



Università degli Studi di Ferrara

SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE PER L'INSEGNAMENTO SECONDARIO
SEDE DI FERRARA

INDIRIZZO Fisico-Informatico-Matematico

CLASSE A049 – Fisica e Matematica

CICLO VIII

DIRETTORE della Scuola: Prof. Roberto Greci

COORDINATORE della Sede di Ferrara: Prof. Luciana Bellatalla

**RELAZIONE FINALE SUL TIROCINIO
E SUI LABORATORI DIDATTICI**

Specializzando

Dott. Mirco Andreotti

Supervisore

Prof. Davide Neri

Indice

Introduzione	xi
I Relazione sul Tirocinio e sui Laboratori Didattici	1
1 Il tirocinio indiretto e i laboratori didattici	3
1.1 L'esperienza di tirocinio indiretto	3
1.1.1 Competenze didattiche e disciplinari	3
1.1.2 Organizzazione istituzionale	4
1.1.3 Organizzazione nella scuola	4
1.1.4 Riflessione critica	4
1.2 L'esperienza dei laboratori didattici	5
1.2.1 Laboratorio di didattica della matematica	5
1.2.2 Laboratorio di didattica della fisica	5
1.2.3 Laboratorio di attività didattiche e trasversali	6
1.2.4 Riflessione critica	7
2 La Scuola	9
2.1 La realtà scolastica in cui si è operato	9
2.1.1 Il liceo scientifico di Bondeno	9
2.1.2 Il liceo sociale G. Carducci	9
2.1.3 Il POF	10
2.2 Riflessione critica	14
3 Il tirocinio osservativo	15
3.1 L'esperienza di tirocinio osservativo	15
3.1.1 Osservativo di fisica	15
3.1.2 Osservativo di matematica	16
3.2 Riflessione critica	17

4	Il tirocinio attivo	19
4.1	L'esperienza di tirocinio attivo di fisica	19
4.1.1	Collocazione all'interno del curriculum	19
4.1.2	Strutturazione dell'intervento didattico	19
4.1.3	Attività di tutor, specializzando e studenti	21
4.1.4	Materiali prodotti	21
4.2	L'esperienza di tirocinio attivo di matematica	21
4.2.1	Collocazione all'interno del curriculum	22
4.2.2	Strutturazione dell'intervento didattico	22
4.2.3	Attività di tutor, specializzando e studenti	23
4.2.4	Materiali prodotti	23
4.3	Riflessione critica	23
5	Conclusioni	25
II	Diario di Tirocinio	27
A	Specchio riassuntivo di tirocinio	29
B	Diario di tirocinio di fisica	31
B.1	Riepilogo cronologico del tirocinio di fisica	31
B.2	Fisica - Osservativo - 1	35
B.3	Fisica - Osservativo - 2	37
B.4	Fisica - Osservativo - 3	39
B.5	Fisica - Osservativo - 4	41
B.6	Fisica - Osservativo - 5	43
B.7	Fisica - Osservativo - 6	45
B.8	Fisica - Osservativo - 7	47
B.9	Fisica - Attivo - 1	48
B.10	Fisica - Attivo - 2	50
B.11	Fisica - Attivo - 3	52
B.12	Fisica - Attivo - 4	54
B.13	Fisica - Attivo - 5	56
B.14	Fisica - Attivo - 6	58
B.15	Fisica - Attivo - 7	60
B.16	Fisica - Attivo - 8	62
C	Diario di tirocinio di matematica	65
C.1	Riepilogo cronologico del tirocinio di matematica	65
C.2	Matematica - Osservativo - 1	68

