

REPORT sul progetto di innovazione didattica universitaria
Miglioramento della didattica della fisica nei Corsi di Studio dell'area Agraria

RESPONSABILE: Alberto Stefanel

1. Introduzione

Il progetto *Miglioramento della didattica della fisica nei Corsi di Studio dell'area Agraria* ha riguardato gli insegnamenti di fisica (6 cfu svolti nel II semestre del primo anno) dell'anno accademico 2015/16 rispettivamente nel corso di studi in **Scienze Agrarie (AGR)**, su gravano le mutuaioni dei CdS **in Scienze per l'Ambiente e la Natura (SAN) e Viticoltura e Enologia (VEN)**, e nel corso di studi in **Scienze e Tecnologie Alimentari (STAL)**.

Nel seguito si useranno le sigle di cui sopra o per brevità si indicherà l'insegnamento per AGR-VEN-SAN con la sigla AVS e il secondo con la sigla STAL.

Il progetto ha avuto come destinatari gli studenti iscritti ai corsi di studio di cui sopra, proponendo un approccio di tipo innovativo riguardo a contenuti e metodi, il cui impatto principale atteso riguardava gli studenti frequentanti e in particolare quelli iscritti al primo anno, ma le cui ricadute, ad esempio sugli esiti complessivi degli esami, ci si attendeva avrebbero avuto esiti positivi anche sui non-frequentanti.

Il progetto è stato realizzato grazie a:

- Il contributo scientifico dell'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica (URDF) dell'Università degli Studi di Udine, diretta dalla prof. Marisa Michelini, con la quale è già stata attivata una ricerca sull'insegnamento della fisica nell'area BIO (Michelini, Stefanel 2013,2016a) e una sinergica attuazione del presente progetto congiuntamente con quello gemello riguardante l'insegnamento della fisica nel corso di studi di Biotecnologie e condotto dalla stessa prof. Michelini. Tale collaborazione ha dato luogo a un contributo presentato a un congresso internazionale II WCPE – Sao Paulo, Brazil, 10-15 luglio 2016) (Michelini, Stefanel 2016 b)
- La collaborazione con l'URDF e la prof. Michelini in particolare che ha messo a disposizione: A) i materiali per la conduzione di attività sperimentali in aula e in laboratorio (sulla diffrazione ottica, lo studio del moto con sensori on-line, lo studio dell'assorbimento di luce da sistemi diversi e simulazione dell'effetto serra); B) i risponditori automatici (Clicker) concessi in comodato gratuito presso l'URDF, dalla ditta Promethean per attività di ricerca. Sul ruolo dei clicker nell'insegnamento apprendimento in questo ambito è stato presentato un lavoro a Didattica 2016 (Michelini, Stefanel, 2016 c)
- La disponibilità logistica dei laboratori di Ricerca in Didattica della Fisica della sezione di fisica del DMIF (già del DCFA) e dei materiali in dotazione ai suddetti laboratori per le attività di laboratorio sperimentale
- Il contributo finanziario ricevuto dall'Università di Udine e dal CdS in Scienze dell'alimentazione grazie ai quali è stato possibile acquistare materiale per lo svolgimento delle attività laboratoriali
- La collaborazione della dott.ssa Alessandra De Angelis, che oramai da oltre tre anni collabora alla gestione del corso per la parte di esercitazioni, tutoraggio ed esami scritti
- La collaborazione del tecnico di laboratorio del CIRD sig. Mauro Sabbadini per la predisposizione dei materiali per le attività del laboratorio sperimentale.

Si è arricchito anche grazie alle collaborazioni di ricerca internazionali sulla didattica universitaria della fisica con il Physics Education Research Group della University of Washington di Seattle (USA) e con il Gruppo di Ricerca in Didattica della Fisica dell'Università dei Paesi Baschi di San Sebastian (Spagna). Nell'ambito di quest'ultima collaborazione è stato presentato il già citato contributo al simposio sulla didattica universitaria organizzato nell'ambito del II Congresso Mondiale della Ricerca didattica (II WCPE – Sao Paulo, Brazil, 10-15 luglio 2016) (Michelini, Stefanel 2016 b)

Il progetto nella sua fase di messa a punto si è basato su strumenti e metodi tipici della progettazione didattica basata sulla ricerca (McDermott 1991; McDermott et al 1992, 2012), con particolare riferimento al



quadro teorico della Model of Educational Reconstruction (Duit et al. 2005) e della Learning Progression (Corby Soto, Taylor 2013).

Il presente report, che documenta il processo di attuazione del progetto, è suddiviso nelle seguenti parti:

- ✓ Discussione degli elementi innovativi e caratterizzanti del progetto, in cui viene presentata sinteticamente l'analisi dei contenuti svolta e come essa ha portato alla ristrutturazione del corso e alla messa a punto degli strumenti utilizzati (paragrafo 2 e relativi sottoparagrafi)
- ✓ Strumenti di monitoraggio iniziale e valutazione della situazione iniziale (paragrafo 3)
- ✓ Presentazione degli strumenti di monitoraggio e autovalutazione intermedia oltre che discussione degli esiti in particolare mettendo in luce gli aspetti positivi e le criticità (paragrafo 4)
- ✓ Presentazione delle prove scritte intermedie valide per la valutazione finale, relativa analisi dei dati e risultati delle valutazioni finali (paragrafo 5)
- ✓ Conclusioni, in cui in particolare si discute in che modo e misura sono stati raggiunti gli obiettivi del progetto (paragrafo 6).

2. Elementi innovativi e aspetti caratterizzanti del presente progetto

2. A - Contenuti.

La scelta dei contenuti trattati, dei contesti ed esempi in cui discutere i temi trattati e gli esercizi proposti, il taglio dato alla trattazione si sono basati su una preliminare analisi dei contesti in cui la fisica entra nei diversi corsi e dei modi con cui entra nei diversi ambiti.

Tre principali fonti di analisi sono state prese in considerazione (elenco non gerarchico):

- A) Interviste informali con i colleghi disponibili dei corsi di studio per individuare quali contenuti di fisica entrano in gioco nei rispettivi ambiti e possibili esempi da proporre come significativi, come la fisica entra in detti ambiti, quali principali esigenze hanno rilevato negli studenti (di quali concetti e contenuti di fisica hanno bisogno per affrontare i diversi corsi, quali principali problemi hanno riscontrato).
- B) Analisi della letteratura di ricerca in didattica della fisica per non –fisici, in particolare guardando ai lavori che hanno analizzato possibili strategie di insegnamento e i processi di apprendimento degli studenti (Cummings, Redish, et al. 2004; Hoskinson et al. 2014; Meredith, Redish 2013; O'Shea, Terry, Benenson 2013)
- C) Analisi di testi per l'insegnamento della fisica nei corsi dell'area biologica.

Da tali fonti sono emerse alcune evidenze (a sinistra nella seguente tabella) che hanno portato alle principali scelte (a destra) fatte per impostare il corso:

Esigenze evidenziate	Scelte adottate
Gli ambiti tipici considerati nei corsi di studio, includono sistemi complessi, la cui descrizione in termini meccanici è spesso accessoria e in ogni caso non banale	<ul style="list-style-type: none">○ Focalizzare la trattazione della meccanica alla costruzione degli elementi essenziali per la trattazione degli altri temi, piuttosto che come tema da approfondire a sé○ Dedicare particolare attenzione alla modellizzazione: modalità con cui la fisica descrive con diverso dettaglio (stima ordini di grandezza, comportamento qualitativo; evoluzione temporale di grandezze fisiche; modelli interpretativi) fenomeni relativi a sistemi complessi (della quotidianità) sia con il modello del punto materiale, sia con quello del corpo rigido○ Includere elementi base di dinamica traslazionale e rotazionale dei sistemi, piuttosto che limitarsi alla sola trattazione della meccanica del punto materiale, introducendo il concetto di centro di massa e il suo utilizzo per individuare la stabilità a meno di una situazione e accennare ai concetti di momento di una forma e momento d'inerzia come strumenti eventualmente da sviluppare successivamente.



	<ul style="list-style-type: none"> ○ Introdurre qualitativamente il concetto di energia come concetto trasversale, mostrando poi come esso trovi identificazione in meccanica prima e piena fondazione in TD.
<p>La fisica dei fluidi, sia la statica, ma soprattutto la dinamica, ha un ruolo importante in questi ambiti di studio (es. circolazione dei fluidi negli animali e nelle piante; flusso dell'acqua in un condotto o in un fiume). Nella dinamica dei fluidi, anche in processi semplici i fenomeni di tensione superficiale hanno un ruolo importante (es. effetto teiera)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ La rimozione del vincolo di rigidità per discutere i sistemi continui e introdurre i fluidi ○ Focalizzare la trattazione della fluidostatica alla fondazione del concetto di pressione esplicitandone il ruolo nell'analisi di tipiche situazioni/apparati dei corsi in oggetto (es. sifone; torchio idraulico; vasi comunicanti) ○ Focus sui fluidi reali (viscosità e tensione superficiale ed effetti correlati) ○ Espandere la parte di fisica dei fluidi anche alla trattazione della fluidodinamica ○ Impostare la trattazione della fluidodinamica a partire dalla trattazione dei fluidi reali (ruolo della viscosità ed equazione di Poiselle; ruolo della tensione superficiale nella modalità di deflusso di un liquido da un contenitore) ○ Curare anche in questo caso il processo di modellizzazione: dai presupposti dei modelli (assunzioni di base) e quindi dei contesti in cui sono applicabili, agli aspetti che riescono a descrivere e come possono essere utilizzati a diversi livelli (descrizione qualitativa di andamenti o semiquantitativa o quantitativa di aspetti specifici)
<p>La termodinamica è rilevante per e viene approfondita in tutti gli ambiti dei corsi di studio. Non viene invece fondata sul piano fenomenologico e concettuale. È importante far emergere la prospettiva della fisica. Aspetti che è utile approfondire sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La dipendenza dalla temperatura delle grandezze fisiche che descrivono i sistemi - L'analisi energetica di processi (bilanci energetici), in particolare in cui entrano in gioco fenomeni di assorbimenti e/o emissione di radiazione 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fondazione fenomenologica della termodinamica dell'analisi di processi. ○ Nella trattazione della termodinamica è stata dedicata particolare attenzione allo sviluppo del concetto di temperatura con grandezza di stato che caratterizza l'equilibrio termico che ha il ruolo di descrittore cinematico dei processi ○ I concetti di calore e lavoro sono stati introdotti come modalità di cambiare l'energia interna dei sistemi ○ Il legame con fenomeni quotidiani e tipici dei contesti di studio sono stati particolarmente considerati ○ La modellizzazione dei processi termodinamici è stata altrettanto curata. IL modello del gas ideale è stato soprattutto utilizzato per mostrare come in TD esso entri in gioco nel riprodurre per analogia il comportamento di un sistema reale, piuttosto che per fare stime di ordini di grandezza e fondare ○ Il concetto di energia è stato fondato in ambito termodinamico, mostrando come in tale ambito trovi posto e ruolo il concetto di lavoro. ○ Dipendenza da T delle grandezze che descrivono i sistemi ○ Analisi sperimentale dei processi di assorbimenti/emissione di radiazione ○ Si è scelto di NON trattare il concetto di Entropia, in quanto ampiamente e approfonditamente sviluppato nei corsi di Chimica e Biochimica
<p>L'ottica geometrica gioca un ruolo rilevante come base per la comprensione del principio di funzionamento di strumenti ottici</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ L'approccio all'ottica è stato effettuato a partire dall'analisi dei processi di emissione di radiazione come discussione delle caratteristiche delle sorgenti (legandolo alla termodinamica)





<p>come il microscopio utilizzati comunemente nella ricerca in ambito biologica o l'occhio stesso. L'ottica fisica ha inoltre diverse implicazioni: sorgenti, gli aspetti di emissione e assorbimento; la diffrazione ha un importanti ruolo nel definire il potere risolutivo di uno strumento ottico; la polarizzazione ha un ruolo importante nella capacità di orientamento sia di animali migratori, sia stanziali; ha inoltre un importante ruolo nell'analisi cristallografica come pure di chiralità.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ L'ottica geometrica è stata impostata sia per rendere conto fenomenologicamente delle leggi che descrivo il comportamento della luce in base al modello di propagazione rettilinea, per rendere conto a partire da tali leggi delle leggi fenomenologiche che descrivono il comportamento di strumenti ottici (specchi e diottri, sistemi composti come il microscopio) sia per rendere conto di come si formino le immagini ottiche (ossia come a partire dalle leggi sia possibile ricostruire l'immagine. ○ Espandere la parte di ottica, includendo la trattazione concettuale, formale, sperimentale di importanti aspetti di ottica fisica come diffrazione, interferenza e polarizzazione della luce e assorbimento/emissione ○ In particolare una sessione di laboratorio è stata dedicata allo studio sperimentale della diffrazione ottica e una allo studio della luce emessa da sorgenti diverse, sia a fenomeni di assorbimento della luce ○ Collegare la parte di ottica da un lato alla termodinamica (agganciandosi in particolare all'analisi di bilanci energetici in cui è coinvolta la radiazione), dall'altro alla introduzione del concetto di campo (anche se solo in ambito statico).
<p>Le basi concettuali di elettricità e magnetismo servono da un lato per rendere conto di fenomenologie molto importanti in ambito biologico, dall'altro per inquadrare la luce come perturbazione elettromagnetica e quanto ne consegue in termini di interazione luce materia, dall'altro per costruire un concetto trasversale utilizzabile anche sul piano formale in diversi ambiti</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Le basi fenomenologiche e concettuali di elettrostatica, elettrodinamica (correnti elettriche continue in semplici circuiti elettrici) sono state proposte in termini operativi per costruire quello che L. Mcdermott chiama il "functional understanding" dei concetti, ossia nel caso specifico la competenza nel sapere utilizzare correttamente concetti come quelli di carica e corrente elettrica, differenza di potenziale e di campo nell'analisi di semplici situazioni anche prese da contesti naturali/biologici ○ Il concetto di campo è stato introdotto per fornire uno strumento di descrizione di proprietà associate a tutti i punti dello spazio (campo delle densità, campo della salinità nei mari, campo di velocità...) ○ Sono state date le premesse per poi introdurre l'elettromagnetismo, contenuto importante, ma che non è stato trattato perché avrebbe richiesto un tempo eccessivo.
<p>Esperimenti. Una esigenza di base emersa è quella che gli studenti abbiano le basi delle procedure di misura e trattazione dati.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sono state proposte quattro sessioni di laboratorio focalizzate all'introduzione delle basi della progettazione di esperimenti, delle procedure di misura con tecniche diverse, raccolta dati e loro trattazione a livello elementare per la costruzione di indicatori statistici quali la media e l'incertezza massima e la sua propagazione, la valutazione sperimentale dell'applicabilità di modelli. ○ I temi sono stati scelti tra quelli emersi come più significativi dall'analisi precedente: la misura in fisica; l'analisi sperimentale di distribuzioni di diffrazione ottica; lo studio della caduta di sfere di materiali diversi in liquidi diversi; lo studio della intensità di luce con la distanza e l'analisi della luce assorbita da un oggetto (apparato per studiare l'effetto serra)





2. B) La struttura del corso e strumenti e metodi utilizzati:

B1) Organizzazione dei contenuti. Il corso è stato progettato e attuato come una successione coerente di contenuti, piuttosto che come una semplice giustapposizione di temi. La fisica è stata introdotta come modo di guardare ai sistemi fisici e ai fenomeni scegliendo come descrittori quelle proprietà dei sistemi che sono misurabili (grandezze fisiche) e che ne permettono non solo una descrizione formalizzata, ma anche una interpretazione basata su modelli formali costruiti a partire da principi primi. La descrizione cinematica e dinamica dei sistemi è stata impostata a partire dalla introduzione del concetto di sistema di riferimento, rispetto a cui vengono poi identificate le grandezze cinematiche introdotte sin da subito nella loro natura vettoriale. Le cinematiche del punto raccordata con la descrizione delle interazioni meccaniche dei sistemi ha fornito le basi per rendere plausibile l'introduzione delle tre leggi della dinamica (dalla terza, alla prima e alla seconda). L'analisi dei diversi tipi di forze ha consentito da un lato di concretizzare la trattazione all'analisi di fenomenologie quotidiane, dall'altro di fornire capacità operativa nell'analisi di situazioni quotidiane e nella risoluzione di semplici problemi (per quanto con l'uso di strumenti matematici elementari come l'algebra elementare, le proporzioni, le leggi di proporzionalità, le funzioni algebriche). Il concetto di centro di massa è stato utilizzato come ponte per estendere la dinamica del punto materiale a quella dei sistemi di punti materiali e quindi del corpo rigido. Il teorema dell'energia cinetica come conseguenza applicativa dell'introduzione del concetto di lavoro e della seconda legge della dinamica. Il rimuovere il vincolo di rigidità ha consentito di passaggio dallo studio del corpo rigido a quello dei sistemi continui e in particolare motivare alla trattazione della fisica dei fluidi. Il cambio di referente concettuale nella descrizione dei sistemi (da quello basato sul concetto di forza come descrittore dell'interazione, a quello basato sul concetto di pressione come forza distribuita su una superficie, come grandezza che descrive lo stato di un sistema fluido, come modalità di interagire con un fluido (compressione del suo recipiente).

