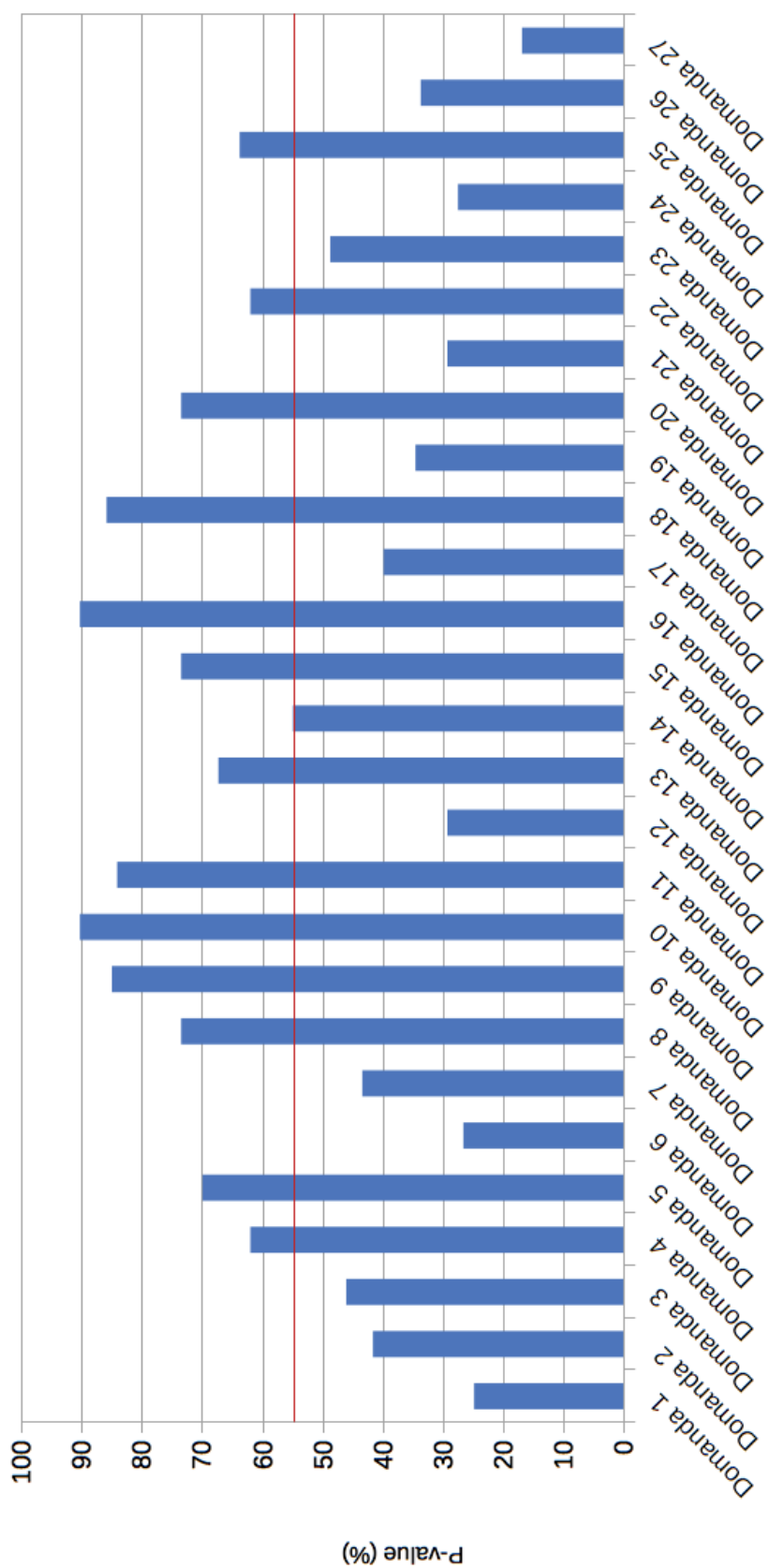
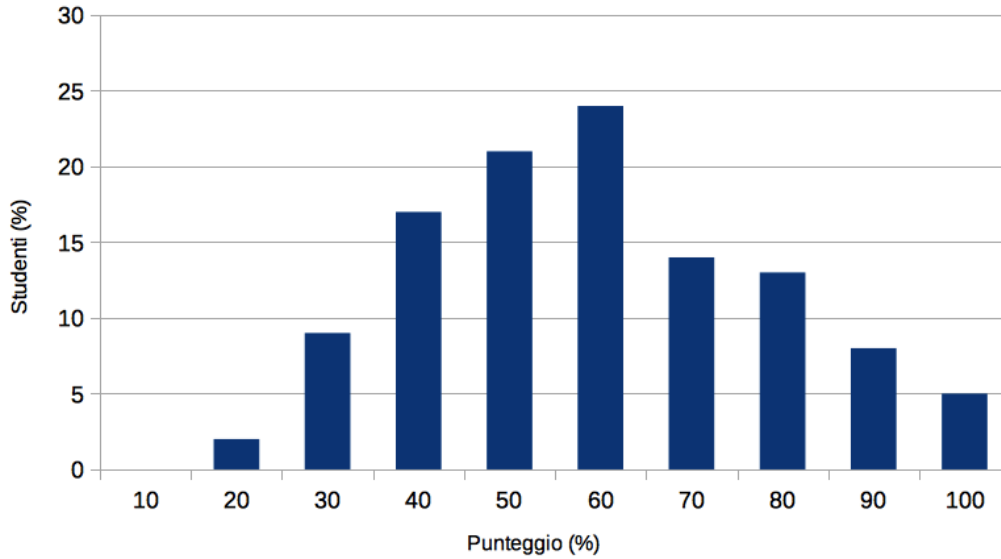


Tabella 18.: Sintesi dei risultati ottenuti dagli studenti italiani nel TOAST. Per ogni domanda viene riportata la percentuale di risposta, quella corretta è riportata in grassetto. Nell'ultima colonna è riportato il Point-Biserial della risposta corretta.

| Domanda | Argomento | A | B | C | D | E | Point-biserial |
|---------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | Movimento nel cielo | 6,19% | 3,54% | 63,72% | 1,77% | 24,78% | 0,22 |
| 2 | Movimento nel cielo | 17,70% | 6,19% | 41,59% | 8,85% | 25,66% | 0,15 |
| 3 | Fasi Lunari | 29,20% | 4,42% | 7,96% | 12,39% | 46,02% | 0,23 |
| 4 | Moto annuale | 6,19% | 4,42% | 10,62% | 61,95% | 16,81 | 0,34 |
| 5 | Fasi Lunari | 23,89% | 0% | 0% | 6,19% | 69,91% | 0,12 |
| 6 | Moto giornaliero | 24,78% | 26,55% | 7,08% | 22,12% | 19,47% | 0,34 |
| 7 | Le stagioni | 43,36% | 22,12% | 24,78% | 9,73 | - | 0,34 |
| 8 | Produzione elementi pesanti | 10,62% | 2,65% | 1,77% | 73,45% | 11,50% | 0,48 |
| 9 | Evoluzione dell'Universo | 84,96% | 3,54% | 9,73% | 1,77% | - | 0,19 |
| 10 | Scala delle distanze | 0,88% | 0% | 8,85% | 90,27% | 0% | 0,36 |
| 11 | Scala delle distanze | 2,65% | 2,65% | 84,07% | 2,65% | 7,96% | 0,11 |
| 12 | Le stagioni | 37,17% | 26,55% | 7,08% | 29,20% | - | 0,52 |
| 13 | Stelle ed evoluzione stellare | 0% | 0,88% | 11,50% | 67,26% | 20,35% | 0,59 |
| 14 | Stelle ed evoluzione stellare | 5,31% | 7,08% | 11,50% | 54,87% | 21,24% | 0,41 |
| 15 | Evoluzione dell'Universo | 0% | 23,01% | 73,45% | 3,54% | - | 0,28 |
| 16 | Stelle ed evoluzione stellare | 0% | 7,08% | 1,77% | 0,88% | 90,27% | 0,31 |
| 17 | Stelle ed evoluzione stellare | 20,35% | 36,28% | 39,82% | 3,54% | - | 0,50 |
| 18 | Struttura del Sistema Solare | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 85,84% | 11,50% | 0,26 |
| 19 | Struttura del Sistema Solare | 34,51% | 7,09% | 53,98% | 4,42% | - | 0,54 |
| 20 | Gravità | 14,16% | 4,42% | 7,96% | 73,45% | - | 0,40 |
| 21 | Gravità | 45,13% | 29,20% | 14,04% | 10,62% | - | 0,51 |
| 22 | Produzione elementi pesanti | 7,96% | 29,20% | 61,95% | 0,88% | - | 0,41 |
| 23 | Onde elettromagnetiche | 7,08% | 8,85% | 48,67% | 26,55% | 8,85% | 0,41 |
| 24 | Produzione elementi pesanti | 6,19% | 27,43% | 49,56% | 14,16% | 2,65% | 0,56 |
| 25 | Onde elettromagnetiche | 10,62% | 7,08% | 18,58% | 61,95% | - | 0,37 |
| 26 | Onde elettromagnetiche | 33,63% | 18,58% | 33,63% | 14,16% | - | 0,41 |
| 27 | Onde elettromagnetiche | 56,64% | 16,81% | 5,31% | 0,88% | 20,35% | 0,11 |

Figura 3.: Distribuzione dei punteggi non corretti per guessing dei 113 studenti italiani.



derato accettabile sono: domanda 2, domanda 5, domanda 11 e domanda 27, come appare dalla Tabella 18. Nel caso questi valori fossero ottenuti nella fase di collaudo di un test sarebbe necessario modificare o rimuovere queste domande per ottenere un Point-biserial soddisfacente. Il mancato raggiungimento del minimo valore di discriminazione in questo caso è dovuto all'utilizzo di un test non sviluppato a partire dagli studenti italiani. Nonostante questo, il valor medio è accettabile e, pertanto, anche i risultati ottenuti dal test. Il parametro di affidabilità, Cronbach- α , nel caso degli studenti italiani è di $\alpha = 0,90$, ritenuto valido perché maggiore di $0,67$, minimo valore accettabile (Sezione 4.2). Anche questo parametro è confrontato in Tabella 19 con quello ottenuto da Slater. Facendo riferimento ai risultati esposti in questa Sezione, che confrontano i punteggi degli studenti americani e italiani, è importante ricordare che l'indagine di Slater si riferisce a studenti iscritti a un corso introduttivo di Astronomia, per studenti che non intendono specializzarsi in Astronomia.

Tabella 19.: Confronto tra i parametri statistici ottenuti dall'indagine condotta da Slater e da quella condotta sugli studenti italiani. Il valore *Italiani_c* rappresenta il punteggio corretto per *guessing*.

| | Americani | Italiani | Italiani _c |
|----------------------------|-----------|----------|-----------------------|
| Punteggio | 44,4% | 54,7% | 41,7% |
| P-value | 46% | 54% | |
| P-biserial | 0,42 | 0,35 | |
| α | 0,83 | 0,90 | |

Esaminando i risultati esposti dalla Tabella 20 alla Tabella 46 è possibile verificare in quali quesiti gli studenti italiani riscontrino maggiori difficoltà e in quali, invece, no. Nello specifico, le domande in cui la percentuale di risposte corrette è inferiore a quella di uno dei distrattori, divise in categorie, sono:

- **Movimenti in cielo:** domanda 1;

- **Struttura dell’Universo:** domanda 12, domanda 19;
- **Leggi e processi fisici:** domanda 21, domanda 24, domanda 26, domanda 27.

Appare evidente che la categoria più problematica per gli studenti è quella relativa alle conoscenze di Fisica. In Figura 4, Figura 5 e Figura 6 si riportano gli istogrammi contenenti i P-value delle risposte corrette suddivise nelle tre categorie. La scelta del TOAST come questionario risulta quindi appropriata, perché mette in evidenza questo aspetto, mentre un test unicamente di carattere astronomico non potrebbe. Di seguito si riporta un’analisi dettagliata di ogni domanda in cui si confrontano i dati ottenuti con quelli di Slater e quelli della letteratura. Per ogni domanda sono rappresentati in grafico le percentuali di risposta degli studenti italiani (dalla Figura 7 alla Figura 28)

Figura 4.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Movimenti in cielo”. Il valor medio di P-value per l’intero TOAST è di 54%

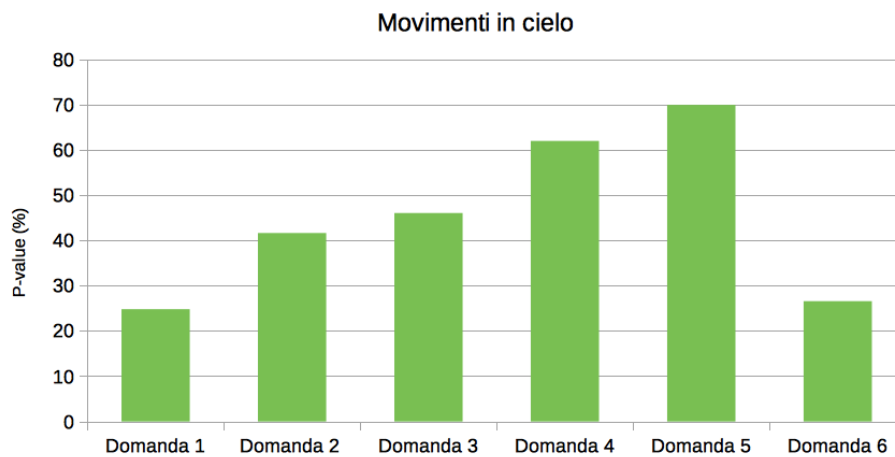


Figura 5.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Leggi e Processi fisici”. Il valor medio di P-value per l'intero TOAST è di 54%

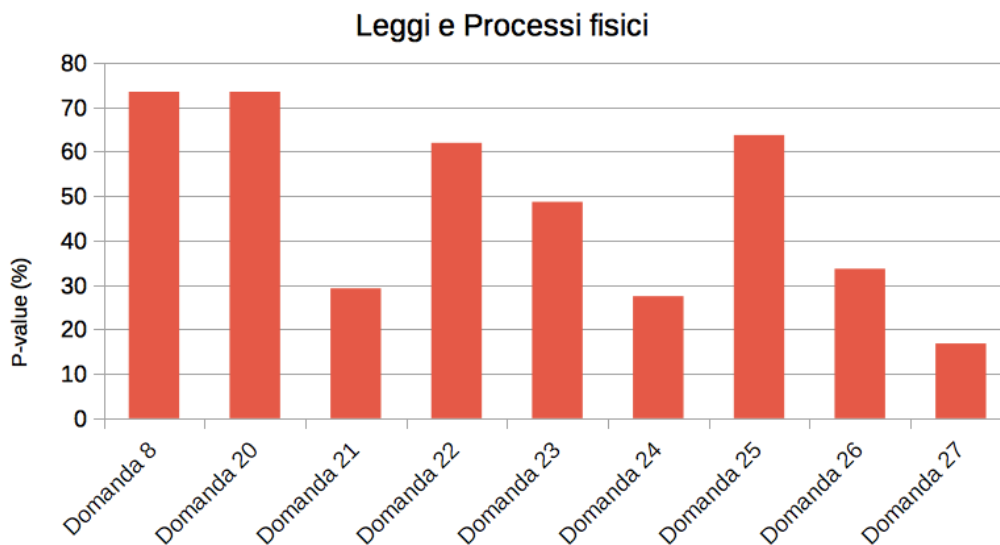
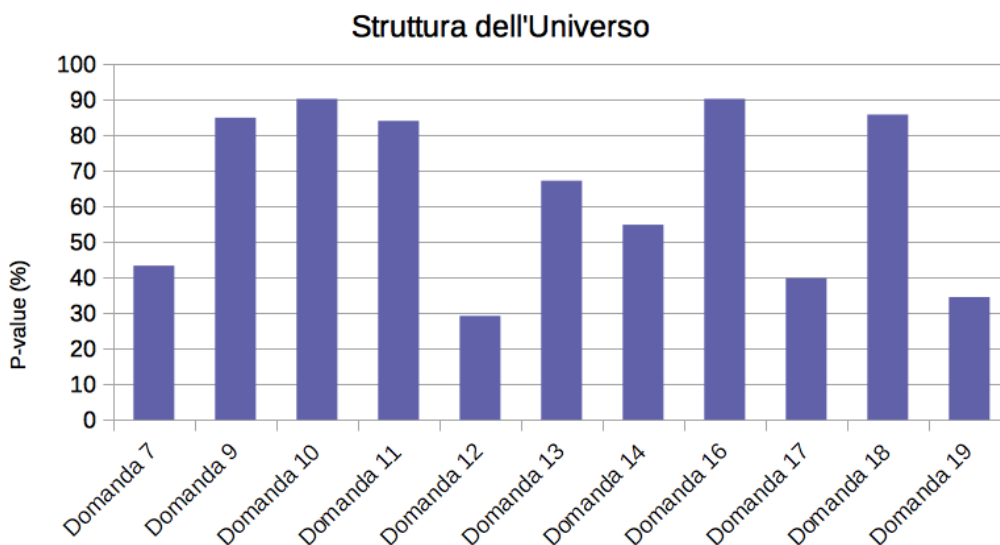


Figura 6.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Struttura dell’Universo”. Il valor medio di P-value per l'intero TOAST è di 54%



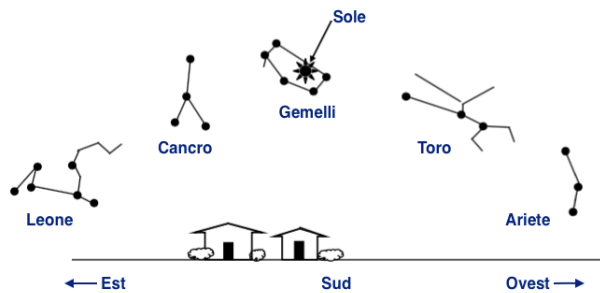
Domanda 1 e Domanda 2

La domanda 1 si riferisce al movimento del Sole e delle costellazioni nella volta celeste durante il giorno, mentre la domanda 2 riguarda il moto annuale che essi compiono sulla volta celeste. I risultati riferiti alle prima domanda sono riportati in Tabella 20 dove è possibile verificare come il 36,76% degli studenti americani e il 24,78% di quelli italiani individui la risposta corretta. Entrambi i gruppi di

studenti scelgono con maggior frequenza il distrattore C, con una percentuale del 63,72% per gli italiani e del 38,34% per gli americani. Emerge come sia radicata la convinzione che le stelle in cielo siano fisse e immobili sulla volta celeste nel corso della giornata. La medesima conclusione si evince dalla seconda domanda (Tabella 21) in cui studenti italiani e americani rispondono correttamente con una percentuale rispettivamente di 39,13% e 41,59%. Tuttavia entrambi i gruppi di alunni selezionano con un'alta percentuale i distrattori A ed E. Questo è in accordo con lo studio delle misconcezioni in Astronomia (Plummer e Krajcik, 2008) secondo il quale un preconcetto ben fondato, che compare già nei bambini di scuola primaria, è la immobilità delle stelle sulla volta celeste.

Tabella 20.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 1 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

1. Supponi di poter vedere le stelle anche durante il dì. La figura mostra come apparirebbe il cielo in un determinato giorno a mezzogiorno. Il Sole ha raggiunto il punto più alto sull'orizzonte e si trova vicino alla costellazione dei Gemelli. Al tramonto dello stesso giorno, vicino a quale costellazione si troverà il Sole?



- A. Leone
- B. Toro
- C. Ariete
- D. Cancro
- E. **Gemelli**

| | Studenti | A | B | C | D | E |
|-------------------|-----------|--------|-------|--------|-------|---------------|
| P-value | Americani | 11,07% | 2,77% | 38,34% | 2,77% | 36,76% |
| | Italiani | 6,19% | 3,54% | 63,72% | 1,77% | 24,78% |
| P-biserial | Americani | -0,14 | -0,11 | -0,22 | -0,11 | 0,44 |
| | Italiani | -0,22 | 0,09 | 0,24 | -0,18 | 0,22 |

Tabella 21.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 2 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | Studenti | A | B | C | D | E |
|-------------------|-----------|--------|-------|---------------|-------|--------|
| P-value | Americani | 17,79% | 7,51% | 39,13% | 6,72% | 18,18% |
| | Italiani | 17,70% | 6,19% | 41,59% | 8,85% | 25,66% |
| P-biserial | Americani | -0,14 | -0,16 | 0,43 | -0,11 | -0,18 |
| | Italiani | -0,17 | -0,06 | 0,15 | 0,12 | -0,07 |

2. La figura precedente mostra la posizione delle stelle a mezzogiorno, in un dato giorno. Dopo quanto tempo osserverai la costellazione dei Gemelli nella stessa posizione a mezzanotte?
- A. 12 ore
 B. 24 ore
 C. **6 mesi**
 D. 1 anno
 E. La costellazione dei Gemelli non può mai essere osservata in questa posizione a mezzanotte.

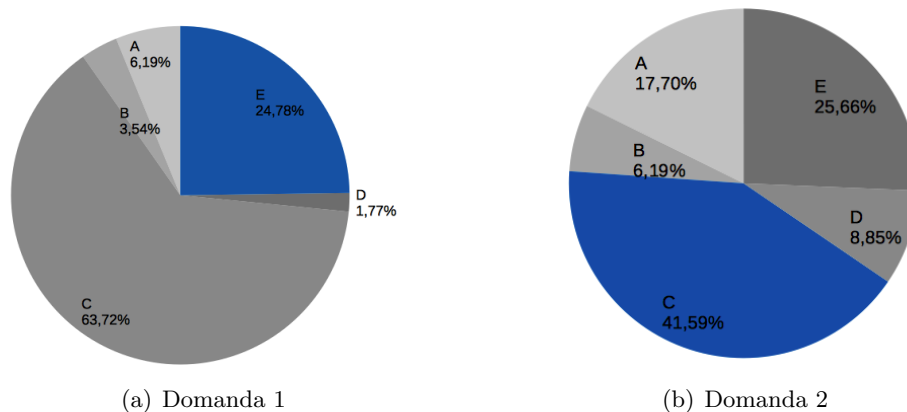


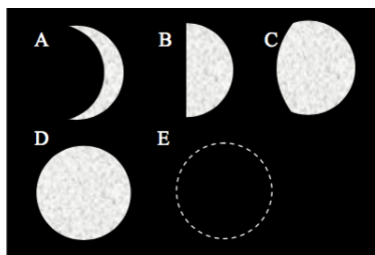
Figura 7.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 1 e alla domanda 2. La risposta corretta è rappresentata in blu..

Domanda 3

La domanda valuta la conoscenza degli studenti riguardo alle fasi lunari. Solo il 57,31% e il 46,02% di studenti, rispettivamente americani e italiani, rispondono correttamente alla domanda 3 (Tabella 22). In entrambi i casi, una percentuale non trascurabile sceglie i distrattori A e D, confermando la misconcezione per cui la fase lunare cambia con la rotazione terrestre, (Plummer e Krajcik, 2008). Altre ricerche sulle misconcezioni legate alle fasi lunari non spiegano, tuttavia, il motivo per cui gli studenti scelgano le risposte A e D con più frequenza rispetto alle B e C (Lindell e Sommer, 2004).

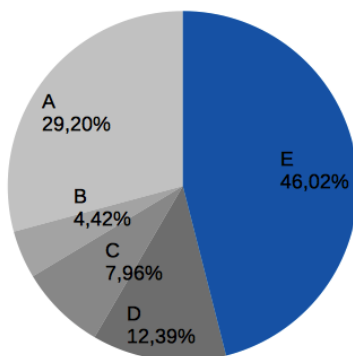
Tabella 22.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 3 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

3. Stai osservando l'orizzonte a est mentre la Luna sorge e scopri che è nella fase di Luna nuova. Quale delle seguenti opzioni rappresenta la forma della Luna quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte lo stesso giorno?



| | Studenti | A | B | C | D | E |
|-------------------|-----------|--------|-------|-------|--------|--------|
| P-value | Americani | 12,65% | 6,32% | 4,74% | 12,65% | 57,31% |
| | Italiani | 29,20% | 4,42% | 7,96% | 12,39% | 46,02% |
| P-biserial | Americani | -0,14 | -0,16 | -0,19 | -0,17 | 0,39 |
| | Italiani | -0,02 | -0,03 | -0,11 | -0,21 | 0,23 |

Figura 8.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 3. La risposta corretta è rappresentata in blu.



Domanda 4

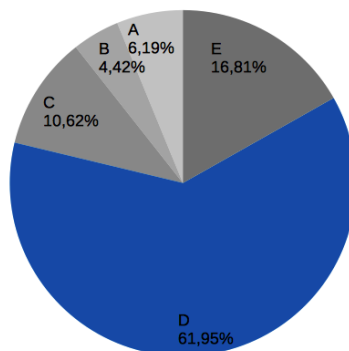
Una buona percentuale di studenti americani (65,61%) e di studenti italiani (61,95%) risponde correttamente a questa domanda, relativa al moto del Sole sulla volta celeste nel corso dell'anno (Tabella 23). In questo caso i distrattori scelti dai due diversi gruppi esaminati sono in parte differenti. In particolare, i distrattori B e C, presentano le percentuali più alte tra gli alunni americani, mentre i distrattori C ed E tra quelli italiani. Questo risultato conferma le ricerche secondo cui gli studenti non conoscono l'altezza del Sole sulla volta celeste nel corso delle stagioni (Sadler, 1992). Alcuni di loro ritengono, infatti, che durante l'Inverno il Sole raggiunge la posizione più alta in cielo. Lo stesso risultato compare nell'analisi relativa a bambini della

scuola primaria di primo grado e della scuola secondaria di primo grado (Plummer e Krajcik, 2008).

Tabella 23.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 4 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 4. Ti trovi in Italia il 1° Ottobre e osservi la posizione del Sole in cielo a mezzogiorno. Dopo due settimane, come sarà cambiata la posizione del Sole alla stessa ora? | | | | | | |
|---|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A. Il Sole si sarà spostato verso Nord. | | | | | | |
| B. Il Sole si troverà in una posizione più alta sull'orizzonte. | | | | | | |
| C. Il Sole sarà nella stessa posizione. | | | | | | |
| D. Il Sole si troverà in una posizione più bassa sull'orizzonte. | | | | | | |
| E. Il Sole si sarà spostato verso Ovest. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 3,95% | 12,25% | 9,49% | 65,61% | 3,95% |
| | Italiani | 6,19% | 4,42% | 10,62% | 61,95% | 16,81% |
| P-biserial | Americani | -0,16 | -0,17 | -0,29 | 0,46 | -0,13 |
| | Italiani | -0,10 | -0,07 | -0,15 | 0,34 | -0,21 |

Figura 9.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 4. La risposta corretta è rappresentata in blu.



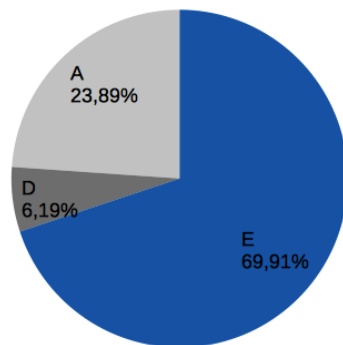
Domanda 5

Dalla Tabella 24 è possibile verificare che il 60,87% degli studenti americani risponde in maniera corretta alla domanda relativa alle fasi lunari. Una percentuale simile è calcolata per gli studenti italiani (69,91%). Il distrattore A raggiunge in entrambi i casi la percentuale di risposta più alta tra le risposte sbagliate. Esso identifica l'ombra che la Terra proietta sulla Luna come causa delle fasi lunari. Questo risultato è in accordo con molti studi sulle misconcezioni già condotti su questo argomento. Tra i più importanti quelli di Sadler (1992) sugli studenti di scuola secondaria di secondo grado, quelli di Baxter (1989) su bambini di scuola primaria di primo grado (Capitolo 3). È importante, inoltre, notare come le percentuali di risposta degli studenti italiani per i distrattori B e C siano entrambe dello 0%. Il motivo di ciò può essere dovuto all'utilizzo di un test costruito sulla base di interviste condotte su studenti americani e non italiani. Nessuno dei 113 immatricolati all'Università di Padova ritiene plausibili le risposte B e C.

Tabella 24.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 5 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 5. Quale delle seguenti affermazioni spiega correttamente le fasi lunari? | | | | | | |
| A. L'ombra della Terra copre parti diverse della Luna in momenti diversi. | | | | | | |
| B. La Luna è leggermente appiattita, con una forma a disco. Ci appare più o meno rotonda a seconda dell'angolo da cui la osserviamo. | | | | | | |
| C. Le nuvole dell'atmosfera terrestre possono coprire porzioni diverse della Luna dando luogo alle diverse fasi che osserviamo. | | | | | | |
| D. La luce del Sole riflessa dalla Terra illumina la Luna. Questo effetto è meno efficace quando la Luna è bassa sull'orizzonte rispetto a quando è più alta. | | | | | | |
| E. Vediamo solo una parte della faccia illuminata della Luna, a seconda della sua posizione rispetto alla Terra e al Sole. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 13,04% | 11,46% | 5,93% | 6,72% | 60,87% |
| | Italiani | 23,89% | 0% | 0% | 6,19% | 69,91% |
| P-biserial | Americani | -0,18 | 0 | -0,15 | -0,21 | 0,33 |
| | Italiani | 0 | - | - | -0,22 | 0,12 |

Figura 10.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 5. La risposta corretta è rappresentata in blu.