C.3	Matematica - Osservativo - 2	70
C.4	Matematica - Osservativo - 3	72
C.5	Matematica - Osservativo - 4	74
C.6	Matematica - Osservativo - 5	76
C.7	Matematica - Osservativo - 6	78
C.8	Matematica - Attivo - 1	80
C.9	Matematica - Attivo - 2	82
C.10	Matematica - Attivo - 3	84
C.11	Matematica - Attivo - 4	86
C.12	Matematica - Attivo - 5	88
C.13	Matematica - Attivo - 6	90
C.14	Matematica - Attivo - 7	92
III Allegati di Fisica		95
D Scheda progetto tirocinio attivo di fisica		97
E Applicazioni del I principio della termodinamica		101
E.1	L'energia interna	101
E.1.1	Il lavoro nel piano pV	101
E.1.2	L'esperienza di Joule	102
E.1.3	L'espressione dell'energia interna	103
E.2	Capacità termiche e relazione di Mayer	104
E.3	Esercitazioni e lavoro in un ciclo	105
E.3.1	Esercizio 1	105
E.3.2	Esercizio 2	105
E.3.3	Lavoro in un ciclo	106
E.4	Laboratorio virtuale di termodinamica	106
E.4.1	Espansione adiabatica nel vuoto	106
E.4.2	Ciclo rettangolare nel piano pV	106
E.5	Trasformazioni isoterma e adiabatica	108
E.5.1	Isoterma	108
E.5.2	Adiabatica	108
E.5.3	Esperienza virtuale: confronto fra isoterma e adiabatica	108
E.5.4	Esperienza virtuale dell'adiabatica	109
E.6	Le trasformazioni termodinamiche e i piani pV e pT	110
E.7	Esercitazioni conclusive	110
E.7.1	Esercizio 1	110
E.7.2	Esercizio 2	111

E.7.3	Esercizio 3	111
E.7.4	Esercizio 3	111
E.8	Conclusioni, verifica e approfondimenti	111
F	Introduzione alle macchine termiche	113
F.1	Trasformazione di calore in lavoro	113
F.2	Le trasformazioni che producono indefinitamente lavoro	114
F.3	La macchina termica e il rendimento	116
F.4	Conclusioni e approfondimenti	119
G	Analisi di simulazioni per la termodinamica	121
H	Verifica di fisica	125
H.1	Testo della verifica	125
H.2	Criteri di valutazione ed esito	128
I	Relazione finale del docente tutor di fisica	129
IV	Allegati di Matematica	133
J	Scheda progetto tirocinio attivo di matematica	135
K	Percorso didattico di matematica: introduzione dei limiti	141
K.1	Introduzione intuitiva al concetto di limite	141
K.1.1	Esempio $f(x) = \frac{1}{x}$	141
K.1.2	Esempio $f(x) = \frac{x}{x}$ e $f(x) = \frac{x^2}{x}$	142
K.1.3	Esempio $f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$	143
K.2	Necessità di un nuovo strumento matematico	143
K.2.1	Introduzione di ϵ piccolo a piacere	144
K.2.2	Generalizzazione degli intervalli definiti da ϵ	144
K.3	Definizione, verifica e calcolo di limite	145
K.3.1	Calcolo di limiti	145
K.4	Tipologie di limite	146
K.5	Esercitazioni conclusive	147
K.6	Conclusioni e verifica	147
L	Nota su definizione e verifica di limiti	149
M	Verifica scritta di matematica	155
M.1	Verifica scritta di matematica	155
M.2	Criteri di valutazione ed esito	158

N	Relazione finale del docente tutor di matematica	161
V	Bibliografia e Sitografia	165
	Bibliografia	167
	Elenco delle figure	169
	Elenco delle tabelle	169

Introduzione

La presente Relazione Finale sul Tirocinio e sui Laboratori Didattici si propone di argomentare le principali attività svolte durante i due anni di SSIS finalizzate alla formazione degli insegnanti. Questo documento è quindi un resoconto del lungo e impegnativo lavoro svolto in questi due anni.

In particolar modo la relazione riporterà descrizioni e osservazioni in merito ai corsi seguiti e alle attività che hanno permesso di calare lo studente SSIS nelle problematiche connesse all'insegnamento.