La descrizione dei fluidi in termini di pressione, volume (densità), ha aperto naturalmente alla introduzione del concetto di stato e a quello di stato di equilibrio termico. La t come descrittore dell'equilibrio termico. Approccio termodinamico basato su uso sensori on-line. Costruzione principio 0 TD. Interazione termica e legge Fourier (legge fenomenologica dell'eq termico). Introduzione operativa del concetto di calore, e di calore specifico. Trasformazioni termodinamiche, transizioni di fase; modi per trasferire calore.

L'interazione termica e la radiazione sono stati il principale raccordo con l'ottica avviata con l'analisi delle sorgenti e dei diversi fenomeni coinvolti nell'interazione luce-materia. Ci si è in particolare soffermati sui fenomeni della riflessione e della rifrazione della luce analizzati secondo il modello di propagazione rettilinea della luce, sulle leggi che li descrivono e come da tali leggi si possa ricostruire/prevedere le immagini che si formano per riflessione/rifrazione da semplici strumenti ottici, come specchi piani e sferici, diottri piani e sferici di piccola apertura. L'analisi del potere di risoluzione degli strumenti ottici, non ultimo il nostro occhio e il ruolo che ha la risoluzione nella percezione dei colori (enfaticata nei quadri dei puntinisti), è stata occasione per avviare all'analisi della diffrazione e interferenza della luce e al riconoscimento della natura ondulatoria della luce e del principio di Huygens-Fresnel che è alla base della sua modalità di propagazione. Tale principio è stato utilizzato da un lato per "ricostruire"/rendere conto delle leggi dell'ottica geometrica e dall'altro come principio unificante nella descrizione della propagazione di tutti i tipi di onde, esemplificate nei casi più comuni (meccaniche in una corda elastica e di superficie nei liquidi; sonore, sismiche...) come modalità di propagazione dell'energia alternativa a quella per trasporto di materia (per particelle) e caratterizzate in base alle loro proprietà generali (longitudinali, trasversali) e grandezze fisiche (lunghezza, d'onda, frequenza/periodo, velocità di propagazione, ampiezza).

Il riconoscimento della natura ondulatoria della luce e in particolare di onda elettromagnetica ha offerto l'aggancio per l'introduzione dei concetti di campo elettrico e magnetico (anche se solo nei casi statici), come enti mediatori dell'interazione elettromagnetica, prodotti/rilevati da specifiche sorgenti/rilevatori (come cariche elettriche; correnti/magneti), di cui si può dare una descrizione unificata in base al concetto di flusso del campo. L'esplorazione fenomenologica dei fenomeni elettrostatici e elettrodinamici nell'analisi di semplici circuiti elettrici in corrente continua ha permesso di costruire competenze operative nell'utilizzo di concetti astratti come differenza di potenziale, carica elettrica, corrente elettrica.





B2. Approcci studiati contestualizzando la trattazione, tenendo conto delle tipiche difficoltà degli studenti note in letteratura (Duit 2009; McDermott; Redish 1999)

B3. Ha utilizzato metodologie del problem solving (Maloney 1993), dell’Inquiry Based Learning (McDermott 1991; McDermott, Shaffer 2012; Abd-El Khalick et al. 2004; Sokoloff et al 2004; Michelini 2010; Hake 1998) con l’impiego di:

- a) Strumenti e apparati per attività sperimentali di diversa natura e realizzazione che utilizzano sia materiali ordinari, sia apparati di laboratorio specifici, sia sensori collegati in linea con l’elaboratore
- b) Strumenti multimediali per realizzare una didattica attiva (clicker (Challapalli et al 2012); Presentazioni ppt abbinata all’uso di strumenti di presentazione tradizionali; simulazioni basate su modelli fisici)
- c) Questionari internazionali o rielaborati da questionari validati dalla ricerca (Hestenes et al. 1992, 1995, Maloney et al. 2001; Maloney 1993; Loverude et al. 2010).
- d) Monitoraggio continuo degli apprendimenti degli studenti.

B4. Ha integrato diverse tipologie di attività e strumenti didattici anche nell’ambito di una stessa lezione (tra parentesi una stima della percentuale di tempo attuata con la specifica modalità)

- Lezioni con l’utilizzando alternativamente o in modo integrato la lavagna tradizionale e le slide in ppt, mirando alla migliore efficacia espositiva e a seguire il ritmo di apprendimento degli studenti anche in base al loro feed-back (32%)
- lezioni dialogate, mirate a stimolare il coinvolgimento degli studenti in merito a (9 %):
 - ✓ recupero delle conoscenze fenomenologiche
 - ✓ utilizzo dei concetti per analizzare sul piano qualitativo contesti quotidiani e/o tipici dei corsi di studio (modelli qualitativi)
 - ✓ utilizzo dei costrutti formali introdotti per costruire semplici modelli formali in grado di rendere conto di fenomeni quotidiani e/o tipici dei corsi di studio (stime di ordini di grandezza)
 - ✓ spiegazione di fenomeni quotidiani basate su stime semi-quantitative (modelli formali)
 - ✓ strategie da adottare nella risoluzione di semplici applicazioni, problemi, esercizi con l’utilizzo dei costrutti formali via via introdotti nel corso;
- lezioni basate su esperimenti dimostrativi (interactive lecture demonstration) sia con uso di semplici apparati realizzati con materiali quotidiani (anche videoproiettati), sia in modalità RTL con sensori collegati in linea con l’elaboratore e videoproiezione del grafico acquisito in tempo reale (anche con l’uso di tutorial e attivazione di strategia PEC (Sokoloff et al.2004) (6%)
- Esercitazioni mirate ad integrare sul piano operativo: l’analisi e modellizzazione di situazioni sia della quotidianità, sia degli ambiti di interesse per in corsi di studio; la risoluzione di problemi, curando il processo di modellizzazione in essi implicito e la individuazione di strategie risolutive generali; la risoluzione di semplici esercizi come occasione per applicare le leggi studiate, ma soprattutto comprendere il ruolo e l’ambito di impiego (16%).
- Questionari di valutazione (3 intermedi) e autovalutazione costruiti a partire da letteratura di ricerca proposti sia su cartaceo (2), sia on-line (3 sui fluidi e 3 sui fenomeni elettromagnetici), sia con clickers (1 seduta per clickers meccanica; una fluidi; una termodinamica; 1 elettromagnetismo). (11 %)
- Esperimenti effettuati a gruppi dagli studenti in laboratorio (11%)

Una lezione tipica di 1h: 5 min richiami lezioni precedenti e introduzione al tema oggetto della lezione stessa contestualizzando la problematica; 40-45 min lezione interattiva secondo le modalità sopradescritte; 10-15 min esercizi e applicazioni.

B5. Valutazione (formativa) continua degli apprendimenti, effettuando:

- Monitoraggio della situazione iniziale attraverso gli esiti globali del test d’accesso comune a tutta l’area e di un test d’ingresso specifico somministrato all’inizio dei corsi.
- Analisi delle idee iniziali degli studenti sui diversi temi effettuata con una indagine iniziale effettuata con: A) test ingresso standard a risposta multipla; B) per ciascuna tematica una prova



- iniziale in forma di questionario carta/penna, questionario clicker, questionari a risposta multipla sottoposti a lezione utilizzando la lavagna tradizionale
- Schede laboratoriali che oltre a guidare gli studenti nelle attività, costituiscono anche strumento di (auto-) valutazione accanto alle relazioni sul laboratorio che gli studenti in forma libera possono produrre
 - valutazioni in itinere informali con questionari carta-penna, sessioni clickers, domande a scelta multipla con risposta ad alzata di mano, questionari interattivi in rete (proposti in ambiente e-learning per il Corso STAL e in materiale didattico come test da scaricare e riconsegnare per gli altri corsi)
 - valutazioni formali: tre questionari scritti intermedi ufficiali, i cui esiti sono stati pubblicati su ESSE3, che potevano essere sostituiti con un'unica prova scritta su tutti i temi del corso; un eventuale orale, da integrare eventualmente anche con le relazioni facoltative sulle attività di laboratorio.
 - Confronto degli esiti degli esami con quelli degli anni precedenti.

Nel seguito si discutono alcuni principali esiti del processo di monitoraggio iniziale, in itinere finale, come documentazione del raggiungimento degli obiettivi del progetto, rinviando a pubblicazioni per quanto riguarda gli esiti di ricerca del progetto.

3. Monitoraggio della situazione iniziale.

3.1 Iscritti al primo anno per scuola di provenienza

Un primo elemento di valutazione della situazione iniziale è stata l'analisi a priori degli istituti superiori di provenienza degli studenti iscritti al primo anno, di cui in tabella 1 sono riportati i dati per i diversi corsi di studio qui considerati.

Questo primo dato è importante per avere una stima abbastanza indicativa di quanti studenti hanno avuto una precedente formazione in fisica e in matematica e quanti studenti invece hanno una formazione nella scuola superiore molto limitata o addirittura assente (nel caso della fisica).

Tabella 1. Iscritti al primo anno dell'a.a. 2015/16 per corso di studi e per scuola di provenienza.

CdS \ Studenti provenienti da...	... LS, LC, LL, ITI				... altre scuole				TOTALE ISCRITTI		
	M	F	M+F	%	M	F	M+F	%	M	F	M+F
L2 - 720 - SCIENZE AGRARIE	25	13	38	54	26	7	33	46	51	20	71
L2 - 721 - VITICOLTURA ED ENOLOGIA	64	27	91	39	116	29	145	61	180	56	236
L2 - 722 - SCIENZE E TECNOLOGIE Alimentari	27	54	81	49	41	42	83	51	68	96	164
L2 - 723 - SCIENZE PER L'AMBIENTE E LA NATURA	17	17	34	43	21	25	46	58	38	42	80
	133	111	244	44	204	103	307	56	337	214	551

Legenda: LS-LC-LL: Liceo Scientifico-Classico- Linguistico; ITI: istituto tecnico industriale.

Dalla tabella 1 emerge che meno di metà del campione (44%) possedeva una formazione di base in fisica e matematica, prima di affrontare il corso, provenendo da LS, LC, LL e ITI che prevedono una formazione di base sia in matematica, sia in fisica. Mentre la maggioranza (56%) non ha avuto una precedente formazione in fisica (o ha ricevuto una formazione minimale come quella solitamente fornita negli istituti magistrali) e ha avuto una limitata formazione in matematica. Da questi dati medi si discostano maggiormente: gli iscritti al corso di agraria, per i quali gli studenti provenienti dal primo gruppo di scuole è del 54%; gli iscritti al corso di viticoltura per il quale solo 39% degli studenti proviene dagli istituti del primo tipo.

3.1 Test di ingresso

Nell'ambito del test d'ingresso dei corsi di studio dell'area Agraria sono stati inclusi 10 quesiti di fisica, sui seguenti aspetti: assegnata una tabella di dati, individuare il tipo di relazione o individuare il grafico che rappresenta i dati; un; noto il volume di una certa quantità d'acqua determinarne la massa; lunghezza del



vettore spostamento; moto di una cassa lanciata da un aereo; salita dell'aria calda e ruolo della densità; fusione di un cubetto di ghiaccio e grandezze che restano costanti; palla che galleggia e grandezze da cui dipende; energia cinetica di una palla che ricade dopo essere stata lanciata in aria.

Nel diagramma di fig. 1 è riportata la distribuzione delle valutazioni riportate dagli iscritti ai corsi di Scienze Agrarie, Viticoltura e Enologia, Scienze Ambiente e Natura e Scienze e Tecnologie Alimentari in merito alle 10 domande di fisica incluse nella prova d'accesso (quesiti a risposta chiusa con 5 risposte possibili; 1 p. risposta corretta; 0 p. risposta non data; -0,25 punti risposta errata). La media della distribuzione è 3,1 ($\sigma=2,1$), mentre la mediana è 2,75. Per i singoli corsi di studio le distribuzioni non si discostano significativamente l'una dall'altra, con valutazioni medie rispettivamente: SAG 3,2 ($\sigma=2,1$), STAL 2,8 ($\sigma=2,0$), SAN 3,6 ($\sigma=2,2$), VEN 3,1 ($\sigma=2,1$). L'esito di fisica è leggermente inferiore all'esito medio del test (valutazione media 13,3/40, $\sigma=6,5$, ossia 3,3/10), anche se in modo non significativo sul piano statistico. Il numero medio di risposte corrette è 4,1, quello di risposte non date è 1,8, quello di risposte errate è 4,1.