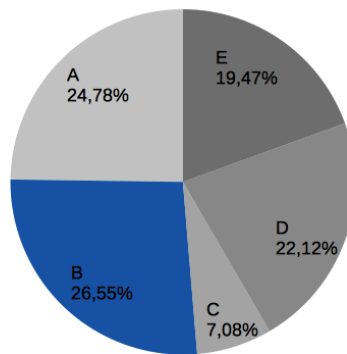
Domanda 6

La domanda 6 è relativa al moto diurno di Marte sulla volta celeste. Come è possibile notare dalla Tabella 25 solo il 23,32% degli studenti americani e il 26,55% di quelli italiani seleziona la risposta corretta. Il distrattore E raggiunge una percentuale di risposta molto elevata (39,53%) per gli alunni americani, mentre gli studenti italiani scelgono con percentuali simili i distrattori A e D ed E. Tale esito è dovuto alla scarsa conoscenza del moto dei corpi astronomici in cielo. La domanda chiede di prevedere la posizione di Marte al suo culmine e il distrattore E prevede come risposta che il pianeta raggiunga il massimo dell'altezza sull'orizzonte quando si trova allo zenit, mentre la risposta A prevede che Marte si sia spostato verso Nord e la D verso Ovest. Questa domanda mette maggiormente in risalto, rispetto alla domanda 4, la difficoltà degli studenti nell'interpretare il moto degli oggetti astronomici sulla volta celeste.

Tabella 25.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 6 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 6. Alle 18.30 osservi Marte sorgere a est. In quale direzione devi guardare per osservare Marte sei ore dopo, quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte? | | | | | | |
| A. Verso Nord | | | | | | |
| B. Verso Sud | | | | | | |
| C. Verso Est | | | | | | |
| D. Verso Ovest | | | | | | |
| E. In alto, sopra la testa | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 17% | 23,32% | 2,77% | 5,93% | 39,53% |
| | Italiani | 24,78% | 26,55% | 7,08% | 22,12% | 19,47% |
| P-biserial | Americani | -0,17 | 0,38 | -0,17 | -0,12 | -0,04 |
| | Italiani | -0,12 | 0,34 | -0,07 | -0,06 | -0,14 |

Figura 11.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 6. La risposta corretta è rappresentata in blu.



Domanda 7 e Domanda 12

Queste domande, relative all'alternarsi delle stagioni, sono di particolare interesse nello studio delle misconcezioni. Come per gli studenti americani (Sezione 4.3.3) anche gli immatricolati all'Università di Padova non riconoscono l'inclinazione dell'asse terrestre come causa del fenomeno (Tabella 26). Percentuali molto alte in entrambi i casi vengono ottenute dai distrattori della domanda 7, mostrando l'incapacità degli studenti di identificare l'inclinazione dell'asse terrestre come causa delle stagioni. In particolare gli studenti italiani prediligono il distrattore C a differenza degli americani che, invece, scelgono il distrattore B con più frequenza. Questo aspetto si riscontra anche nei risultati relativi alla domanda 12, dove il 40,43% degli alunni americani e solo il 29,20% degli italiani sceglie la risposta corretta. Il distrattori A B e C raggiungono in entrambi i casi percentuali molto elevate, confermando i risultati della domanda 7. In particolare per gli esaminati italiani il distrattore A, secondo cui le stagioni sono causate dall'ellitticità dell'orbita terrestre, raggiunge una percentuale del 37,17%, contro quella americana del 18,70%. Come già discusso per i risultati di Slater, il TOAST è in grado di mettere in evidenza la percentuale di studenti che comprendono realmente il motivo dell'alternarsi delle stagioni. Si possono citare numerosi altri studi che confermano lo stesso risultato. Tra i più importanti quelli di Sadler (1992), ma anche quelli di R. Atwood e V. Atwood (1996). Questi indagano le conoscenze astronomiche di un gruppo di *pre-service teacher*, ovvero di studenti che studiano per diventare insegnanti nella scuola primaria di primo grado o nella scuola secondaria di primo grado. Le stesse misconcezioni sull'alternarsi delle stagioni si presentano anche nella loro analisi e solo uno studente su 49 è in grado di fornire la spiegazione corretta. Tra i preconcetti riscontrati il più frequente è, anche in questo caso, quello secondo cui la distanza Terra-Sole sia la causa delle stagioni.

Tabella 26.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 7 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 7. Immagina che l'asse terrestre non sia inclinato rispetto al piano dell'orbita. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|-------|
| A. Non ci sarebbero più le stagioni | | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 52,96% | 22,92% | 13,04% | 4,35% |
| | Italiani | 43,36% | 22,12% | 24,78% | 9,73% |
| P-biserial | Americani | 0,28 | -0,05 | -0,21 | -0,11 |
| | Italiani | 0,34 | -0,11 | -0,26 | -0,03 |

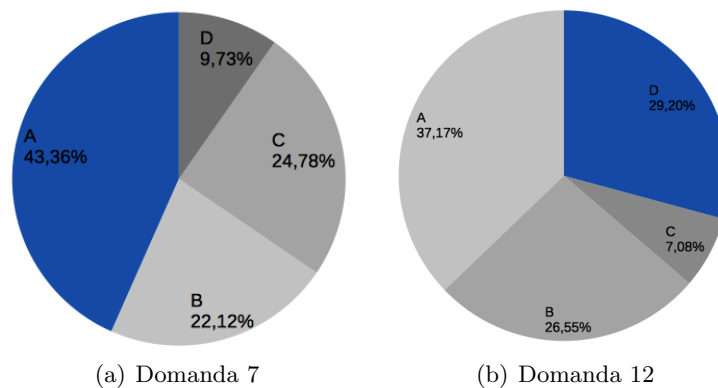


Figura 12.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 7 e alla domanda 12. La risposta corretta è rappresentata in blu..

Tabella 27.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 12 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 12. Immagina che l'orbita della Terra sia perfettamente circolare e quindi la distanza Terra-Sole sia sempre la stessa. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| A. Non ci sarebbero più le stagioni. | | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 18,7% | 27,83% | 13,04% | 40,43% |
| | Italiani | 37,17% | 26,55% | 7,08% | 29,20% |
| P-biserial | Americani | -0,31 | -0,09 | -0,22 | 0,50 |
| | Italiani | -0,22 | -0,14 | -0,27 | 0,52 |

Domanda 8 e Domanda 13

La domanda 8 è relativa alla produzione di elementi pesanti nel *core* delle stelle. Il 48,08% degli esaminati americani e il 73,45% di quelli italiani (Tabella 28) risponde correttamente, mentre una frazione non trascurabile si divide tra i rimanenti distrattori. La risposta A propone l'ipotesi che il Sole produca calore bruciando materiale, mentre i distrattori B e C si riferiscono a metodi alternativi di produzione di calore, rappresentando una risposta convincente per gli studenti americani, meno per quelli italiani. Solo il 2,65% e il 1,77% di loro sceglie rispettivamente B e C, contro 11,46% e 10,67% degli studenti americani. Il distrattore con percentuale di risposta più alta nel caso italiano è la risposta E, 11,50%, secondo cui l'energia solare proviene dal decadimento radioattivo. I risultati confermano gli studi di Agan (2004), che, intervistando studenti di scuola superiore e studenti universitari, indaga il loro livello di conoscenza riguardo la natura delle stelle. Nel corso della sua indagine molti definiscono una stella come una sfera di gas che brucia materiale. Le indagini di Bailey (2006), ideatrice del *Star Properties Concept Inventory* producono risultati consistenti a questi. La domanda 13 riguarda la definizione di stella. Dalla Tabella 29 è possibile notare come il 32,02% degli studenti americani e il 67,26% degli italiani risponda correttamente. Il distrattore che riscuote più successo è, nel caso americano, la risposta C, mentre, nel caso italiano, la risposta E. È importante notare il valore dell'indice di discriminazione delle due risposte. La scelta corretta ha un Point-biserial di 0,61 per gli americani e di 0,59 per gli italiani, mentre per il distrattore C vale rispettivamente $-0,36$ e $-0,25$. Questa differenza tra i Point-biserial è indicativa perché permette di comprendere quali studenti preferiscono il distrattore alla risposta esatta. In particolare, essendo il Point-biserial negativo per la risposta errata, significa che viene selezionata da studenti italiani e americani che mediamente non ottengono un buon punteggio totale nel test. Al contrario, la risposta giusta ha un indice di discriminazione positivo, a indicare che chi individua la risposta corretta ottiene un punteggio alto nel test.

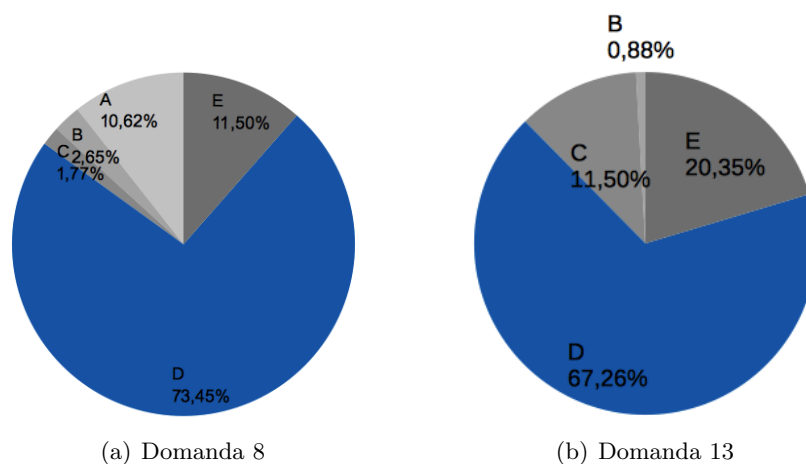


Figura 13.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 8 e alla domanda 13. La risposta corretta è rappresentata in blu..

Tabella 28.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 8 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 8. Come avviene la produzione di energia nel Sole? | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|---------------|--------|
| A. I gas all'interno del Sole bruciano, producendo una grande quantità di energia. | | | | | | |
| B. I gas all'interno del Sole si scaldano quando vengono compressi, rilasciando una grande quantità di energia. | | | | | | |
| C. I campi magnetici all'interno del Sole intrappolano calore che poi viene liberato come energia. | | | | | | |
| D. L'idrogeno si combina in elio, liberando una grande quantità di energia. | | | | | | |
| E. Il nucleo del Sole contiene atomi radioattivi che liberano energia quando decadono. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 18,97% | 11,46% | 10,67% | 43,08% | 8,3% |
| | Italiani | 10,62% | 2,65% | 1,77% | 73,45% | 11,50% |
| P-biserial | Americani | -0,26 | -0,15 | -0,18 | 0,58 | -0,14 |
| | Italiani | -0,27 | -0,19 | -0,24 | 0,48 | -0,21 |

Tabella 29.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 13 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 13. Che cos'è una stella? | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|--------|---------------|--------|
| A. Una sfera di gas che riflette la luce di un'altra sorgente di energia. | | | | | | |
| B. Un punto che emette luce nell'atmosfera terrestre. | | | | | | |
| C. Una sfera di gas molto calda, che produce energia bruciando i gas. | | | | | | |
| D. Una sfera di gas molto calda, che produce energia combinando atomi leggeri in atomi più pesanti. | | | | | | |
| E. Una sfera di gas molto calda, che produce energia rompendo gli atomi in atomi più leggeri. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 7,51% | 2,77% | 35,18% | 32,02% | 11,86% |
| | Italiani | 0% | 0,88% | 11,50% | 67,26% | 20,35% |
| P-biserial | Americani | -0,14 | -0,08 | -0,36 | 0,61 | -0,08 |
| | Italiani | - | -0,14 | -0,25 | 0,59 | -0,46 |

Domanda 9

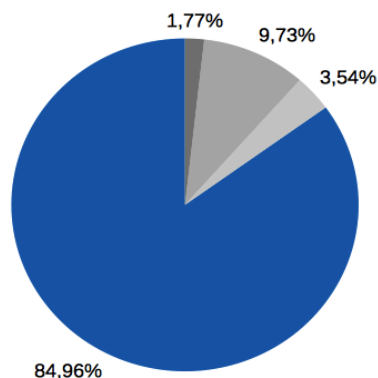
Questa domanda rientra tra quelle create appositamente per il TOAST e i risultati ottenuti mostrano che soddisfa i criteri di affidabilità e validità. La domanda vuole

valutare la conoscenza degli studenti riguardo all'evoluzione dell'Universo. Come si evince dalla Tabella 30, il 46,64% degli studenti americani individua la risposta corretta, mentre per gli italiani il P-value delle risposta esatta è del 84,96%. Le percentuali di frequenza di risposta raggiunte dai distrattori B, C e D non sono trascurabili nel caso americano, mentre sono meno rilevanti per quello italiano. Gli esiti ottenuti sono in accordo con le ricerche condotte su 340 studenti di scuola media, 153 di scuola superiore e 167 del College (Prather et al., 2002). Le loro indagini indicano che il 62% degli studenti di scuola media, il 70% di scuola superiore e l'80% del College sostiene che il Big Bang sia un'esplosione avvenuta in uno stato di materia già preesistente.

Tabella 30.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 9 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 9. Il Big Bang è: | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| A. L'evento che ha dato origine a tutta la materia e lo spazio da un punto di densità di energia infinita. | | | | | |
| B. L'evento che ha formato tutta la materia e l'ha distribuita nello spazio. | | | | | |
| C. L'evento che ha distribuito nello spazio tutta la materia e l'energia. | | | | | |
| D. L'evento che ha determinato l'attuale configurazione dei sistemi planetari. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 46,64% | 10,67% | 23,32% | 23,32% |
| | Italiani | 84,96% | 3,54% | 9,73% | 1,77% |
| P-biserial | Americani | 0,32 | -0,22 | -0,04 | -0,15 |
| | Italiani | 0,19 | -0,11 | 0,04 | -0,21 |

Figura 14.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 9. La risposta corretta è rappresentata in blu.



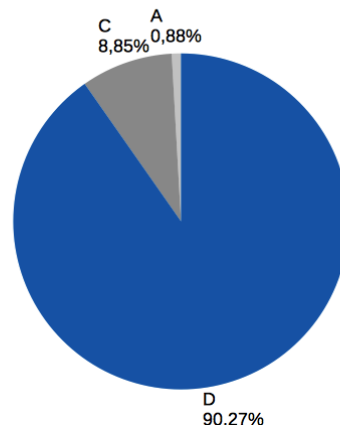
Domanda 10

Alla domanda 10, riguardante la scala delle distanze, rispettivamente il 63,24% e il 90,27% degli studenti americani e italiani risponde correttamente (Tabella 31). Il distrattore C riscuote in entrambi i casi la maggior percentuale di risposta tra le alternative errate. Esso afferma che la Stella Polare è più vicina alla Terra rispetto al Sole. Gli studenti americani manifestano un'incertezza maggiore riguardo alla disposizione degli oggetti astronomici all'interno del Sistema Solare, mentre tale confusione non è così evidente per gli alunni italiani. Anche in questo caso, infatti, due distrattori ricevono una percentuale di risposta pari allo 0%. Il risultato ottenuto da Slater conferma quelli già presenti in letteratura secondo i quali gli studenti di scuola superiore (S. Slater, Morrow et al., 2008) e dell'Università (Fanetti, 2001) hanno una visione distorta delle distanze all'interno del Sistema Solare. Le stesse misconcezioni non vengono riscontrate con frequenza così elevata negli studenti italiani analizzati in questo elaborato.

Tabella 31.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 10 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|--------|---------------|-------|
| 10. Devi mettere in ordine alcuni riferimenti astronomici, dal più vicino alla Terra al più lontano dalla Terra. Qual è la successione corretta? | | | | | | |
| A. Il Sole, la Luna, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia. | | | | | | |
| B. Il Sole, la stella Polare, la Luna, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare. | | | | | | |
| C. La Luna, la stella Polare, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, l'estremità della nostra galassia. | | | | | | |
| D. La Luna, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia. | | | | | | |
| E. La stella Polare, la Luna, il Sole, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 4,35% | 2,37% | 18,58% | 63,24% | 5,53% |
| | Italiani | 0,88% | 0% | 8,85% | 90,27% | 0% |
| P-biserial | Americani | -0,13 | -0,19 | -0,21 | 0,40 | -0,14 |
| | Italiani | -0,17 | - | - | 0,36 | -0,32 |

Figura 15.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 10. La risposta corretta è rappresentata in blu.



Domanda 11

La Tabella 32 riporta i dati relativi alla domanda 11, relativa alla scala delle distanze. La tabella mostra come il 60,08% degli esaminati americani scelga la risposta corretta. Il rimanente 39,92% si divide più o meno in egual modo nella scelta dei restanti distrattori, suggerendo che tra questi non viene individuata una risposta preferenziale. Il P-value della risposta corretta nel caso italiano è più alto e vale 84,07%, dimostrando mediamente una buona conoscenza delle dimensioni degli oggetti astronomici. Gli studi condotti su questo argomento sono quelli di S. Slater (2014), che indagano la possibilità di utilizzare un approccio didattico cinestetico, cioè di movimento, che permetta agli studenti di sviluppare nuove abilità di ragionamento. Il campo è, tuttavia, ancora in espansione e aperto a ricerche più approfondite.

Figura 16.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 11. La risposta corretta è rappresentata in blu.

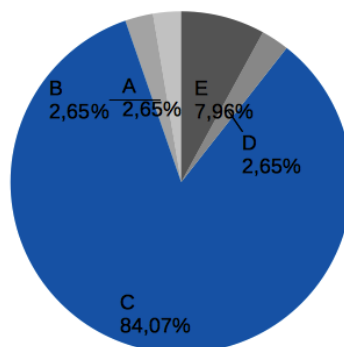
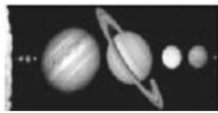
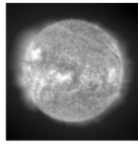


Tabella 32.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 11 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

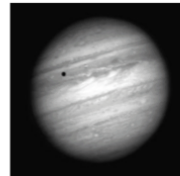
11. Devi mettere in ordine i seguenti oggetti e sistemi astronomici, dal più piccolo al più grande. Qual è la successione corretta?



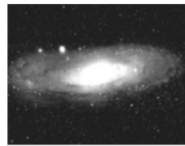
A. Sistema Solare



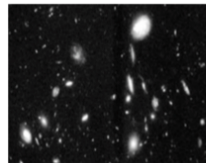
B. Sole



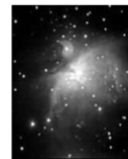
C. Giove



D. Andromeda



E. Ammasso di galassie



F. Nebulosa

- A. $C < F < B < A < D < E$
 B. $E < D < F < A < B < C$
 C. $C < B < A < F < D < E$
 D. $F < C < B < A < D < E$
 E. Nessuna delle precedenti

| | Studenti | A | B | C | D | E |
|-------------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|
| P-value | Americani | 9,09% | 10,28% | 60,08% | 8,3% | 7,11% |
| | Italiani | 2,65% | 2,65% | 84,07% | 2,65% | 7,96% |
| P-biserial | Americani | -0,15 | -0,19 | 0,39 | -0,25 | -0,11 |
| | Italiani | -0,04 | -0,08 | 0,11 | -0,28 | 0,09 |

Domanda 14

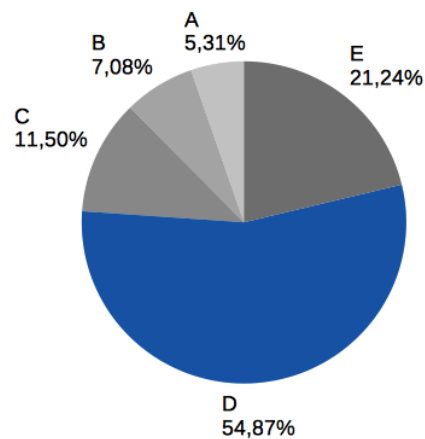
La domanda 14 è relativa all'evoluzione stellare. Osservando i risultati in Tabella 33 è possibile concludere che gli studenti rispondono a questa domanda senza privilegiare un particolare distrattore. Solo il 39,13% degli esaminati americani risponde correttamente, mentre per gli italiani tale percentuale sale al 54,87%. Il distrattore che riscuote maggior successo nell'indagine americana di Slater è la risposta B, ma nell'analisi italiana è la risposta E. Alcuni studenti italiani (11,50%), probabilmente facendo riferimento al diagramma di Hertzsprung-Russell, individuano come caratteristica importante per l'evoluzione di una stella il suo colore. La percentuale di studenti americani che sceglie tale risposta è più bassa (4,35%). I risultati ottenuti da questa domanda, sia nel caso italiano che in quello americano, sono in accordo con le ricerche condotte in questo ambito, per cui gli studenti non manifestano misconcezioni particolarmente fondate. Le percentuali di risposta ottenute dai distrattori di questa domanda, infatti, non presentano percentuali particolarmente elevate. Come dimostra Comins (2001) gli alunni sembrano modificare con facilità le proprie cre-

denze riguardo alle caratteristiche delle stelle. Oltre ai suoi studi in questo ambito si collocano anche le ricerche di Agan (2004), che confermano gli stessi risultati.

Tabella 33.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 14 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 14. Quale proprietà di una stella determina le caratteristiche della sua evoluzione? | | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A. Luminosità | | | | | | |
| B. Temperatura | | | | | | |
| C. Colore | | | | | | |
| D. Massa | | | | | | |
| E. Composizione chimica | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 12,65% | 19,37% | 4,35% | 39,13% | 13,04% |
| | Italiani | 5,31% | 7,08% | 11,50% | 54,87% | 21,24% |
| P-biserial | Americani | -0,23 | -0,19 | -0,03 | 0,43 | -0,13 |
| | Italiani | -0,25 | -0,24 | 0,18 | 0,41 | -0,07 |

Figura 17.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 14. La risposta corretta è rappresentata in blu.



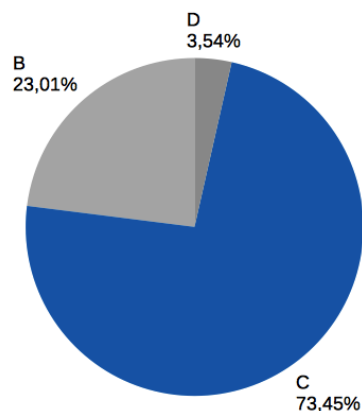
Domanda 15

Questa è una delle domande create unicamente per il TOAST a causa del poco materiale disponibile in letteratura riferito al concetto di espansione dell'Universo. Dalla Tabella 34 è possibile notare come il 32,81% dei candidati americani e il 73,45% di quelli italiani risponda correttamente. Particolare successo è riscosso in entrambi i casi dal distrattore B, 30,36% e 23,01%, secondo il quale le galassie si stanno espandendo in uno spazio vuoto e preesistente. Questa misconcezione fa riferimento a quella già valutata dalla domanda 9, per la quale il distrattore più efficace è rappresentato dalla risposta C, secondo cui il Big Bang dispone tutta la materia in uno spazio preesistente (Tabella 30).

Tabella 34.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 15 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 15. I dati che abbiamo oggi sull'evoluzione dell'Universo ci dicono che: | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| A. La Terra si trova vicino al centro dell'Universo. | | | | | |
| B. Le galassie si stanno espandendo nello spazio vuoto. | | | | | |
| C. I gruppi di galassie si stanno allontanando gli uni dagli altri. | | | | | |
| D. Le galassie vicine sono più giovani di quelle lontane. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 17,86% | 30,36% | 32,81% | 14,73% |
| | Italiani | 0% | 23,01% | 73,45% | 3,54% |
| P-biserial | Americani | -0,21 | -0,12 | 0,41 | -0,14 |
| | Italiani | - | -0,29 | 0,28 | 0 |

Figura 18.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 15. La risposta corretta è rappresentata in blu.



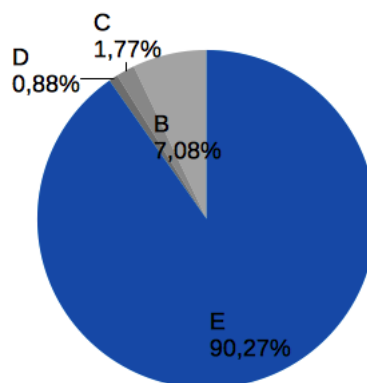
Domanda16

Questa domanda (Tabella 35), relativa alla formazione stellare, non sembra manifestare la presenza di un pregiudizio particolarmente evidente in nessuna delle due indagini. Infatti, le risposte errate non vengono selezionate con una frequenza indicativamente elevata. Questo conferma quanto detto per l'argomento relativo alle caratteristiche delle stelle. Gli studenti non manifestano in questo ambito misconcezioni evidenti. In particolare, il distrattore A presenta per gli alunni italiani una percentuale di risposta dello 0%, mostrando come il TOAST, nonostante risulti valido e affidabile anche nel contesto italiano, non sia efficace come nel caso americano.

Tabella 35.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 16 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 16. Le stelle iniziano la loro vita come: | | | | | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A. Un frammento di stella o di pianeta. | | | | | | |
| B. Una nana bianca. | | | | | | |
| C. Materia presente nell'atmosfera terrestre. | | | | | | |
| D. Un buco nero. | | | | | | |
| E. Una nube di gas e polvere. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 3,16% | 7,11% | 5,53% | 1,98% | 79,45% |
| | Italiani | 0% | 7,08% | 1,77% | 0,88% | 90,27% |
| P-biserial | Americani | -0,07 | -0,28 | -0,16 | -0,16 | 0,42 |
| | Italiani | - | -0,24 | -0,15 | -0,13 | 0,31 |

Figura 19.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 16. La risposta corretta è rappresentata in blu.

*Domanda 17*

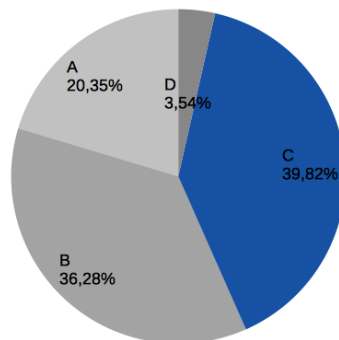
Anche questa domanda, relativa all'evoluzione stellare, conferma le ricerche presenti in letteratura, mostrando come il 28,46% degli esaminati americani e il 39,83% di

quelli italiani risponda correttamente. Percentuali molto alte vengono raggiunte dal distrattore A e dal distrattore B (Tabella 36). Le percentuali non si discostano di molto le une dalle altre, dimostrando come non ci sia una misconcezione particolarmente dominante. Questi risultati, a cui si aggiungono quelli delle domanda 13, 14 e 16, rivelano come gli studenti immatricolati al corso di laurea in Astronomia non abbiano conoscenze approfondite riguardo alle proprietà del Sole e delle stelle.

Tabella 36.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 17 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 17. Cosa accadrà al Sole al termine della sua vita? | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|-------|
| A. Diventerà un buco nero. | | | | | |
| B. Esploserà distruggendo la Terra. | | | | | |
| C. Perderà il rivestimento esterno, mantenendo il nucleo interno. | | | | | |
| D. A causa della sua massa, non morirà. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 25,69% | 26,09% | 28,46% | 8,97% |
| | Italiani | 20,35% | 36,28% | 39,82% | 3,54% |
| P-biserial | Americani | -0,21 | -0,02 | 0,29 | -0,13 |
| | Italiani | -0,40 | -0,19 | 0,50 | 0,01 |

Figura 20.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 17. La risposta corretta è rappresentata in blu.



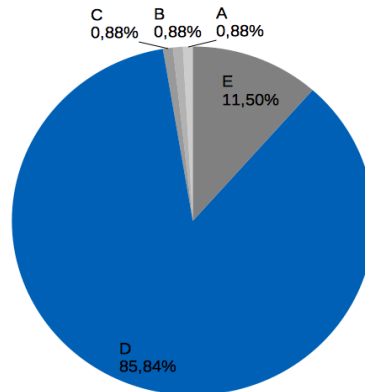
Domanda 18

Questa domanda, che fa parte dei quattro quesiti creati per il TOAST, vuole valutare le conoscenze degli studenti sulla struttura del Sistema Solare. I dati relativi a tale quesito, riportati in Tabella 37, indicano come il 30,83% degli studenti americani creda che all'interno del Sistema Solare ci siano altre stelle oltre al Sole, distrattore E. La percentuale relativa all'indagine italiana è sostanzialmente differente, essa riporta solo un 11,50% di risposte per questo distrattore, che rappresenta tuttavia la risposta errata con la più alta percentuale. Il risultato dell'indagine di Slater in modo più evidente di quello dell'indagine sugli studenti italiani è in accordo con quanto già messo in evidenza dalla domanda 11 e dagli studi di Agan (2004) e S. Slater, Schleigh et al. (2015) secondo cui un preconcetto diffuso riguarda la distanza delle stelle rispetto al Sole. Purtroppo dalle analisi di questa domanda non è chiaro se chi sceglie la risposta corretta sia consapevole che nel Sistema Solare c'è un'unica stella. Questo mancanza lascia spazio a ulteriori ricerche.

Tabella 37.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 18 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 18. Sei su una navicella spaziale che si trova vicino al sole e parti in direzione di Plutone. Quali oggetti astronomici incontrerai durante il viaggio? | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| A. Pianeti | | | | | | |
| B. Stelle | | | | | | |
| C. Lune | | | | | | |
| D. Due di questi oggetti. | | | | | | |
| E. Tutti gli oggetti sopra elencati. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 1,58% | 2,77% | 2,77% | 56,13% | 30,83% |
| | Italiani | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 85,84% | 11,50% |
| P-biserial | Americani | -0,07 | -0,08 | -0,13 | 0,40 | 0,42 |
| | Italiani | -0,10 | -0,17 | -0,06 | 0,26 | -0,18 |

Figura 21.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 18. La risposta corretta è rappresentata in blu.



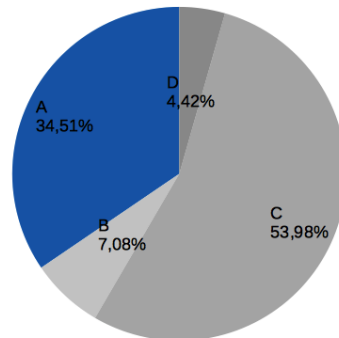
Domanda 19

Questa domanda, creata dal gruppo di Slater unicamente per il TOAST, vuole testare le convinzioni degli studenti riguardo alla nascita del Sistema Solare. In particolare, come mostra la Tabella 38, i distrattori indicati sono particolarmente efficaci: solo il 22,92% nel caso americano e il 34,51% nel caso italiano giunge alla risposta corretta. Il distrattore B viene scelto da chi ritiene che il Big Bang formi il Sole e i Pianeti. La stessa misnouncezione, secondo cui il Big Bang produca gli oggetti celesti oggi esistenti, è rilevata dalla domanda 9. Il distrattore C rappresenta un'ipotesi smentita di formazione del Sistema Solare, mentre il distrattore D viene selezionato da chi confonde il meccanismo di fusione delle stelle e lo attribuisce ai pianeti. In entrambe le indagini il distrattore con la percentuale più alta è la risposta C. Gli studenti non riconoscono la formazione del Sole e dei Pianeti come derivante dallo stesso evento.