A tale proposito la relazione è così strutturata:

Capitolo 1. Descrizione dell'esperienza di tirocinio indiretto, chiamato anche frontale, svolto con i docenti supervisor SSIS, e delle attività svolte nei laboratori didattici.

Capitolo 2. Descrizione della realtà scolastica in cui si è svolto il tirocinio diretto.

Capitolo 3. Descrizione delle attività riferite al tirocinio osservativo svolto nella scuola.

Capitolo 4. Descrizione delle attività riferite al tirocinio attivo svolto nella scuola.

Conclusioni. Le mie personali osservazioni in merito alle attività descritte e in merito alla SSIS in generale.

Per completare la relazione finale si allegano i materiali prodotti durante queste attività, quali il diario di tirocinio, gli allegati di fisica e matematica che comprendono gli schemi di progetto degli interventi di tirocinio attivo, lo sviluppo schematico dei percorsi didattici affrontati nella scuola, le note redatte per gli studenti, le verifiche scritte sottoposte al termine del tirocinio attivo e gli esiti di queste ultime.

Parte I

**Relazione sul Tirocinio e sui
Laboratori Didattici**

Capitolo 1

Il tirocinio indiretto e i laboratori didattici

In questa sezione descriviamo le attività di tirocinio indiretto e dei laboratori didattici svolti nel corso della SSIS.

1.1 L'esperienza di tirocinio indiretto

Durante l'esperienza di tirocinio indiretto, o frontale, condotta dai supervisori Prof. Luigi Tomasi, Prof. Fabiano Minni e Prof. Davide Neri, sono state affrontate una serie di argomentazioni che hanno permesso di migliorare e acquisire competenze per l'organizzazione didattica e disciplinare, organizzazione nell'ambito della realtà scolastica e analisi delle normative legate alla scuola e all'istruzione.

1.1.1 Competenze didattiche e disciplinari

Acquisire e migliorare le competenze per l'organizzazione didattica e disciplinare significa che, a seguito delle indicazioni fornite, diveniamo sempre più consapevoli delle problematiche e delle difficoltà che si incontrano nel momento in cui ci si trova in classe e si deve trasmettere le nostre conoscenze agli studenti. Con questa esperienza posso affermare che una buona preparazione fisica e matematica non assicura necessariamente una buona capacità di insegnamento. Per migliorare le proprie capacità e competenze di insegnamento si deve anzitutto scavare a fondo negli argomenti e nei contenuti che si devono insegnare al fine di tentare di visualizzarne i concetti fondamentali, utili per la programmazione di percorsi didattici fluidi e semplici agli occhi degli studenti. Bisogna inoltre rendersi conto che il buon insegnante deve svolgere una continua attività di ricerca del miglior metodo di presentazione di certi contenuti e continuamente deve essere alla ricerca di novità, come potrebbero essere software di supporto alla didattica, fonti internet e quant'altro. Bisogna essere consapevoli del fatto che una certa trattazione può non

essere quella migliore e quindi accettare gli errori commessi e farne buon uso per un successivo miglioramento. Per esempio l'insegnante deve valutare attentamente gli esiti delle verifiche, non solo per valutare gli studenti, ma anche per una valutazione della qualità del proprio lavoro.

Durante il tirocinio frontale abbiamo svolto anche attività di gruppo, durante le quali ogni studente era tenuto a presentare uno o più percorsi didattici relativi ad un argomento ben preciso. Questa attività si è rivelata costruttiva in quanto ognuno, studenti e supervisori, avevano la possibilità di esprimere opinioni, suggerimenti e critiche al fine di cercare di trasmettere e rendere partecip

1.1.2 Organizzazione istituzionale

In merito alle competenze per l'organizzazione nella realtà scolastica in cui si opera abbiamo appreso che l'insegnante deve essere sempre molto attento in questo ambito. All'interno della propria realtà scolastica l'insegnante deve essere al corrente delle funzioni dei vari organi, dell'organizzazione della scuola e delle potenzialità in termini di formazione della scuola al fine di poter svolgere il proprio lavoro e riuscire ad organizzare le varie attività, trasversali e non, in modo efficiente. A questo proposito durante il tirocinio frontale abbiamo avuto modo di visionare e analizzare esempi di POF e attività correlate.