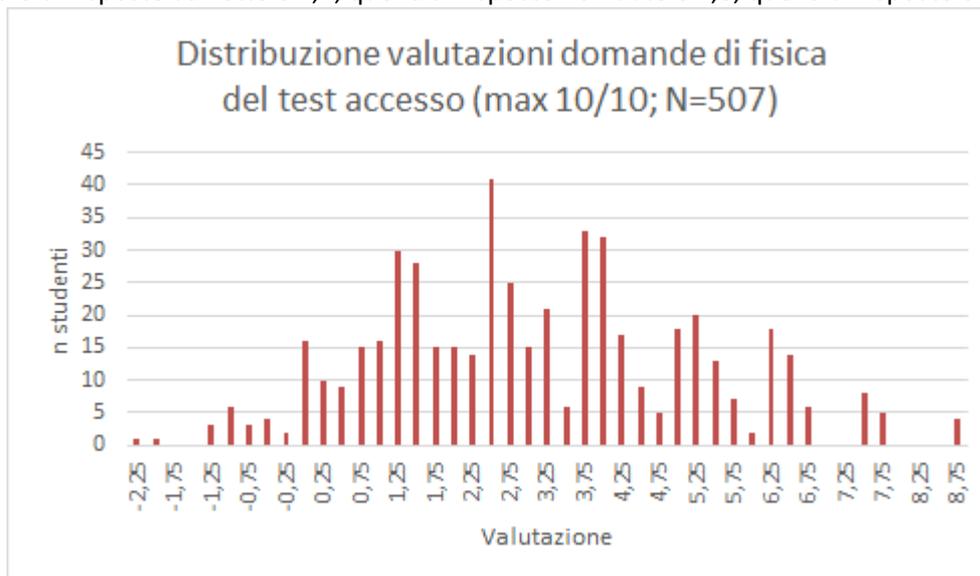


Figura 1. Distribuzione valutazioni delle sole domande di fisica del test d'ingresso (max 10/10). L'esito della prova evidenzia una situazione di base complessivamente piuttosto lacunosa, con poche positività (11 %) e nessuna eccellenza.

Esito test ingresso specifico.

Il test di ingresso specifico, somministrato il primo giorno di ciascun corso, era composto da 22 quesiti per un totale di 25 domande sui seguenti aspetti:

- Aspetti metodologici (8 quesiti):
 - Costruzione di un grafico da una tabella di dati numerici (Q20: tabella di dati x-t per un moto u.a.); Grafico dell'evoluzione di una grandezza cinematica che descrive un fenomeno (Q1: grafico v-t del moto di un oggetto in caduta verticale), unità di misura (Q7: unità di misura dell'accelerazione di un corpo; Q12: um di densità), ipotesi di lavoro in una ricerca (Q19: ipotesi di lavoro definita in una esplorazione sui fattori che influenzano la velocità di caduta degli oggetti a terra; Q21: riconoscimento della metodologia utilizzata in uno studio); lettura grafico (Q22: lettura temperatura in un grafico T-t di un processo di evoluzione all'equilibrio termico; Stima di ordine di grandezza (Q10: stima ampiezza recipiente per contenere 1 milione di pallini di piombo di 1mm).
- Contenuti disciplinari.
 - Meccanica (4 quesiti : Q2: la pallina che esce dalla guida e principio d'inerzia; Q4: slitta su una guida con attrito trascurabile e confronto dell'energia potenziale e rispettivamente dell'energia cinetica che essa possiede in diversi punti; Q13: la pallina che rotola nella ciotola e le trasformazioni di energia che avvengono; Q3: l'azione di una forza impulsiva e la composizione vettoriale delle forze)

- Termodinamica (4 quesiti - Q8: sensazione termica; Q18: ebollizione dell'acqua e andamento della sua temperatura nel tempo; Q15: La minestra su cui si soffia e il ruolo della tensione di vapore nel raffreddarla; Q17: Il bicchiere pieno d'acqua sul tavolo e posto sotto la terrina e il ruolo della tensione di vapore nel processo di evaporazione)
- Fisica dei fluidi (3 quesiti - Q9: il pallone aerostatico e il ruolo della densità nella sua salita; Q11: Galleggiamento di uno stesso oggetto in liquidi diversi e confronto delle spinte idrostatiche; Q16: salita della linfa in un albero e ruolo della tensione superficiale nel determinare una differenza di pressione)
- Ottica (2 quesiti - Q5: Lente oscurata per metà e formazione dell'immagine; Q6: Rifrazione e cammino ottico)
- Magnetismo (1 quesito - Q14: Materiali con cui un magnete interagisce fortemente (mat. Ferromagnetici))

In figura 2 è riportata la distribuzione (rapportata a 100) dei punteggi (su 30/30) ottenuti nel test d'ingresso specifico per i corsi di fisica dai 374 studenti presenti alla prima lezione nei due corsi di sono riportati i dati di sintesi nella seguente tabella.

CdS	N studenti	Punteggio (su 30/30)			
		Mediana	Medio	Max	Min
AGR-VEN-SAN	N1=228	17	17,0 ($\sigma=3,2$)	26,3	6,3
STAL	N2=146	15	14,3 ($\sigma=3,5$)	22,5	2,5

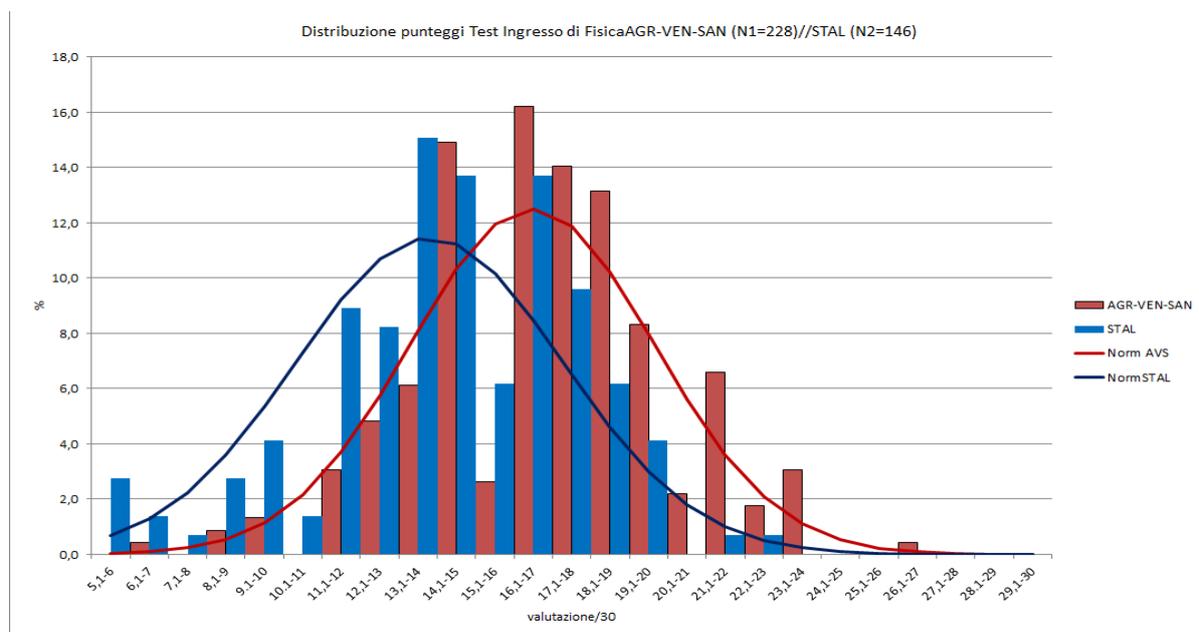


Fig. 2. Distribuzione valutazioni riportate nel test d'ingresso specifico di fisica (voto max 30/30) di 228 studenti dei corsi di AGR-VEN-SAN e 146 studenti del corso STAL. Le linee continue rappresentano le distribuzioni normale con uguale media, deviazione standard e normalizzazione.

L'esito del test d'ingresso evidenzia in entrambi i corsi un profilo di livello mediocre, anche se meno negativo di quello delineato nella prova precedente. Le differenze nelle distribuzioni sono statisticamente significative tra gli studenti dei corsi AGR-VEN-SAN (per i quali media e mediana coincidono e sono entrambe uguali a 17) e quelli del corso STAL (per i quali la media è di 14,2 e mancano valutazioni superiori a 22 per quanto la mediana sia in questo caso leggermente superiore alla media).

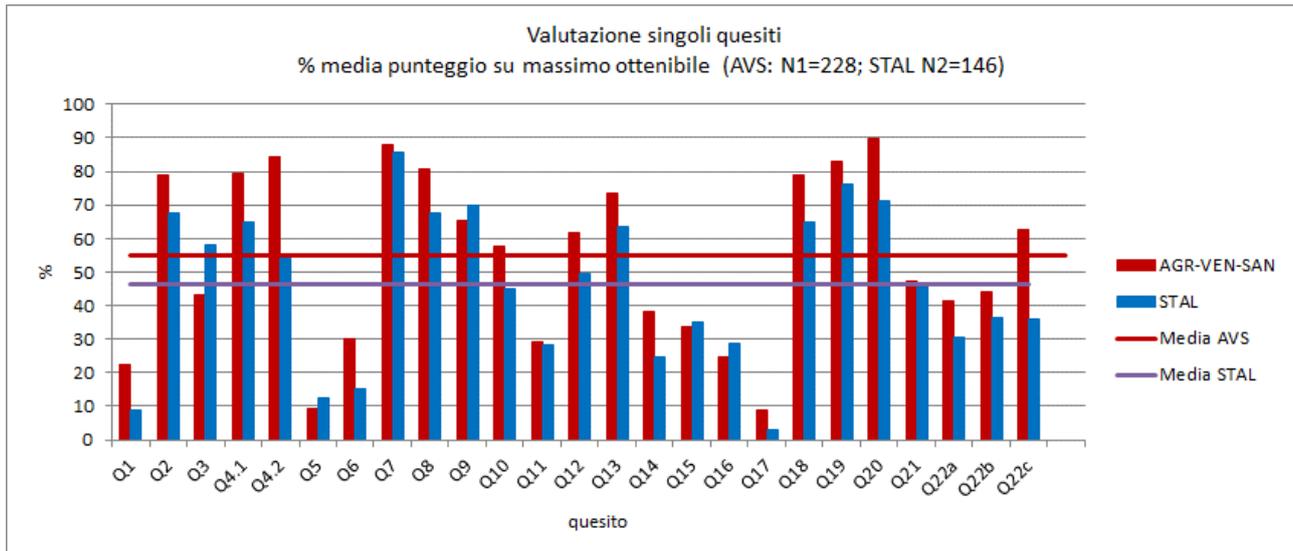


Figura 3. Distribuzione dei punteggi per singolo esercizio. Le linee continue indicano il livello medio dei punteggi ottenuti nei due corsi (55% per AVS e 46,2 % per STAL).

La distribuzione delle valutazioni delle singole domande (Fig. 3) evidenzia una valutazione media

- per AGR-VEN-SAN di 55 % rispetto al valore massimo del 100%, con picchi positivi del 90 % e minimi del 9% rispetto al 100% del punteggio ottenibile
- per STAL di 46,2 %, con picchi dell'86% e un minimo del 3%. I risultati per STAL, inoltre, risultano sistematicamente inferiori a quelli di AVS eccetto che per quattro quesiti, anche se l'andamento globale delle valutazioni nei due casi è significativamente analogo per i due gruppi di studenti.

In tabella 2, ciascun quesito è valutato su una scala di tre livelli, per ciascun gruppo di studenti: decisamente positivo (esito marcatamente sopra la media, indicativamente oltre 1 deviazione standard); medio (intorno alla media entro una deviazione standard); critico ossia marcatamente negativo (indicativamente oltre 1 deviazione standard).

Domanda/quesito/ambito	Critico	Medio	Positivo
Q1: grafico v-t del moto di caduta	AVS-STAL		
Q2: la pallina che esce dalla guida			AVS-STAL
Q3- Forza impulsiva		AVS	STAL
Q4-1: energia potenziale			AVS-STAL
Q4-2: energia cinetica		STAL	AVS
Q5: Immagine formata da una lente oscurata per metà	AVS-STAL		
Q6: propagazione della luce per rifrazione	AVS-STAL		
Q7: u.m. dell'accelerazione			AVS-STAL
Q8: sensazione termica			AVS-STAL
Q9: il pallone aerostatico			AVS-STAL
Q10: Stima ordine di grandezza		AVS-STAL	
Q11: Galleggiamento di un oggetto in liquidi diversi	AVS-STAL		
Q12: u.m. densità		AVS-STAL	
Q13: la pallina nella ciotola		AVS-STAL	
Q14: Materiali con cui un magnete interagisce fortemente (mat. Ferromag.)	AVS-STAL		
Q15: La minestra raffreddata	AVS-STAL		
Q16: salita linfa	AVS-STAL		
Q17: Il bicchiere sotto la terrina	AVS-STAL		
Q18: l'acqua che bolle			AVS-STAL
Q19: Ipotesi di lavoro			AVS-STAL
Q20: la costruzione del grafico dai dati			AVS-STAL
Q21: Identificazione metodologia di verifica ipotesi		AVS-STAL	
Q22: lettura grafico	AVS-STAL		

Dalla tabella emergono chiaramente gli ambiti di positività e quelli di criticità. Come si vede inoltre solo per due quesiti è stato necessario distinguere la classificazione in base al gruppo di studenti coinvolti.

3.2 Esiti prove di autovalutazione svolte all'interno del corso: Questionari clickers

Nei due corsi di insegnamento di fisica per STAL e AG-VEN-SAN rispettivamente sono state proposte 3 sessioni clicker: sulla meccanica; sui fluidi; sulla termodinamica. Le singole sessioni di uso dei clicker sono state di 30-45 minuti l'una e sono state collocate in fasi diverse di ciascuna parte tematica del corso, con obiettivo didattico diverso: all'inizio del modulo, come test d'ingresso per il modulo stesso; a metà del modulo, come momento di valutazione formativa, per focalizzare i punti di difficoltà; al termine della tematica, come rinforzo dei concetti affrontati durante le lezioni e attività di preparazione per l'esame conclusivo. Data la disponibilità di soli 56 clicker, per circa 120 frequentanti, gli studenti hanno lavorato in piccoli gruppi (1-2-3 studenti per dispositivo).

La strategia utilizzata nel proporre le singole domande è stata comunemente quella di proporre la situazione-problematica, presentare le opzioni di risposta, dando eventuali chiarimenti laddove richiesti, avviare la procedura di voto, commentare il grafico della distribuzione delle risposte, discutere i ragionamenti alla base delle opzioni proposte. In qualche caso, per valorizzare l'apprendimento cooperativo, è stata utilizzata la strategia di far discutere in piccoli gruppi gli studenti dopo la prima votazione e prevedere immediatamente dopo una seconda votazione e un'analisi degli aspetti restati problematici.

Sulle modalità di lavoro ed esiti delle attività con i clickers in questo ambito si veda anche Michelini Stefanel 2016 c.

3.2.1 Sessione clickers di meccanica

Il questionario clickers proposto comprendeva 13 quesiti con risposta a scelta multipla dei 21 sui quali era stato costruito l'intero questionario (fornito nella sua interezza agli studenti nei materiali didattici disponibili in rete). Per 1 quesito in AGR e 2 quesiti in STAL è stata riproposta la votazione dopo la fase di discussione.