Tabella 38.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 19 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 19. Come si è formato il sistema di pianeti che orbita attorno al Sole? | | | | | |
| A. I pianeti si sono formati dallo stesso materiale da cui si è formato il Sole. | | | | | |
| B. I pianeti e il Sole si sono formati all'epoca del Big Bang. | | | | | |
| C. I pianeti sono stati catturati dalla gravità del Sole. | | | | | |
| D. I pianeti si sono formati dalla fusione dell'Idrogeno nei rispettivi nuclei. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 22,92% | 18,18% | 33,6% | 11,86% |
| | Italiani | 34,51% | 7,09% | 53,98% | 4,42% |
| P-biserial | Americani | 0,56 | -0,18 | 0,22 | -0,16 |
| | Italiani | 0,54 | -0,26 | -0,32 | -0,15 |

Figura 22.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 19. La risposta corretta è rappresentata in blu.



Domanda 20 e 21

Entrambe le domande vogliono valutare la conoscenza degli studenti riguardo la gravità. La Domanda 20 rileva che gli studenti sono in grado di scegliere la risposta corretta tra i distrattori proposti (Tabella 39). Tale comportamento risulta più evidente nel caso italiano, in cui la percentuale di risposta corretta è del 73,45% contro il 45,18% del caso americano. La risposta A, che in entrambi i casi raggiunge la percentuale più alta fra le risposte sbagliate, prevede che la gravità di cui risentiamo sia esercitata dal peso dell'atmosfera terrestre. Il distrattore B è scelto dagli studenti che non conoscono l'andamento della accelerazione gravitazionale in funzione della distanza. Infine, il distrattore C prevede che la gravità sia un effetto della rotazione terrestre. I risultati, anche in questo caso coincidono con quelli della letteratura. Anche la domanda 21 è relativa al concetto di gravità. Tuttavia, a differenza della domanda 20, la percentuale di risposta corretta è sensibilmente inferiore nell'indagine italiana rispetto a quella americana. In particolare, il 45,13% degli studenti italiani ritiene che sullo Space Shuttle non ci sia gravità. I risultati sono esposti in Tabella 40.

Tabella 39.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 20 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 20. Che cosa renderebbe il tuo peso la metà di quello attuale? | | | | | |
| A. Togliere metà dell'atmosfera terrestre. | | | | | |
| B. Raddoppiare la distanza Terra-Sole. | | | | | |
| C. Dimezzare la velocità di rotazione della Terra attorno al proprio asse. | | | | | |
| D. Dimezzare la massa della Terra. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 21,46% | 18,91% | 14,45% | 45,18% |
| | Italiani | 14,16% | 4,42% | 7,96% | 73,45% |
| P-biserial | Americani | -0,13 | -0,14 | -0,07 | 0,42 |
| | Italiani | -0,32 | -0,05 | -0,20 | 0,40 |

Tabella 40.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 21 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 21. Gli astronauti a bordo dello Space Shuttle in orbita attorno alla Terra "galleggiano" perché | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|
| A. Nello spazio non c'è gravità. | | | | | |
| B. Sono in caduta libera, proprio come lo Space Shuttle. | | | | | |
| C. Si trovano al di sopra dell'atmosfera terrestre. | | | | | |
| D. All'interno dello Space Shuttle c'è meno gravità. | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D |
| P-value | Americani | 28,92% | 40,16% | 19,34% | 11,58% |
| | Italiani | 45,13% | 29,20% | 14,04% | 10,62% |
| P-biserial | Americani | -0,13 | 0,47 | -0,07 | -0,15 |
| | Italiani | -0,41 | 0,51 | -0,04 | -0,03 |

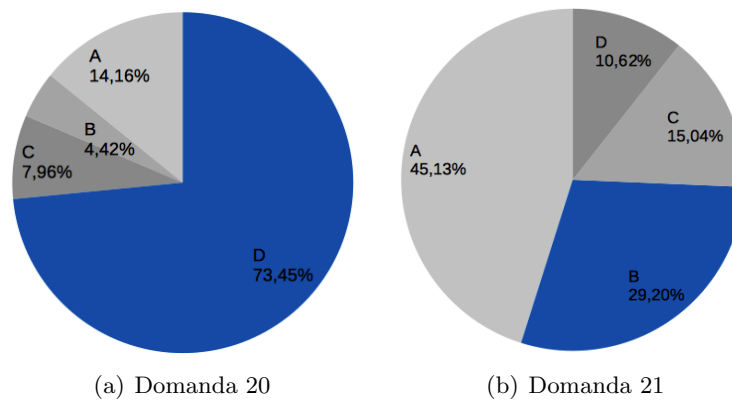


Figura 23.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 20 e alla domanda 21. La risposta corretta è rappresentata in blu.

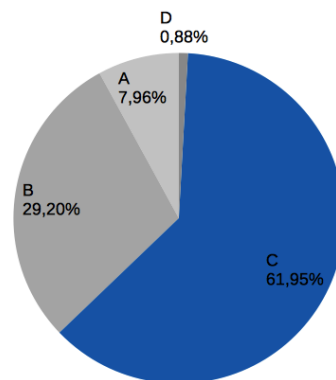
Domanda 22

I risultati di questa domanda, relativa alla produzione di elementi pesanti, mostrano come una percentuale consistente di studenti italiani e americani selezionò il distrattore B (Tabella 41). L'alta percentuale raggiunta da questo distrattore rispetto agli altri può derivare dal fatto che gli studenti individuino la transizione elettronica tra i livelli come causa dell'emissione di luce da parte di un atomo, ma non facciano attenzione alla direzione della transizione. Il distrattore B pertanto può essere selezionato da chi riconosce la causa scientifica del fenomeno, ma confonde il verso della transizione. Tuttavia, non è possibile fare riferimento a misconcezioni riportate in letteratura per questa domanda, sarebbe necessario condurre delle interviste per comprendere la rappresentazione mentale utilizzata dagli studenti in questo caso.

Tabella 41.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 22 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | Studenti | A | B | C | D |
|--|-----------|-------|--------|--------|-------|
| 22. Gli atomi liberano energia sotto forma di luce quando gli elettroni | | | | | |
| A. Vengono emessi dall'atomo. | | | | | |
| B. Si spostano da un livello a bassa energia a un livello ad alta energia. | | | | | |
| C. Si spostano da un livello ad alta energia a un livello a bassa energia. | | | | | |
| D. Si muovono lungo la loro orbita intorno al nucleo. | | | | | |
| P-value | Americani | 17% | 25,30% | 45,06% | 7,11% |
| | Italiani | 7,96% | 29,20% | 61,95% | 0,88% |
| P-biserial | Americani | -0,21 | -0,15 | 0,44 | -0,15 |
| | Italiani | -0,21 | -0,29 | 0,41 | -0,12 |

Figura 24.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 22. La risposta corretta è rappresentata in blu.



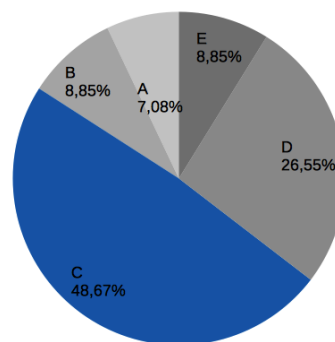
Domanda 23

La domanda valuta la conoscenza degli studenti sulle onde elettromagnetiche, in particolare sul confronto tra luce visibile e onde radio. La Tabella 42 mostra come in entrambi le indagini il distrattore D risulti particolarmente efficace, il 19,37% e il 26,55% rispettivamente degli studenti americani e italiani lo preferisce a discapito della risposta corretta, C. Questo risultato mostra come gli studenti di entrambi i gruppi risultino confusi riguardo alle proprietà della luce, in accordo con le ricerche di T. Slater et al. (1999).

Tabella 42.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 23 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 23. Quale delle seguenti affermazioni descrive correttamente il confronto tra luce visibile e onde radio? | | | | | | |
| A. Le onde radio hanno energia più bassa e viaggiano più lentamente della luce visibile. | | | | | | |
| B. La luce visibile ha lunghezza d'onda più corta ed energia più bassa delle onde radio. | | | | | | |
| C. Le onde radio hanno lunghezza d'onda più lunga e la stessa velocità della luce visibile. | | | | | | |
| D. La luce visibile ha energia più alta e viaggia più velocemente delle onde radio. | | | | | | |
| E. Le onde radio hanno lunghezza d'onda più corta ed energia più alta della luce visibile. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 12,65% | 11,46% | 40,32% | 19,37% | 7,91% |
| | Italiani | 7,08% | 8,85% | 48,67% | 26,55% | 8,85% |
| P-biserial | Americani | -0,04 | -0,2 | 0,50 | -0,27 | -0,09 |
| | Italiani | -0,16 | -0,24 | 0,41 | -0,20 | -0,03 |

Figura 25.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 23. La risposta corretta è rappresentata in blu.



Domanda 24

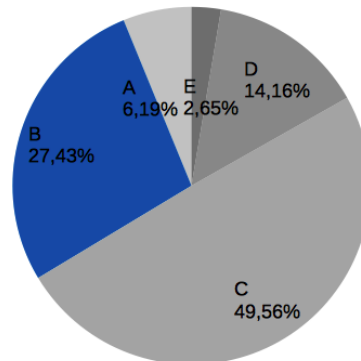
La domanda 24 vuole verificare le conoscenze degli studenti sulla produzione di elementi pesanti. Questa domanda produce in entrambi gli studi una percentuale di risposta corretta inferiore a quella ottenuta dal distrattore C, come mostra la Tabella 43. Come già discusso per la domanda 9 e la domanda 19 gli studenti manifestano alcune misconcezioni riguardo al concetto di Big Bang. In particolare, in questo caso il 49,56% e il 32,81% degli studenti italiani e americane sostiene che gli elementi pesanti si siano formati nell'istante del Big Bang. Il distrattore A, scelto in entrambi i casi da una percentuale molto bassa, è stato inserito per identificare chi tra gli studenti conosca il concetto secondo cui gli elementi pesanti si formano

nel *core* di alcune stelle, ma lo applichi erroneamente al caso del Sole. Gli studenti che selezionano questa risposta, infatti, dimostrano di conoscere ciò che avviene nel core delle stelle, ma sbagliano nel credere che il Sole produca elementi pesanti.

Tabella 43.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 24 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

| 24. Gli atomi presenti in una sedia di plastica sono stati formati: | | | | | | |
|---|-----------|-------|--------|--------|--------|-------|
| A. Nel Sole. | | | | | | |
| B. In una stella esistita prima della formazione del Sole. | | | | | | |
| C. Durante il Big Bang. | | | | | | |
| D. Circa 100 milioni di anni fa. | | | | | | |
| E. In una galassia lontana, in una zona differente dell'Universo primordiale. | | | | | | |
| | Studenti | A | B | C | D | E |
| P-value | Americani | 9,88% | 27,67% | 32,81% | 12,65% | 5,53% |
| | Italiani | 6,19% | 27,43% | 49,56% | 14,16% | 2,65% |
| P-biserial | Americani | -0,04 | 0,41 | -0,18 | -0,22 | -0,05 |
| | Italiani | 0,12 | 0,56 | -0,44 | -0,14 | -0,05 |

Figura 26.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 24. La risposta corretta è rappresentata in blu.

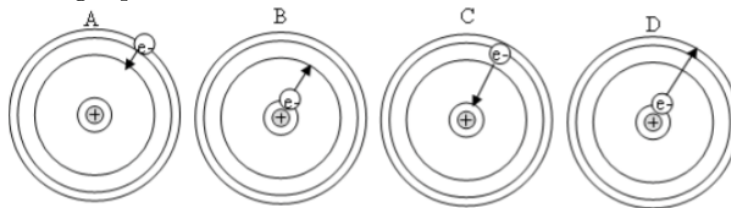


Domanda 25 e Domanda 26

La Tabella 44 e la Tabella 45 riportano le percentuali dei due gruppi di studenti per la domanda 25 e la domanda 26. Il concetto esaminato da entrambe le domande riguarda il fenomeno di assorbimento ed emissione della luce da parte degli atomi. La domanda riguardante l'assorbimento (domanda 25) riscuote un numero maggiore di risposte corrette rispetto alla domanda relativa all'emissione (domanda 26), nonostante il funzionamento del fenomeno sia il medesimo. Tale risultato non trova spiegazione nemmeno in altre ricerche (Bardar et al., 2007). È possibile, tuttavia, che la differenza nei risultati ottenuti dalle due domande sia dovuto alle quantità considerate. In un caso si richiede allo studente di ragionare in termini di energia del fotone, mentre nel secondo è necessario interpretare la figura in termini di lunghezza d'onda. Questo cambiamento da una domanda all'altra può confondere lo studente e condurlo a rispondere in maniera sbagliata.

Tabella 44.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 25 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

25. Quale degli atomi nella figura seguente assorbe la radiazione con l'energia più alta?



- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

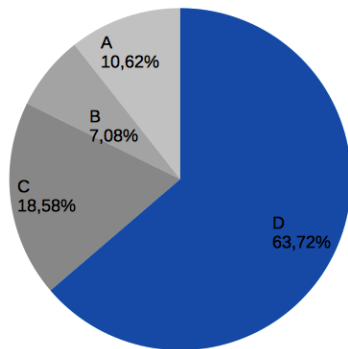
| | Studenti | A | B | C | D |
|-------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| P-value | Americani | 10,67% | 12,65% | 27,27% | 41,11% |
| | Italiani | 10,62% | 7,08% | 18,58% | 61,95% |
| P-biserial | Americani | -0,26 | -0,26 | -0,08 | 0,48 |
| | Italiani | -0,07 | -0,26 | -0,23 | 0,37 |

Tabella 45.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 26 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

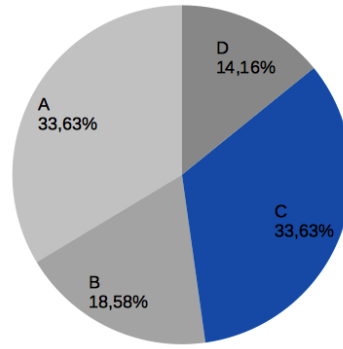
26. Quale degli atomi nella figura precedente emette la radiazione con la lunghezza d'onda più corta?

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

| | Studenti | A | B | C | D |
|-------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| P-value | Americani | 26,09% | 28,06% | 19,76% | 16,21% |
| | Italiani | 33,63% | 18,58% | 33,63% | 14,16% |
| P-biserial | Americani | 0,14 | -0,22 | 0,31 | -0,13 |
| | Italiani | -0,03 | -0,35 | 0,41 | -0,12 |



(a) Domanda 25



(b) Domanda 26

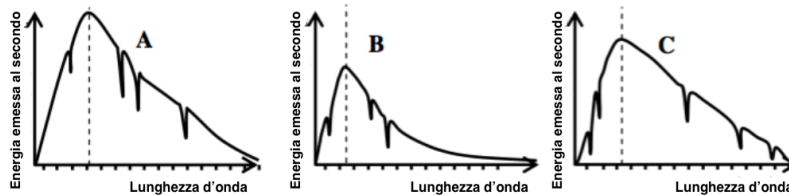
Figura 27.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 25 e alla domanda 26. La risposta corretta è rappresentata in blu..

Domanda 27

Questa domanda, che verifica le conoscenze riguardo alla curva di corpo nero, mette in difficoltà studenti americani e italiani. Come mostra la Tabella 46 in entrambi i casi le percentuali di risposta corretta sono molto basse e vengono superate da quelle relative al distrattore A. Questa rappresenta la domanda con la percentuale più bassa per la risposta corretta nel caso degli studenti italiani.

Tabella 46.: Confronto tra i P-value e i Point-biserial della domanda 27 ottenuti nell'indagine di Slater e nell'indagine sugli studenti italiani. In blu vengono riportati i dati relativi alla risposta corretta.

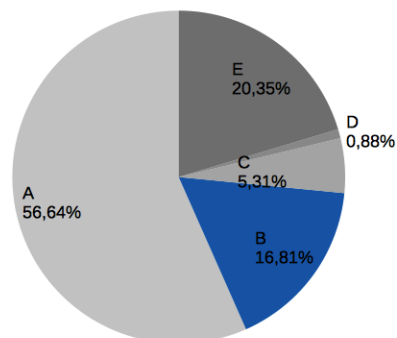
27. I grafici nella figura seguente mostrano l'energia emessa al secondo da tre oggetti (A, B e C) in funzione della lunghezza d'onda. Quale oggetto ha la temperatura più alta?



- A. A
- B. B
- C. C
- D. I tre oggetti hanno la stessa temperatura.
- E. Non ci sono abbastanza informazioni per rispondere.

| | Studenti | A | B | C | D | E |
|-------------------|-----------|--------|--------|-------|-------|--------|
| P-value | Americani | 35,18% | 25,69% | 8,3% | 6,72% | 11,46% |
| | Italiani | 56,64% | 16,81% | 5,31% | 0,88% | 20,35% |
| P-biserial | Americani | -0,14 | 0,37 | -0,18 | -0,05 | -0,08 |
| | Italiani | 0,07 | 0,11 | -0,08 | -0,14 | -0,12 |

Figura 28.: Percentuali di risposta degli studenti italiani alla domanda 27. La risposta corretta è rappresentata in blu.



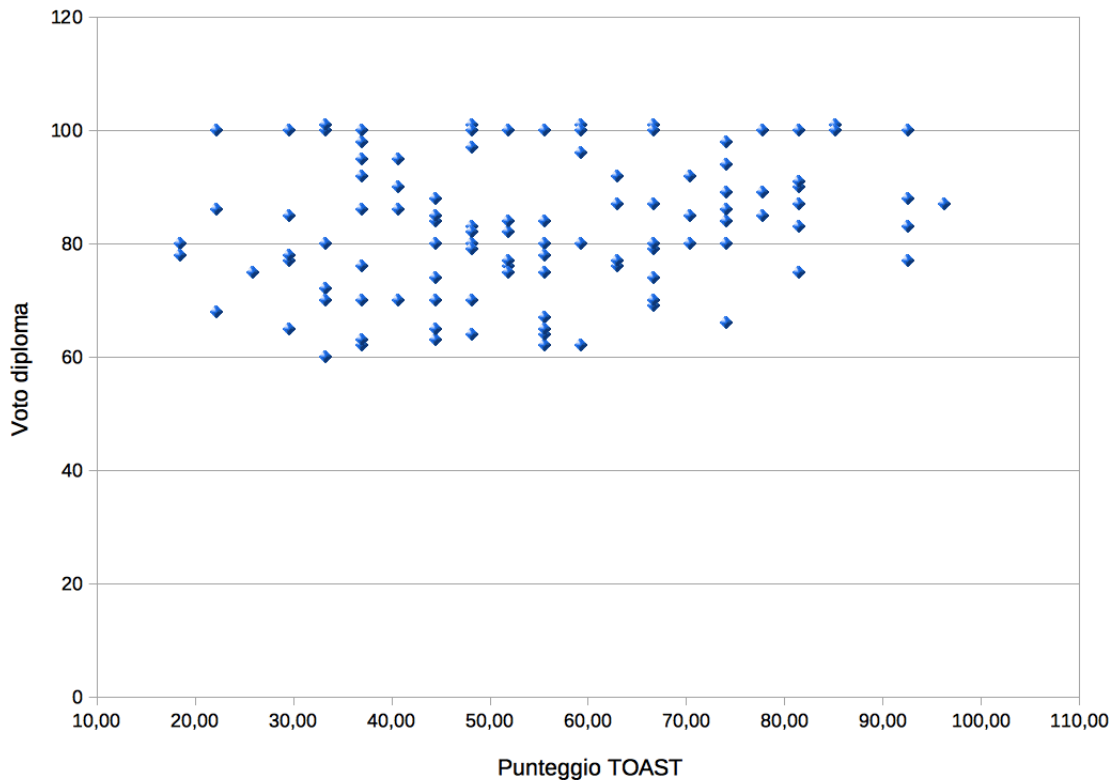
Il confronto proposto in questa sezione mostra come in molte domande i due gruppi di studenti manifestino le medesime difficoltà. In particolare, ciò risultata evidente nel caso dell'alternarsi delle stagioni (domanda 7 e 12), nel caso del movimento delle stelle e dei pianeti sulla volta celeste (domanda 1 e 6), nella corretta interpretazione del Big Bang (domanda 19) e nella nozione di gravità (domanda 21 e 20). L'indagine permette, pertanto, di verificare la presenza di varie misconcezioni. Tra quelle individuate, le più frequenti tra gli studenti italiani risultano essere:

- Le stelle non si muovono sulla volta celeste (domanda 1);
- L'ellitticità dell'orbita terrestre intorno al Sole ha effetti significativi sull'alternarsi delle stagioni (domanda 7 e 12);
- I pianeti che fanno parte del Sistema Solare sono stati catturati dalla gravità del Sole (domanda 19);
- Gli astronauti nello Space Shuttle fluttuano poiché non risentono della gravità terrestre (domanda 21);
- Una stella con Temperatura più alta ha il picco di intensità nella curva di corpo nero più elevato (domanda 27).

Alcuni distrattori proposti nel test e considerati efficienti nell'indagine di Slater, tuttavia, ottengono una percentuale dello 0% nell'indagine italiana (domanda 5, domanda 10, domanda 13, domanda 15 e domanda 16). Essi sono inseriti nel TOAST perché riferenti a misconcezioni riscontrate nelle interviste condotte su studenti americani. Queste stesse misconcezioni non sembrano presentarsi sugli studenti italiani. Per questo motivo, nonostante l'utilizzo del TOAST per gli immatricolati di Padova rappresenti una scelta valida, sarebbe più efficace utilizzare uno strumento costruito a partire dalle interviste sugli studenti italiani. La produzione futura di un questionario italiano permetterebbe, infatti, di rilevare misconcezioni non rilevate dal TOAST.

Prima di procedere con l'analisi del questionario motivazionale si riportano i risultati ottenuti dal confronto tra i punteggi del TOAST e il voto di diploma conseguito dagli studenti. Dall'indagine anagrafica emerge che il voto medio di diploma è di 83. Per il test d'ingresso di Astronomia risulta che il 73% degli studenti non ha conseguito il debito formativo in matematica. Come anticipato, uno dei motivi per cui vengono introdotte queste due domande è quello di verificare la correlazione tra il voto di diploma, il punteggio del TOAST e il conseguimento del debito formativo. In particolare da questa analisi risulta un indice di correlazione tra voto di diploma e punteggio del TOAST di 0,23, mentre quello tra il punteggio del TOAST e il raggiungimento del debito formativo è di 0,32. Entrambi indicano una debole correlazione, ma se ciò è prevedibile per il voto di maturità, perché ottenuto da scuola e da prove differenti, non lo è per il test d'ingresso di Astronomia. Esso dovrebbe avere una correlazione più forte col punteggio del TOAST, poiché mira a valutare le competenze in ambito scientifico delle matricole. In Figura 29 è riportata la distribuzione dei voti di diploma in funzione di quella ottenuta nel TOAST. Dal grafico è possibile notare come studenti che si sono diplomati con voti alti non necessariamente raggiungono un buon punteggio anche nel test.

Figura 29.: La figura mostra come si dispongono i voti di diploma dei 113 studenti analizzati in funzione del loro punteggio ottenuto nel TOAST.



5.4 QUESTIONARIO MOTIVAZIONALE

Per analizzare più nel dettaglio i risultati ottenuti dagli studenti nel TOAST vengono aggiunte all'indagine domande motivazionali sulla scelta del corso di studi, per indagare le aspettative degli immatricolati sul corso di laurea. Si ritiene importante valutare non solo la preparazione in ambito astronomico e fisico degli alunni, ma anche le motivazioni che li conducono ad iscriversi ad Astronomia. Questo interesse scaturisce da un graduale aumento negli anni del numero di iscritti al corso di laurea di Padova. Facendo riferimento ai dati statistici di Ateneo è possibile rilevare questa tendenza. In Tabella 47 si riportano il numero totale di iscritti al corso di Laurea triennale in Astronomia relativo al primo e secondo anno. Risulta evidente come in pochi anni il numero degli alunni iscritti al primo anno sia fortemente aumentato e come il numero di iscritti al secondo anno sia nettamente inferiore. Il questionario motivazionale proposto agli studenti vuole indagare il motivo di questo andamento. È utilizzato a tale scopo un questionario elaborato per il progetto *HOrizons in Physics Education*, (HOPE)¹, sostenuto da Lifelong Learning Programme dell'Unione Europea. In questo progetto viene sottoposto un questionario motivazionale a 2485 matricole iscritte al corso di Fisica e Astronomia in 31 Università, di cui 18 europee (Levrini et al., 2016). Lo scopo dell'indagine è quello di individuare le motivazioni

¹ Il progetto, durato tre anni, (dal 2013 al 2016) è coordinato da Nadine Witkowski (Pierre et Marie Curie, Paris, France), Marisa Michelini (Udine, Italy) and Ivan Ruddock (Strathclyde, Glasgow, United Kingdom). Il coordinatore di Padova è Ornella Pantano.

Tabella 47.: Numero totale degli iscritti al primo e secondo anno di Astronomia dell'Università di Padova, tratti dal sito di Ateneo, <http://www.unipd.it/universita/universita-cifre/dati-statistici/iscritti>.

| Anno Accademico | Iscritti primo anno | Iscritti secondo anno |
|-----------------|---------------------|-----------------------|
| 2016/17 | 135 | 55 |
| 2015/16 | 108 | 58 |
| 2014/15 | 81 | 39 |
| 2013/14 | 64 | 42 |
| 2012/13 | 64 | 42 |
| 2011/12 | 51 | 30 |
| 2010/11 | 47 | 31 |

più importanti che hanno spinto gli studenti a scegliere questi corsi di studi. Tra le regioni che hanno ispirato questo studio si colloca quella di riuscire a diminuire il tasso di abbandono tipico dei corsi scientifici all'Università. Entrambi i corsi di laurea sono caratterizzati da un alta percentuale di studenti che abbandonano gli studi. In particolare dall'anno accademico 2001-2012 all'anno accademico 2014-2015 il corso di laurea di Astronomia dell'Università di Padova registra una percentuale del 36% di abbandoni, mentre per il corso di Fisica la percentuale sale del 39%.

Le indagini condotte dal progetto HOPE non si limitano a sottoporre il questionario motivazionale agli studenti, ma attraverso interviste tentano di comprendere più nello specifico quali siano i fattori più importanti che portano gli studenti a iscriversi a questi corsi. È possibile richiedere, in questo modo, maggiori chiarimenti agli studenti. Dal questionario motivazionale del progetto emerge che gli studenti si iscrivono prevalentemente a Fisica e Astronomia per interesse personale. Dall'analisi aggiuntiva tramite le interviste viene rilevato come l'interesse degli studenti verso le due discipline derivi non solo dalla volontà di comprendere ciò che ci circonda, ma anche come esso sia diretto verso le modalità con cui queste discipline agiscono, al metodo scientifico e al lavoro di un fisico e di un astronomo. In questo elaborato di tesi si utilizza il questionario motivazionale del progetto HOPE, ma uno studio futuro potrebbe aggiungere all'analisi una fase di intervista degli studenti, per tentare di indagare più nello specifico a quale aspetto delle discipline si rivolge la loro attenzione.

Operativamente viene recuperato per questa indagine il questionario del progetto HOPE, in cui allo studente è richiesto di esprimere su una scala di valutazione da 1, per niente importante, a 5, molto importante, il peso di alcuni aspetti nella scelta del corso di studi. La sezione che segue mostra i risultati ottenuti nel caso dell'indagine svolta sui 113 immatricolati di Padova.

5.5 RISULTATI DEL QUESTIONARIO MOTIVAZIONALE

Come già specificato, nelle domande del questionario motivazionale ogni studente deve indicare il grado di importanza di alcuni aspetti. In questa sezione si analizzano le risposte ottenute dagli studenti iscritti al primo anno di Astronomia dell'Università di Padova (a.a 2017- 2018). Le motivazioni proposte sono suddivisibili in sei categorie (Levrini et al., 2016):

CATEGORIA A -Interesse personale:

- Desiderio di acquisire una comprensione profonda dell'Universo;
- Desiderio di capire il modo intorno a te;
- Voler capire come funzionano le cose;
- Desiderio di imparare concetti avanzati di Astrofisica (materia oscura, energia oscura...);
- Costruire e/o usare strumenti legati all'Astronomia, es. un telescopio.

CATEGORIA B -Prospettive di lavoro:

- Desiderio di migliorare le prospettive di lavoro;
- Desiderio di avere un lavoro interessante;
- Desiderio di diventare un ricercatore in Astronomia/Astrofisica;
- Desiderio di diventare insegnante.

CATEGORIA C -Esperienze a scuola:

- Incoraggiamento da parte di amici/compagni di classe;
- Insegnante/i di materie scientifiche a scuola;
- Le materie scientifiche erano quelle in cui andavo meglio a scuola;

CATEGORIA D -Esperienze personali extra-scolastiche:

- Vedere documentari TV su argomenti di Astronomia;
- Leggere libri o riviste;
- Qualcosa visto in Internet (es. siti web, YouTube, ...).

CATEGORIA E -Visite extra-scolastiche:

- Visite presso musei o mostre specifiche;
- Visite presso laboratori scientifici (es. Università, osservatori astronomici);
- Visite da parte di docenti o studenti universitari nella tua scuola;

CATEGORIA F -Incoraggiamenti esterni:

- Essere ispirato da uno scienziato nella tua famiglia;
- Incoraggiamento da parte dei genitori o familiari.