L'insegnante deve inoltre essere in grado di valutare attentamente i diversi libri di testo ed essere in grado quindi di effettuare la scelta migliore. A questo proposito durante il tirocinio abbiamo avuto l'opportunità di visionare, analizzare e valutare alcuni testi di matematica e fisica.

1.1.3 Organizzazione nella scuola

Nell'ambito più generale della conoscenza delle normative e dei programmi ministeriali, ci viene presentato come l'insegnante debba essere aggiornato anche in questo ambito. A tale proposito abbiamo affrontato l'autonomia scolastica e abbiamo analizzato i programmi ministeriali per alcuni principali licei. Abbiamo inoltre affrontato il problema della valutazione del livello di preparazione degli studenti in ambito nazionale e internazionale.

1.1.4 Riflessione critica

L'esperienza di tirocinio frontale fornisce senza dubbio molto materiale, molte indicazioni e molti aggiornamenti utili come inizio all'attività di insegnante. Dico inizio in quanto l'esperienza in questo campo è molto importante e probabilmente è la migliore scuola per divenire buoni insegnanti. Il tirocinio fornisce sicuramente un buon inizio. Mi sento di dire personalmente questo in quanto durante la fase di tirocinio attivo nella scuola, nonostante abbia cercato di seguire le

indicazioni apprese dal tirocinio frontale, ho incontrato difficoltà che sono probabilmente dovute alla mia inesperienza di insegnamento nella scuola secondaria superiore.

Ho trovato molto utile e costruttivo il lavoro di gruppo svolto durante le esposizioni dei percorsi didattici e forse potrebbe essere ancora più utile poter dedicare più tempo a questa attività. È anche vero che nel piano della SSIS sono previsti vari corsi di didattica, i quali forse sarebbero più indicati per attività di questo tipo, quindi potrebbe essere un miglioramento cercare di ridistribuire i tempi per dedicare più tempo a queste attività che sono delle vere e proprie simulazioni di preparazione di percorsi che si potrebbero presentare in una scuola.

1.2 L'esperienza dei laboratori didattici

Nel corso dei due anni di SSIS abbiamo seguito diversi laboratori didattici, il cui intento è stato quello di fornire nuovi stimoli per proporre nella scuola svariati argomenti di matematica e fisica. I corsi in specifico sono il laboratorio di didattica della matematica, laboratorio di didattica della fisica e il laboratorio di attività didattiche e trasversali.

1.2.1 Laboratorio di didattica della matematica

In questo corso ho avuto la prima esperienza di preparazione di percorsi didattici pensati per essere presentati nella scuola. La preparazione del percorso è stata organizzata dai docenti in gruppi di circa tre studenti al fine di incentivare il lavoro e la collaborazione di gruppo. Da questa attività abbiamo avuto modo di distinguere i vari obiettivi che un insegnante si prefigge di raggiungere con la presentazione di un certo argomento. Molto interessante stimolare gli studenti per la comprensione di un argomento cercando il modo di dimostrare e trovare esempi che evidenzino come la conoscenza di un argomento non sia fine a sé stessa, ma possa avere anche molte utili applicazioni in altri ambiti.

Durante questo corso abbiamo anche avuto occasione di apprendere alcuni metodi semplici e stimolanti per gli studenti per la presentazione di certi argomenti. Per esempio ci è stato presentato come poter introdurre e studiare le simmetrie geometriche con semplici strumenti come fogli ripiegati etc etc.