Il questionario ha riguardato i seguenti aspetti:

- 5 situazioni in cui un corpo si muove sotto l'azione di un risultante di forze nullo e principio d'inerzia
- L'interazione tra due sistemi e III principio di Newton (solo AGR)
- Moto di un grave e grafico velocità-tempo, accelerazione nel punto culminante, confronto delle accelerazioni di palle che hanno velocità diverse (quest'ultimo solo STAL)
- Moto uniforme su un circuito e accelerazione
- Moto di caduta di un proiettile e composizione dei moti
- Confronto di moti diversi e confronto delle rispettive velocità
- Moto di una sfera in una ciotola, e moto di un oggetto in aria e conservazione dell'energia

Sintesi degli esiti

	AGR-VEN-SAN	STAL
Collocazione nel percorso didattico	Dopo aver approfondito II e III principio e solo introdotto gli altri aspetti del corso di meccanica	Al termine dell'intero percorso (prima di effettuare la valutazione formale)
Gruppi di 2-3 studenti che hanno svolto il questionario (*)	35	31
Valutazione media (% rispetto alla valutazione massima)	59%	68%
Parti positive	Principio d'inerzia e III principio della dinamica (81% di risposte positive)	Principio d'inerzia e III principio della dinamica (70%)
Criticità.	Risposte attese prima votazione: 17%	Risposte attese Prima votazione 54%





<ul style="list-style-type: none"> - confronto di velocità in moti diversi e distinzione tra posizione uguale e uguale velocità - accelerazione di una grave nel culmine del moto - applicazione del principio di conservazione dell'energia in condizioni non standard 	<p>seconda votazione: 57%</p> <p>40%</p>	<p>Seconda votazione 74%</p> <p>51% → 60%</p> <p>57%</p>
--	--	--

(*) non si dispone di un numero sufficiente di risponditori, per un lavoro individuale

Per AGR-VEN-SAN si è riscontrata una netta distinzione negli esiti tra: le prime domande su principio d'inerzia e III principio, proposte come rinforzo dopo aver già approfondito la tematica a lezione, per le quali si sono ottenute le risposte attese nell'81% dei casi (rispetto a 0% - 15% ottenuto ponendo le stesse domande in lezioni precedenti); domande sugli altri aspetti, introdotti nelle lezioni frontali, ma non approfonditi sul piano concettuale e delle applicazioni, su cui sono state fornite le risposte attese nel 40% dei casi. Per questi ultimi gli aspetti meno problematici sono stati la composizione dei moti e l'analisi energetica di un processo.

Per STAL, a cui è stato proposto il questionario a conclusione del percorso di meccanica, il punteggio medio è stato del 68% con valutazioni tutte al di sopra del 70% eccetto che per: confronto di velocità in moti diversi e la distinzione tra posizione uguale e uguale velocità; accelerazione di una grave nel culmine del moto; analisi energetica del moto di una sfera che rotola in una ciotola.

3.2.2 Sessione Clickers sui fluidi

I quesiti hanno riguardato:

- Uguaglianza della pressione in liquidi omogenei contenuti in recipienti di diversa forma e principio di Pascal/legge di Stevino
- Galleggiamento di oggetti diversi nello stesso liquido e in liquidi diversi
- Spinta di Archimede in aria

Sono stati proposti a 40 gruppi di STAL su tutte le parti e altrettanti di AGR-VEN_SAN solo per la parte relativa al principio di Pascal e galleggiamento.

Per AGR le risposte attese sono state fornite in media dal 44% dei casi, con esiti positivi nella maggioranza dei casi solo nell'analisi di situazioni più standard. Le principali criticità si sono riscontrate nell'applicazione del principio di Pascal/legge di Stevino in situazioni non standard (rispetto al quale nell'unica domanda votata due volte l'esito è stato peggiorativo, perché ha prevalso l'accordarsi alla prevalenza di risposte errate nella prima votazione alla discussione delle risposte) e il galleggiamento e la spinta di Archimede.

Per STAL la media delle risposte attese è stata data nel 51% dei casi, con esiti decisamente positivi sul principio di Pascal sia in situazioni standard che meno usuali (problematiche sono state invece le situazioni più insolite, come nel caso il confronto della pressione all'interfaccia di uno stesso liquido (Hg) allo stesso livello con due diversi altri fluidi (aria e acqua) e il galleggiamento nelle situazioni più standard (anche qui critiche sono state le analisi delle situazioni non standard e in particolare il confronto della spinta agente su oggetti uguali galleggianti in liquidi diversi), la spinta di Archimede in aria.

3.2.3. Questionario Clicker sui fenomeni Termici

Il questionario comprendeva 14 item sui seguenti aspetti:

- processi di riscaldamento sono all'ebollizione di masse d'acqua e grafici dell'evoluzione temporale della temperatura e analisi energetica
- Cubetti sul tavolo e distinzione tra sensazione termica e stato termico
- Dilatazione termica di un sistema compatto e di un oggetto forato
- Gas sottoposto a trasformazioni e previsione delle sue coordinate termodinamiche utilizzando il modello del gas ideale
- Riscaldamento per conduzione termica ed evoluzione della temperatura
- Fusione di cubetti di ghiaccio su supporti diversi e ruolo della conducibilità



Il questionario è stato proposto a 35 piccoli gruppi di studenti nei due corsi con risultati omogenei. La valutazione media è pari al 54% rispetto al massimo punteggio ottenibile (14/14), con una frequenza di risposte attese tra il 47% e il 71 % per tutti i quesiti eccetto tre per i quali sono state ottenute frequenze del 42 e-34 % sul ruolo della conduzione termica nei processi di interazione termica e del 39% sulla dilatazione termica di un oggetto forato.

C. Questionario carta/penna di autoverifica sui fluidi

Il questionario sui fluidi è stato svolto da 41 studenti dei corsi AGR-SAN-VEN e da 68 studenti del corso STAL.

Il questionario comprendeva 8 item divisi in 16 quesiti a risposta aperta sui seguenti aspetti:

- Recipiente di forma irregolare e legge Stevino/principio di Pascal
- Flusso di un fluido non-viscoso in un condotto e teorema di Bernoulli, tubo di Venturi (3 quesiti)
- Variazione di pressione su un fluido di assegnata compressibilità e variazione densità
- Pressione agente su un oblò di sommergibile
- Liquidi in equilibrio in un tubo a U
- Sifone

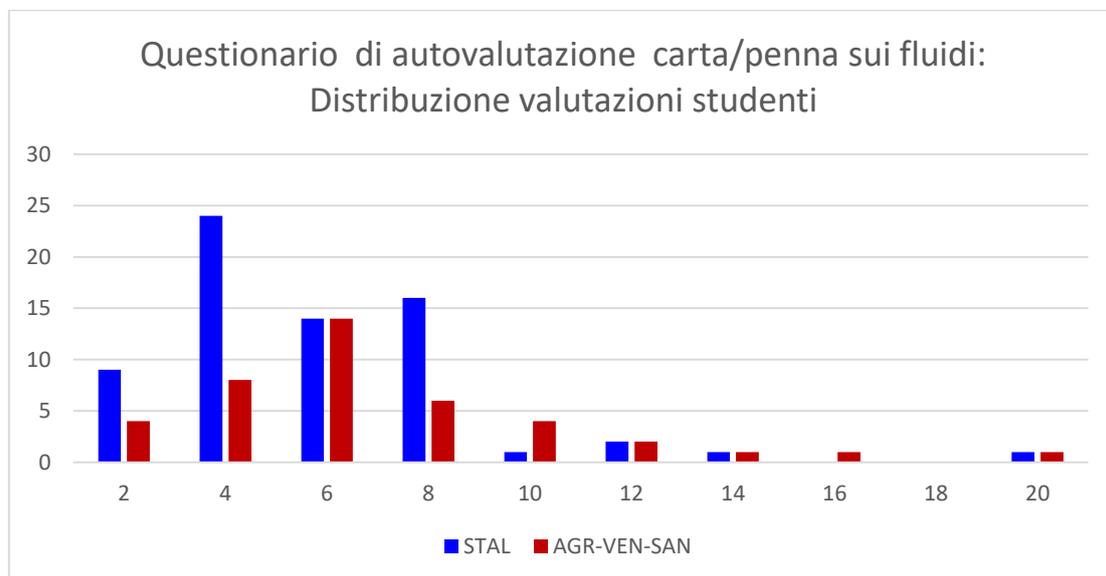


Fig.5 Distribuzione dei punteggi ottenuti dagli studenti (rapportati al massimo)

In entrambi i casi il risultato del test è decisamente negativo, anche se significativamente migliore per AVS rispetto a STAL (i punteggi ottenuti rapportati a 30/30 sono stati: media STAL 4, $\sigma=3$; media AGV 6 $\sigma=4$. Le distribuzioni sono significativamente diverse).

Nel seguente grafico sono riportate le distribuzioni dei risultati per ciascun quesito.

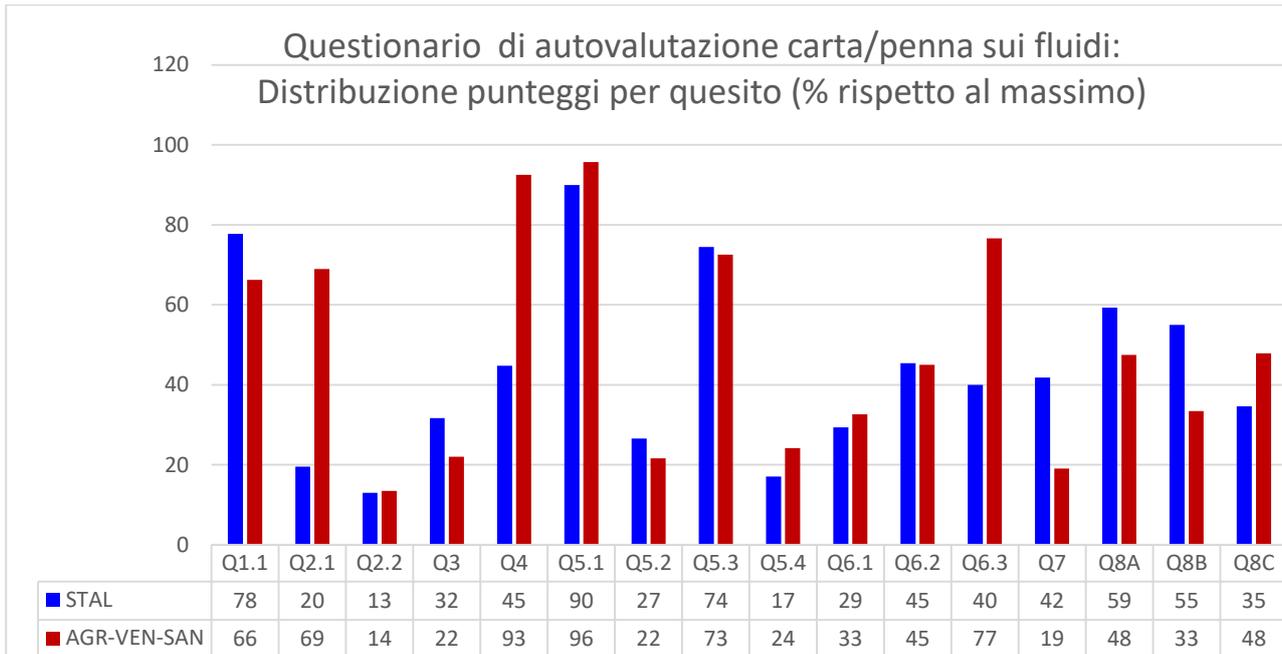


Figura 4. Distribuzione delle valutazioni per ciascun quesito rapportato al massimo possibile.

La distribuzione dei punteggi per quesito è sostanzialmente la stessa per i due gruppi di studenti, con marcate differenze in favore del gruppo AVS in merito ai punteggi dei quesiti 2.1, 4, 6.3 e più contenute differenze in favore del gruppo STAL sul quesito 7 e in misura minore per il quesito 8.

Punti di criticità per entrambi i corsi sono:

- Flusso di un fluido viscoso (Q2.2) e non viscoso (Q7) (anche se meno significativo per STAL)
- Variazione di pressione su un fluido di assegnata compressibilità e variazione densità (Q3)
- Spiegazione del diverso livello del pelo libero di due liquidi in un tubo a U e del comportamento dei fluidi quando si versano quantità crescenti del fluido di densità minore (5.2 e 5.4)
- Condizione per innescare il flusso in un sifone (Q6.1)

Parzialmente critico per STAL è stato anche il quesito Q4 (forza di pressione agente sull'oblò di un sommergibile)

D. Questionario di autovalutazione sui fenomeni termici.

Il questionario era composto di 5 item e 13 quesiti.

E. Questionario di autovalutazione di ottica geometrica.

Il questionario comprendeva 18 domande a risposta multipla (da 3 a 5 alternative di cui una sola corretta). È stato proposto immediatamente dopo la trattazione delle leggi dell'ottica geometrica e lo svolgimento di una limitata gamma di esercizi.

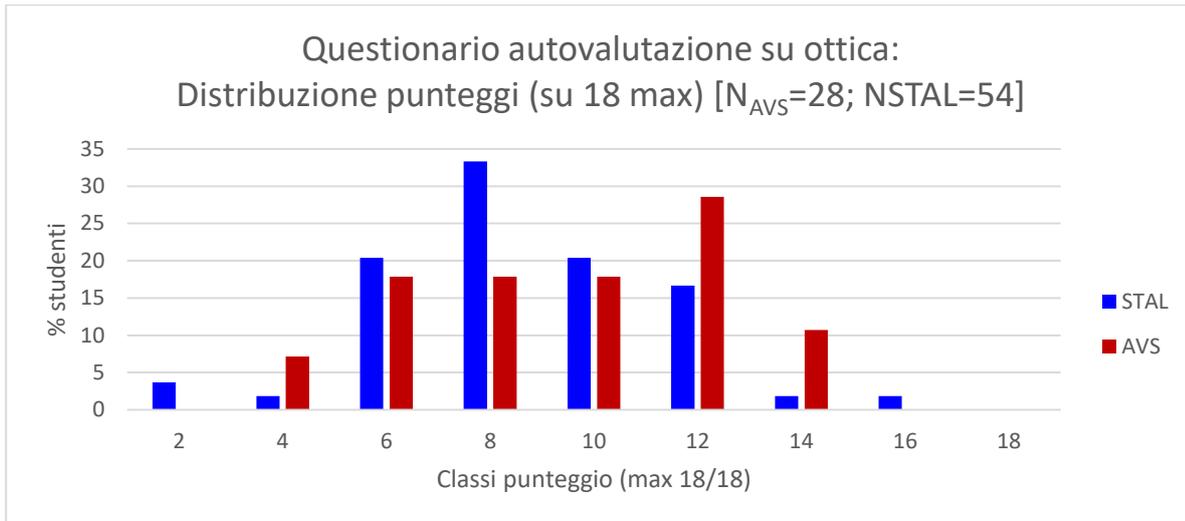


Fig. 5 . Classi di punteggio relative alla valutazione del questionario di autovalutazione di ottica
Per i corsi: AGR-VEN-SAN solo 28 studenti hanno consegnato l'elaborato, mentre per STAL sono stati 54. Il punteggio medio è stato rispettivamente 9/18 ($\sigma=3$) e 8/18 ($\sigma=3$), con differenze non significative (le due distribuzioni sono però caratterizzate da due mode significativamente diverse).