Nell'indagine condotta dal progetto HOPE, gli studenti individuano come categoria più rilevante quella degli interessi personali, mentre come quella meno influente la categoria relativa agli incoraggiamenti esterni. Il medesimo risultato si ottiene nel caso degli studenti iscritti al primo anno del Corso di Studi in Astronomia dell'a.a. 2017-2018. Dalla Figura 30 alla Figura 35 sono rappresentate le sei categorie e le percentuali di risposta dei 113 studenti. È possibile, inoltre, individuare le categorie che raggiungono una valutazione in media più alta e che quindi vengono indicate dagli studenti come aspetti che influenzano maggiormente la loro scelta universitaria. La disposizione in ordine decrescente di importanza, con indicata la media di valutazione ottenuta nel caso degli studenti dell'Università di Padova è:

1. Categoria A: Interesse personale (4,55);
2. Categoria D: Esperienze personali extra-scolastiche (3,73);
3. Categoria B: Prospettive di lavoro (3,62);
4. Categoria E: Visite extra-scolastiche (2,78);
5. Categoria C: Esperienze a scuola (2,72);
6. Categoria F: Incoraggiamenti esterni (2,15).

Gli studenti identificano, perciò, tra le motivazioni più importanti quelle personali, curiosità e desiderio individuale verso ciò che li circonda. Sono queste le ragioni che più motivano gli studenti ad iscriversi al corso di laurea in Astronomia. La media ottenuta da questa categoria, infatti, è molto alta rispetto alle altre. Tra i risultati ottenuti da questo test è evidente come anche le esperienze extra-scolastiche siano rilevanti per la scelta del corso di studi. Esse si collocano al secondo posto di importanza con una media di 3,73. Le esperienze scolastiche raggiungono una valutazione bassa, di 2,72. Questo può derivare da molti aspetti, tra cui presumibilmente la poca attenzione rivolta a questa disciplina nella scuola secondaria di secondo grado. L'analisi delle nuove Indicazioni Nazionali ha mostrato, infatti, come pochi argomenti di Astronomia compaiano esplicitamente nei documenti ministeriali. Un ulteriore motivo che può aver provocato questo risultato è la modalità con cui le tematiche astronomiche vengono insegnate. Infatti, lezioni frontali possono risultare poco efficaci e non stimolanti per gli studenti. Il risultato ottenuto dalla categoria E (visite extra-scolastiche) sembra confermare questo aspetto. Essa ha ottenuto, infatti, una valutazione piuttosto bassa, se paragonata alle categorie A, D e B. Ciò può indicare che le scuole non prendono parte a visite a laboratori, osservatori o mostre di Astronomia, nonostante esse rappresentino una modalità alternativa per introdurre alcuni argomenti. Si riportano per ogni categoria gli istogrammi relativi alle valutazioni indicate dagli studenti (Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35). Infine, si riporta un grafico contenente tutte le valutazioni per ogni domanda del questionario motivazionale. Le domande sono suddivise nelle sei categorie e sono rappresentate in ordine decrescente di valutazione (Figura 36). Per ogni istogramma si riportano le domande del questionario motivazionale, il cui testo è riportato per intero in Appendice C.

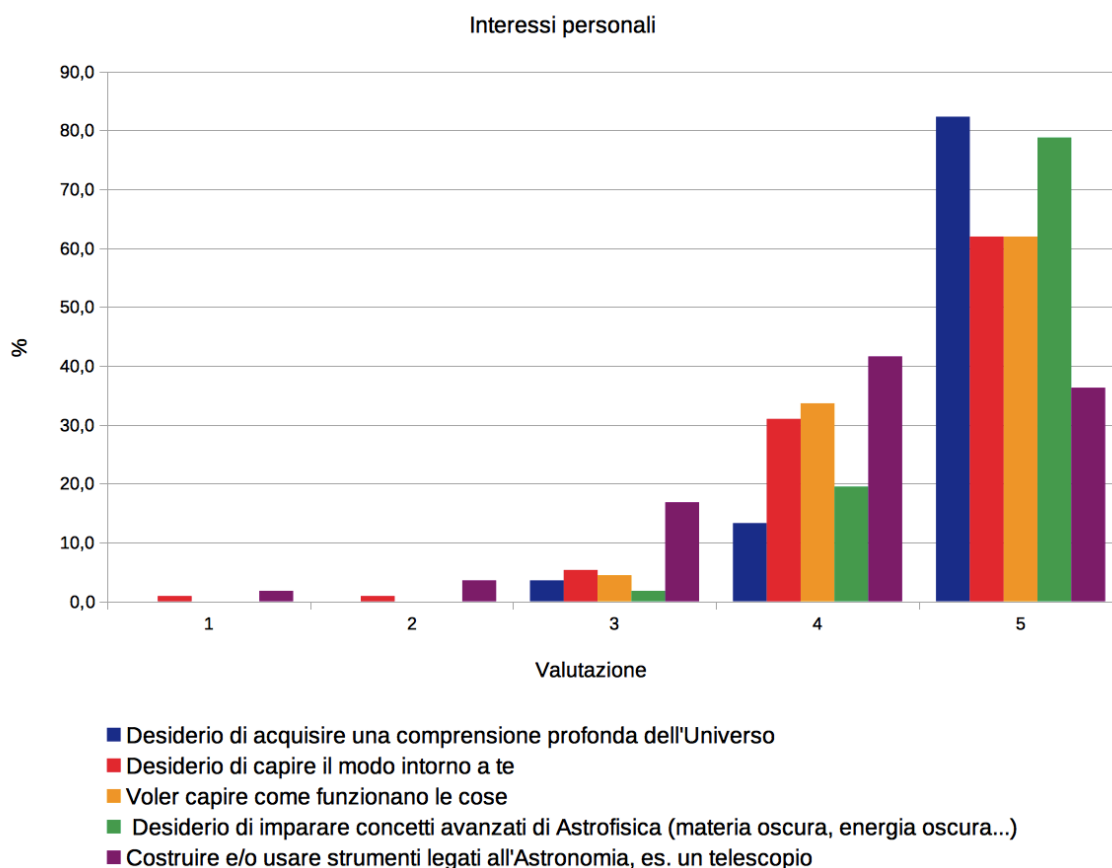


Figura 30.: Istogramma relativo alla categoria 1, interessi personali, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle cinque domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

Il questionario motivazionale permette di ricavare dati aggiuntivi sugli studenti. Evidenzia come la maggior parte di essi abbia scelto il corso di studi in Astronomia per curiosità e interesse personale (Figura 36). In particolare, facendo riferimento anche al questionario anagrafico, molti specificano di voler studiare l'evoluzione e/o la storia dell'Universo (15%). Non vengono riscontrati interessi su altri specifici argomenti di Astronomia o Astrofisica. La Cosmologia perciò sembra rappresentare uno degli argomenti che più attrae gli studenti. Tuttavia, questa materia è proposta nel secondo semestre del terzo anno. Questo può alimentare un sentimento di insoddisfazione negli studenti che, come emerge dal questionario, sono spinti a scegliere il corso di studi di Astronomia dal desiderio di comprendere concetti e nozioni cosmologiche. Tuttavia il corso di laurea è molto vasto, richiede conoscenze avanzate in Matematica e Fisica prima di proporre agli studenti corsi di Cosmologia. Un orientamento efficace e una corretta presentazione del corso di laurea metterebbe in risalto le molte altre aree di indagine di cui si occupa l'Astronomia (evoluzione stellare, formazione delle galassie, formazioni di sistemi planetari, oggetti compatti ecc...) e renderebbe gli studenti consapevoli delle conoscenze preliminari da acquisire prima di poter studiare concetti di Astrofisica e Cosmologia. Nel questionario, tuttavia, non compaiono domande specifiche sulle aspettative degli

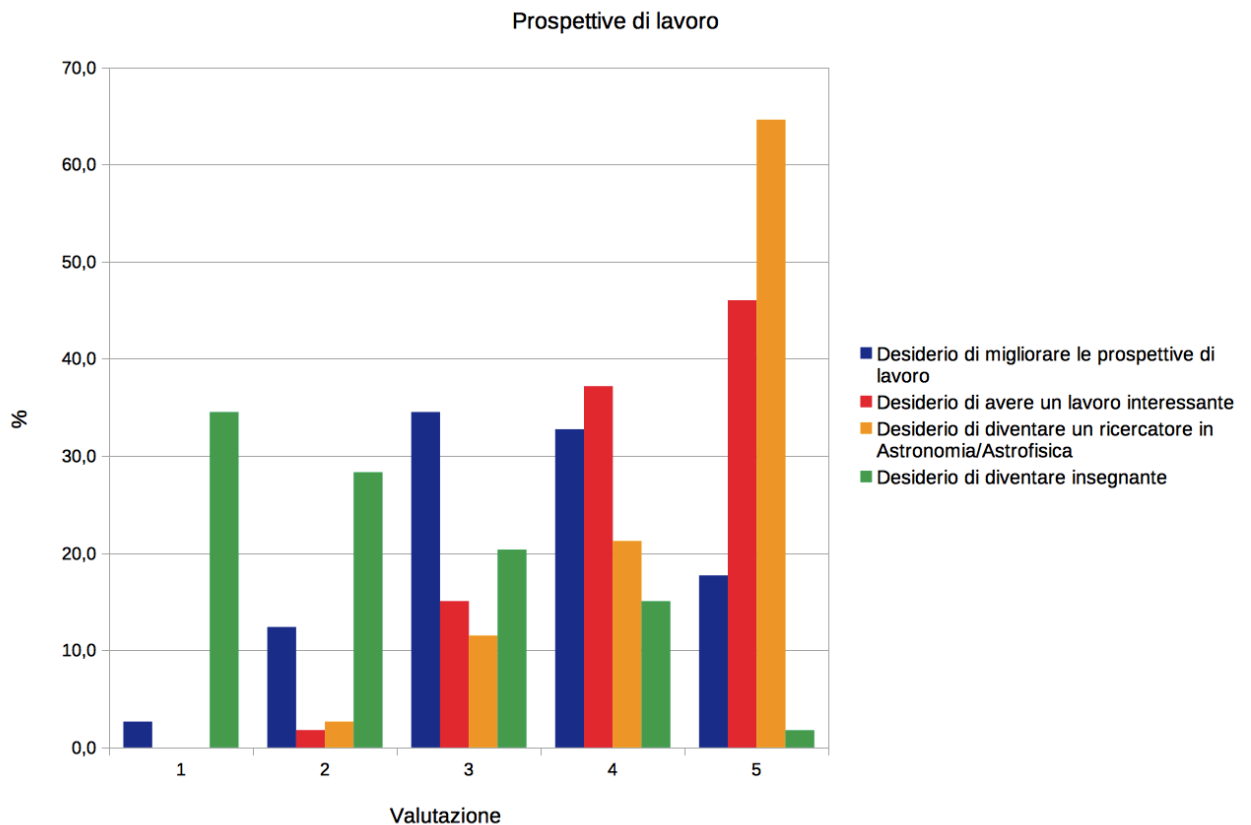


Figura 31.: Istogramma relativo alla categoria 2, prospettive di lavoro, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle quattro domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

alunni riguardo al contenuti dei corsi del primo anno. Pertanto, un'indagine futura, più specifica su questo aspetto, può rivelare maggiori informazioni e aiutare a comprendere se uno dei motivi dell'alta percentuale di abbandoni del corso di laurea sia effettivamente identificabile con un'insoddisfazione riguardo ai corsi e sia quindi migliorabile con un orientamento più incisivo.

In conclusione l'indagine condotta sui 113 studenti iscritti al corso di studi di Astronomia dell'Università di Padova permette di analizzare molti aspetti. Tramite i risultati del TOAST vengono indagate le loro conoscenze preliminari in ambito astronomico e fisico e vengono rilevate le misconcezioni da loro possedute. Il questionario motivazionale, invece, permette di ricercare le ragioni che li conducono a iscriversi ad Astronomia piuttosto che ad un altro corso di studi. Studi futuri si potrebbero incentrare sull'analisi di aspetti solo accennati in questo elaborato ma di grande importanza. Per quanto riguarda lo studio delle misconcezioni, infatti, lo sviluppo di un test a partire da interviste condotte su studenti italiani permetterebbe un'analisi più specifica. Mentre per quanto riguarda il test motivazionale si potrebbe indagare più nel dettaglio la correlazione tra i risultati del test di ammissione con quello raggiunto in un questionario del tipo DDMC test. Inoltre, uno studio futuro potrebbe approfondire, con analisi aggiuntive, la ricerca delle motivazioni che spingono gli

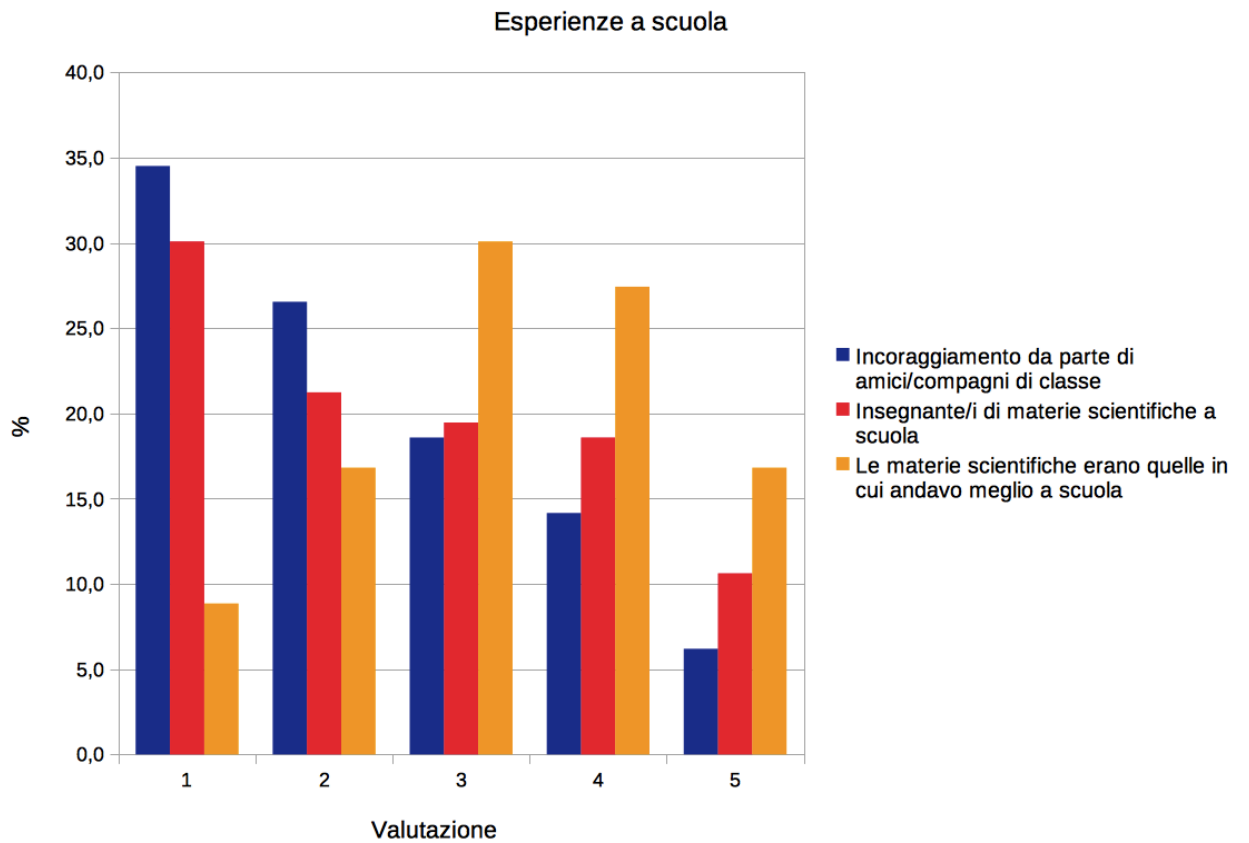


Figura 32.: Istogramma relativo alla categoria 3, esperienze a scuola, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle tre domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

studenti ad iscriversi ad Astronomia e le aspettative che hanno su questo corso di laurea, così da poter meglio interpretare l'andamento decrescente di iscritti nel corso dei tre anni di studi (Tabella 47).

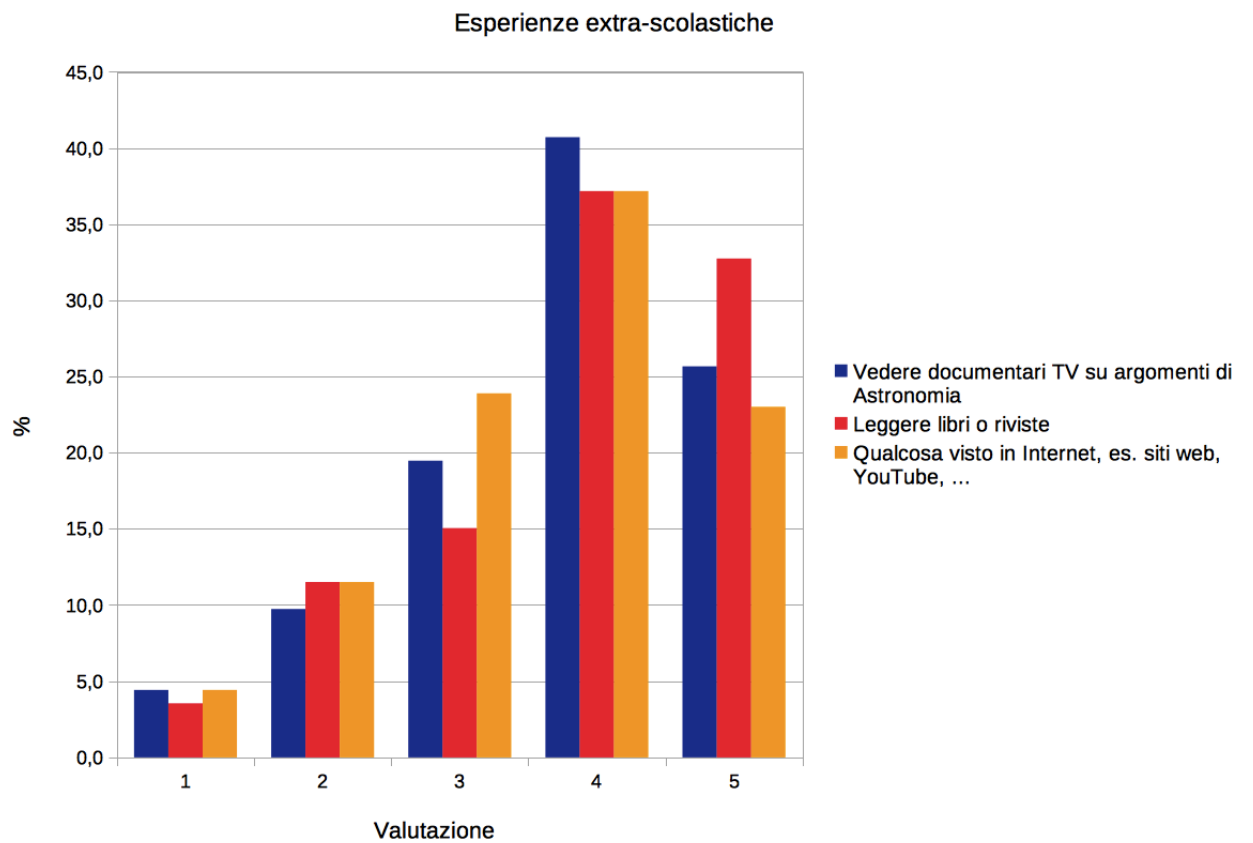


Figura 33.: Istogramma relativo alla categoria 4, esperienze extra-scolastiche, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle tre domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

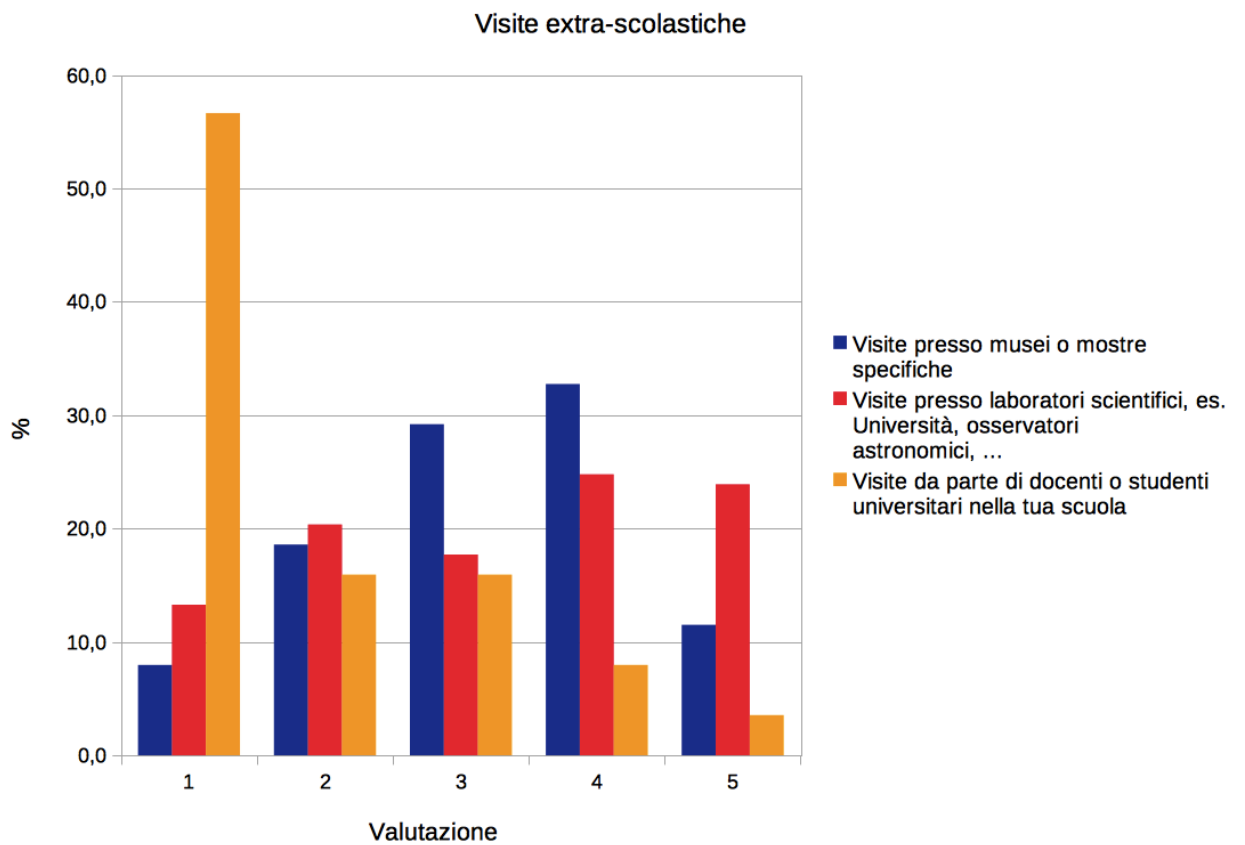


Figura 34.: Istogramma relativo alla categoria 5, visite extra-scolastiche, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle tre domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

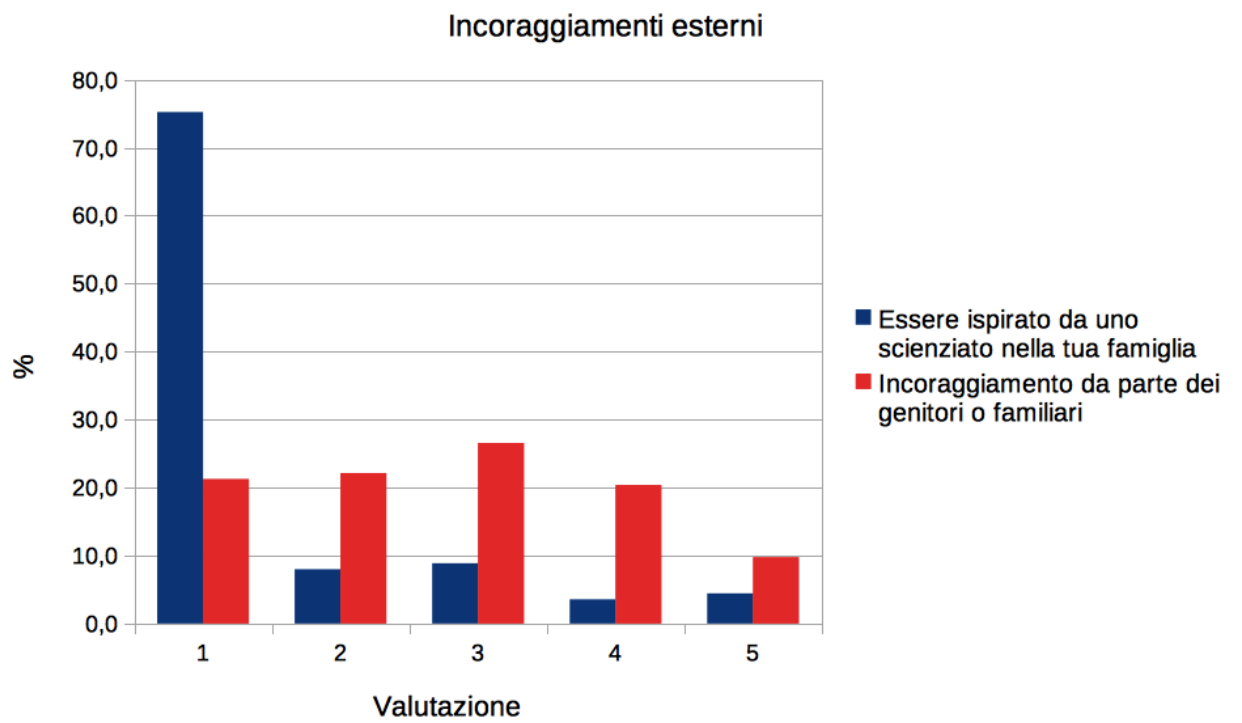


Figura 35.: Istogramma relativo alla categoria 6, incoraggiamenti esterni, del questionario motivazionale. In ascissa il valore attribuito dagli studenti alle due domande, mentre in ordinata è riportata la percentuale di studenti. I diversi colori rappresentano, come indicato dalla legenda, domande diverse.

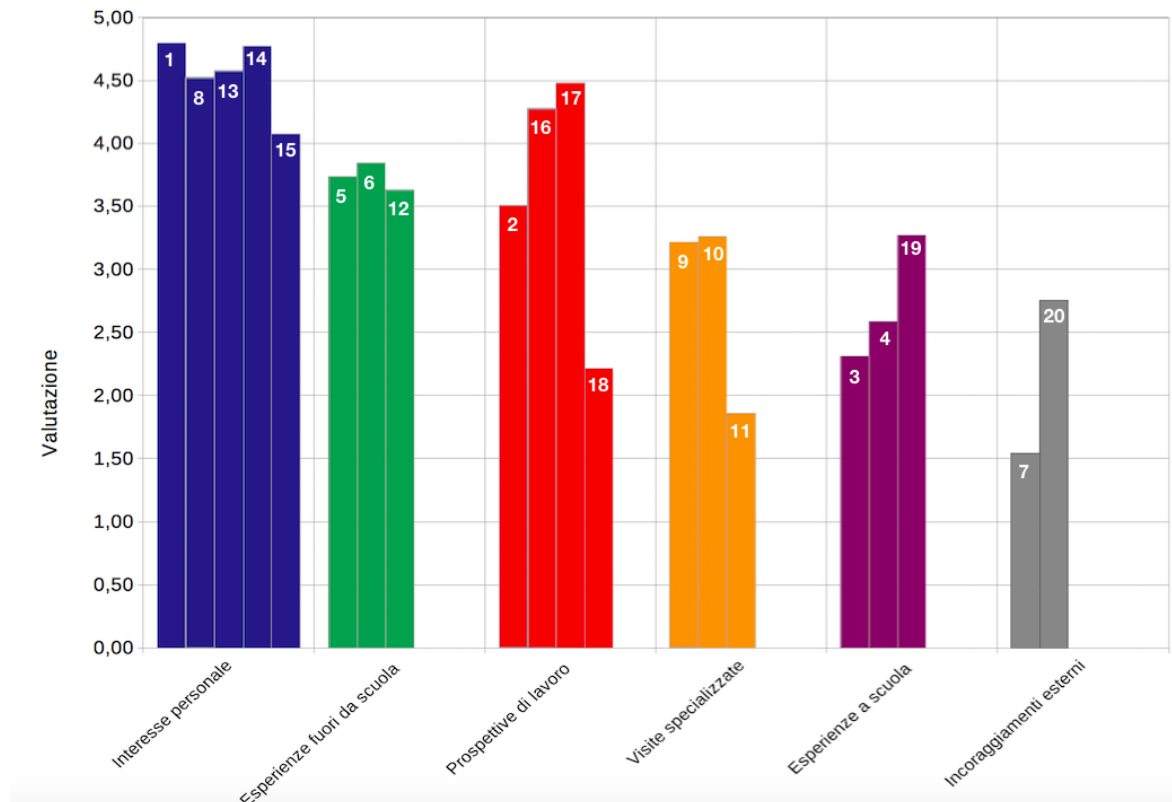


Figura 36.: Rappresentazione delle sei categorie in ordine decrescente di valutazione media.