1.2.2 Laboratorio di didattica della fisica

In questo corso sono state proposte alcune esperienze di fisica che possono anche essere abbastanza facilmente riproducibili in un laboratorio di scuola secondaria. Il corso prevedeva inoltre la stesura di una relazione di gruppo per ogni esperienza svolta, la quale doveva contenere una descrizione dettagliata dell'esperimento e l'analisi dei dati raccolti e la trattazione degli errori.

È stato interessante notare come, a volte, con semplici esperimenti, come potrebbe essere la misura del periodo di oscillazione di un pendolo semplice, si possa in fase di analisi dei dati spaziare

su diversi argomenti. Da questa esperienza infatti si può misurare l'accelerazione di gravità e su questa si possono svolgere diverse attività trasversali, come per esempio la determinazione e/o ricerca dei valori dell'accelerazione di gravità in funzione della posizione sulla Terra.

1.2.3 Laboratorio di attività didattiche e trasversali

Questo corso può essere definito come un raggruppamento di seminari di diversi argomenti. Sono stati affrontati per esempio alcuni software didattici per la matematica, cenni di probabilità e statistica, cenni di teoria delle costruzioni geometriche con riga e compasso, cenni di geometria nel piano e nello spazio, cenni di meteorologia e fisica dell'atmosfera, museologia e musei di fisica online, cenni di astrofisica e cenni di ipertesti.

Il modulo che ha coperto più ore è stato il laboratorio di matematica con l'utilizzo di software didattici, durante il quale sono stati usati i fogli di calcolo, i software come Derive e Cabri-Geometre. Oltre ad una introduzione di software, alcuni dei quali sono stati una novità, è stato molto interessante rendersi conto come a volte con semplici esercizi per esempio svolti in un foglio di calcolo, si possano dimostrare in modo molto semplice alcuni concetti che potrebbero risultare più complessi. L'utilizzo di un software come Derive permette una più veloce trattazione di molti argomenti. Con i software di geometria invece si rende necessario dover conoscere le costruzioni geometriche e il loro significato, quindi l'utilizzo di questi software è molto istruttivo sia per comprendere l'argomento che si sta trattando sia per acquisire e/o ripassare altre nozioni di geometria. A questo proposito vorrei segnalare che nel modulo di costruzioni geometriche con riga e compasso abbiamo fatto uso del software geometrico CaR, molto simile a Cabri-Geometre, il quale ha il vantaggio di essere libero e gratuito.

Nell'ambito di questa attività, come lavoro conclusivo per il corso, ho prodotto un breve percorso didattico, dal titolo 'Problemi di massimo e di minimo con il software geometrico CaR' [16], nel quale, facendo costantemente riferimento al percorso didattico sullo studio di funzioni realizzato durante il tirocinio indiretto [15], presento alcune attività di studio di funzioni con il software geometrico CaR. Questa attività è risultata molto istruttiva in quanto si vede che per effettuare questi studi si devono inevitabilmente richiamare anche molti altri argomenti correlati, si pensi per esempio che per la determinazione dei massimi e minimi si deve richiamare la circonferenza goniometrica, i limiti e le derivate. Ancor più interessante è il fatto che tutti questi strumenti si possono costruire con il software, quindi proporre una attività di questo tipo agli studenti non è solamente utile per lo studio dell'argomento in sé, ma anche per richiamare e ripassare concetti già studiati e visti nel corso di studi.

In generale, anche per gli altri moduli, posso esprimere un giudizio positivo in quanto ho potuto acquisire nuove conoscenze e nuovi stimoli ed esempi da poter utilizzare nella scuola.

1.2.4 Riflessione critica

Per quanto riguarda il laboratorio di matematica ritengo che permetta di entrare nell'ambito dell'attività di insegnante, sarebbe forse ancora più utile poter approfondire e cercare di escogitare qualche novità in merito ai concetti di matematica più ostici per gli studenti. Probabilmente questo si potrebbe realizzare con una maggiore collaborazione fra questo corso e il corso di didattica della matematica.