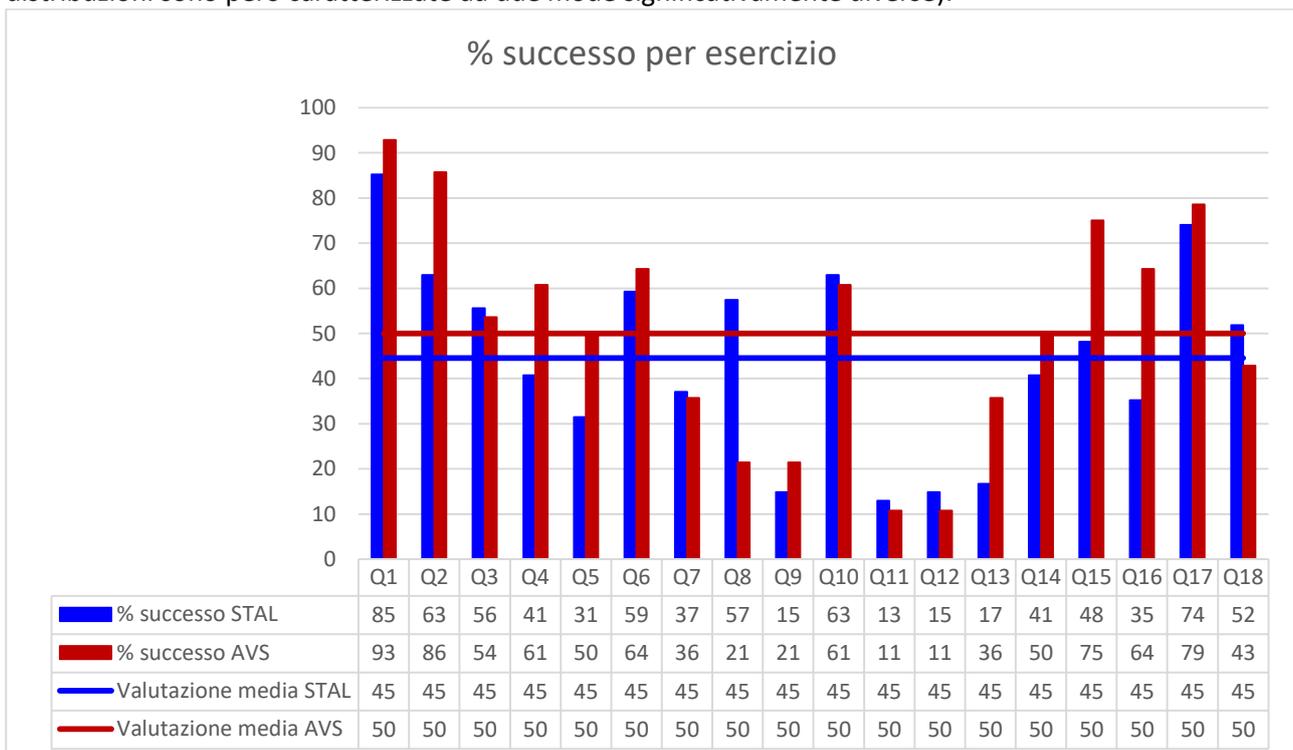


Fig.6. % di risposte corrette per i diversi quesiti del questionario di autovalutazione sull'ottica

La media di risposte corrette per esercizio è del 50% per AVS e 45% per STAL. Le distribuzioni dei punteggi sono significativamente omogenee con esiti più positivi per AVS nei quesiti 2-4-5-15-16 e per STAL nel solo quesito 8 (differenze che motivano l'esito inferiore per STAL rispetto a AVS).

Punti di forza (oltre 80% di risposte corrette: meccanismo della visione e ruolo di una sorgente diffusa di luce; intorno all'80% per visione in assenza di sorgente di luce e formazione immagine di un ostacolo su sorgenti puntiformi).

Criticità diffuse sono state rilevate in merito a:

- formazione di immagini per rifrazione da diottropiano, ricostruzione dell'immagine formata per rifrazione (dal 40% nelle situazioni standard a 80% quando vengono proposte situazioni banali ma non standard)
- formazione immagine formata da una lente e ruolo della lente (da 65% a 90%)
- Posizione dell'immagine formata da uno specchio piano (50%)
- Formazione dell'immagine per proiezione da sorgente puntiforme (40%) e estesa (60%) la cui luce viene intercettata da uno schermo con un foro di forma definita.

3.3 Questionari di autovalutazione svolti in rete.

3.3.1 Questionari sui fluidi

Sono stati proposti tre diversi questionari sui fluidi: il primo sul galleggiamento e la spinta di Archimede formato da 14 quesiti (13 a risposta chiusa, 1 composto da 10 diversi punti in una scala di Likert a tre livelli (pieno accordo/parziale accordo/disaccordo); 2 a risposta aperta); il secondo sul principio di Pascal e la legge di Stevino formato da 8 quesiti (5 a scelta multipla e spiegazione della scelta e 3 a risposta aperta); il terzo sulla dinamica dei fluidi e sui fenomeni superficiali formato da 10 quesiti (8 a risposta multipla e 2 a risposta aperta).

21 studenti hanno svolto almeno una delle prove in rete (questi hanno comunque almeno visionato gli altri quesiti), in qualche caso svolgendo 2 volte il questionario, 14 hanno solo preso visione dei questionari. Il punteggio medio ottenuto nei questionari compilati in rete è stato pari al 51% dei punteggi massimi. In figura 7 è riportata la distribuzione dei punteggi ottenuti.

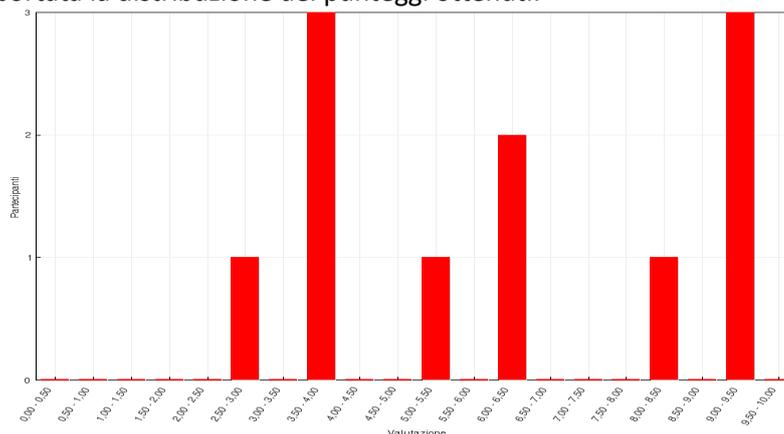


Fig.7 Questionario 3 in rete sui fluidi: distribuzione dei punteggi (su un massimo di 11/11)

Tutti i quesiti (eccetto uno) hanno riportato indici discriminatori ed efficienza discriminativa positivi (indicando che tutte le domande sono in grado di discriminare gli studenti per competenza, per quanto con diversa efficienza). Il secondo questionario è stato compilato solo da 2 studenti e non viene qui preso in considerazione.

Dall'analisi dei risultati del primo questionario sono emersi i seguenti punti di forza e le seguenti criticità
Punti di forza:

- calcolo della linea di galleggiamento per un densimetro immerso in liquidi diversi
- Determinazione della massa di un densimetro di cui si conosce il livello di galleggiamento in acqua
- Oggetti uguali immersi a profondità diverse in uno stesso liquido e confronto della spinta di Archimede
- Oggetti di uguale volume, ma diverso materiale immersi a profondità diverse in uno stesso liquido e confronto della spinta di Archimede
- Oggetti di uguale volume appesi a un filo e immersi in acqua e confronto delle tensioni dei fili
- La mongolfiera e la spinta idrostatica in aria

I quesiti su cui si sono incentrate le principali difficoltà hanno riguardato i seguenti contesti/situazioni:

- L'oggetto gettato dalla zattera e il livello dell'acqua della piscina su cui galleggia la zattera

- Galleggiamento di uno stesso oggetto (un densimetro e un blocchetto di legno) immerso in liquidi diversi e confronto della spinta idrostatica agente sull'oggetto nei due casi
- La bilancia con lampadine e pesetto in aria e nel vuoto e il ruolo della spinta di Archimede
- Galleggiamento di una nave e parametri da cui dipende
- Ruolo dei tensioattivi nel cambiare la tensione superficiale dell'acqua
- Il flusso di un fluido in un condotto
- La misura della tensione superficiale con il metodo della goccia

Dall'analisi dei risultati del terzo questionario sono emersi i seguenti punti di forza e le seguenti criticità
Punti di forza:

- Liquidi diversi che scendono su un piano inclinato (un vassoio di plastica) e il ruolo della viscosità
- Un piccolo oggetto (una zanzara) sulla superficie dello stagno e il ruolo della tensione superficiale
- Il moto di un galleggiante quando si versa un tensioattivo (detersivo) in acqua e ruolo della tensione superficiale
- Il profilo delle velocità in un fluido

Qualche criticità (meno marcata che su altri aspetti) si è riscontrata su:

Confronto tra entità della spinta di Archimede e spinta dovuta alla tensione superficiale su un piccolo oggetto posto sulla superficie dell'acqua (un ago)

La salita della linfa nei vasi linfatici e il ruolo della tensione superficiale

La spinta idrostatica su un barile di petrolio

Il flusso di un fluido viscoso in un condotto chiuso e la caduta di pressione

Il metodo dello stalagmometro per la misura della tensione superficiale

3.3.2. Questionario sui fenomeni termici

Il questionario in rete sui fenomeni termici comprendeva 10 quesiti con risposta a scelta multipla su: dilatazione termica; interazioni termiche, temperatura di equilibrio e ruolo di masse e materiali; interazione termica in presenza di una transizione di fase; energia interna; conservazione dell'energia e bilancio energetico in semplici fenomeni della quotidianità.

Solo 9 studenti hanno risposto, con un punteggio medio del 51% rispetto al punteggio massimo.

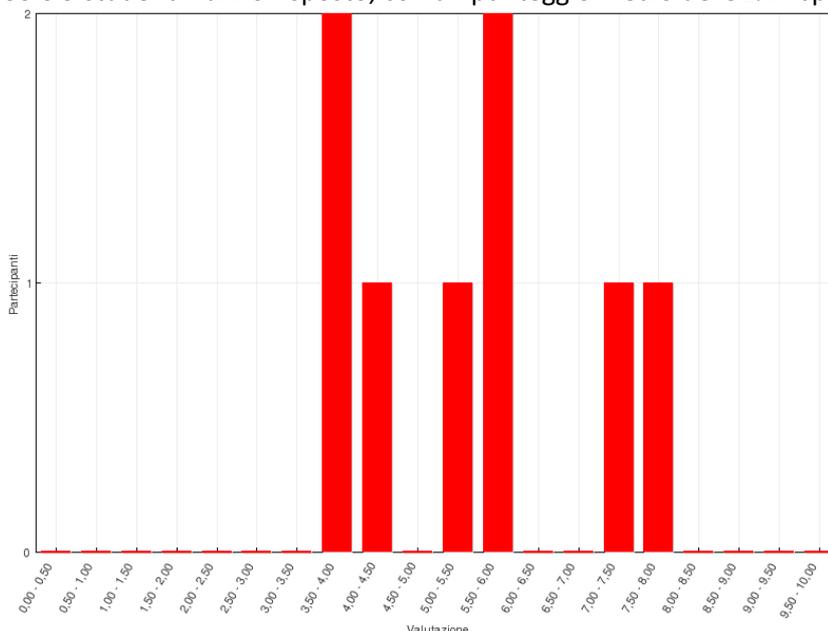


Fig. 8 Questionario sui fenomeni termici: distribuzione delle valutazioni (su 10/10)

Punti di forza:

- Il viadotto e la dilatazione termica
- Il termometro bimetallico e la dilatazione termica

- Il mescolamento di masse d'acqua a temperature diverse e la temperatura di equilibrio

Criticità

Il cilindro metallico posto sul cubetto di ghiaccio

Il frenamento di una ruota da bicicletta in movimento e la variazione di energia interna

La conservazione dell'energia

Il bilancio energetico in semplici contesti della quotidianità (il rimbalzo di una pallina; il sistema massa molla)

3.3.3. Questionario in rete sui fenomeni elettrostatici e sui campi.

Questionario formato da 19 domande con risposta a scelta multipla sui seguenti aspetti:

Determinazione della resistenza di un apparato di potenza nota (ferro da stiro)

Sistema assegnato di data resistenza e determinazione dalla legge di OHM della resistività del materiale di cui è composto il sistema

- Corrente elettrica che circola in resistori in parallelo
- Andamento del potenziale all'interno di un circuito
- Velocità dei portatori di carica (elettroni) in un conduttore
- Conduttori carichi a contatto e ruolo del potenziale nell'equilibrio elettrostatico
- Il sasso che cade in un foro che trapassa la Terra e il suo moto
- Teorema di Gauss
- Fascio di elettroni fra le armature di un condensatore e determinazione: dell'intensità della forza agente su di essi, dell'energia cinetica acquisita da essi, della corrente elettrica quando sono in movimento
- Unità di misura (potenziale elettrico)
- Distribuzione del potenziale elettrico nello spazio e intensità del campo elettrico
- conservazione della carica
- Caricamento stabile di oggetti utilizzando l'induzione elettrostatica
- Distinzione tra traiettorie e linee di campo
- Strutture possibili delle linee di un campo stazionario

18 hanno risposto. Punteggio medio 54% sul massimo.

Tutte le domande hanno indici di discriminazione ed efficienza discriminativa positivi.

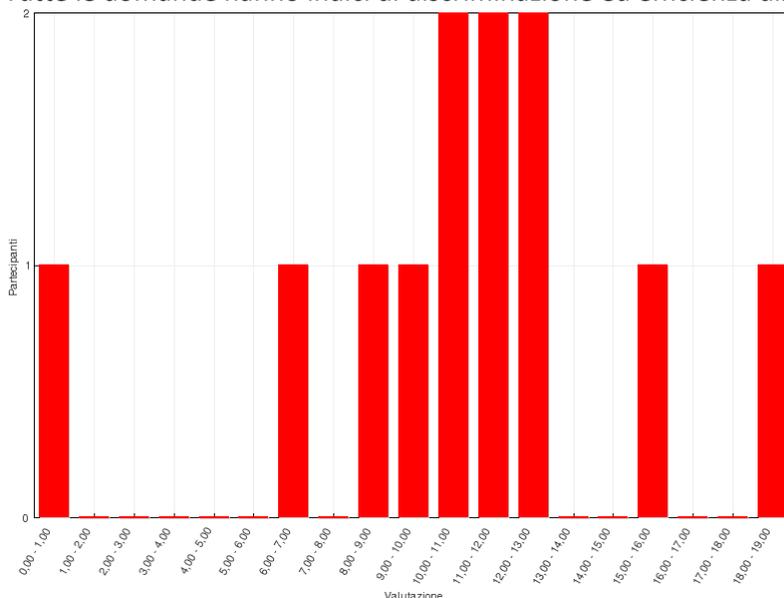


Fig. 9 Distribuzione dei punteggi



Punti di forza:

Determinazione della resistenza di un apparato di potenza nota (ferro da stiro)

Utilizzo della legge di Ohm per determinare la resistività di un materiale di cui è composto un resistore (note resiste e parametri geometrici del resistore), la resistenza di un materiale (note resistività e parametri geometrici)

Forza agente su cariche tra le armature di un condensatore e corrente equivalente a un flusso di cariche

Distribuzione del potenziale elettrico nello spazio e intensità del campo elettrico

Unità di misura (potenziale elettrico)

Criticità:

- Resistori in parallelo e corrente che circola in essi
- Circuito a una maglia e andamento del potenziale al suo interno
- Velocità dei portatori di carica (elettroni) in un conduttore
- Conduttori carichi a contatto e ruolo del potenziale nell'equilibrio elettrostatico
- Il sasso che cade in un foro che trapassa la Terra e il suo moto
- Flusso del campo elettrico attraverso una superficie chiusa (cubica con dentro una carica)
- Panno di lana e bacchetta strofinate e conservazione della carica
- Caricamento stabile di oggetti separabili per induzione
- Sfera carica un presenza di campo elettrico: traiettorie e linee di campo
- Campo elettrico e strutture possibili delle linee di campo

3.3.4 Questionario in rete sui circuiti elettrici

Questionario formato da 20 domande con risposte a scelta multipla.