In figura vengono riportati in bianco i numeri delle domande a cui si riferisce il grafico. La categoria che ha ottenuto la valutazione più alta nell'indagine condotta sugli studenti italiani è quella relativa a Interessi personali: "Desiderio di acquisire una comprensione profonda dell'Universo" (domanda 1), "Desiderio di capire il modo intorno a te" (domanda 8), "Voler capire come funzionano le cose" (domanda 13), "Desiderio di imparare concetti avanzati di Astrofisica (materia oscura, energia oscura...)" (domanda 14) e "Costruire e/o usare strumenti legati all'Astronomia, es. un telescopio" (domanda 15)). La seconda categoria in ordine di importanza è *Esperienze personali extra-scolastiche*: "Vedere documentari TV su argomenti di Astronomia" (domanda 5), "Leggere libri o riviste" (domanda 6) e "Qualcosa visto in Internet, es. siti web, YouTube, ..." (domanda 12). In ordine di importanza la categoria *prospettive di lavoro* si trova al terzo posto: "Desiderio di migliorare le prospettive di lavoro" (domanda 2), "Desiderio di avere un lavoro interessante" (domanda 16), "Desiderio di diventare un ricercatore in Astronomia/Astrofisica" (domanda 17) e "Desiderio di diventare insegnante" (domanda 18). A seguire si trova la categoria *visite specializzate*: "Visite presso musei o mostre specifiche" (domanda 9), "Visite presso laboratori scientifici, es. Università, osservatori astronomici, ..." (domanda 10) e "Visite da parte di docenti o studenti universitari nella tua scuola" (domanda 11). La categoria *esperienze a scuola*, invece, si trova al quinto posto di importanza: "Incoraggiamento da parte di amici/compagni di classe" (domanda 3), "Insegnante/i di materie scientifiche a scuola" (domanda 4) e "Le materie scientifiche erano quelle in cui andavo meglio a scuola" (domanda 19). Come categoria meno rilevante gli studenti italiani hanno indicato la sesta, *incoraggiamenti esterni*: "Essere ispirato da uno scienziato nella tua famiglia" (domanda 7) e "Incoraggiamento da parte dei genitori o familiari" (domanda 20).

PROPOSTA DI UN PERCORSO DI ASTRONOMIA PER L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA

In linea con quanto emerso dall'analisi delle Indicazioni Nazionali (Capitolo 2) e dal test degli studenti immatricolati (Capitolo 5) viene organizzato un corso di formazione per gli insegnanti di Fisica della scuola secondaria di secondo grado. Questo corso ha lo scopo di riscoprire l'Astronomia come contesto all'interno del quale proporre tematiche di Fisica. Questo obiettivo deriva dalla volontà di facilitare agli insegnanti il compito di introdurre tematiche astronomiche durante il corso dei cinque anni di scuola superiore, come previsto dalle Indicazioni Nazionali, per evitare che queste vengano lasciate come approfondimento al quinto anno. I docenti abilitati all'insegnamento di Fisica nella scuola secondaria superiore, infatti, possono essere laureati in Matematica, Fisica, Astronomia e Ingegneria e, pertanto, non avere le conoscenze necessarie per introdurre argomenti astronomici nel percorso di Fisica. Proponendo, perciò, lezioni di approfondimento si vuole dare ai docenti più sicurezza nell'insegnamento di questi concetti. Approfondendo argomenti di Astronomia trattati dal punto di vista fisico è possibile, inoltre, per i docenti intervenire su quelle che sono le misconcezioni più frequenti tra gli studenti e rinforzare la loro preparazione. Il corso propone lezioni in modalità attiva e partecipativa, per poter mostrare agli insegnanti metodologie didattiche attive in alternativa alle lezioni frontali, meno efficaci nell'eliminazione delle misconcezioni rispetto ad attività pratiche e laboratoriali. In questo capitolo viene descritta la fase di progettazione e di realizzazione del corso.

6.1 IDEAZIONE E REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

L'analisi proposta nella Sezione 2.3 mostra come sia difficile rintracciare argomenti di Astronomia nelle Indicazioni Nazionali per la scuola secondaria di secondo grado, mentre il Capitolo 5 rivela la presenza di misconcezioni di Astronomia e di Fisica per gli studenti iscritti al primo anno di Astronomia dell'Università di Padova. Pertanto è progettato e realizzato un corso di formazione per gli insegnanti di scuola secondaria per cercare di intervenire su questi aspetti, con l'intento di migliorare la didattica dell'Astronomia. Uno degli obiettivi del corso è quello di agevolare i docenti nell'insegnamento di tematiche astronomiche nel percorso di Fisica. Per questo motivo nell'organizzazione del corso si vuole mantenere il legame tra le due discipline, nonostante l'intento principale sia quello di valorizzare l'Astronomia. Si ritiene importante, infatti, presentare ai docenti esempi e spunti concreti per poter rendere l'Astronomia argomento di una lezione di Fisica cercando di fornire materiale direttamente spendibile in classe. Inoltre, la volontà di proporre un corso che unisca Astronomia e Fisica è rinforzata dai risultati del Capitolo 5. Gli studenti presentano misconcezioni sia su argomenti di Astronomia che su argomenti di Fisica, facendo emergere l'importanza di migliorare l'apprendimento in entrambe le discipline. Una volta individuata l'impostazione da dare al progetto è necessario precisare gli obiettivi e definire gli argomenti da inserire nel corso. Volendo presentare un per-

corso che metta in risalto il legame tra Fisica e Astronomia e che sia applicabile efficacemente in un percorso di Fisica, si incentra il corso sugli spettri e sulle caratteristiche della luce, con titolo *Fisica alle stelle: percorsi di Astronomia per insegnare Fisica*. Questo tema, infatti, permette di proporre lezioni di Fisica moderna sugli spettri atomici e successivamente di approfondire il tema astronomico sugli spettri stellari. La decisione di incentrare il corso su argomenti di Fisica moderna, potrebbe, tuttavia, escludere i professori che insegnano nel primo biennio di scuola superiore, in cui questi argomenti non vengono introdotti. Facendo riferimento alle Indicazioni Nazionali per il Liceo Scientifico Scienze Applicate, tuttavia, è evidente come la luce rappresenti un argomento che può essere trattato in molti momenti nel corso dei cinque anni (Sezione 2.4). Nel corso del primo biennio è previsto l'insegnamento dell'ottica geometrica, fenomeno di riflessione, rifrazione e funzionamento dei principali strumenti ottici. Nel secondo biennio vengono presentati i fenomeni di carattere ondulatorio, interferenza e diffrazione. Nel quinto anno lo studio delle onde elettromagnetiche, della loro propagazione e produzione (*Indicazioni Nazionali*, 2012). Sfruttando la presenza della luce nelle Indicazioni di ogni anno scolastico (dal primo biennio al quinto anno) è possibile dedicare il corso alla Fisica moderna e proporre in aggiunta spunti per classi del primo e secondo biennio. Il percorso offre 18 ore formative, suddivise in tre incontri e si è prevalentemente incentrato sul tema degli spettri.

I tre incontri consistono in una lezione sugli spettri atomici, una sugli spettri stellari e una lezione finale che prevede l'analisi di un vero spettro stellare ottenuto all'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Gli incontri sono organizzati nelle diverse sedi del Dipartimento di Fisica e Astronomia, così da permettere agli insegnanti di entrare in contatto con le diverse strutture dell'Università. In particolare, il primo incontro, tenutosi in data Venerdì 27 Ottobre, si è svolto in Aula Rostagni della sede di Fisica, il secondo, che ha avuto luogo il 17 Novembre, nella sede di Astronomia, mentre il terzo incontro si svolge tra il 1 Dicembre e il 2 Dicembre all'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Per presentare l'offerta ai docenti viene utilizzata la piattaforma online del Miur S.O.F.I.A ed è fissato un numero massimo di partecipanti, 21, per favorire la collaborazione e il lavoro in gruppo e anche per poter ospitare i corsisti nelle foresterie dell'Osservatorio di Asiago.

Un ulteriore aspetto curato nella progettazione del corso è quello relativo alla formazione di *collaborative learning groups* tra i docenti. Con questo termine si definiscono gruppi di individui che lavorano insieme per raggiungere un obiettivo comune o nel tentativo di risolvere un problema (Adams et al., 2001). Questa modalità di collaborazione si sviluppa negli ultimi anni nella didattica in risposta a molti studi che mostrano l'inefficacia delle lezioni frontali nell'apprendimento degli studenti. In particolare, lo scopo di questa tipologia di lezione è quello di trasformare lo studente da ascoltatore passivo ad attivo, permettendogli di interrogarsi e di discutere insieme ai suoi colleghi. I risultati positivi riscontrati con l'utilizzo del *collaborative learning groups* sono molteplici, tra cui quelli riportati da Hake (1998). Egli, infatti, confronta il risultato ottenuto da due gruppi di studenti nel *Force Concept Inventory* (FCI). Il primo gruppo di studenti completa il test prima e dopo aver seguito lezioni frontali, mentre il secondo effettua pre-test e post-test dopo aver partecipato a lezioni che utilizzavano metodologie attive. Il risultato finale di Hake, valutando pre-test e post-test di entrambi i gruppi, è che il primo gruppo di studenti raggiunge un valore

di *gain*¹ nettamente inferiore rispetto al secondo. Questo indica che l'apprendimento degli studenti attraverso lezioni attive e organizzate in *collaborative learning groups* risulta più efficiente e permette agli studenti di raggiungere un punteggio più alto nel post-test (Hake, 1998).

La decisione di proporre ai docenti lezioni e attività svolte attraverso l'approccio del *collaborative learning groups* deriva dal desiderio di far conoscere e sperimentare in prima persona questa modalità attiva di insegnamento. Non solo per migliorare l'apprendimento dei concetti proposti nel corso, ma anche per mostrare loro i benefici di un insegnamento attivo e collaborativo. Per questo motivo nel corso della prima lezione si formano gruppi di lavoro sulla base dell'obiettivo che conduce gli insegnanti a partecipare alle lezioni proposte. Il corso *Fisica alle stelle* prevede solo tre incontri, ma creando un clima di cooperazione e dialogo tra i docenti è possibile che la collaborazione continui una volta terminato il corso.

Prima di incontrare di persona i docenti è chiesto ad ognuno di loro di compilare un questionario contenente domande riguardanti la loro formazione, la loro esperienza lavorativa e i motivi per cui hanno partecipato al corso. Questo permette di comprendere meglio le esigenze dei partecipanti e di capire su quali aspetti incentrare maggiormente le lezioni. I risultati del questionario vengono riportati nel paragrafo che segue.

Descrizione del gruppo di corsisti

I 21 iscritti, di cui 12 donne e 9 uomini, sono insegnanti sia di Fisica che di Matematica, ad eccezione di un unico partecipante che insegna solo Fisica. La formazione dei docenti è prevalentemente di carattere matematico (Tabella 48).

Tabella 48.: Numero di corsisti laureati in una particolare disciplina.

| Disciplina di specializzazione | Corsisti |
|---------------------------------------|-----------------|
| Matematica | 13 |
| Fisica | 5 |
| Ingegneria | 2 |
| Astronomia | 1 |

Tabella 49.: Numero di anni di insegnamento del gruppo di corsisti.

| Anni di insegnamento | Corsisti |
|-----------------------------|-----------------|
| Meno di 5 | 0 |
| Da 5 a 10 | 3 |
| Da 10 a 20 | 6 |
| Più di 20 | 12 |

Solo 5 corsisti dichiarano di avere conoscenze astronomiche derivanti da studi personali, mentre 13 di loro non hanno conoscenze particolarmente approfondite e 2

¹ Il valore di *gain* indica di quanto è migliorato il punteggio medio degli studenti dal pre-test al post-test: $\frac{\langle \text{pos-test} \rangle - \langle \text{pre-test} \rangle}{100 - \langle \text{pre-test} \rangle}$

ammettono di non aver più approfondito tematiche astronomiche dalle scuole superiori. La Tabella 49 mostra da quanti anni i docenti insegnano nella scuola secondaria di secondo grado. Tra i docenti 11 non hanno mai proposto approfondimenti di Astronomia nelle loro classi, mentre i rimanenti dichiarano di aver approfondito i seguenti argomenti:

- Moti della Terra, le stagioni, il moto apparente del Sole;
- Esperimento di Eratostene per la misura del raggio terrestre;
- Elementi di meccanica celeste;
- Le maree;
- Il redshift;
- Sonda Rosetta;
- Raggio di Schwarzschild;
- Teoria dell'inflazione;
- Scoperta dell'elio;
- Spettri stellari e spettri atomici;
- Formazione ed evoluzione stellare.

Da questa lista risulta evidente come i docenti tentino di introdurre concetti astronomici nelle lezioni di Fisica. Inoltre, 15 di loro dichiarano di aver riscontrato interesse nei loro studenti riguardo a temi di Astronomia. I docenti, pertanto, sono consapevoli delle molte applicazioni che l'Astronomia propone per la Fisica e si dimostrano interessati a comprendere non solo quali argomenti poter inserire ma anche attraverso quali attività proporli. *Fisica alle stelle* vuole agevolare gli insegnanti proprio in questi compiti.

Nel corso del primo incontro viene somministrato il TOAST anche ai docenti, così da farli confrontare con concetti di Astronomia e renderli consapevoli di quali siano le loro conoscenze in merito. In accordo con quanto esplicitato dalla teoria dei *Pedagogical Content Knowledge* (Gudmundsdottir e Shulman, 1987) gli insegnanti dovrebbero possedere:

- Una buona conoscenza dell'argomento;
- Una comprensione della struttura delle discipline scientifiche;
- Una conoscenza delle difficoltà comuni degli studenti riguardo a un particolare argomento;
- Strategie di insegnamento che facciano riferimento alle esigenze di apprendimento degli studenti.

Il TOAST fa riferimento a tale teoria (Capitolo 4) e ci permette di verificare la loro conoscenza dei concetti di base di Astronomia. I risultati sono discussi e riportati in seguito (Sezione 6.1.1).

6.1.1 *Lezione 1*

Il primo incontro, in quanto tale, è pensato in modo da includere una parte introduttiva di presentazione del corso e una parte riguardante il tema specifico degli spettri atomici. Facendo riferimento alla volontà di creare un clima simile a quello delle comunità di apprendimento, particolare attenzione è dedicata alla parte iniziale di presentazione dei docenti partecipanti. Per favorire la conoscenza e l'integrazione tra gli insegnanti le attività della giornata sono organizzate in lavori di gruppo. In particolare, nella fase di presentazione e di conoscenza è presentata un'attività per formare i gruppi di lavoro. La volontà è quella di raggruppare insieme i docenti con obiettivi comuni, creando piccoli gruppi di lavoro che possano collaborare insieme nel corso delle lezioni per raggiungere lo stesso obiettivo. Per questo motivo viene richiesto ad ogni insegnante di individuare l'obiettivo per cui ha preso parte al corso, ciò che vuole raggiungere o migliorare nel corso di questa esperienza di formazione. L'idea di creare i gruppi viene introdotta anche in funzione delle attività proposte durante l'ultima lezione ad Asiago. Gli insegnanti, infatti, devono elaborare, col materiale fornito nelle lezioni precedenti, un percorso didattico. Collaborare con colleghi che condividono il medesimo obiettivo può aiutare la progettazione attorno ad uno scopo comune. Per aiutarli a esprimere lo scopo per cui hanno preso parte al corso sono presentati ai corsisti sei cartelloni contenenti alcuni degli obiettivi del corso:

- Approfondire tematiche di Fisica moderna;
- Approfondire tematiche di Astronomia;
- Approfondire l'utilizzo del laboratorio per proporre esperienze in classe;
- Approfondire l'utilizzo di differenti ambienti di apprendimento.

Ognuno dei partecipanti individua il proprio obiettivo e sceglie il cartellone che più rispecchia lo scopo da lui identificato. Questa attività permette di formare 5 gruppi. Nello specifico 2 gruppi vengono formati in relazione allo scopo di "Approfondire tematiche di Fisica moderna", 1 relativo a quello di "Approfondire tematiche di Astronomia", 1 relativo allo scopo di "Approfondire l'utilizzo del laboratorio per proporre esperienze in classe e 1 riferito a quello di "Approfondire l'utilizzo di differenti ambienti di apprendimento". La formazione di questi gruppi di lavoro è sfruttata nel corso delle tre lezioni per altre attività, ma può permettere una collaborazione fra i docenti anche una volta terminato il corso.

Ad ogni insegnante è consegnata, come conclusione di questa prima parte della lezione, una scheda con la descrizione di una possibile scansione di un percorso didattico. Questa attività si svolge nel corso delle giornate trascorse ad Asiago, ma è proposta durante la prima lezione per permettere ai professori di riflettere e di ideare proposte in vista del 2 Dicembre.

Il TOAST ai docenti

In seguito alla formazione dei gruppi di lavoro viene proposto ai professori il TOAST, compilato in 30 minuti di tempo in versione cartacea. Il motivo per cui è proposto

non è principalmente quello di valutare le loro conoscenze, ma di far riflettere gli insegnanti su quali siano le tematiche astronomiche che possono trattare a scuola e, soprattutto, su quali sia la loro preparazione sui vari argomenti. In questo modo essi vengono a conoscenza delle lacune che presentano e comprendono la necessità di approfondire i concetti di Astronomia e Fisica moderna, che secondo le nuove Indicazioni Nazionali dovrebbero insegnare (Capitolo 2).

Il punteggio medio ottenuto non corretto per *guessing* è di 68%. Nel caso dei docenti non è necessario effettuare una correzione per *guessing*, essi infatti scelgono di non rispondere nel caso non conoscano la risposta corretta. Poiché il numero dei professori è basso per effettuare un'analisi statistica significativa, viene calcolato il solo valore di P-value, riportato in Tabella 51. Questa tabella riassume i valori di P-value ottenuti dai docenti per ognuna delle 27 domande del TOAST, riportando nell'ultima colonna il valore di difficoltà riferito all'omissione di risposta, indicato col simbolo /. Come ci si aspetta, i professori raggiungono un punteggio medio superiore a quello degli alunni, il confronto diretto dei parametri ottenuti dalle diverse indagini è mostrato in Tabella 50.

Tabella 50.: Confronto tra i parametri statistici ottenuti dall'indagine condotta da Slater e da quella condotta sugli studenti italiani e sui docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*. La media dei punteggi per gli studenti e i docenti italiani è riportata sia nel caso di correzione per *guessing* che nel caso di non utilizzo della correzione.

| | Americani | Italiani | Docenti |
|-------------------|-----------|----------|---------|
| Punteggio | 44,4% | 54,7% | 67,7% |
| P-value | 46% | 54% | 67% |
| P-biserial | 0,42 | 0,35 | – |
| α | 0,83 | 0,90 | 0,92 |

Come mostrano la Tabella 51 molti più distrattori ottengono una percentuale di risposta dello 0%, confermando che i docenti non presentano le medesime misconcezioni degli studenti. In particolare le domande 20 e 22 raggiungono una percentuale del 100% di risposta corretta. Tuttavia, sono le uniche domande a cui tutti i professori rispondono correttamente, nonostante non siano le sole appartenenti alla categoria *Leggi e processi fisici* (Tabella 8 del Capitolo 4). Poiché i docenti insegnano Fisica è immaginabile di ottenere risultati mediamente più bassi nelle domande di carattere astronomico rispetto a quelle di Fisica. È possibile confrontare la media del P-value delle domande di Fisica, 65%, con quelle di Astronomia 69% e verificare che, invece, la percentuale di risposta corretta è più elevata nel caso delle domande di Astronomia.

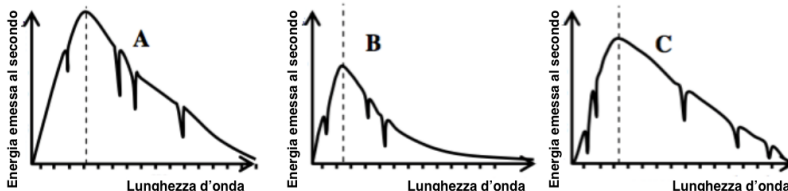
Da questi risultati è possibile confermare l'importanza di approfondire per i docenti tematiche di Astronomia e allo stesso tempo di Fisica moderna. Questa conclusione è suggerita dai risultati ottenuti dalla domanda 27, riguardante la legge di corpo nero. Come riportato in Tabella 84 solo il 38,10% degli insegnanti individua la risposta corretta. I risultati riferiti a questa domanda sono significativi, infatti, essa è l'unica che presenti un distrattore con percentuale di risposta più alta della risposta corretta. Anche tenendo conto della percentuale di professori che non ha risposto, essa mostra come il 42,86% dei docenti abbia selezionato il distrattore A. Di

Tabella 51.: Sintesi dei risultati ottenuti dagli insegnanti nel TOAST. Per ogni domanda viene riportata la percentuale di risposta, quella corretta è riportata in grassetto.

| Domanda | Argomento | A | B | C | D | E | / |
|---------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
| 1 | Movimento nel cielo | 14,29% | 0% | 38,10% | 0% | 47,62% | 0% |
| 2 | Movimento nel cielo | 14,29% | 0% | 57,14% | 4,76% | 9,52% | 14,29% |
| 3 | Fasi Lunari | 19,05% | 0% | 14,29% | 0% | 61,90% | 4,76% |
| 4 | Moto annuale | 0% | 0% | 4,76% | 90,48% | 4,76% | 0% |
| 5 | Fasi Lunari | 4,76% | 0% | 0% | 0% | 90,48% | 4,76% |
| 6 | Moto giornaliero | 9,52% | 52,38% | 14,29% | 4,76% | 4,76% | 14,29% |
| 7 | Le stagioni | 66,67% | 19,05% | 4,76% | 9,52% | — | 0% |
| 8 | Produzione elementi pesanti | 9,52% | 0% | 4,76% | 80,95% | 0% | 4,76% |
| 9 | Evoluzione dell'Universo | 85,71% | 4,76% | 9,52% | 0% | — | 0% |
| 10 | Scala delle distanze | 4,76% | 0% | 4,76% | 90,48% | 0% | 0% |
| 11 | Scala delle distanze | 0% | 0% | 90,48% | 0% | 9,52% | 0% |
| 12 | Le stagioni | 9,52% | 19,05% | 0% | 71,43% | — | 0% |
| 13 | Stelle ed evoluzione stellare | 0% | 0% | 9,52% | 66,67% | 14,29% | 9,52% |
| 14 | Stelle ed evoluzione stellare | 0% | 14,29% | 9,52% | 52,38% | 9,52% | 14,29% |
| 15 | Evoluzione dell'Universo | 0% | 23,81% | 71,43% | 0% | — | 4,76% |
| 16 | Stelle ed evoluzione stellare | 0% | 4,76% | 0% | 0% | 76,19% | 19,05% |
| 17 | Stelle ed evoluzione stellare | 19,05% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | — | 4,76% |
| 18 | Struttura del Sistema Solare | 4,76% | 0% | 0% | 76,19% | 9,52% | 9,52% |
| 19 | Struttura del Sistema Solare | 42,86% | 4,76% | 38,10% | 0% | — | 14,29% |
| 20 | Gravità | 0% | 0% | 0% | 100% | — | 0% |
| 21 | Gravità | 9,52% | 76,19% | 0% | 14,29% | — | 0% |
| 22 | Produzione elementi pesanti | 0% | 0% | 100% | 0% | — | 0% |
| 23 | Onde elettromagnetiche | 0% | 0% | 80,95% | 0% | 9,52% | 9,52% |
| 24 | Produzione elementi pesanti | 9,52% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | 0% | 14,29% |
| 25 | Onde elettromagnetiche | 0% | 0% | 14,29% | 61,90% | — | 23,81% |
| 26 | Onde elettromagnetiche | 14,29% | 4,76% | 23,81% | 28,57% | — | 28,57% |
| 27 | Onde elettromagnetiche | 42,86% | 38,10% | 0% | 4,76% | 4,76% | 9,52% |

Tabella 52.: P-value e i Point-biserial della domanda 27 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

27. I grafici nella figura seguente mostrano l'energia emessa al secondo da tre oggetti (A, B e C) in funzione della lunghezza d'onda. Quale oggetto ha la temperatura più alta?

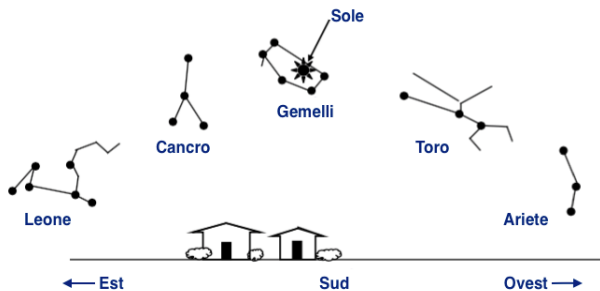


- A. A
- B. B
- C. C
- D. I tre oggetti hanno la stessa temperatura.
- E. Non ci sono abbastanza informazioni per rispondere.

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|--------|----|-------|-------|-------|
| P-value | 42,86% | 38,10% | 0% | 4,76% | 4,76% | 9,52% |

Tabella 53.: P-value e i Point-biserial della domanda 1 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

1. Supponi di poter vedere le stelle anche durante il dì. La figura mostra come apparirebbe il cielo in un determinato giorno a mezzogiorno. Il Sole ha raggiunto il punto più alto sull'orizzonte e si trova vicino alla costellazione dei Gemelli. Al tramonto dello stesso giorno, vicino a quale costellazione si troverà il Sole?



- A. Leone
- B. Toro
- C. Ariete
- D. Cancro
- E. Gemelli

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|----|--------|----|--------|----|
| P-value | 14,29% | 0% | 38,10% | 0% | 47,62% | 0% |

Tabella 54.: P-value e i Point-biserial della domanda 17 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| 17. Cosa accadrà al Sole al termine della sua vita? | | | | | |
|--|--------|--------|---------------|-------|-------|
| A. Diventerà un buco nero. | | | | | |
| B. Esploserà distruggendo la Terra. | | | | | |
| C. Perderà il rivestimento esterno, mantenendo il nucleo interno. | | | | | |
| D. A causa della sua massa, non morirà. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 19,05% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | 4,76% |

Tabella 55.: P-value e i Point-biserial della domanda 19 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| 19. Come si è formato il sistema di pianeti che orbita attorno al Sole? | | | | | |
|---|---------------|-------|--------|----|--------|
| A. I pianeti si sono formati dallo stesso materiale da cui si è formato il Sole. | | | | | |
| B. I pianeti e il Sole si sono formati all'epoca del Big Bang. | | | | | |
| C. I pianeti sono stati catturati dalla gravità del Sole. | | | | | |
| D. I pianeti si sono formati dalla fusione dell'Idrogeno nei rispettivi nuclei. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 42,86% | 4,76% | 38,10% | 0% | 14,29% |

Tabella 56.: P-value e i Point-biserial della domanda 24 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| 24. Gli atomi presenti in una sedia di plastica sono stati formati | | | | | | |
|---|-------|---------------|--------|-------|----|--------|
| A. Nel Sole. | | | | | | |
| B. In una stella esistita prima della formazione del Sole. | | | | | | |
| C. Durante il Big Bang. | | | | | | |
| D. Circa 100 milioni di anni fa. | | | | | | |
| E. In una galassia lontana, in una zona differente dell'Universo primordiale. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 9,54% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | 0% | 14,29% |

particolare interesse risultano anche i risultati ottenuti dalle domande 1 (Tabella 58), 17 (Tabella 74), 19 (Tabella 76), 24 (Tabella 81) e 26 (Tabella 83) che insieme alla domanda 27 rappresentano i quesiti a cui meno della metà dei professori risponde correttamente. Lo scopo di questo elaborato non è quello di indagare nel dettaglio gli errori più comuni dei docenti emersi dal TOAST, pertanto questo aspetto non è particolarmente approfondito. Si riportano per completezza in Figura 37, Figura 38 e Figura 39 gli andamenti dei P-value per le 27 domande suddivise nei macro argomenti. Le tabelle dettagliate relative alle 27 domande del TOAST completato

Tabella 57.: P-value e i Point-biserial della domanda 26 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

26. Quale degli atomi nella figura precedente emette la radiazione con la lunghezza d'onda più corta?

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

| | A | B | C | D | / |
|----------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| P-value | 14,29% | 4,76% | 23,81% | 28,57% | 28,57% |

dagli insegnanti sono riportate in Appendice D.

Figura 37.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Movimenti in cielo”. Il valor medio di P-value per l'intero TOAST è di 67%

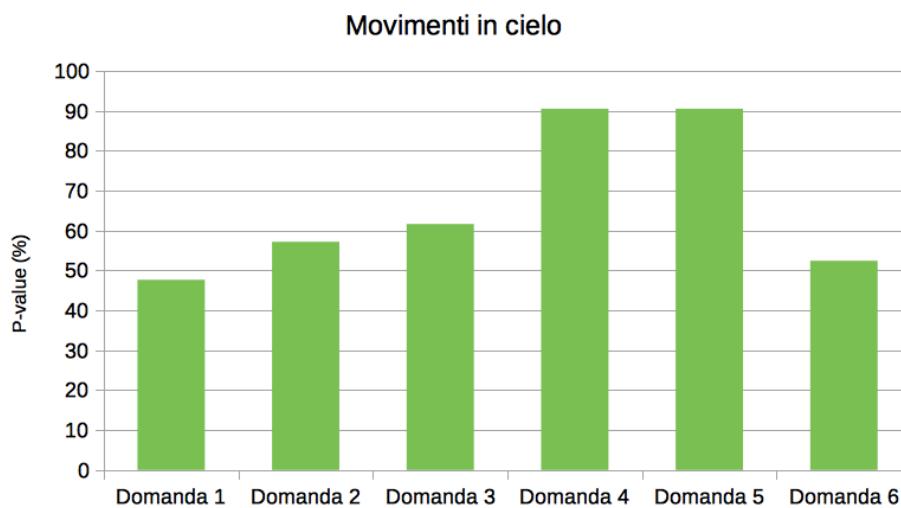


Figura 38.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Leggi e Processi fisici”. Il valor medio di P-value per l'intero TOAST è di 67%

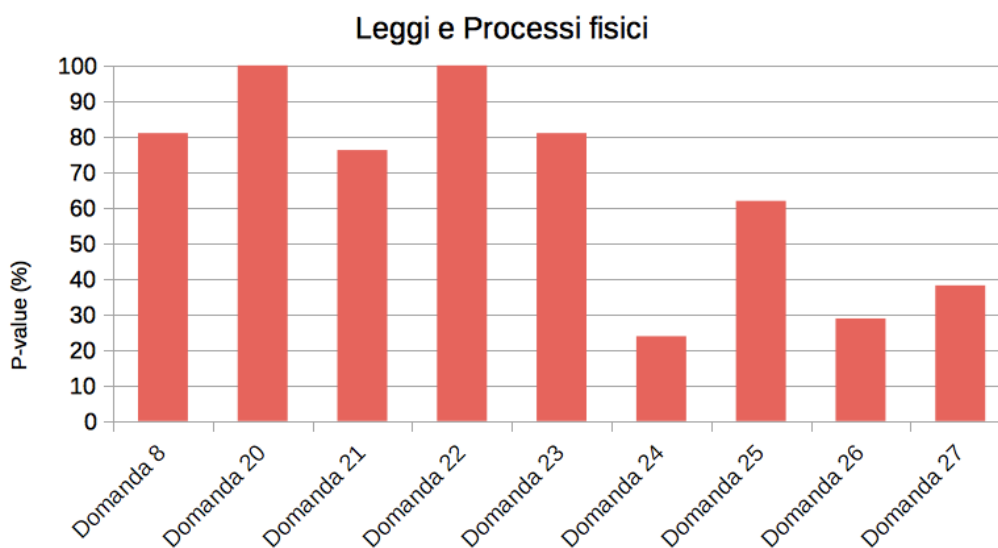
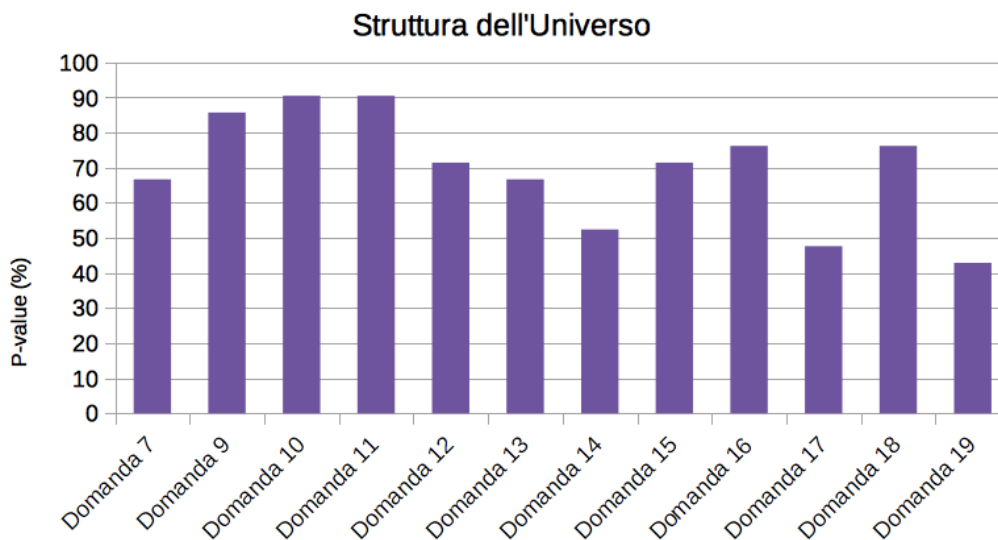


Figura 39.: Istogramma contenente i P-value delle risposte corrette delle domande relative al macro argomento “Struttura dell’Universo”. Il valor medio di P-value per l'intero TOAST è di 67%



Gli spettri atomici

La fase successiva della lezione si incentra sull'introduzione del tema degli spettri. La volontà non è quella di presentare una lezione teorica su concetti che i professori già conoscono, ma è quella di mostrare modalità alternative con cui proporre in classe gli argomenti. Prima di introdurre gli spettri si decide di ripercorrere brevemente i concetti essenziali legati al tema della luce che vengono insegnati a scuola attraverso

so delle esperienze pratiche. A questo scopo vengono utilizzati gli esperimenti del patrimonio didattico del Dipartimento di Fisica e Astronomia (<http://patrimonio-didattico.fisica.unipd.it>). Tra i tanti esperimenti vengono selezionati quelli che fanno riferimento al tema dell'ottica geometrica e delle onde elettromagnetiche e sono preparati i seguenti apparati:

- Kit ottico (contenente specchi, lenti convergenti, divergenti, laser, ...);
- Fuoco di uno specchio concavo;
- Dispersione della luce con prisma equilatero;
- Prisma acromatico;
- Aberrazioni delle lenti;
- Diffrazione, interferenza, reticoli di diffrazione con passi differenti.

Presentando questi esempi è possibile ripercorrere la rete concettuale legata al tema della luce e della radiazione elettromagnetica, partendo dall'ottica geometrica e giungendo agli spettri atomici.

Il tema della prima lezione riguarda gli spettri atomici, pertanto viene proposta un'attività su questo argomento. Con questo scopo di proporre materiale per lezioni attive e laboratoriali si è pensato di costruire uno spettroscopio a trasmissione per osservare e analizzare le righe spettrali prodotte da alcune lampade spettrali. La costruzione dello strumento è semplice e richiede materiale di uso comune, mentre l'analisi delle lampade spettrali viene proposta agli insegnanti come possibile applicazione a scuola, ma può essere rielaborata per esaminare immagini ricavate da altri tipi di sorgenti. Per la costruzione si è fatto riferimento ai lavori di Onorato et al. (2015c).

L'attività prevede diverse fasi: la costruzione dello strumento, l'acquisizione delle immagini e l'analisi delle immagini.

Costruzione dello spettroscopio

Facendo riferimento al lavoro di Onorato et al. (2015a) viene realizzato il prototipo da presentare ai docenti. Il materiale necessario per la costruzione è materiale a basso costo (cartoncino nero, grating a trasmissione, nastro isolante nero, forbici e nastro biadesivo). Le dimensioni dello strumento vengono determinate in modo da soddisfare due richieste di costruzione. La prima riguarda la sezione dello spettroscopio, questa deve racchiudere la fotocamera del cellulare per poter montare lo spettroscopio efficacemente su di essa. La seconda, invece, è relativa alla lunghezza dello strumento, essa deve essere tale da permettere alla fotocamera di mettere a fuoco le immagini, per questo è determinata manualmente la minima distanza di messa a fuoco. Queste considerazioni conducono a stimare come dimensioni dello strumento una sezione quadrata di 4 cm x 4 cm e una lunghezza di 13 cm. Una volta costruito la struttura portante, parallelepipedo a base quadrata con le dimensioni indicate, è necessario inserire il grating a trasmissione per rendere lo spettroscopio tale. È utilizzata una pellicola di 500 tratti/mm, montata su una mascherina a base quadrata, di area 3,8 cm x 3,8 cm, da inserire nello strumento. Per realizzare uno

spettroscopio è necessario che siano presenti alcuni elementi: elemento dispersore e fenditura. Il primo viene costruito col grating, mentre il secondo è realizzato sfruttando la sagoma del parallelepipedo di struttura (Figura 40). È utilizzata a tale scopo la chiusura di una delle due aree di basi del parallelepipedo. Una di esse deve rimanere completamente aperta, perché deve essere posizionata sulla fotocamera del cellulare, mentre la seconda può essere utilizzata per produrre la fenditura centrale di larghezza 1 mm circa. Per la costruzione della fenditura dello spessore ricercato è possibile delimitarla con l'aiuto del nastro isolante nero.

La fase di costruzione dello spettroscopio è organizzata in base ai 5 gruppi di lavoro precedentemente formati. Sono preparate altrettante postazioni di lavoro, così che i docenti di ciascun gruppo lavorino in collaborazione e costruiscano il proprio spettroscopio. L'intera attività prevede una durata di circa un'ora e mezza, ma la parte di costruzione dello strumento dura più a lungo, impedendo di analizzare in aula le immagini catturate. È comunque possibile per ognuno dei 21 insegnanti costruire il proprio strumento e prendere le immagini della lampada al Cadmio e dei puntatori laser, così da poter lavorare poi da casa, con l'utilizzo di **Tracker**. La fase di costruzione dello strumento occupa più tempo di quanto previsto, ma permette agli insegnanti di sperimentare metodologie di didattica attiva. Uno degli intenti del corso è quello di far familiarizzare i professori con questo tipo di lezione, coinvolgendoli in prima persona in attività di gruppo e laboratoriali così da esortarli a riproporle in classe in alternativa alle classiche lezioni frontali.

Acquisizione e analisi delle immagini

Una volta prodotto, lo strumento è da montare sulla fotocamera del cellulare, cercando di evitare il più possibile infiltrazioni di luce che non provengano dalla fenditura. Per l'attività con i docenti si è pensato di proporre un confronto tra le immagini spettrali di una comune lampada a incandescenza e quella di una lampada spettrale. In particolare, sono state preparate lampade a Idrogeno, Cadmio, Mercurio e Mercurio-Cadmio, da far osservare qualitativamente agli insegnanti. L'esperienza è pensata per permettere anche la misura di lunghezze d'onda direttamente dalle immagini acquisite col proprio spettroscopio. La lampada al Cadmio si presta bene a questo intento, perché presenta quattro righe spettrali nel visibile. Esse sono: $\lambda_{rosso} = 643,8$ nm, $\lambda_{verde} = 508,6$ nm, $\lambda_{azzurro} = 480$ nm e $\lambda_{blu} = 467,8$ nm. Lo scopo dell'esperienza è quello di misurare le righe spettrali del Cadmio a partire dalle immagini ottenute dal proprio spettroscopio e di confrontarle con le lunghezze d'onda note. Per poter analizzare le immagini e permettere l'identificazione delle righe spettrali viene utilizzato il software **Tracker**, open source e scaricabile da <https://physlets.org/tracker/>. Per poter esaminare le immagini e permettere al programma di lavorare su di esse in termini di lunghezza d'onda è indispensabile effettuare una calibrazione. Nel caso di questa esperienza, in cui si vuole unicamente individuare la posizione dei massimi di intensità, è necessaria la sola calibrazione per lunghezza d'onda. Questa operazione serve per poter fornire a **Tracker** due punti di riferimento sull'immagine dello spettro, a cui associare un valore di lunghezza d'onda nota. In questo modo il programma converte la posizione delle righe in lunghezza d'onda ed è possibile identificare quella dei picchi del Cadmio. Per poter calibrare serve inserire due punti di lunghezza d'onda nota, con cui **Trac-**

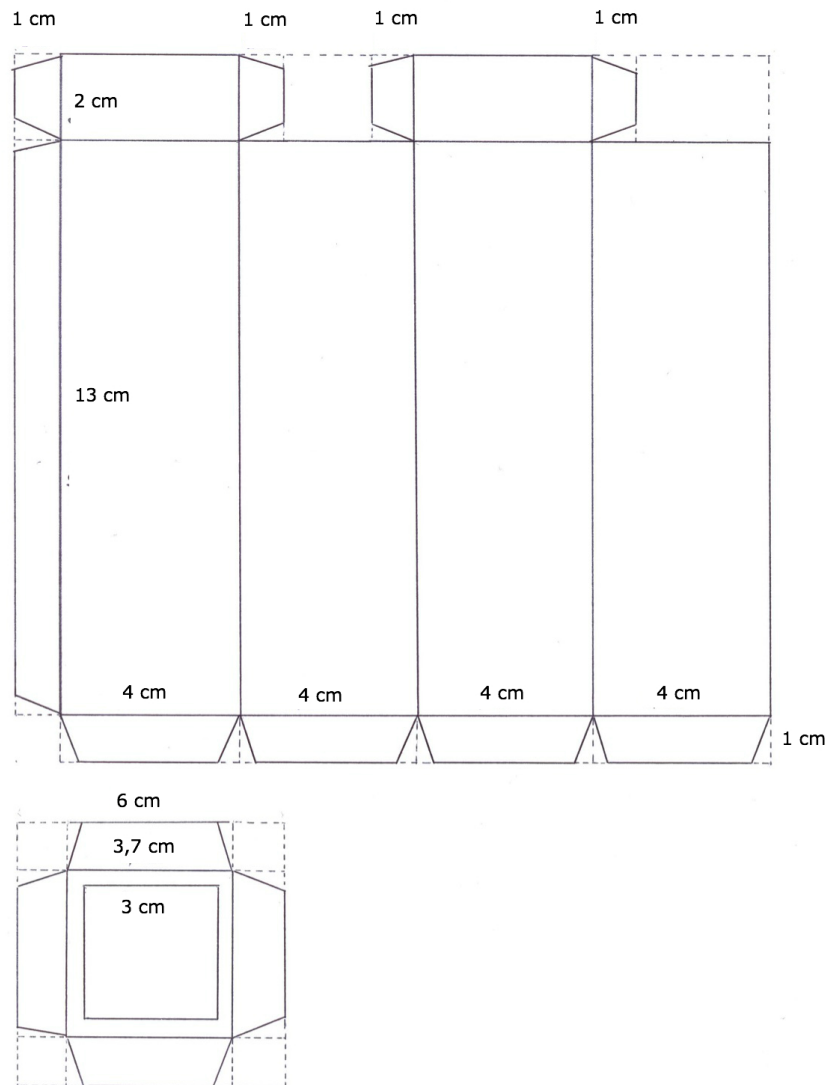


Figura 40.: Sagoma utilizzata per lo spettroscopio. Il parallelepipedo di base quadrata è servito come supporto al reticolo e per la creazione della fenditura. La mascherina è stata utilizzata per sorreggere il grating a trasmissione.

ker riscalda successivamente tutta l'immagine. È possibile utilizzare una lampada spettrale, ma anche due puntatori laser. Per questa esperienza si decide di utilizzare la seconda opzione. Prendendo con lo spettroscopio immagini di due laser di lunghezza d'onda nota, nello specifico rosso e verde, è possibile calibrare lo spettro del Cadmio in lunghezza d'onda. Questa operazione per ragioni di sicurezza avviene acquisendo le immagini dei laser riflessi su uno schermo bianco. In Figura 41 viene mostrata l'immagine dei laser verde e rosso acquisita con lo spettroscopio. In Figura

42, invece, è riportata l'immagine ottenuta nelle stesse condizioni della lampada al Cadmio. Per poter mantenere stabile la fotocamera del cellulare e permettere al detector di acquisire le immagini del laser e del Cadmio nelle medesime condizioni, il cellulare viene fissato su un treppiedi. La lampada e i laser devono, perciò, essere montati in modo tale che, senza spostare il detector, sia possibile prendere le immagini dei due laser, con cui calibrare, e del Cadmio, da calibrare. In questo modo, infatti, le due diverse immagini aperte con **Tracker** sono direttamente sovrapponibili e la calibrazione è corretta.

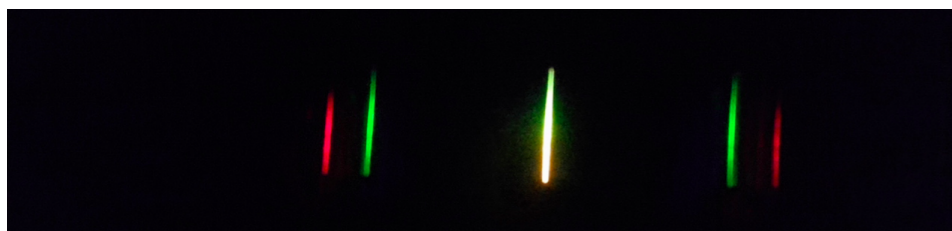


Figura 41.: Spettro del laser rosso, $\lambda_{rosso} = 633$ nm, e del laser verde, $\lambda_{verde} = 532$ nm, ottenuta con lo spettroscopio costruito. Questa immagine è stata utilizzata per la calibrazione del Cadmio



Figura 42.: Spettro dalla lampada al Cadmio ottenuta tramite lo spettroscopio costruito a mano.

Il risultato finale è quello di uno strumento in grado di visualizzare lo spettro di diverse sorgenti. Esso può essere utilizzato in modo qualitativo, per poter comprendere la differenza tra una lampada a incandescenza e una spettrale, oppure essere utilizzato per effettuare vere e proprie misure di lunghezza d'onda. L'attività proposta per *Fisica alle stelle* si limita a misurare e identificare le righe del Cadmio, ma molte altre applicazioni possono essere sviluppate con questo stesso strumento (Onorato et al. (2015b) e Onorato et al. (2015c)). Per la proposta agli insegnanti, tuttavia, si vuole mantenere un'attività semplice, che preveda la costruzione da parte di ciascun docente del proprio strumento, così da poterlo riportare direttamente in classe. La parte di progettazione della sagoma non è inclusa nell'attività perché richiederebbe più tempo di quello a disposizione, ma il materiale preparato e consegnato ai docenti, contiene una guida alla costruzione dello strumento in cui sono inserite alcune domande che li facciano riflettere sul motivo per cui vengono utilizzate certe misure e accortezze.

Attraverso questa attività di costruzione di un piccolo spettroscopio è possibile proporre in classe molti tipi di attività e spunti di riflessione. Per le classi di quinta è possibile far riferimento alla struttura atomica, ai salti quantici degli elettroni e al fenomeno di emissione. È possibile mostrare, inoltre, il diverso funzionamento di una lampada a incandescenza, spettro continuo, e di una lampada spettrale, righe di

emissione. È possibile proporre questa attività anche nelle classi del secondo biennio in riferimento al fenomeno di interferenza e diffrazione, che concorrono alla formazione dello spettro. L'esperienza può essere proposta per mostrare agli studenti il passaggio dallo spettro vero e proprio al grafico di intensità, ma può anche rimanere un'attività qualitativa che permette agli studenti di qualsiasi classe di interrogarsi sulla natura della luce, sui colori e sul funzionamento del grating.

6.1.2 Lezione 2

La seconda lezione del corso vuole introdurre agli insegnanti nozioni di carattere astronomico, applicando i concetti fisici affrontati nel primo incontro. I possibili argomenti da trattare in relazione alla luce e agli spettri sono molteplici in campo astronomico, ancor di più che in quello fisico. Tuttavia, anche in questo caso si identifica un unico argomento, in modo da presentare ai corsisti pochi concetti, ma esposti in maniera esaustiva. L'attività che più si presta a questo corso riguarda la determinazione della temperatura di una stella e la relativa classificazione a partire dal suo spettro. Infatti, questo specifico argomento coinvolge uno dei temi di Fisica moderna che può essere inserito nel percorso di Fisica di quinta superiore: la radiazione di corpo nero. Inoltre, attraverso l'analisi dello spettro è possibile determinare la classe spettrale di una stella, così gli insegnanti prima, e gli studenti poi, possono essere in grado di applicare concetti di Fisica per caratterizzare una stella.

Volendo mantenere anche per questa seconda lezione un approccio laboratoriale, favorendo i lavori di gruppo, viene ideata un'attività realizzabile nel laboratorio di informatica della sede di Astronomia del Dipartimento. Sfruttando i dati pubblici della *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) si propone un'esperienza che permetta ai docenti di lavorare su dati scientifici già ridotti. In questo modo è possibile presentare loro non solo concetti astronomici, ma anche gli ambienti e i programmi che gli astronomi utilizzano. Su questa linea di pensiero è organizzata l'esperienza in laboratorio di informatica che prevede l'utilizzo del programma specifico `Tool for Operations on Catalogues And Tables` (TOPCAT), gratuitamente scaricabile da www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/.

Prima della lezione in aula informatica viene organizzata una visita al museo delle Specola, per permettere ai docenti di venire a conoscenza delle possibilità didattiche del Dipartimento. Tra gli obiettivi del corso si pone quello di fornire spunti e materiali per riportare l'Astronomia negli insegnamenti della scuola secondaria, pertanto una visita al museo della Specola può permettere agli studenti di entrare in contatto con strumenti e concetti di Astronomia di base. L'idea ha coinvolto i professori, la maggior parte dei quali non ha mai visitato la struttura in precedenza.

Lo spettro delle stelle

Per motivi pratici di disponibilità dei computer, gli insegnanti lavorano a coppie per l'esperienza. Questa limitazione, tuttavia, permette di sviluppare la collaborazione tra i docenti, formando le coppie tra i membri dei gruppi creati nel primo incontro, favorendo lo sviluppo di *collaborative learning groups*.

Per poter correttamente introdurre i professori all'attività, essa è preceduta da una

breve lezione teorica sull'approssimazione di corpo nero valida per le stelle. In ambito astronomico, a differenza di quello fisico, è necessario spendere una parte della lezione in un approfondimento teorico, non potendo supporre che ogni docente abbia conoscenze in questo campo. Particolare attenzione è riservata al collegamento tra gli spettri osservati nella lezione precedente dalle lampade di emissione e quello delle stelle, in modo da creare connessione logica tra i due incontri.

L'attività laboratoriale è proposta in seguito alla lezione teorica. Essa prevede l'utilizzo del programma TOPCAT per determinare la temperatura delle stelle a partire dai dati della SDSS. Ogni coppia di docenti dispone di un account per accedere al computer dell'aula informatica ed elaborare i dati già selezionati per loro. Gli spettri da fornire ai partecipanti del corso vengono selezionati in precedenza per evitare di impiegare del tempo durante la lezione per la fase di scaricamento dati dal sito della SDSS. Tuttavia, è importante specificare che questa fase è accessibile ai professori in qualsiasi computer dotato di connessione internet, poiché l'archivio permette di scaricare i dati con estrema facilità. Le indicazioni per poter ricreare l'esperienza vengono specificate nel materiale distribuito agli insegnanti, per permettere loro di analizzare anche dati diversi da quelli forniti in aula.

Operativamente ad ogni coppia sono fornite 10 tabelle di dati, contenenti il flusso e la lunghezza d'onda di altrettante stelle, utilizzabili per ricostruire con TOPCAT lo spettro stellare. In questo modo i professori applicano i contenuti della lezione precedente al caso astronomico. Costruiscono gli spettri e verificano la differenza tra lo quello continuo del caso stellare e quello osservato con lo spettroscopio dalle lampade spettrali o dai laser. Una volta rappresentato in grafico il flusso in funzione della λ è possibile riprodurre la curva di corpo nero, descritta dalla formula di Planck. La formula inserita, normalizzata a $\lambda = 5500\text{\AA}$ come gli spettri delle stelle fornite, deve ricevere come parametro il valore di temperatura. L'attività richiede ai professori, pertanto, di trovare per approssimazioni successive la temperatura da inserire nella formula che meglio rappresenti lo spettro fornito. Modificando questo parametro è possibile notare, in accordo alla legge di Wien, la differenza tra spettri di stelle calde e spettri di stelle fredde. Nella maggior parte dei casi non è possibile riprodurre perfettamente lo spettro con un'unica curva. In particolare, la parte blu e quella rossa possono essere riprodotte con due curve di temperature diverse. Per ogni spettro è, quindi, necessario determinare due temperature: T_{min} che approssima la parte rossa e T_{max} che rappresenta quella blu. In questo modo i docenti vengono a conoscenza della deviazione dalla curva di corpo nero valida per una stella e in più possono calcolare l'errore relativo all stima di temperatura. Essi otterranno la media $\langle T \rangle$, da T_{min} e T_{max} , e l'errore a esso associato $\Delta T = \frac{T_{max}-T_{min}}{2}$.

L'attività permette ad ogni coppia di lavorare su più stelle. Lo scopo della lezione è quello introdurre i docenti alla radiazione di corpo nero e alla temperatura della fotosfera stellare, pertanto non è necessario che ogni coppia analizzi tutti e 10 gli spettri. I dati utilizzati per questa esperienza non vengono ridotti dai docenti, ma sono forniti già utilizzabili per l'analisi. Il procedimento necessario per giungere dal dato grezzo a quello realmente utilizzabile si presenta all'Osservatorio Astrofisico di Asiago, nel corso della lezione successiva.

6.1.3 *Lezione 3*

La terza e ultima lezione è ideata come incontro residenziale per permettere l'osservazione notturna al telescopio dell'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Le attività delle due giornate sono presentate in due momenti distinti. Il primo, nella giornata di Venerdì 1 Dicembre, prevede una lezione introduttiva al telescopio, un'attività connessa alle coordinate celesti e la riduzione e acquisizione di spettri stellari col telescopio. Il secondo momento, a cui è dedicata l'intera mattina del 2 Dicembre, è per la progettazione di un percorso didattico da parte dei singoli gruppi di lavoro.

Osservazione al telescopio

Al momento dell'arrivo dei docenti ad Asiago è presentata la struttura dell'Osservatorio. Gli insegnanti visitano la cupola del Telescopio Galileo da 1,2 m di diametro e apprendono le caratteristiche ottiche dello strumento (configurazione, caratteristiche dello spettroscopio, ecc...). L'acquisizione dello spettro stellare è prevista, invece, per la sera e si pone come lezione teorica conclusiva del corso. I professori nelle lezioni precedenti riprendono il concetto di spettro, osservando quello delle lampade ad emissione e apprendono la teoria del corpo nero e dell'approssimazione valida per le stelle, lavorando su spettri stellari già ridotti. Nella lezione finale si vogliono infine mostrare ai corsisti le procedure necessarie per la riduzione degli spettri stellari. In questo modo essi vengono a conoscenza delle diverse operazioni di riduzione che un astronomo deve compiere per ottenere i dati scientifici. Le diverse fasi di manipolazione dei dati sono presentate ai docenti, ma non si richiede loro di elaborare i dati scientifici, poiché tali procedure prevedono una conoscenza approfondita di software specifici (*iraf*). Le condizioni meteorologiche della serata non permettono di lavorare con spettri ottenuti nel corso della notte, pertanto la lezione procede presentando esempi di spettri stellari di archivio.

Alla lezione sugli spettri stellari si aggiunge, non potendo osservare, un'attività connessa alla determinazione delle coordinate celesti di un oggetto astronomico. Si presentano ai docenti contenuti teorici sui diversi sistemi di coordinate astronomiche (altazimutali ed equatoriali) per poter definire le quantità necessarie alla determinazione dell'altezza di un oggetto in cielo. In particolare, facendo riferimento a formule di trigonometria sferica, si propongono tipologie di esercizio utilizzabili nel corso di lezioni di Matematica.

Progettazione di un percorso didattico

Le attività di Sabato 2 Dicembre si incentrano sulla produzione di un percorso didattico da parte di ogni gruppo di lavoro. Il corso vuole fornire ai docenti esempi di argomenti di Astronomia da riproporre in classe, e richiede ai partecipanti, come momento finale, di produrre un percorso a partire dal materiale fornito. La condivisione del materiale con i diversi gruppi può fornire ulteriori spunti di riflessione e arricchire così l'esperienza di ogni partecipante.

Prima di procedere con l'attività si presentano ai corsisti le proposte didattiche e di stage offerte dall'Osservatorio e dal Dipartimento di Fisica e Astronomia. Tra

le attività presentate si collocano *Il Cielo come Laboratorio* e la possibilità per gli studenti di partecipare a una settimana di alternanza scuola-lavoro nei mesi estivi presso l'Osservatorio di Asiago.

L'attività di progettazione didattica si svolge nei gruppi creati nella prima lezione del corso, così insegnanti con obiettivi comuni collaborano per costruire un percorso didattico che miri a soddisfare lo scopo che il gruppo si è posto. Il confronto tra i diversi partecipanti permette di sfruttare punti di vista ed esperienze diverse, ad esempio un gruppo eterogeneo formato da insegnanti provenienti dal primo e secondo biennio è attento alle esigenze di tutte queste classi.

Di seguito si presenta il materiale elaborato dai 4 diversi gruppi di corsisti nel corso della mattina del 2 Dicembre. Un gruppo non ha presentato il lavoro, poiché assenti i membri del gruppo.

GRUPPO 1 : Approfondire tematiche di Fisica moderna

Il titolo del percorso è *L'Universo è in espansione?* ed è proposto per le classi di quarta e quinta di Liceo Scientifico. Nella classe quarta è inserita la costruzione dello spettroscopio per poter mostrare agli studenti la differenza tra spettri continui e a emissione. Per la classe quinta, invece, si prevede l'analisi con TOPCAT di spettri stellari e di galassie per calcolare lo spostamento Doppler di una particolare riga di assorbimento. Questa seconda attività introduce gli studenti alla teoria del corpo nero e al concetto di redshift.

Per poter svolgere questa esperienza vengono forniti ai docenti spettri di galassie con cui effettuare il confronto.

GRUPPO 2 : Approfondire tematiche di Fisica moderna

Il titolo del percorso è *Dalle stella alla quantizzazione* ed è pensato per le classi di quinta Liceo Scientifico. Questo percorso vuole sfruttare gli spettri stellari come esempio per introdurre la Fisica quantistica e la curva di corpo nero. In particolare, partendo da spettri scaricati dall'archivio della *Sloan Digital Sky Survey* si vuole far riflettere gli studenti su quale curva approssimi meglio l'andamento di intensità degli spettri stellari. I corsisti propongono in alternativa all'utilizzo di TOPCAT il software *GeoGebra*, già noto agli studenti.

GRUPPO 3 Approfondire tematiche di Astronomia

Il titolo del percorso proposto da questo gruppo è *Astronomia: cavallo di Troia per la Fisica e la Matematica* ed è pensato come percorso applicabile ad ogni classe di Liceo Scientifico, in particolare alla classe terza. Dalla somministrazione del TOAST agli studenti si vogliono far riflettere le classi su alcuni argomenti di Astronomia. In particolare, si vuole porre l'attenzione sulla determinazione della posizione degli oggetti astronomici sulla volta celeste, introducendo gli studenti a concetti di geometria sferica e proponendo esercizi trigonometrici per la determinazione dell'altezza sull'orizzonte. Nella progettazione di questo percorso particolare importanza è dedicata allo sviluppo di attività trasversali, ad esempio la capacità di fare ricerche ed esporre una relazione.

GRUPPO 4 Approfondire l'utilizzo del laboratorio per proporre esperienze in classe

Il percorso, dal titolo *Facciamo luce sul Sole*, è proposto dall'ultimo gruppo per le classi di quarta Liceo Scientifico. Questo percorso vuole fare riflettere gli studenti sugli elementi che formano il Sole e su come gli astronomi conoscono

la sua composizione chimica. Per introdurre gli alunni al concetto di spettro si sfrutta la costruzione dello spettroscopio e si osservano alcune lampade spettrali. Mostrando poi lo spettro del Sole si stimolano i ragazzi a interrogarsi sulla differenza tra i due tipi di spettri osservati: spettro a righe di emissione (lampade spettrali) e spettro continuo con righe di assorbimento (Sole).