Q1. Lampadine in parallelo e topologia

Q2. Lampadine in parallelo e ruolo del cortocircuito di una di esse

Q3- circuito a una maglia con due generatori con poli contrapposti

Q4- circuiti con lampadine in parallelo di diversa topologie e equivalenza funzionale

Q5-Equivalenza tra rappresentazioni

Q6- Lampadine e batteria e condizioni per accenderla

Q7- Circuiti in parallelo e ruolo del corto circuito

Q8- connessioni in serie e in parallelo e correnti che circolano nei diversi rami a confronto

Q9 – Q10- Q13 – Q15 potenza/corrente erogata da un generatore chiuso su resistenze variamente collegate

Q11- 12 corrente che circola in diversi rami di un circuito in parallelo

Q13 formula che esprime la corrente erogata da un generatore chiuso di un circuito con assegnate resistenze variamente collegate

Q14. Resistenza interna di un apparato elettrico di data potenza e tensione di lavoro.

Q17. Fili di collegamento in un circuito e loro ruolo nel determinare la resistenza totale del circuito

Q18. Quantità di carica che attraversa la sezione di un filo e corrente

Q19. Potenza dissipata da una lampadina

Q20. Unità di misura

In 24 hanno risposto.

Valutazione media sul massimo: 54%.

Distribuzione dei punteggi



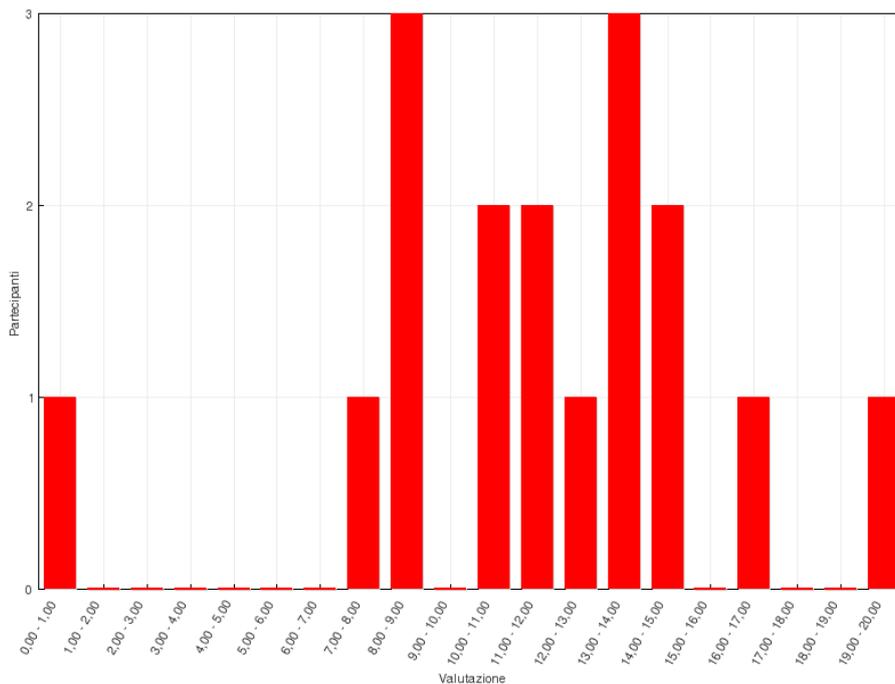


Fig. 10. Distribuzione dei punteggi.

Punti di forza:

Q1. Lampadine in parallelo e topologia

Q3- circuito a una maglia con due generatori con poli contrapposti

Q4- circuiti con lampadine in parallelo di diversa topologie e equivalenza funzionale

Q5-Equivalenza tra rappresentazioni

Q8- connessioni in serie e in parallelo e correnti che circolano nei diversi rami a confronto

Q14. Resistenza interna di un apparato elettrico di date potenza e tensione di lavoro.

Q17. Fili di collegamento in un circuito e loro ruolo nel determinare la resistenza totale del circuito

Q18. Quantità di carica che attraversa la sezione di un filo e corrente

Q19. Potenza dissipata da una lampadina

Q20. Unità di misura

Criticità

Q2. Lampadine in parallelo e ruolo del cortocircuito di una di esse

Q6- Lampadine e batteria e condizioni per accenderla

Q7- Circuiti in parallelo e ruolo del corto circuito

Q9 – Q10- Q13 – Q15 potenza/corrente erogata da un generatore chiuso su resistenze variamente collegate

Q11- 12 corrente che circola in diversi rami di un circuito in parallelo

Q13 formula che esprime la corrente erogata da un generatore chiuso di un circuito con assegnate resistenze variamente collegate

3.3.5. Questionario in rete sulle onde.

Questionario formato da 13 quesiti con risposta a scelta multipla.

Q1: Passaggio di un onda da un mezzo a un altro (rifrazione) e parametri che restano invariati

Q2-Q3: Impulso con diversa ampiezza/frequenza in uno stesso mezzo e variazione/costanza delle proprietà dell'impulso

Q4 – 4bis Impulso in diverso mezzo e parametri che cambiano

Q5 – velocità di propagazione suono in mezzi diversi (la martellata sul tavolo percepita attraverso il tavolo e attraverso l'aria)

Q6 – Ampiezza d'oscillazione in onda stazionaria

Q7 – Moto dell'aria o Q8 di granelli di polvere in presenza di un suono intenso

Q9- Q10 sovrapposizione di impulsi

Q11- Diffrazione

Q12 – Condizioni di Interferenza costruttiva/distruttiva

Q13 – Correlazione posizione minimi numero d'ordine in una distribuzione di diffrazione

In 19 lo hanno svolto con un punteggio medio pari al 53% del massimo.

Distribuzione dei punteggi.

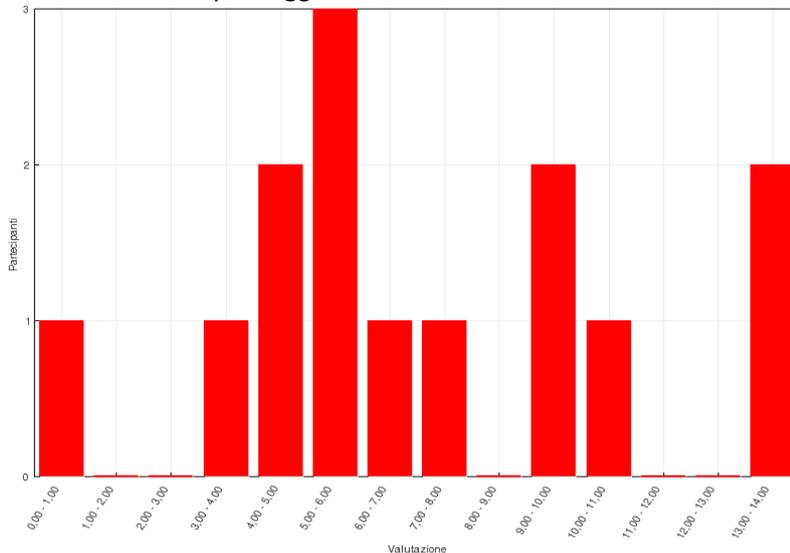


Fig. 11. Distribuzione delle valutazioni relative al questionario in rete sulle onde

Punti di forza:

Q1: Passaggio di un onda da un mezzo a un altro (rifrazione) e parametri che restano invariati

Q7 – Moto dell'aria o Q8 di granelli di polvere in presenza di un suono intenso

Q9- Q10 sovrapposizione di impulsi

Criticità

Q2-Q3: Impulso con diversa ampiezza/frequenza in uno stesso mezzo e variazione/costanza delle proprietà dell'impulso

Q4 – 4bis Impulso in diverso mezzo e parametri che cambiano

Q5 – velocità di propagazione suono in mezzi diversi (la martellata sul tavolo percepita attraverso il tavolo e attraverso l'aria)

Q6 – Ampiezza d'oscillazione in onda stazionaria

Q11- Diffrazione

Q12 – Condizioni di Interferenza costruttiva/distruttiva

Q13 – Correlazione posizione minimi numero d'ordine in una distribuzione di diffrazione

4. Valutazione complessiva degli apprendimenti

Nel seguito si considerano solo gli esiti delle prove intermedie per almeno due motivi: esse hanno coinvolto la gran parte degli studenti che hanno frequentato il corso e quelli che continuano il corso di studi; le prove previste negli appelli regolari hanno coinvolto studenti di molti anni diversi, non sempre identificabili in modo semplice.

Si riporta qui solo il fatto che in media gli studenti superano la prova d'esame affrontando la prova 1,5 volte, vale a dire che viene superata alla prima prova oppure ripetendola due volte. Solo in pochi casi (tutti studenti non frequentanti) è stata ripetuta più di due volte la prova scritta prima di essere superata.

4.1 Esito prove intermedie valide per la valutazione finale.

In ciascun corso sono state proposte tre prove intermedie: una per ciascuno delle tre parti in cui è stato scadenato il corso.



Per il superamento della prova scritta era richiesto di ottenere una valutazione di almeno 16/30 e una media sulle tre prove di almeno 18/30 (per le valutazioni al limite della soglia è stato utilizzato un arrotondamento per eccesso). Alle prove valutate meno di 16/30 è stata attribuita una valutazione INSUFFICIENTE.

Per ottenere valutazioni superiori a 28 era richiesto di integrare le risposte con spiegazione/discussione delle soluzioni.

La valutazione positiva dello scritto, poteva essere integrata con relazioni di laboratorio e con un eventuale orale.

È stato concesso di recuperare una delle prove intermedie, in concomitanza con lo svolgimento della terza prova, agli studenti che non avessero potuto sostenere una delle prime due prove o avessero riportato in una di esse una valutazione INSUFFICIENTE.

Ciascuna prova comprendeva 18 quesiti con risposta a scelta multipla su tre possibili opzioni di cui una sola corretta (o più corretta, o più adeguata) delle seguenti tipologie:

- Quesiti qualitativi, riformulazione di tipici quesiti utilizzati nelle ricerche sui processi di apprendimento (3-4 per prova)
- Esercizi in cui è necessario ottenere un risultato quantitativo/numerico (6-8 per prova)
- Esercizi in cui è richiesta una risposta numerica, ottenibile sia attraverso una procedura di calcolo sia attraverso un ragionamento qualitativo (2-4 per prova)
- Esercizi in cui è richiesta come soluzione una formula (1-2 per prova)
- Quesiti sui grafici dell'evoluzione temporale di una grandezza fisica che descrive un processo fisico inerente uno dei temi inclusi nella prova (1-2 quesiti)
- Cifre significative (1 quesito)
- Unità di misura (1 quesito)

I quesiti delle prove sono stati rielaborazione di quesiti proposti nel test d'ingresso, nelle lezioni, nelle esercitazioni, negli esempi di prove scritte incluse nel materiale didattico proposto. In qualche caso sono stati dati esattamente quesiti già proposti a lezione, per avere la possibilità di avere un confronto sugli esiti. La prima prova comprendeva quesiti sui seguenti specifici temi di meccanica:

- Cinematica (grafici del moto, il problema dell'incontro, gittata di un getto d'acqua, moto u.a., velocità media)
- Principio d'inezia (moto un oggetto in un treno in curva; pulce che salta su un cane sul sedile di una macchina)
- Semplici applicazioni della II legge della dinamica (valutazione del coefficiente d'attrito dell'interfaccia cassa pavimento; spazio percorso da un corpo soggetto a forze di assegnata intensità costante; risultante delle forze agenti su un corpo;
- Conservazione dell'energia (moto di un cubetto di ghiaccio sul fondo di una ciotola; energia cinetica di una palla lanciata con diverse velocità)
- III principio della dinamica (Interazione tra sistemi di masse molto diverse)

La seconda prova comprendeva quesiti sui seguenti specifici temi sulla fisica dei fluidi e sulla termodinamica:

- Grafici dell'evoluzione della velocità di una pallina che cade in un fluido viscoso
- Ruolo della vescica natatoria negli spostamenti in verticale dei pesci
- Galleggiamento e parametri da cui dipende
- Fluidi in equilibrio in recipienti di forma diversa
- Flusso di liquidi viscosi e non viscosi (applicazioni del teorema di Bernoulli e della legge di Poiseuille)
- Misura tensione superficiale con il metodo della goccia sospesa
- Espansione adiabatica di una bolla in risalita in un fluido
- Variazione di energia interna e ciclo termodinamico
- Rendimento/efficienza macchine termiche
- Dilatazione termica





- Macchine termiche e Il principio della termodinamica
- Interazione termica in presenza di transizione di fase
- Dissipazione di energia per frizione

La terza prova comprendeva quesiti sui seguenti specifici temi su:

- Ottica geometrica (angolo rifrazione; riflessione totale; lente parzialmente oscurata e immagine; rifrazione e cammino ottico della luce e formazione immagine)
- fisica delle onde (diffrazione ottica; lunghezza d'onda; massimi e minimi di interferenza di onde sonore e valutazione della lunghezza d'onda)
- fenomeni elettrici (caricamento per induzione; circuito con resistenza collegate in diversi modi e valutazione corrente e potenza elettrica; resistenza di una apparato elettrico; circuiti equivalenti.)
- analisi dati sperimentali (distribuzione della intensità luminosa in funzione della posizione e determinazione delle relazioni fenomenologiche che descrivono una distribuzione di diffrazione e della lunghezza d'onda della luce; misura di una grandezza derivata e valutazione dell'incertezza di misura; stima di una grandezza come media di una lista di dati.

Hanno affrontato almeno una prova intermedia sia studenti in corso, sia studenti dei corsi degli anni successivi, per quanto fosse stata richiesta la frequenza all'insegnamento a studenti degli anni precedenti diversi studenti di anni precedenti si sono iscritti alle prove intermedie.

4.1.1. Insegnamento per i corsi AGR-VEN-SAN.

Hanno affrontato almeno una prova intermedia: 263 studenti dei corsi AGR-VEN-SAN.

La prima prova è stata affrontata da 263 studenti dei corsi AGR-VEN-SAN. Nel 65% dei casi è stata data la risposta attesa. I principali ambiti di difficoltà, relativi ai quattro quesiti in cui è stato ottenuto un punteggio inferiore al 60%, sono relativi a: cifre significative (13%); forza d'attrito agente su un oggetti spinto contro un muro verticale (33%); oggetto lanciato in aria stando su un treno che compie una curva e principio d'inerzia (52%); moto su un piano inclinato (58%).