Tutti e quattro i percorsi didattici prodotti a conclusione del progetto *Fisica alle stelle* sono esempi di come poter introdurre argomenti di Astronomia nell'insegnamento di Fisica per le classi superiori. Il corso produce materiale utile per integrare l'Astronomia nella scuola secondaria di secondo grado ed ha fornito ai docenti strumenti utilizzabili direttamente in classe. L'efficacia del corso nel fornire materiale utile è riscontrabile dai percorsi didattici realizzati dai corsisti. In ognuno di essi rientra almeno un elemento presentato dal corso (costruzione dello spettroscopio, utilizzo di TOPCAT per analizzare spettri stellari, esercizi di trigonometria sferica, ecc...). Sperimentando in classe i percorsi realizzati nel corso e valutando l'apprendimento degli studenti prima e dopo aver ricevuto questi insegnamenti, è possibile verificare l'eventuale miglioramento delle conoscenze astronomiche e fisiche degli alunni. Questa fase di diretta sperimentazione dei percorsi non è stata trattata in questo elaborato, ma può essere studio di indagini future.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Questo elaborato di tesi indaga le conoscenze preliminari in ambito astronomico e fisico degli studenti iscritti al primo anno dell'Università di Padova. L'analisi è effettuata per cercare di comprendere quale sia il grado di preparazione degli studenti che frequentano la scuola secondaria superiore in seguito alla riforma Gelmini (*D.M. n.211, 2010*) e decidono di iscriversi al corso di laurea in Astronomia. Dallo studio delle Indicazioni Nazionali ora in vigore (Capitolo 2) è possibile verificare quale sia il ruolo della disciplina nella scuola secondaria in seguito alla riforma. L'indagine mostra come l'insegnamento dei concetti astronomici sia affidato non più a Scienze della Terra, fatta eccezione per i moti della Terra, ma a Fisica. Questo cambiamento, in linea teorica, potrebbe permettere agli insegnanti di Fisica di introdurre molti argomenti di Astronomia. Lo stretto legame tra le due discipline, infatti, permette di utilizzare esempi astronomici per approfondire o introdurre argomenti di Fisica (Sezione 2.4). Nonostante gli insegnanti si trovino in una situazione favorevole per fare ciò, la questione risulta piuttosto complessa. Per poter effettuare collegamenti tra le due discipline, infatti, i docenti devono avere conoscenze in ambito astronomico, ma gli insegnanti abilitati all'insegnamento di Fisica possono non avere, a causa della loro formazione professionale, dimestichezza con argomenti astronomici e trovarsi quindi in difficoltà nell'insegnamento.

La difficoltà con cui concetti e nozioni astronomiche vengono inserite nel percorso di Fisica nella scuola secondaria di secondo grado, tuttavia, non ha diminuito il numero di iscritti a questo corso di laurea. Al contrario negli ultimi anni il corso di studi di Padova registra un aumento degli immatricolati. L'elaborato di tesi si propone di indagare quale siano le conoscenze astronomiche degli iscritti e quale siano le motivazioni che li conducono a intraprendere questo corso di studi. È possibile, attraverso l'utilizzo del Test Of Astronomy STandards (TOAST) e del questionario motivazionale del progetto HOPE, valutare entrambi questi aspetti. Le indagini condotte, i cui risultati sono esposti nel Capitolo 5, permettono di rilevare le misconcezioni degli studenti e le motivazioni principali che li spingono ad iscriversi ad Astronomia. Tra le misconcezioni rilevate dal TOAST compaiono quelle relative ad alcuni concetti di Astronomia di base, ma anche quelle relative ai concetti di Fisica moderna (radiazione di corpo nero, fenomeno di emissione ed assorbimento). Il questionario motivazionale individua l'interesse e la curiosità personale verso la disciplina come motivo principale che conduce gli studenti ad iscriversi ad Astronomia. Entrambi questi aspetti possono essere utili per migliorare la didattica dell'Astronomia non solo nella scuola secondaria di secondo grado, ma anche all'Università. Infatti, le misconcezioni riscontrate permettono di comprendere come sia necessario approfondire alcune tematiche di Fisica con esempi di Astronomia nella scuola secondaria per migliorare la preparazione degli studenti. Questo stesso risultato può servire ai docenti universitari per venire a conoscenza delle lacune più frequenti negli iscritti e tentare, perciò, di colmarle.

Le indagini in merito alle misconcezioni degli studenti suggeriscono inoltre una pos-

sibile estensione del lavoro. Infatti, il test utilizzato è stato costruito da ricercatori sulla base di interviste e studi condotti sugli studenti americani. Un test sviluppato direttamente da un contesto italiano, che faccia riferimento cioè a interviste su studenti italiani e a concetti astronomici e fisici relativi alle Indicazioni Nazionali italiane, potrebbe far emergere misconcezioni non rilevate con il TOAST. Inoltre, un'indagine motivazionale che affianchi al questionario interviste sugli studenti può produrre risultati più specifici sulle ragioni che conducono gli studenti a iscriversi al corso di laurea.

Alla luce dei dati emersi dal TOAST e dall'analisi delle nuove Indicazioni Nazionali l'elaborato propone un corso di formazione per insegnanti di Fisica di scuola secondaria di secondo grado. Il corso vuole proporre un esempio di come poter sfruttare argomenti astronomici per migliorare l'apprendimento di alcuni concetti di Fisica e allo stesso tempo introdurre nozioni di Astronomia nel corso dei cinque anni di scuola secondaria di secondo grado. In questo modo gli insegnanti riuscirebbero non solo ad approfondire concetti di Fisica, ma a introdurre esempi di Astronomia, permettendo allo studente di comprendere il forte legame tra le due discipline. Un aspetto che emerge dai dati statistici di Ateneo è che la percentuale di abbandono del corso di Laurea in Astronomia si avvicina al 40% e la maggior parte degli abbandoni si verifica al primo anno di corso. Questo può essere dovuto a molti fattori, tra cui un orientamento inefficace da parte della scuola secondaria nei confronti della disciplina. Dal risultati del questionario motivazionale, infatti, emerge come molti studenti siano interessati alla storia e all'evoluzione dell'Universo. Tuttavia, il corso di studi in Astronomia è molto vasto e comprende, prima di presentare argomenti di Cosmologia, molti altri esami di Fisica e Matematica. Rinforzare la consapevolezza negli studenti che per comprendere l'Astronomia è necessario avere buone competenze in Fisica e Matematica permette loro di avere una visione più completa di quello che dovranno studiare in questo corso di studi. Anche in questo caso, analisi future possono verificare più nello specifico quali siano le aspettative degli studenti immatricolati al primo anno per comprendere se l'alta percentuale di abbandono sia riconducibile a un orientamento poco efficace.

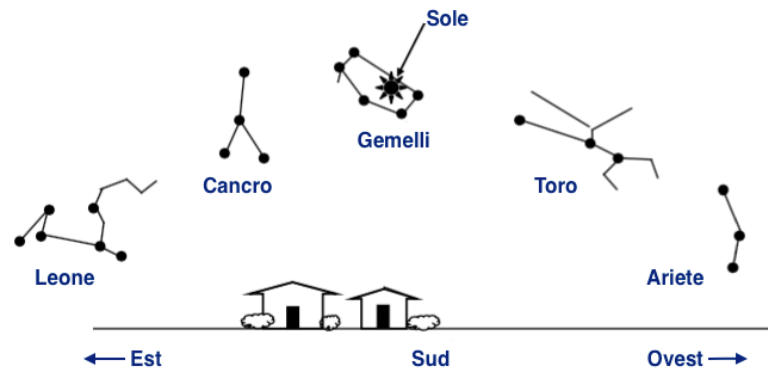
Il corso di formazione presentato nell'elaborato (Capitolo 6) si pone come obiettivo quello di fornire materiale direttamente spendibile in classe per poter introdurre concetti di Astronomia nel percorso di Fisica. Nello specifico, il corso *Fisica alle stelle* si concentra sul tema della luce, degli spettri atomici e stellari. Le tre lezioni del il corso vengono progettate per offrire ai docenti materiale per lezioni attive e laboratoriali. Queste, infatti, risultano più efficaci per l'eliminazione delle misconcezioni e, pertanto, più appropriate per l'intento di questa tesi. Il corso prevede, pertanto, la costruzione di uno spettroscopio con materiale di basso costo da applicare a una fotocamera digitale per la determinazione dei massimi di emissione di alcune lampade spettrali. In connessione al concetto fisico di spettro è proposta un'attività laboratoriale che permetta agli insegnanti di calcolare la temperatura delle stelle dal loro spettro. In questo modo il concetto di spettro è applicato al caso stellare creando una connessione tra le due discipline. La parte finale del corso si tiene all'Osservatorio Astrofisico di Asiago, per acquisire spettri direttamente al telescopio. L'incontro finale, oltre a presentare lezioni su argomenti astronomici (descrizione del telescopio, coordinate celesti e riduzione di spettri stellari) prevede la progettazione di un percorso didattico da parte dei docenti. Tutti i gruppi presentano percorsi in cui

sono inserite le attività e i materiali didattici forniti durante il corso. Si può quindi concludere che i docenti apprezzino le proposte fatte durante il corso di formazione e ne riconoscano la validità didattica e la spendibilità immediata nel contesto di classe. Questo verrà verificato nel corso di un'indagine pianificata per i prossimi mesi e che non può essere inclusa in questo elaborato di tesi.

Appendices



TOAST

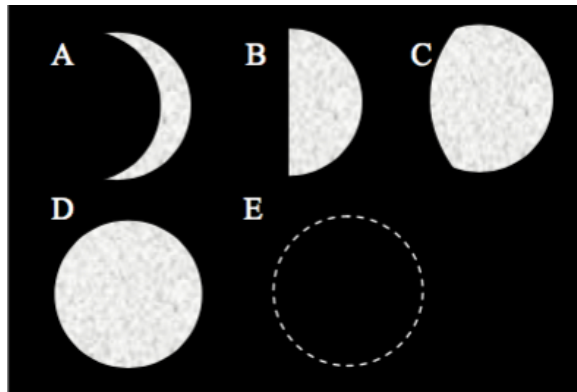


- If you could see stars during the day, the drawing above shows what the sky would look like at noon on a given day. The Sun is at the highest point that it will reach on this day and is near the stars of the constellation Gemini. What is the name of the constellation that will be closest to the Sun at sunset on this day?

 - Leo
 - Taurus
 - Aries
 - Cancer
 - Gemini
- This picture shows the position of the stars at noon on a certain day. How long would you have to wait to see Gemini at this same position at midnight?

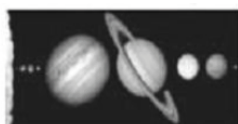
 - 12 hours
 - 24 hours
 - 6 months
 - 1 year
 - Gemini is never seen at this position at midnight.
- You look to the eastern horizon as the Moon first rises and discover that it is in the new moon phase. Which picture shows what the moon will look like when it is at its high point in the sky, later that same day?

 - A
 - B
 - C
 - D
 - E

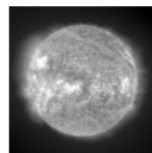


4. You are located in the continental U.S. on the first day of October. How will the position of the Sun at noon be different two weeks later?
- It will have moved toward the north.
 - It will have moved to a position higher in the sky.
 - It will stay in the same position.
 - It will have moved to a position closer to the horizon.
 - It will have moved toward the west.
5. Which sentence best describes why the Moon goes through phases?
- Earth's shadow falls on different parts of the moon at different times.
 - The moon is somewhat flattened and disk-like. It appears more or less round depending on the precise angle from which we see it.
 - Earth's clouds cover portions of the moon resulting in the changing phases that we see.
 - The sunlight reflected from earth lights up the moon. It is less effective when the moon is lower in the sky than when it is higher in the sky.
 - We see only part of the lit-up face of the Moon depending on its position relative to Earth and the Sun.
6. Imagine you see Mars rising in the east at 6:30 pm. Six hours later what direction would you face (look) to see Mars when it is highest in the sky?
- Toward the north
 - Toward the south
 - Toward the east
 - Toward the west
 - Directly overhead

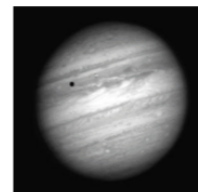
7. Imagine that Earth was upright with no tilt. How would this affect the seasons?
- We would no longer experience a difference between the seasons.
 - We would still experience seasons, but the difference would be less noticeable.
 - We would still experience seasons, but the difference would be more noticeable.
 - We would continue to experience seasons in essentially the same way we do now.
8. How does the Sun produce the energy that heats our planet?
- The gases inside the sun are burning and producing large amounts of energy.
 - Gas inside the sun heats up when compressed, giving off large amounts of energy.
 - Heat trapped by magnetic fields in the sun is released as energy.
 - Hydrogen is combined into helium, giving off large amounts of energy.
 - The core of the Sun has radioactive atoms that give off energy as they decay.
9. The Big Bang is best described as:
- The event that formed all matter and space from an infinitely small dot of energy.
 - The event that formed all matter and scattered it into space.
 - The event that scattered all matter and energy throughout space.
 - The event that organized the current arrangement of planetary systems.
10. Which of the following ranks locations, from closest to Earth to farthest from Earth?
- the sun, the moon, the edge of our solar system, the north star, the edge of our galaxy
 - the sun, the north star, the moon, the edge of our galaxy, the edge of our solar system
 - the moon, the north star, the sun, the edge of our solar system, the edge of our galaxy
 - the moon, the sun, the edge of our solar system, the north star, the edge of our galaxy
 - the north Star, the Moon, the Sun, the edge of our galaxy, the edge of our solar system
11. Which of the following is the best ranking (from smallest to largest) for the size of these objects?



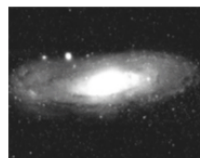
A. Sistema Solare



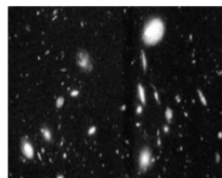
B. Sole



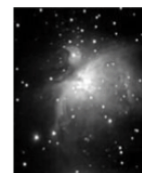
C. Giove



D. Andromeda



E. Ammasso di galassie



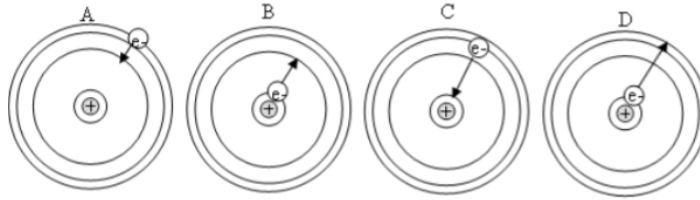
F. Nebulosa

- A. $C < F < B < A < D < E$
 - B. $E < D < F < A < B < C$
 - C. $C < B < A < F < D < E$
 - D. $F < C < B < A < D < E$
 - E. None of the above is correct.
12. Imagine that Earth's orbit were changed to be a perfect circle about the Sun so that the distance to the Sun never changed. How would this affect the seasons?
- A. We would not be able to notice a difference between seasons.
 - B. The difference in the seasons would be less noticeable than it is now.
 - C. The difference in the seasons would be more noticeable than it is now.
 - D. We would experience seasons in the same way we do now.
13. What is a star?
- A. A ball of gas that reflects light from another energy source.
 - B. A bright point of light visible in earth's atmosphere.
 - C. A hot ball of gas that produces energy by burning gases.
 - D. A hot ball of gas that produces energy by combining atoms into heavier atoms.
 - E. A hot ball of gas that produces energy by breaking apart atoms into lighter atoms.
14. Which one property of a star will determine the rest of the characteristics of that star's life?
- A. Brightness
 - B. Temperature
 - C. Color
 - D. Mass
 - E. Chemical makeup
15. Current evidence about how the universe is changing tells us that
- A. we are near the center of the universe.
 - B. galaxies are expanding into empty space.
 - C. groups of galaxies appear to move away from each other.
 - D. nearby galaxies are younger than distant galaxies.

16. Stars begin life as
- A. a piece off of a star or planet.
 - B. a white dwarf.
 - C. matter in earth's atmosphere.
 - D. a black hole.
 - E. a cloud of gas and dust.
17. When the Sun reaches the end of its life, what will happen to it?
- A. It will turn into a black hole.
 - B. It will explode, destroying earth.
 - C. It will lose its outer layers, leaving its core behind.
 - D. It will not die due to its mass.
18. If you were in a spacecraft near the Sun and began traveling to Pluto you might pass
- A. planets.
 - B. stars.
 - C. moons.
 - D. two of these objects.
 - E. all of these objects.
19. How did the system of planets orbiting the Sun form?
- A. The planets formed from the same materials as the sun.
 - B. The planets and the sun formed at the time of the big bang.
 - C. The planets were captured by the sun's gravity.
 - D. The planets formed from the fusion of hydrogen in their cores.

20. Which of the following would make you weigh half as much as you do right now?
- A. Take away half of the earth's atmosphere.
 - B. Double the distance between the sun and the earth.
 - C. Make the earth spin half as fast.
 - D. Take away half of the Earth's mass.
21. Astronauts "float" around in the space shuttle as it orbits Earth because
- A. there is no gravity in space.
 - B. they are falling in the same way as the space shuttle.
 - C. they are above earth's atmosphere.
 - D. there is less gravity inside of the Space Shuttle.
22. Energy is released from atoms in the form of light when electrons:
- A. are emitted by the atom.
 - B. move from low energy levels to high energy levels.
 - C. move from high energy levels to low energy levels.
 - D. move in their orbit around the nucleus.
23. Which of the following would be true about comparing visible light and radio waves?
- A. The radio waves would have a lower energy and would travel slower than visible light.
 - B. The visible light would have a shorter wavelength and a lower energy than radio waves.
 - C. The radio waves would have a longer wavelength and travel the same speed as visible light.
 - D. The visible light would have a higher energy and would travel faster than radio waves.
 - E. The radio waves would have a shorter wavelength and higher energy than visible light.
24. The atoms in the plastic of your chair were formed:
- A. in our sun.
 - B. by a star existing prior to the formation of our Sun.
 - C. at the instant of the Big Bang.
 - D. approximately 100 million years ago.
 - E. in a distant galaxy in a different part of the early universe.

25. Which atom would be absorbing light with the greatest energy?



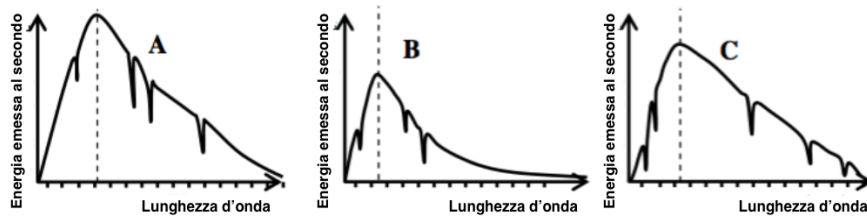
- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

26. Which atom would emit light with the shortest wavelength?

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

27. The graphs below illustrate the energy output versus wavelength for three unknown objects A, B, and C. Which of the objects has the highest temperature?

- A. A
- B. B
- C. C
- D. All three objects have the same temperature.
- E. The answer cannot be determined from this information.



TOAST TRADOTTO IN ITALIANO

1. Supponi di poter vedere le stelle anche durante il dì. La figura mostra come apparirebbe il cielo in un determinato giorno a mezzogiorno. Il Sole ha raggiunto il punto più alto sull'orizzonte e si trova vicino alla costellazione dei Gemelli. Al tramonto dello stesso giorno, vicino a quale costellazione si troverà il Sole?
- Leone
 - Toro
 - Ariete
 - Cancro
 - Gemelli

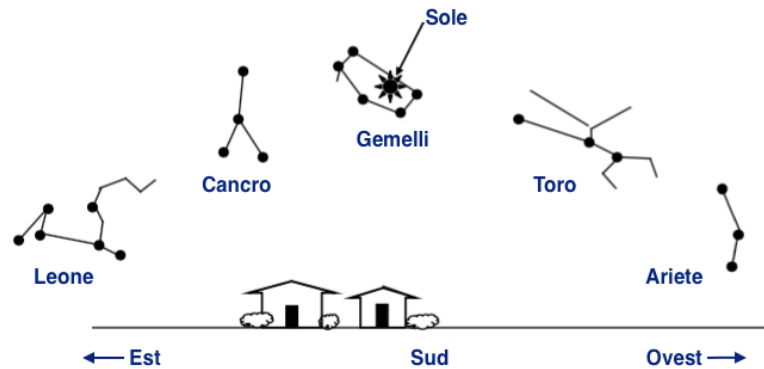


Figura 1: Immagine relativa alle domanda 1 e alla domanda 2

2. La figura precedente mostra la posizione delle stelle a mezzogiorno, in un dato giorno. Dopo quanto tempo osserverai la costellazione dei Gemelli nella stessa posizione a mezzanotte?
- 12 ore
 - 24 ore
 - 6 mesi
 - 1 anno
 - La costellazione dei Gemelli non può mai essere osservata in questa posizione a mezzanotte.
3. Stai osservando l'orizzonte a est mentre la Luna sorge e scopri che è nella fase di Luna nuova. Quale delle opzioni riportate in figura rappresenta la forma della Luna quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte lo stesso giorno?
- A
 - B
 - C
 - D
 - E

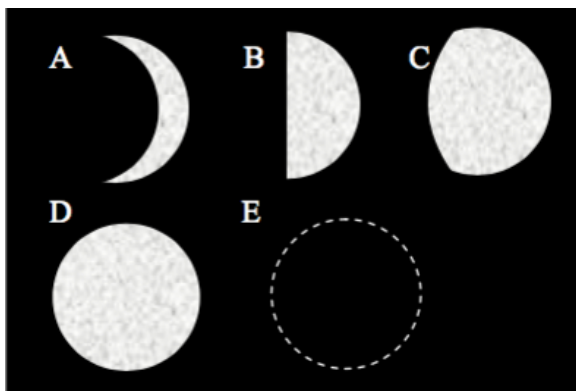


Figura 2: Immagine relativa alla domanda 3

4. Ti trovi in Italia il 1° Ottobre e osservi la posizione del Sole in cielo a mezzogiorno. Dopo due settimane, come sarà cambiata la posizione del Sole alla stessa ora?
- Il Sole si sarà spostato verso Nord.
 - Il Sole si troverà in una posizione più alta sull'orizzonte.
 - Il Sole sarà nella stessa posizione.
 - Il Sole si troverà in una posizione più bassa sull'orizzonte.
 - Il Sole si sarà spostato verso Ovest.
5. Quale delle seguenti affermazioni spiega correttamente le fasi lunari?
- L'ombra della Terra copre parti diverse della Luna in momenti diversi.
 - La Luna è leggermente appiattita, con una forma a disco. Ci appare più o meno rotonda a seconda dell'angolo da cui la osserviamo.
 - Le nuvole dell'atmosfera terrestre possono coprire porzioni diverse della Luna dando luogo alle diverse fasi che osserviamo.
 - La luce del Sole riflessa dalla Terra illumina la Luna. Questo effetto è meno efficace quando la Luna è bassa sull'orizzonte rispetto a quando è più alta.
 - Vediamo solo una parte della faccia illuminata della Luna, a seconda della sua posizione rispetto alla Terra e al Sole.
6. Alle 18.30 osservi Marte sorgere a est. In quale direzione devi guardare per osservare Marte sei ore dopo, quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte?
- Verso Nord
 - Verso Sud
 - Verso Est
 - Verso Ovest
 - In alto, sopra la testa

7. Immagina che l'asse terrestre non sia inclinato rispetto al piano dell'orbita. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni?
- A. Non ci sarebbero più le stagioni.
 - B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti.
 - C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti.
 - D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora.
8. Come avviene la produzione di energia nel Sole?
- A. I gas all'interno del Sole bruciano, producendo una grande quantità di energia.
 - B. I gas all'interno del Sole si scaldano quando vengono compressi, rilasciando una grande quantità di energia.
 - C. I campi magnetici all'interno del Sole intrappolano calore che poi viene liberato come energia.
 - D. L'idrogeno si combina in elio, liberando una grande quantità di energia.
 - E. Il nucleo del Sole contiene atomi radioattivi che liberano energia quando decadono.
9. Il Big Bang è:
- A. L'evento che ha dato origine a tutta la materia e lo spazio da un punto di densità di energia infinita.
 - B. L'evento che ha formato tutta la materia e l'ha distribuita nello spazio.
 - C. L'evento che ha distribuito nello spazio tutta la materia e l'energia.
 - D. L'evento che ha determinato l'attuale configurazione dei sistemi planetari.
10. Devi mettere in ordine alcuni riferimenti astronomici, dal più vicino alla Terra al più lontano dalla Terra. Qual è la successione corretta?
- A. Il Sole, la Luna, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia.
 - B. Il Sole, la stella Polare, la Luna, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare.
 - C. La Luna, la stella Polare, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, l'estremità della nostra galassia.
 - D. La Luna, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia.
 - E. La stella Polare, la Luna, il Sole, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare.

11. Devi mettere in ordine i seguenti oggetti e sistemi astronomici, dal più piccolo al più grande. Qual è la successione corretta?

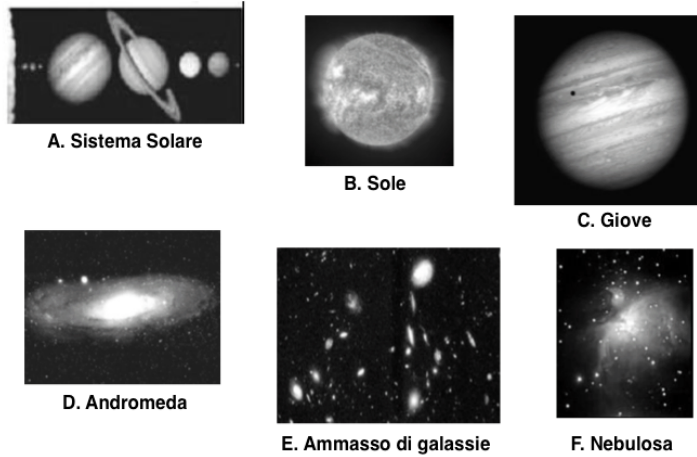


Figura 3: Immagine relativa alla domanda 11

- A. $C < F < B < A < D < E$
- B. $E < D < F < A < B < C$
- C. $C < B < A < F < D < E$
- D. $F < C < B < A < D < E$
- E. Nessuna delle precedenti
12. Immagina che l'orbita della Terra sia perfettamente circolare e quindi la distanza Terra-Sole sia sempre la stessa. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni?
- A. Non ci sarebbero più le stagioni.
- B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti.
- C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti.
- D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora.
13. Che cos'è una stella?
- A. Una sfera di gas che riflette la luce di un'altra sorgente di energia.
- B. Un punto che emette luce nell'atmosfera terrestre.
- C. Una sfera di gas molto calda, che produce energia bruciando i gas.
- D. Una sfera di gas molto calda, che produce energia combinando atomi leggeri in atomi più pesanti.
- E. Una sfera di gas molto calda, che produce energia rompendo gli atomi in atomi più leggeri.
14. Quale proprietà di una stella determina le caratteristiche della sua evoluzione?
- A. Luminosità
- B. Temperatura

- C. Colore
 - D. Massa
 - E. Composizione Chimica
15. I dati che abbiamo oggi sull'evoluzione dell'universo ci dicono che:
- A. La Terra si trova vicino al centro dell'Universo.
 - B. Le galassie si stanno espandendo nello spazio vuoto.
 - C. I gruppi di galassie si stanno allontanando gli uni dagli altri.
 - D. Le galassie vicine sono più giovani di quelle lontane.
16. Le stelle iniziano la loro vita come:
- A. Un frammento di stella o di pianeta.
 - B. Una nana bianca.
 - C. Materiale presente nell'atmosfera terrestre.
 - D. Un buco nero.
 - E. Una nube di gas e polvere.
17. Cosa accadrà al Sole al termine della sua vita?
- A. Diventerà un buco nero.
 - B. Esploserà distruggendo la Terra.
 - C. Perderà il rivestimento esterno, mantenendo il nucleo interno.
 - D. A causa della sua massa, non morirà.
18. Sei su una navicella spaziale che si trova vicino al Sole e parti in direzione di Plutone. Quali oggetti astronomici incontrerai durante il viaggio?
- A. Pianeti
 - B. Stelle
 - C. Lune
 - D. Due di questi oggetti.
 - E. Tutti gli oggetti sopra elencati.
19. Come si è formato il sistema di pianeti che orbita attorno al Sole?
- A. I pianeti si sono formati dallo stesso materiale da cui si è formato il Sole.
 - B. I pianeti e il Sole si sono formati all'epoca del Big Bang.
 - C. I pianeti sono stati catturati dalla gravità del Sole.
 - D. I pianeti si sono formati dalla fusione dell'Idrogeno nei rispettivi nuclei.
20. Che cosa renderebbe il tuo peso la metà di quello attuale?
- A. Togliere metà dell'atmosfera terrestre.
 - B. Raddoppiare la distanza Terra-Sole.
 - C. Dimezzare la velocità di rotazione della Terra attorno al proprio asse.
 - D. Dimezzare la massa della Terra.

21. Gli astronauti a bordo dello Space Shuttle in orbita attorno alla Terra "galleggiano" perché:
- Nello spazio non c'è gravità.
 - Sono in caduta libera, proprio come lo Space Shuttle.
 - Si trovano al di sopra dell'atmosfera terrestre.
 - All'interno dello Space Shuttle c'è meno gravità.
22. Gli atomi liberano energia sotto forma di luce quando gli elettroni:
- Vengono emessi dall'atomo.
 - Si spostano da un livello a bassa energia a un livello ad alta energia.
 - Si spostano da un livello ad alta energia a un livello a bassa energia.
 - Si muovono lungo la loro orbita intorno al nucleo.
23. Quale delle seguenti affermazioni descrive correttamente il confronto tra luce visibile e onde radio?
- Le onde radio hanno energia più bassa e viaggiano più lentamente della luce visibile.
 - La luce visibile ha lunghezza d'onda più corta ed energia più bassa delle onde radio.
 - Le onde radio hanno lunghezza d'onda più lunga e la stessa velocità della luce visibile.
 - La luce visibile ha energia più alta e viaggia più velocemente delle onde radio.
 - Le onde radio hanno lunghezza d'onda più corta ed energia più alta della luce visibile.
24. Gli atomi presenti in una sedia di plastica sono stati formati:
- Nel Sole.
 - In una stella esistita prima della formazione del Sole.
 - Durante il Big Bang.
 - Circa 100 milioni di anni fa.
 - In una galassia lontana, in una zona differente dell'Universo primordiale.
25. Quale degli atomi nella figura seguente assorbe la radiazione con l'energia più alta?

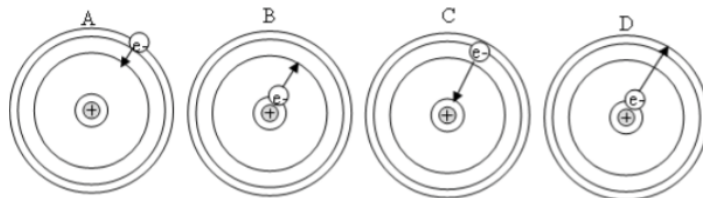


Figura 4: Immagine relativa alla domanda 25 e domanda 26

- A
 - B
 - C
 - D
26. Quale degli atomi nella figura precedente emette la radiazione con la lunghezza d'onda più corta?
- A
 - B
 - C
 - D

27. I grafici nella figura seguente mostrano l'energia emessa al secondo da tre oggetti (A, B e C) in funzione della lunghezza d'onda. Quale oggetto ha la temperatura più alta?

- A. A
- B. B
- C. C
- D. I tre oggetti hanno la stessa temperatura.
- E. Non ci sono abbastanza informazioni per rispondere.

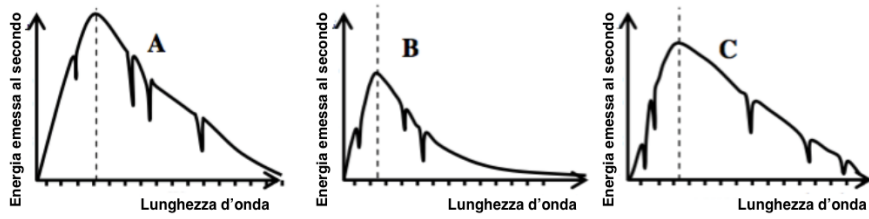


Figura 5: Immagine relativa alla domanda 27

QUESTIONARIO MOTIVAZIONALE

Ti preghiamo di fornire un punteggio da 1 (per niente importante) a 5 (molto importante) per ciascuno dei seguenti fattori che possono averti orientato alla scelta del corso di laurea in Astronomia.

1. Desiderio di acquisire una comprensione profonda dell'Universo
 1 2 3 4 5
2. Desiderio di migliorare le prospettive di lavoro
 1 2 3 4 5
3. Incoraggiamento da parte di amici/compagni di classe
 1 2 3 4 5
4. Insegnante/i di materie scientifiche a scuola
 1 2 3 4 5
5. Vedere documentari TV su argomenti di Astronomia 1 2 3 4 5
6. Leggere libri o riviste 1 2 3 4 5
7. Essere ispirato da uno scienziato nella tua famiglia 1 2 3 4 5
8. Desiderio di capire il modo intorno a te 1 2 3 4 5
9. Visite presso musei o mostre specifiche 1 2 3 4 5
10. Visite presso laboratori scientifici, es. Università, osservatori astronomici, ...
 1 2 3 4 5
11. Visite da parte di docenti o studenti universitari nella tua scuola
 1 2 3 4 5
12. Qualcosa visto in Internet, es. siti web, YouTube, ... 1 2 3 4 5
13. Voler capire come funzionano le cose 1 2 3 4 5
14. Desiderio di imparare concetti avanzati di Astrofisica (materia oscura, energia oscura...)
 1 2 3 4 5
15. Costruire e/o usare strumenti legati all'Astronomia, es. un telescopio
 1 2 3 4 5
16. Desiderio di avere un lavoro interessante 1 2 3 4 5
17. Desiderio di diventare un ricercatore in Astronomia/Astrofisica 1 2 3 4 5
18. Desiderio di diventare insegnante 1 2 3 4 5
19. Le materie scientifiche erano quelle in cui andavo meglio a scuola
 1 2 3 4 5
20. Incoraggiamento da parte dei genitori o familiari 1 2 3 4 5
21. Hai partecipato a stage o hai fatto esperienza di alternanza scuola-lavoro nel campo dell' Astronomia e della Fisica? Se sì quali?
22. Per favore, indica qualsiasi altro motivo importante
23. A quale età hai iniziato ad appassionarti all'Astronomia?

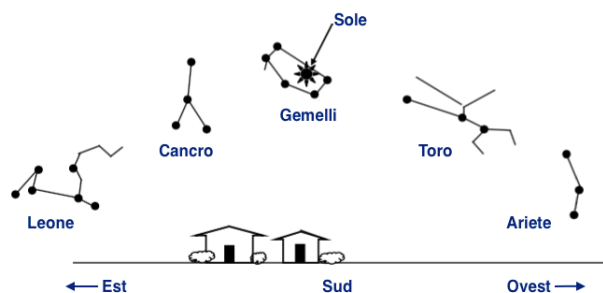
24. A quale età hai deciso effettivamente di iscriverti al corso di laurea in Astronomia?
25. Hai preso in considerazione altri corsi di laurea? Se sì, quali?
26. Specifica qualsiasi circostanza particolarmente importante che ti ha portato a scegliere Astronomia.
27. Indica il tuo genere
28. Indica il tuo luogo di nascita
29. Al test d'ingresso di Astronomia hai avuto il debito formativo in matematica?
30. Sei uno studente In sede Fuori sede Pendolare
31. Che tipo di scuola secondaria hai frequentato?
32. Dove hai frequentato la scuola secondaria? Indica la città
33. Con quale voto ti sei diplomato?
34. Ti sei iscritto al corso di Astronomia subito dopo esserti diplomato?

RISULTATI DEL TOAST PER I DOCENTI

Si riportano i risultati del TOAST somministrato a 21 docenti che hanno preso parte al corso *Fisica alle stelle*.

Tabella 58.: P-value e i Point-biserial della domanda 1 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

1. Supponi di poter vedere le stelle anche durante il dì. La figura mostra come apparirebbe il cielo in un determinato giorno a mezzogiorno. Il Sole ha raggiunto il punto più alto sull'orizzonte e si trova vicino alla costellazione dei Gemelli. Al tramonto dello stesso giorno, vicino a quale costellazione si troverà il Sole?



- A. Leone
- B. Toro
- C. Ariete
- D. Cancro
- E. **Gemelli**

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|----|--------|----|---------------|----|
| P-value | 14,29% | 0% | 38,10% | 0% | 47,62% | 0% |

Tabella 59.: P-value e i Point-biserial della domanda 2 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

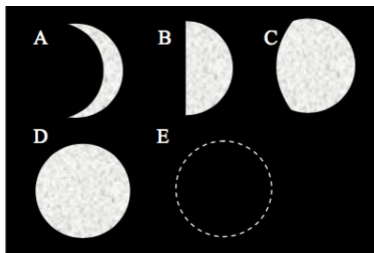
2. La figura precedente mostra la posizione delle stelle a mezzogiorno, in un dato giorno. Dopo quanto tempo osserverai la costellazione dei Gemelli nella stessa posizione a mezzanotte?

A. 12 ore
 B. 24 ore
 C. 6 mesi
 D. 1 anno
 E. La costellazione dei Gemelli non può mai essere osservata in questa posizione a mezzanotte.

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|----|--------|-------|-------|--------|
| P-value | 14,29% | 0% | 57,14% | 4,76% | 9,52% | 14,29% |

Tabella 60.: P-value e i Point-biserial della domanda 3 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

3. Stai osservando l'orizzonte a est mentre la Luna sorge e scopri che è nella fase di Luna nuova. Quale delle seguenti opzioni rappresenta la forma della Luna quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte lo stesso giorno?



| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|----|--------|----|--------|-------|
| P-value | 19,05% | 0% | 14,29% | 0% | 61,90% | 4,76% |

Tabella 61.: P-value e i Point-biserial della domanda 4 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|---|----|----|-------|---------------|-------|----|
| 4. Ti trovi in Italia il 1° Ottobre e osservi la posizione del Sole in cielo a mezzogiorno. Dopo due settimane, come sarà cambiata la posizione del Sole alla stessa ora? A. Il Sole si sarà spostato verso Nord. B. Il Sole si troverà in una posizione più alta sull'orizzonte. C. Il Sole sarà nella stessa posizione. D. Il Sole si troverà in una posizione più bassa sull'orizzonte. E. Il Sole si sarà spostato verso Ovest. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 0% | 0% | 4,76% | 90,48% | 4,76% | 0% |

 Tabella 62.: P-value e i Point-biserial della domanda 5 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|---|-------|----|----|----|---------------|-------|
| 5. Quale delle seguenti affermazioni spiega correttamente le fasi lunari? A. L'ombra della Terra copre parti diverse della Luna in momenti diversi. B. La Luna è leggermente appiattita, con una forma a disco. Ci appare più o meno rotonda a seconda dell'angolo da cui la osserviamo. C. Le nuvole dell'atmosfera terrestre possono coprire porzioni diverse della Luna dando luogo alle diverse fasi che osserviamo. D. La luce del Sole riflessa dalla Terra illumina la Luna. Questo effetto è meno efficace quando la Luna è bassa sull'orizzonte rispetto a quando è più alta. E. Vediamo solo una parte della faccia illuminata della Luna, a seconda della sua posizione rispetto alla Terra e al Sole. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 4,76% | 0% | 0% | 0% | 90,48% | 4,76% |

 Tabella 63.: P-value e i Point-biserial della domanda 6 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|--|-------|---------------|--------|-------|-------|--------|
| 6. Alle 18.30 osservi Marte sorgere a est. In quale direzione devi guardare per osservare Marte sei ore dopo, quando raggiunge il punto più alto sull'orizzonte? A. Verso Nord B. Verso Sud C. Verso Est D. Verso Ovest E. In alto, sopra la testa | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 9,52% | 52,38% | 14,29% | 4,76% | 4,76% | 14,29% |

Tabella 64.: P-value e i Point-biserial della domanda 7 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|--------|--------|-------|-------|----|
| 7. Immagina che l'asse terrestre non sia inclinato rispetto al piano dell'orbita. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | | |
| A. Non ci sarebbero più le stagioni. | | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 66,67% | 19,05% | 4,76% | 9,52% | 0% |

Tabella 65.: P-value e i Point-biserial della domanda 8 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|---|-------|----|-------|--------|----|-------|
| 8. Come avviene la produzione di energia nel Sole? | | | | | | |
| A. I gas all'interno del Sole bruciano, producendo una grande quantità di energia. | | | | | | |
| B. I gas all'interno del Sole si scaldano quando vengono compressi, rilasciando una grande quantità di energia. | | | | | | |
| C. I campi magnetici all'interno del Sole intrappolano calore che poi viene liberato come energia. | | | | | | |
| D. L'idrogeno si combina in elio, liberando una grande quantità di energia. | | | | | | |
| E. Il nucleo del Sole contiene atomi radioattivi che liberano energia quando decadono. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 9,52% | 0% | 4,76% | 80,95% | 0% | 4,76% |

Tabella 66.: P-value e i Point-biserial della domanda 9 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|--------|-------|-------|----|----|
| 9. Il Big Bang è: | | | | | |
| A. L'evento che ha dato origine a tutta la materia e lo spazio da un punto di densità di energia infinita. | | | | | |
| B. L'evento che ha formato tutta la materia e l'ha distribuita nello spazio. | | | | | |
| C. L'evento che ha distribuito nello spazio tutta la materia e l'energia. | | | | | |
| D. L'evento che ha determinato l'attuale configurazione dei sistemi planetari. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 85,71% | 4,76% | 9,52% | 0% | 0% |

Tabella 67.: P-value e i Point-biserial della domanda 10 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

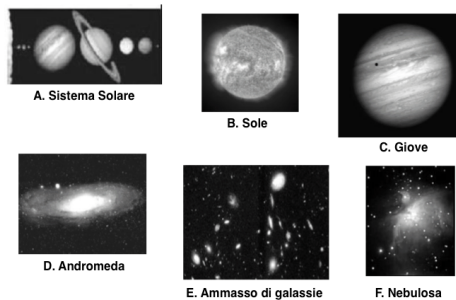
10. Devi mettere in ordine alcuni riferimenti astronomici, dal più vicino alla Terra al più lontano dalla Terra. Qual è la successione corretta?

A. Il Sole, la Luna, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia.
 B. Il Sole, la stella Polare, la Luna, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare.
 C. La Luna, la stella Polare, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, l'estremità della nostra galassia.
 D. La Luna, il Sole, l'estremità del Sistema Solare, la stella Polare, l'estremità della nostra galassia.
 E. La stella Polare, la Luna, il Sole, l'estremità della nostra galassia, l'estremità del Sistema Solare.

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|-------|----|-------|--------|----|----|
| P-value | 4,76% | 0% | 4,76% | 90,48% | 0% | 0% |

Tabella 68.: P-value e i Point-biserial della domanda 11 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

11. Devi mettere in ordine i seguenti oggetti e sistemi astronomici, dal più piccolo al più grande. Qual è la successione corretta?



- A. C < F < B < A < D < E
- B. E < D < F < A < B < C
- C. C < B < A < F < D < E
- D. F < C < B < A < D < E
- E. Nessuna delle precedenti

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|----|----|--------|----|-------|----|
| P-value | 0% | 0% | 90,48% | 0% | 9,52% | 0% |

Tabella 69.: P-value e i Point-biserial della domanda 12 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|-------|--------|----|---------------|----|
| 12. Immagina che l'orbita della Terra sia perfettamente circolare e quindi la distanza Terra-Sole sia sempre la stessa. Che effetto avrebbe questo sulle stagioni? | | | | | |
| A. Non ci sarebbero più le stagioni. | | | | | |
| B. Le differenze tra le stagioni sarebbero meno evidenti. | | | | | |
| C. Le differenze tra le stagioni sarebbero più evidenti. | | | | | |
| D. Le stagioni rimarrebbero essenzialmente come sono ora. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 9,52% | 19,05% | 0% | 71,43% | 0% |

Tabella 70.: P-value e i Point-biserial della domanda 13 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|--|----|----|-------|---------------|--------|------|
| 13. Che cos'è una stella? | | | | | | |
| A. Una sfera di gas che riflette la luce di un'altra sorgente di energia. | | | | | | |
| B. Un punto che emette luce nell'atmosfera terrestre. | | | | | | |
| C. Una sfera di gas molto calda, che produce energia bruciando i gas. | | | | | | |
| D. Una sfera di gas molto calda, che produce energia combinando atomi leggeri in atomi più pesanti. | | | | | | |
| E. Una sfera di gas molto calda, che produce energia rompendo gli atomi in atomi più leggeri. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 0% | 0% | 9,52% | 66,67% | 14,29% | 9,52 |

Tabella 71.: P-value e i Point-biserial della domanda 14 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|--|----|--------|-------|---------------|-------|--------|
| 14. Quale proprietà di una stella determina le caratteristiche della sua evoluzione? | | | | | | |
| A. Luminosità | | | | | | |
| B. Temperatura | | | | | | |
| C. Colore | | | | | | |
| D. Massa | | | | | | |
| E. Composizione chimica | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 0% | 14,29% | 9,52% | 52,38% | 9,52% | 14,29% |

Tabella 72.: P-value e i Point-biserial della domanda 15 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|----|--------|--------|----|-------|
| 15. I dati che abbiamo oggi sull'evoluzione dell'universo ci dicono che: | | | | | |
| A. La Terra si trova vicino al centro dell'Universo. | | | | | |
| B. Le galassie si stanno espandendo nello spazio vuoto. | | | | | |
| C. I gruppi di galassie si stanno allontanando gli uni dagli altri. | | | | | |
| D. Le galassie vicine sono più giovani di quelle lontane. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 0% | 23,81% | 71,43% | 0% | 4,76% |

Tabella 73.: P-value e i Point-biserial della domanda 16 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|---|----|-------|----|----|--------|--------|
| 16. Le stelle iniziano la loro vita come: | | | | | | |
| A. Un frammento di stella o di pianeta. | | | | | | |
| B. Una nana bianca. | | | | | | |
| C. Materia presente nell'atmosfera terrestre. | | | | | | |
| D. Un buco nero. | | | | | | |
| E. Una nube di gas e polvere. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 0% | 4,76% | 0% | 0% | 76,19% | 19,05% |

Tabella 74.: P-value e i Point-biserial della domanda 17 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-------|-------|
| 17. Cosa accadrà al Sole al termine della sua vita? | | | | | |
| A. Diventerà un buco nero. | | | | | |
| B. Esploserà distruggendo la Terra. | | | | | |
| C. Perderà il rivestimento esterno, mantenendo il nucleo interno. | | | | | |
| D. A causa della sua massa, non morirà. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 19,05% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | 4,76% |

Tabella 75.: P-value e i Point-biserial della domanda 18 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | | |
|--|-------|----|----|------------------------|-------|-------|
| 18. Sei su una navicella spaziale che si trova vicino al sole e parti in direzione di Plutone. Quali oggetti astronomici incontrerai durante il viaggio? | | | | | | |
| A. Pianeti | | | | | | |
| B. Stelle | | | | | | |
| C. Lune | | | | | | |
| D. Due di questi oggetti. | | | | | | |
| E. Tutti gli oggetti sopra elencati. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 4,76% | 0% | 0% | 76,19% | 9,52% | 9,52% |

Tabella 76.: P-value e i Point-biserial della domanda 19 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|------------------------|-------|--------|----|--------|
| 19. Come si è formato il sistema di pianeti che orbita attorno al Sole? | | | | | |
| A. I pianeti si sono formati dallo stesso materiale da cui si è formato il Sole. | | | | | |
| B. I pianeti e il Sole si sono formati all'epoca del Big Bang. | | | | | |
| C. I pianeti sono stati catturati dalla gravità del Sole. | | | | | |
| D. I pianeti si sono formati dalla fusione dell'Idrogeno nei rispettivi nuclei. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 42,86% | 4,76% | 38,10% | 0% | 14,29% |

Tabella 77.: P-value e i Point-biserial della domanda 20 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|----|----|----|----------------------|----|
| 20. Che cosa renderebbe il tuo peso la metà di quello attuale? | | | | | |
| A. Togliere metà dell'atmosfera terrestre. | | | | | |
| B. Raddoppiare la distanza Terra-Sole. | | | | | |
| C. Dimezzare la velocità di rotazione della Terra attorno al proprio asse. | | | | | |
| D. Dimezzare la massa della Terra. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% |

Tabella 78.: P-value e i Point-biserial della domanda 21 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|-------|--------|----|--------|----|
| 21. Gli astronauti a bordo dello Space Shuttle in orbita attorno alla Terra “galleggiano” perché | | | | | |
| A. Nello spazio non c'è gravità. | | | | | |
| B. Sono in caduta libera, proprio come lo Space Shuttle. | | | | | |
| C. Si trovano al di sopra dell'atmosfera terrestre. | | | | | |
| D. All'interno dello Space Shuttle c'è meno gravità. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 9,52% | 76,19% | 0% | 14,29% | 0% |

Tabella 79.: P-value e i Point-biserial della domanda 22 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | | | | | |
|--|----|----|------|----|----|
| 22. Gli atomi liberano energia sotto forma di luce quando gli elettroni | | | | | |
| A. Vengono emessi dall'atomo. | | | | | |
| B. Si spostano da un livello a bassa energia a un livello ad alta energia. | | | | | |
| C. Si spostano da un livello ad alta energia a un livello a bassa energia. | | | | | |
| D. Si muovono lungo la loro orbita intorno al nucleo. | | | | | |
| | A | B | C | D | / |
| P-value | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% |

Tabella 80.: P-value e i Point-biserial della domanda 23 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

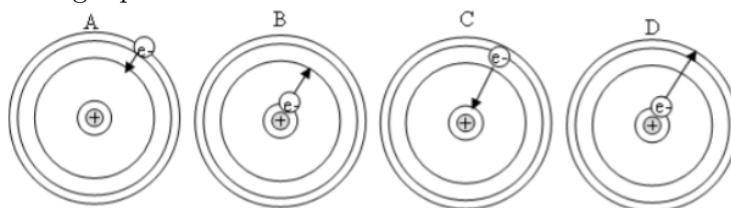
| | | | | | | |
|---|----|----|--------|----|-------|-------|
| 23. Quale delle seguenti affermazioni descrive correttamente il confronto tra luce visibile e onde radio? | | | | | | |
| A. Le onde radio hanno energia più bassa e viaggiano più lentamente della luce visibile. | | | | | | |
| B. La luce visibile ha lunghezza d'onda più corta ed energia più bassa delle onde radio. | | | | | | |
| C. Le onde radio hanno lunghezza d'onda più lunga e la stessa velocità della luce visibile. | | | | | | |
| D. La luce visibile ha energia più alta e viaggia più velocemente delle onde radio. | | | | | | |
| E. Le onde radio hanno lunghezza d'onda più corta ed energia più alta della luce visibile. | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | / |
| P-value | 0% | 0% | 80,95% | 0% | 9,52% | 9,52% |

Tabella 81.: P-value e i Point-biserial della domanda 24 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

| | A | B | C | D | E | / |
|---|-------|--------|--------|-------|----|--------|
| 24. Gli atomi presenti in una sedia di plastica sono stati formati | | | | | | |
| A. Nel Sole. | | | | | | |
| B. In una stella esistita prima della formazione del Sole. | | | | | | |
| C. Durante il Big Bang. | | | | | | |
| D. Circa 100 milioni di anni fa. | | | | | | |
| E. In una galassia lontana, in una zona differente dell'Universo primordiale. | | | | | | |
| P-value | 9,54% | 23,81% | 47,62% | 4,76% | 0% | 14,29% |

Tabella 82.: P-value e i Point-biserial della domanda 25 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

25. Quale degli atomi nella figura seguente assorbe la radiazione con l'energia più alta?



- A. A
B. B
C. C
D. D

| | A | B | C | D | / |
|----------------|----|----|--------|--------|--------|
| P-value | 0% | 0% | 14,29% | 61,90% | 23,81% |

Tabella 83.: P-value e i Point-biserial della domanda 26 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

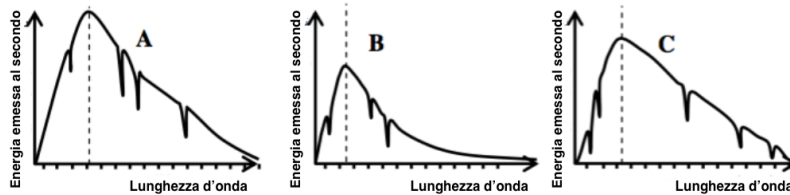
26. Quale degli atomi nella figura precedente emette la radiazione con la lunghezza d'onda più corta?

- A. A
B. B
C. C
D. D

| | A | B | C | D | / |
|----------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| P-value | 14,29% | 4,76% | 23,81% | 28,57% | 28,57% |

Tabella 84.: P-value e i Point-biserial della domanda 27 calcolati per il TOAST completato dai 21 docenti partecipanti al corso *Fisica alle stelle*.

27. I grafici nella figura seguente mostrano l'energia emessa al secondo da tre oggetti (A, B e C) in funzione della lunghezza d'onda. Quale oggetto ha la temperatura più alta?



- A. A
- B. B
- C. C
- D. I tre oggetti hanno la stessa temperatura.
- E. Non ci sono abbastanza informazioni per rispondere.

| | A | B | C | D | E | / |
|----------------|--------|--------|----|-------|-------|-------|
| P-value | 42,86% | 38,10% | 0% | 4,76% | 4,76% | 9,52% |

BIBLIOGRAFIA

- Adams, J.P. (2003). «Lecture-tutorials for introductory astronomy». In: *Lecture-tutorials for introductory astronomy—preliminary ed./Jeffrey P. Adams...[et al.] Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, c2003. QB 62. A3 2003.*
- Adams, J.P., G. Brissenden, R.S. Lindell, T.F. Slater e J. Wallace (2001). «Observations of student behavior in collaborative learning groups». In: *Astronomy Education Review* 1.1.
- Agan, L. (2004). «Stellar ideas: Exploring students' understanding of stars». In: *Astronomy Education Review* 3.1.
- Atwood, R.K. e V.A. Atwood (1996). «Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons». In: *Journal of research in science teaching* 33.5, pp. 553–563.
- Bailey, J.M. (2006). «Development of a concept inventory to assess students' understanding and reasoning difficulties about the properties and formation of stars». Tesi di dott. The University of Arizona.
- Bardar, E.M., E.E. Prather, K. Brecher e T.F. Slater (2007). «Development and validation of the light and spectroscopy concept inventory». In: *Astronomy Education Review* 5.2, pp. 103–113.
- Baxter, J. (1989). «Children's understanding of familiar astronomical events». In: *International Journal of Science Education* 11.5, pp. 502–513.
- Berti, A.E. (2002). «Cambiamento concettuale e insegnamento». In: *Scuola e città* 102.1, pp. 19–38.
- Brogt, E., D. Sabers, E.E. Prather, G.L. Deming, B. Hufnagel e T.F. Slater (2007). «Analysis of the astronomy diagnostic test». In: *Astronomy Education Review*.
- Cohen, L., L. Manion e K. Morrison (2013). *Research methods in education*. Routledge.
- Comins, N.F. (2001). *Heavenly errors: Misconceptions about the real nature of the universe*. Columbia University Press.
- Council, National Research et al. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Di Sessa, A.A. (1993). «Toward an epistemology of physics». In: *Cognition and instruction* 10.2-3, pp. 105–225.
- D.M, n.211*, (2010). Regolamento recante revisione dell'assetto ordinamentale, organizzativo e didattico dei licei.
- Fanetti, T.M. (2001). «The relationships of scale concepts on college age students' misconceptions about the cause of the lunar phases». Tesi di laurea mag. Iowa State University Ames.
- Galilei, G. (1610). *Sidereus Nuncius*. Marsilio Editori. Data di edizione 1993.
- Gudmundsdottir, S. e L. Shulman (1987). «Pedagogical content knowledge in social studies». In: *Scandinavian Journal of Educationl Research* 31.2, pp. 59–70.
- Hake, R.R. (1998). «Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses». In: *American journal of Physics* 66.1, pp. 64–74.

- Indicazioni Nazionali*, (2012). URL: http://archivio.pubblica.istruzione.it/riforma_superiori/nuovesuperiori/index.html.
- Kuhn, T.S. e D. Hawkins (1963). «The structure of scientific revolutions». In: *American Journal of Physics* 31.7, pp. 554–555.
- Levrini, O., A. De Ambrosis, S. Hemmer, A. Laherto, M. Malgieri, O. Pantano e G. Tasquier (2016). «Understanding first-year students' curiosity and interest about physics—lessons learned from the HOPE project». In: *European Journal of Physics* 38.2, p. 025701.
- Lindell, R.S. e S.R. Sommer (2004). «Using the Lunar Phases Concept Inventory to Investigate College Students' Pre-instructional Mental Models of Lunar Phases». In: *AIP Conference Proceedings*. Vol. 720. 1. AIP, pp. 73–76.
- MIUR (2012). *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*. Le Monnier.
- Onorato, P., M. Malgieri e A. De Ambrosis (2015a). «Home Made Spectrophotometer for a Laboratory Bridging Optics and Modern Physics». In:
- (2015b). «Measuring the hydrogen Balmer series and Rydberg's constant with a homemade spectrophotometer». In: *European Journal of Physics* 36.5, p. 058001.
 - (2015c). «Quantitative analysis of transmittance and photoluminescence using a low cost apparatus». In: *European Journal of Physics* 37.1, p. 015301.
- Piaget, J. (1951). *The child's conception of the world*. 213. Rowman & Littlefield.
- Placek, W.A. (1985). «Preconceived knowledge of certain Newtonian concepts among gifted and non-gifted eleventh grade physics students.» In: *In 2nd International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics in Ithaca, NY*.
- Plummer, J.D. e J. Krajcik (2008). «A learning progression for celestial motion». In: *Annual Meeting for the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, Maryland*.
- Posner, G.J., K.A. Strike, P.W. Hewson e W.A. Gertzog (1982). «Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change». In: *Science education* 66.2, pp. 211–227.
- Prather, E.E., T.F. Slater e E.G. Offerdahl (2002). «Hints of a fundamental misconception in cosmology». In: *Astronomy Education Review* 1.2.
- Rhöneck, C. von e K. Grob (1987). «Representation and problem solving in basic electricity, predictors for successful learning». In: *In 2nd International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics in Ithaca*.
- Ryan, J.M. e Jeanne R.M. (1997). «Improving Student Assessment Strategies». In: *Big Sky Institute Professional Development Workshop Series*.
- Sadler, P.M. (1992). «The initial knowledge state of high school astronomy students». Tesi di dott. Harvard Graduate School of Education.
- Slater, S.J. (2014). «The development and validation of the Test Of Astronomy STandards (TOAST)». In: *Journal of Astronomy and Earth Sciences Education* 1.1, p. 1.
- Slater, S.J., C.A. Morrow e T.F. Slater (2008). «The impact of a kinesthetic astronomy curriculum on the content knowledge of at-risk students». In: *meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD*.

- Slater, S.J., S.P. Schleigh e D.J. Stork (2015). «Analysis of individual test of astronomy standards (TOAST) item responses». In: *Journal of Astronomy and Earth Sciences Education* 2.2, p. 89.
- Slater, T.F., B. Hufnagel e J.P. Adams (1999). «Validating the astronomy diagnostics test for undergraduate non-science majors». In: *Bulletin of the American Astronomical Society*. Vol. 31, p. 937.
- Vosniadou, S. e W.F. Brewer (1992). «Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood». In: *Cognitive psychology* 24.4, pp. 535–585.
- Wallace, C.S. e J.M. Bailey (2010). «Do concept inventories actually measure anything?» In: *Astronomy Education Review* 9.1.
- Zeilik, M. (2002). «Birth of the astronomy diagnostic test: Prototest evolution». In: *Astronomy Education Review* 1.2.