La seconda prova è stata effettuata da 242 studenti. Nel 54% dei casi è stata data la risposta attesa. Gli aspetti di maggiore difficoltà sono relativi alla condizione di equilibrio di tre fluidi in un tubo a U, il galleggiamento di una sfera cava; trasformazione di energia esterna in energia interna; misura della tensione superficiale con il metodo della goccia sospesa.

La terza prova è stata effettuata da 186 studenti. Nel 60% dei casi è stata data la risposta attesa. Aspetti critici: relazioni fenomenologiche che descrivono una distribuzione di luce diffratta da una fenditura e lunghezza d'onda; valutazione incertezza nella misura di una grandezza derivata; riflessione totale; lente parzialmente oscurata; interferenza sonora e lunghezza d'onda; caricamento per induzione.

In merito alla valutazione ottenuta:

- 191 o 201 (77%) hanno ottenuto una valutazione finale superiore o uguale a 18/30 (che ha consentito loro di superare l'esame), così suddivisi:
 - 116 (45%) hanno ottenuto valutazioni pari almeno a 18/30 in tutte le tre prove con valutazione media di 23,5 ($\sigma=2,3$)
 - 66 (25%) hanno ottenuto una valutazione media sulle tre prove superiore o uguale a 18/30, ma con una o due prove con valutazioni di 16 o 17/30. La media delle valutazioni è stata per questi studenti 21,1 ($\sigma=1,6$)
 - 19 (7%) infine hanno ottenuto una valutazione positiva, ottenuta grazie al recupero di una delle prime due prove intermedie. Per questi studenti la valutazione è stata di 20,4 ($\sigma=2,4$), mentre solo 8 (3%) sono gli studenti che hanno usufruito del recupero senza successo.

Da questi dati preliminari emerge:

- l'efficacia di proporre prove intermedie per favorire il superamento dell'esame (Oltre $\frac{3}{4}$ degli studenti ha superato la prova scritta seguendo l'iter dell'effettuazione delle prove intermedie)



- garantire criteri minimi rigorosi, ma accessibili, e prevedere una differenziazione nelle valutazioni più alte per garantire la qualità della formazione, soprattutto dei migliori
- il ruolo del garantire la possibilità di recuperare una prova intermedia, marginale in termini percentuali/quantitativi, ma importante per incentivare a seguire le prove intermedie

Per avere un'idea dell'impatto dal corso è utile considerare le valutazioni medie in funzione della frequenza (dichiarata dagli studenti in testa al compito scritto):

Degli studenti che hanno superato la prova:

- 49% ha frequentato per almeno l'80% del corso, ottenendo una media di 23 con una mediana di 23
- 40% ha frequentato per almeno il 50%, ma meno dell'80%, ottenendo una media di 22,1, con una mediana di 22
- 11% ha frequentato per meno del 50% il corso (media 22,0 mediana 23).

In figura 12 la distribuzione delle valutazioni per classi di frequenza:

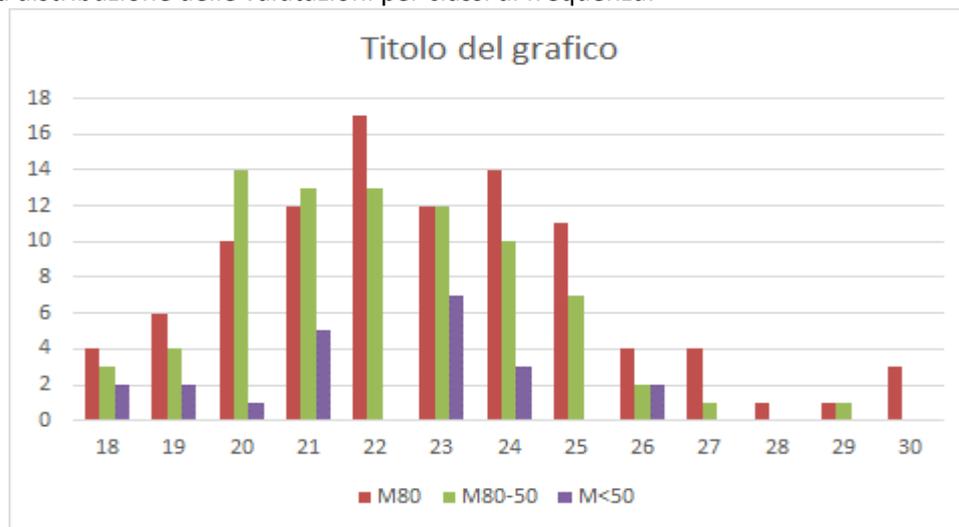


Fig. 12. Distribuzione delle valutazioni per classi di frequenza al corso (M80: frequenza $\geq 80\%$; M80-50: frequenza compresa tra 50e 80%; M<50: frequenza minore del 50%)

Dalla distribuzione delle valutazioni emerge che:

- 24 % degli studenti che ha frequentato almeno 80% del corso ha ottenuto valutazioni pari o superiori a 25/30 (contro il 14% di quelli che hanno frequentato tra il 50 e l'80% e il 9% di quelli che ha frequentato meno del 50%)
- solo studenti che hanno frequentato almeno 50% del corso hanno ottenuto valutazioni di almeno 27/30
- solo studenti che hanno frequentato almeno l'80% del corso hanno ottenuto valutazioni di 30/30.

Per quanto d'altra parte:

- Tra i 105 studenti che hanno frequentato l'80% o più del corso, 99 di essi (86 %) ha superato l'esame con le prove intermedie e solo 16 (14 %) ha dovuto accedere agli appelli regolari d'esame
- Tra i 107 studenti che hanno frequentato da 50 a 80% del corso, 80 di essi (74,8 %) ha superato la prova e solo 27 (25,2 %) non l'ha superata.
- Tra i 39 che hanno frequentato meno del 50%, 22 di essi (56 %) ha superato la prova e 17 (44%) non l'ha superata.

4.1.2 Corso STAL

Hanno affrontato almeno una prova intermedia 149 studenti del corso STAL.

La prima prova è stata effettuata da 139 studenti del corso STAL . Nel 53% dei casi è stata data la risposta attesa. I principali ambiti di difficoltà sono gli stessi di quelli relativi al corso AGR-VEN-SEN e relativi ai quattro quesiti in cui è stato ottenuto un punteggio inferiore al 30%, sono relativi a: cifre significative

(19%); forza d'attrito agente su un oggetti spinto contro un muro verticale (19%); oggetto lanciato in aria stando su un treno che compie una curva e principio d'inerzia (14%); moto su un piano inclinato (10%). [sono le stesse aree problematiche riscontrate per AVS, ma con percentuali decisamente inferiori eccetto che per il primo aspetto].

La seconda prova è stata effettuata da 119 studenti. Nel 63% dei casi è stata data la risposta attesa. Gli aspetti di maggiore difficoltà sono relativi alla condizione di equilibrio di tre fluidi in un tubo a U, il galleggiamento di una barca; espansione adiabatica di una bolla di champagne; grafici di evoluzione della temperatura.

La terza prova è stata effettuata da 100 studenti, di cui 94 hanno superato la prova. Nel 64% dei casi è stata data la risposta attesa. Aspetti critici: relazioni fenomenologiche che descrivono una distribuzione di luce diffratta da una fenditura e lunghezza d'onda; immagine formata da una lente; caricamento per induzione e, in misura meno marcata, immagine formata per rifrazione.

In merito alla valutazione ottenuta:

- 87 (62%) hanno ottenuto una valutazione finale superiore o uguale a 18/30 (che ha consentito loro di superare l'esame), così suddivisi:
 - 47 (31,5%) hanno ottenuto valutazioni pari almeno a 18/30 in tutte le tre prove con valutazione media di 24,1 ($\sigma=2,3$)
 - 29 (19,5%) hanno ottenuto una valutazione media sulle tre prove superiore o uguale a 18/30, ma con una o due prove con valutazioni di 16 o 17/30. La media delle valutazioni è stata per questi studenti 20,2 ($\sigma=2.1$)
 - 11 (7,4%) infine hanno ottenuto una valutazione positiva, ottenuta grazie al recupero di una delle prime due prove intermedie. Per questi studenti la valutazione è stata di 21,6 ($\sigma=2,3$). Solo 2 (1,3%) sono gli studenti che hanno usufruito del recupero senza successo.

Degli studenti che hanno superato la prova:

- 54% ha frequentato per almeno l'80% del corso, ottenendo una media di 23 con una mediana di 23
- 40% ha frequentato per almeno il 50%, ma meno dell'80%, ottenendo una media di 22, con una mediana di 22
- 11% ha frequentato per meno del 50% il corso (media 22 mediana 22).

In figura 13 la distribuzione delle valutazioni per classi di frequenza:

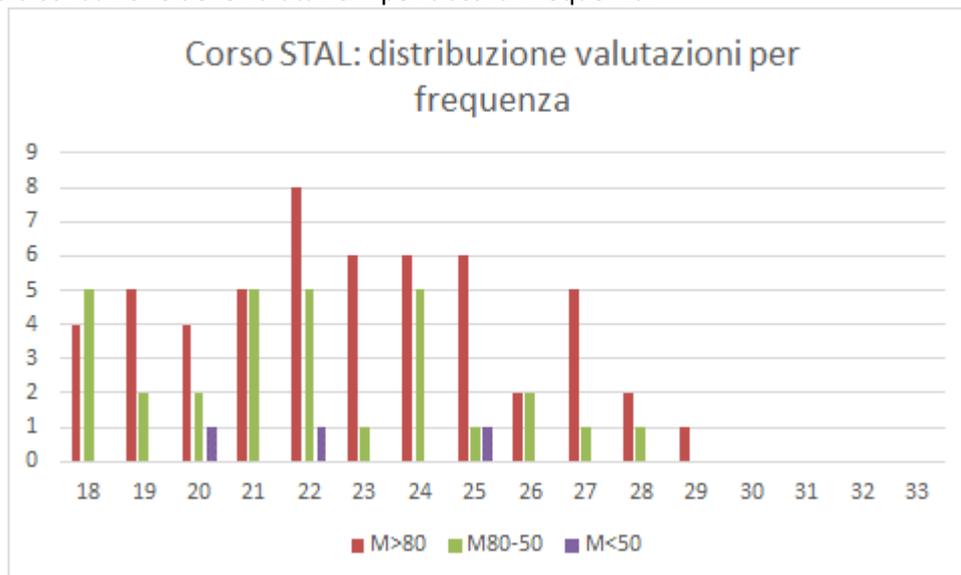


Fig.13 Distribuzione delle valutazioni per classi di frequenza

Dalla distribuzione delle valutazioni emerge che:

- 30 % degli studenti che ha frequentato almeno 80% del corso ha ottenuto valutazioni pari o superiori a 25/30 (contro il 14% di quelli che hanno frequentato tra il 18% di quelli che ha frequentato meno del 80%)
- solo studenti che hanno frequentato almeno 50% del corso hanno ottenuto valutazioni di almeno 26/30

Per quanto d'altra parte:

- Tutti i 67 studenti che hanno frequentato l'80% o più del corso 54 (81%) ha superato l'esame con le prove intermedie e solo 13 hanno dovuto accedere alle sessioni regolari
- Tra i 50 studenti che hanno frequentato meno da 50 a 80% del corso, il 30 di essi (60%) ha superato le tre prove e solo 27 (25,2 %) non l'ha superata.
- Tra i 32 che hanno frequentato meno del 50%, solo 3 (9%) ha superato le tre prove.

4.1.3 Dati di sintesi sugli studenti del primo anno che hanno superato l'esame di fisica

a.a. 2015/2016	A	B	B/A %	D	D/A %
L2 - 720 - SCIENZE AGRARIE	94	64	68,1	61	64,9
L2 - 721 - VITICOLTURA ED ENOLOGIA	220	153	69,5	149	67,7
L2 - 723 - SCIENZE PER L'AMBIENTE E LA NATURA	86	47	54,7	45	52,3
L2 - 722 - SCIENZE E TECNOLOGIE Alimentari	191	104	54,5	99	51,8
Totale	591	368	62,3	354	59,9

A: Immatricolati I anno; B: hanno superato esame fisica; B/A:% superamento; D: Iscritti al II anno; % D/A

Come si vede per tutti e quattro i corsi di studio la media degli studenti iscritti al primo anno che ha superato l'esame di fisica è superiore al 54,5 % per tutti i corsi, con una media su tutti i corsi del 62,3 %. Inoltre il numero di studenti iscritti al secondo anno è sempre molto vicino anche se leggermente inferiore a quello degli studenti che hanno superato l'esame di fisica. Pare di poter dire che quantomeno la gran parte degli studenti che si iscrivano al secondo anno abbiano superato l'esame di fisica. Al tempo stesso il superamento dell'esame di fisica non è garanzia di iscrizione al secondo anno.

Si osserva infine che il corso STAL pur avendo delle prove in ingresso e una valutazione in itinere sistematicamente inferiore, ha alla fine ottenuto esiti allo stesso livello del corso di Agraria che in ingresso e in itinere aveva ottenuto i risultati migliori.

4.2 Ruolo delle prove di autovalutazione intermedie e risultati finali

Un ulteriore elemento di valutazione dell'attività proposta è il confronto dei punteggi medi ottenuti dagli studenti che hanno svolto i questionari di autovalutazione e in particolare quelli proposti in rete (anche se solo per il corso STAL – per il corso AGR/VEN/SAN solo 3 studenti hanno richiesto la valutazione dei quesiti compilati), con i punteggi medi ottenuti nelle stesse prove dagli studenti che hanno superato la prova e che non hanno svolto i questionari di autovalutazione. In tabella 3 e nel fig.14 sono riportati tali dati, messi a confronto anche con quelli relativi all'intero gruppo di studenti che hanno superato la prova scritta effettuando le prove intermedie.

Tabella 3. Valutazioni medie ottenute dagli studenti che hanno **superato lo scritto** con le **prove intermedie** ripartiti tra coloro che hanno svolto i questionari di autovalutazione in rete e coloro che non li hanno svolti.

Studenti che hanno superato lo scritto con le prove intermedie che:	I prova	II prova	III prova
A - HANNO SVOLTO almeno una prova di autovalutazione in rete (N=32)	20 ($\sigma=3$)	23 ($\sigma=3$)	25 ($\sigma=4$)
B- NON HANNO SVOLTO alcuna prova di autovalutazione in rete (N=70)	20 ($\sigma=6$)	21 ($\sigma=6$)	21 ($\sigma=6$)
A+B –Intero corso STAL (N=102)	20 ($\sigma=5$)	21 ($\sigma=5$)	22 ($\sigma=6$)



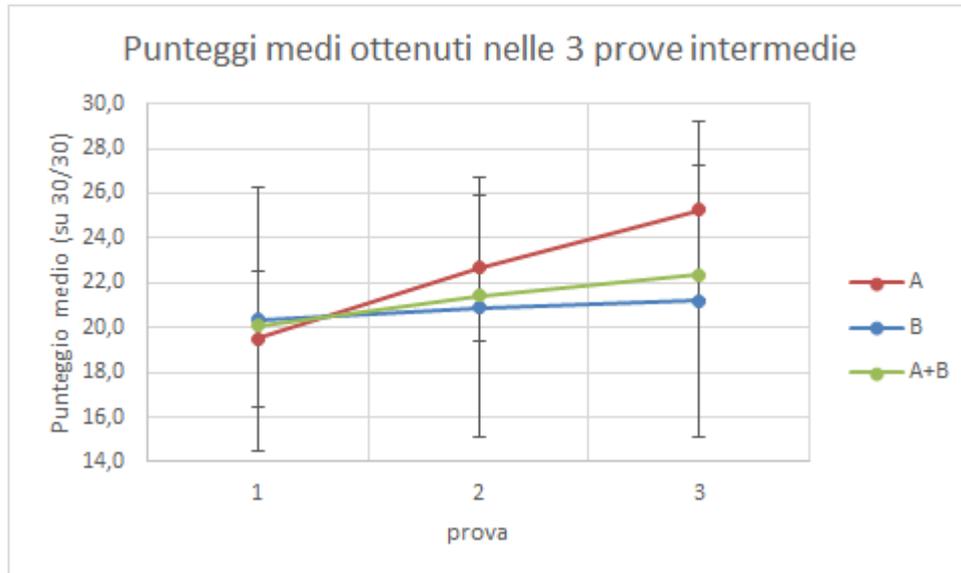


Fig. 14. Grafico 3. Andamento delle valutazioni medie ottenute dagli studenti che hanno **superato lo scritto** nelle **prove intermedie** ripartiti tra coloro che A) hanno svolto i questionari di autovalutazione in rete (in rosso) e coloro B) che non li hanno svolti (in azzurro). L'andamento intermedio (A+B in verde) è relativo all'intero campione di 103 studenti del corso STAL che hanno ottenuto nelle tre prove una valutazione di almeno 18/30 (inclusi i recuperi). Il trend delle valutazioni degli studenti A è nettamente crescente per gli studenti A e differente da quello degli studenti B ad un livello statisticamente significativo ($t=3,7$, $p<0,005$).

I dati riportati, per quanto tutti correlino positivamente gli esiti alla frequenza del corso e allo svolgimento delle prove intermedia, non possono discriminare se l'esito sia dovuto alla coerenza dei quesiti proposti con le tipologie di esercizi e di ambiti (o almeno una buona parte) poi proposti nelle prove valutate, piuttosto che al fatto che gli studenti che hanno usufruito delle proposte in rete sono anche quelli più studiosi e che avrebbero comunque ottenuto risultati positivi.

E' comunque significativo che il risultato finale per STAL sia stato analogo che per AGR come osservato in conclusione del punto precedente.

4.3 Risultati della valutazione.

Dai dati presentati, si può osservare quanto segue:

- Vi è una discreta risposta nella frequenza degli studenti al corso (149 studenti su 191 iscritti al primo anno di STAL e 263 su 360 per AVS)
- Vi è un esito complessivamente positivo negli esiti d'esame, sia in merito al livello di apprendimento, sia per quello che riguarda il numero di studenti che superano l'esame, sia rispetto al livello della valutazione (correlata ovviamente al livello di apprendimento), sia rispetto al numero di volte in cui viene ripetuto l'esame in seguito a un primo esito negativo
- Vi è una significativa correlazione tra la frequenza al corso e: valutazioni superiori o uguali 27/30; esiti positivi globali d'esame; numero di ripetizioni di un esame valutato negativamente
- Vi è una positiva correlazione tra l'aver usufruito in modo attivo delle opportunità messe a disposizione nel corso e gli esiti delle prove finali
- Vi è un trend decisamente più alto di miglioramento nelle prove intermedie per i corsisti che hanno frequentato il corso e hanno usufruito delle risorse messe a disposizione rispetto a quelli che non hanno usufruito di tali opportunità

Questi risultati, pur non potendo essere singolarmente e incontrovertibilmente attribuibili al corso e alle risorse messe a disposizione degli studenti, contribuiscono complessivamente a poter attribuire un esito significativamente positivo del corso sull'apprendimento degli studenti, come pure sul loro percorso formativo nel corso di studi seguito.

In particolare gli esiti più positivi degli studenti di tipo A sembra significativamente correlato con l'aver frequentato il corso, utilizzato le opportunità offerte e in particolar modo svolto i questionari in rete.



5. Considerazioni conclusive.

Il progetto qui presentato ha riguardato il corso di insegnamento di fisica nei corsi di Agraria (e corsi mutuati di Viticoltura e Enologia, Scienze Ambiente e Natura) e Scienze e tecnologie degli alimenti.

Le principali CARATTERISTICHE sono state:

- A) Colloqui/intervista con i colleghi afferenti ai Corsi di Studio per individuare i contenuti di fisica più importanti, contesti ed esempi più significativi da proporre agli studenti in cui far riconoscere la fisica e il suo ruolo negli contesti di studio, problematiche interessanti da proporre
- B) Analisi della letteratura sulla didattica della fisica a livello universitario degli ambiti disciplinari coinvolti nei corsi di studio coinvolti e dei testi disponibili sia in ambito nazionale sia internazionale
- C) Progettazione di nuovi percorsi formativi per la fisica
- D) Individuazione di ambiti interessanti, motivanti per gli studenti frequentanti .
- E) Messa a punto di strumenti di valutazione formativa sulla base degli standard internazionali [10-13], tipicamente coperti da password, a cui si è potuto accedere come Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, grazie alle ricerche condotte in oltre 20 anni [15]
- F) Analisi degli processi di apprendimento degli studenti utilizzando strumenti diversi
- G) Messa a punto di metodologie di didattica attiva, sia in aula a grande gruppo, sia nel laboratorio sperimentale coinvolgendo gruppi di 5-6 studenti, con l'utilizzo di strumenti low-cost (come la tradizionale, ma sempre utile lavagna di ardesia, le presentazioni in ppt, gli strumenti di laboratorio tradizionale) e di strumenti di alta tecnologia che integrano la multimedialità, misure effettuate con sensori on-line, simulazioni, video-analisi di fenomeni reali, modellizzazione.
- H) sessioni di laboratorio didattico sperimentale effettuate a turni (20-40 studenti per turno) per la realizzazione di esperimenti a piccoli gruppi (3-7 studenti) su quattro diverse tematiche del corso (la misura, in particolare rivolta alla misura di lunghezze, volumi, massa, densità; la diffrazione ottica; lo studio dell'assorbimento di luce con sensori on-line; la video-analisi del moto di caduta di una pallina in un liquido viscoso)
- I) esperimenti esplorativi e condotti con sensori –on-line in aula dalla cattedra, in particolare per lo studio dei grafici delle grandezze cinematiche che descrivono i processi sia per il moto, sia per i fenomeni termici;
- J) supporto alle esercitazioni anche oltre le normali ore di lezione.

Sulla base di diversi livelli di monitoraggio il progetto ha raggiunto i seguenti obiettivi:

- A) Riformulare i programmi degli insegnamenti di fisica focalizzandoli sui contenuti più importanti per i diversi corsi di studio per i quali sono proposti
- B) Contestualizzare l'insegnamento in ambiti significativi e interessanti per i corsi di studio e per il tipo di studenti coinvolti
- C) Proporre un insegnamento della fisica basato su strategie di Inquiry Based Learning [1-3] e sulla laboratorialità [4-6], intesa sia come didattica che prevede un ruolo attivo degli studenti e il loro coinvolgimento diretto nel loro stesso percorso formativo, sia come didattica basata sul laboratorio esplorativo e sperimentale.
- D) Utilizzare le nuove tecnologie dell'informazione e comunicazione, come: strumenti didattici che offrono nuove strade per affrontare i nodi concettuali delle discipline scientifiche; permettono di esemplificare metodologie di lavoro tipiche dell'ambito scientifico e fisico in particolare.
- E) Progettare modalità di integrazione di attività in presenza e in e-learning
- F) Monitorare il progresso formativo degli studenti con test ingresso, prove parziali strutturate in itinere (valutate e registrate su ESSE3), questionari informali, costruiti sulla base degli standard di monitoraggio internazionale [4, 7-9], come ad esempio i questionari FCI [10-11], MBT [12], CSEM [13], di cui vengono proposti durante le lezioni specifici quesiti, come sistemi di autovalutazione degli studenti con modalità diverse: problem solving di diversa tipologia e natura [14] durante le





esercitazioni integrate con le lezioni; questionari carta-penna; questionari proposti con i clicker o risponditori automatici personalizzati; sessione di quesiti [15].

- G) Favorire il raggiungimento degli obiettivi del corso da parte degli studenti, migliorare il loro rendimento medio negli esami di fisica, ridurre i tempi medi con cui gli studenti affrontano e superano l'esame di fisica, contribuire a ridurre i casi di abbandono da parte degli studenti iscritti ai corsi di studio interessati.

In particolare in merito a quest'ultimo aspetto si è documentato come tutti gli indicatori vadano nella direzione di un positivo impatto sia sull'apprendimento degli studenti sia sull'impatto che il corso potrà avere sul loro percorso formativo nel corso di studi.

Il progetto per una piena realizzazione e migliore efficacia avrebbe necessitato delle seguenti risorse integrative:

- a) supporto di personale per:
 - attività di tutoraggio (individualizzato, o quantomeno da condurre a piccoli gruppi)
 - esercitazioni didattiche (in numero almeno doppio rispetto a quelle effettuate)
 - attività di laboratorio sperimentale (attualmente completamente a carico del docente e forzatamente spostate in coda al corso e condotte in condizioni di sovraffollamento)
 - supporto per la preparazione, svolgimento e valutazione delle prove intermedie
- b) integrazione di materiali di laboratorio (per circa 3000 euro)
- c) Almeno 100 clicker, disponibili direttamente in aula e utilizzabili in modo continuativo durante le lezioni (in alternativa: copertura internet delle grandi aule e utilizzo degli smartphone)
- d) Possibilità di utilizzo LIM
- e) Estensione della piattaforma e-learning anche al corso di Agraria e mutui e miglioramento delle funzionalità della piattaforma, soprattutto in merito alla modalità di implementazione, fruizione e valutazione dei questionari interattivi

Bibliografia.

- Abd-El Khalick, F. et al. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *International Journal of Science Education*, 88(3), 397-419.
- Cummings, K., Laws, P.W., Redish, E.F., Cooney, P.J., Taylor, E. F. (2004). *Understanding physics*, Weley, Hoboken, NJ, USA.
- Challapalli S R C P, G.Fera, M. Michelini, A. Mossenta, E. Pugliese, L. Santi, A.Stefanel, S. Vercellati (2012) *L'uso dei Clicker per il personale coinvolgimento degli studenti di scienze della formazione nell'apprendimento della fisica*, in *Tecnologie Informatiche per la Didattica, Didamatica 2012*, <http://mondodigitale.aicanet.net/2012-2/didamatica/PAPER/FULL/F143.pdf>
- Corby Soto A., Taylor M (2013) *Learning Progressions: A Proposed Validation Method- White Paper*, Pearson (<http://researchnetwork.pearson.com/>.)
- Duit R. (2009) Bibliography – STCSE, Students' and Teachers' Conceptions and Science Education, <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Duit, R., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H.E. Fischer, Ed., *Developing standards in research on science education* (pp. 1-9). London: Taylor & Francis.
- Hake R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* **66**, 64-74.
- Halloun I. and Hestenes D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *Am. J. Phys.* **53**, 1043-1055.
- Halloun I. and Hestenes D. (1985). Common sense concepts about motion, *Am. J. Phys.* **53**, 1056-1065.
- Hestenes D., Wells M., and Swackhamer G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* **30**, 141-151.
- Hestenes D. and Halloun I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* **33**, 502-506.
- Hestenes D. and Wells M. (1992). A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher* **30**, 159-166.
- Hoskinson, A.M., Couch, B.A., Zwickl, B. M., Hinko, K., Caballero M.D. (2014). Bridging Physics and Biology Teaching through Modeling, *American Journal of Physics* 82(5): 434-441.





- Loverude, M. E., Heron, P. R. L., and C. H. Kautz (2010). Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure, *American Journal of Physics* 78, 75-85.
- Maloney D. (1993) Research on Problem Solving: Physics, in D. Gabel ed., *Handbook of research in science teaching and learning*, Pages 327-356.
- Maloney D P, O’Kuma T L, Hieggelke C J, an Heuvelen A V (2001) *Surveyings students’ conceptual kwnowledge of electricity and magnetism* , *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 69 (7), pp S12-S23
- McDermott LC, Redish J (1999) Resource letter: PER-1: Physics education research, *American journal of physics*, 67 (9), 755-767.
- McDermott L. C. and Shaffer P. S. (1992) “Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding,” *Am. J. Phys.* 60, 994–1002 (1992).
- McDermott L.C. (1991) Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap *Am. J. Phys.* 59, 301.
- McDermott L.C., Shaffer P. S., and the Physics Education Group at the University of Washington (2012), *Tutorials in Introductory Physics*, 1st ed. (Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002). 2nd ed. (Pearson, Upper Saddle River, NJ, 2012)
- Meredith, D.C., Redish, E. (2013). Reinventing physics for life-science majors, *Physics Today*, 66, 28-43.
- Michelini M (2010) *Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena to develop formal thinking*, in *New Trends in Science and Technology Education*. Selected Papers, vol. 1, Menabue L and Santoro G eds., CLUEB, Bologna [ISBN 978-88-491-3392-9], pp.257-274
- Michelini, M. (2010). Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena to develop formal thinking. In Menabue L. and Santoro G. (Eds.), *New Trends in Science and Technology Education* (Selected Papers, vol. 1, pp. 257-274). CLUEB, Bologna, Italy.
- Michelini M., Stefanel A. (2013) Insegnare fisica nei corsi di studi di Agraria e Scienze dell’ambiente e natura, comunicazione al 99° Congresso SIF, 23-27 settembre 2016, Trieste
- Michelini M., Stefanel A. (2016a) Teaching/Learning physics to non physicist: physics for Agricultural, Biotech and Environmental, Contributo al GIREP Congress 2015, Wochlaw, July 6-10, 2015; articolo accettato in corso di pubblicazione su *Proceedings of the GIREP Congress 2015*, Springer.
- Michelini M, Stefanel A. (2016b) Innovation in Physics Teaching/Learning for the formative success in introductory physics for Bio-Area degrees: the case of fluids, contributo al symposium Research-based Alternatives to Traditional Physics Teaching at University and College, svoltos nell’ambito del II WCPE, SaoPaolo, Brasil, 10-15 July 2016.
- Michelini M. Stefanel A. (2016) Clicker per l’apprendimento attivo della Fisica degli studenti dell’area Bio, *Proceedings on-line, Didamatica 2016*, http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli/paper_106.pdf
- O’Shea, B., Terry, L., Benenson, W. (2013). From F=ma to Flying Squirrels: Curricular Change in an Introductory Physics Course, *CBE-Life Science Education* 12, 230-238
- Sokoloff , D.R., Lawson, P.W., Thornton, R.K.: *Real Time Physics* (Wiley, NY, 2004).