Il corso di laboratorio di didattica della fisica, essendo io un fisico, ritengo sia più utile per i matematici se visto come un corso di aggiornamento e non come un corso di didattica. In generale la trattazione delle esperienze non viene presentata con un aspetto principalmente didattico e, in secondo luogo, l'analisi degli errori nella elaborazione dei dati viene trattata ad un livello che normalmente in una scuola secondaria non si raggiunge. Probabilmente questo corso avrebbe bisogno di essere riorganizzato più con un'impronta didattica, al fine di essere utile per la didattica e anche per i fisici.

Il laboratorio di attività didattiche e trasversali presenta una vasta gamma di argomenti, che se visti sotto forma di seminari possono risultare utili al fine di accrescere le proprie conoscenze personali. È chiaro che dai singoli moduli non si può pretendere di imparare ciò che non si sa, ma si acquisiscono nuove conoscenze che potrebbero essere approfondite in un secondo momento.

La parte teorica del modulo di costruzioni geometriche, per la mia preparazione di matematica, è risultato un po' ostico da seguire. Ritengo che questa parte teorica sia stata molto tecnica, più facile da seguire da un matematico che da un fisico. La parte di laboratorio invece è stata più stimolante e molto interessante è stato imparare il software geometrico CaR.

Il modulo più corposo di laboratorio di matematica con l'utilizzo di software didattici è risultato istruttivo e interessante sia per i contenuti affrontati sia per le tecnologie utilizzate. L'unica obiezione è il fatto che i software utilizzati sono tutti a pagamento e questo potrebbe creare alcuni ostacoli per un uso libero e privato da parte degli studenti. È anche vero che software simili gratuiti esistono e quanto visto con quelli a pagamento può essere riproposto con gli altri senza grandi difficoltà.

Capitolo 2

La Scuola

In questo capitolo riportiamo sinteticamente le varie informazioni relative alla realtà scolastica in cui si è svolto il tirocinio diretto.

2.1 La realtà scolastica in cui si è operato

La mia esperienza di tirocinio diretto si è svolta presso l'istituto di istruzione superiore G. Carducci di Ferrara, il quale comprende il liceo sociale G. Carducci via Canapa, 75 Ferrara, l'istituto d'arte D.Dossi via Bersaglieri del Po, 25/b Ferrara, il liceo scientifico via V. Veneto, 29 Bondeno (Fe) e l'istituto professionale di stato via V. Veneto, 30 Bondeno (Fe). In particolare la mia attività di tirocinio diretto si è svolta per fisica presso il liceo scientifico di Bondeno e per matematica presso il liceo sociale G. Carducci. Il nuovo Polo Liceale G. Carducci ha unificato la Presidenza, la segreteria e il corpo docente, il POF quindi è unico e comprensivo di tutte le tipologie di istituti che fanno riferimento al Polo.

2.1.1 Il liceo scientifico di Bondeno

Il liceo scientifico di Bondeno è un indirizzo PNI che per l'anno scolastico 2007/2008 è composto dalla sezione K comprensiva di tutte le classi e da una sezione Y che comprende solo la classe prima. Per l'anno scolastico 2007/2008 il liceo ha dato la possibilità di attivare tre indirizzi diversi: il tradizionale, il PNI e lo sportivo. Ogni indirizzo viene attivato a condizione che vi siano un numero sufficiente di studenti per formare il gruppo classe.

2.1.2 Il liceo sociale G. Carducci

Il liceo sociale G. Carducci prevede due indirizzi di studio, la sperimentazione Brocca per l'indirizzo socio-psico-pedagogico attivata nel 1994/95 e l'indirizzo delle scienze sociali che sostituisce il vecchio istituto magistrale soppresso dal Ministero della Pubblica Istruzione nel 1997. Il liceo delle scienze sociali prevede le opzioni di studio ambientale, comunicazione,

spettacolo, biologico, musicale e sportivo.

Per la programmazione didattica e disciplinare del liceo socio-psico-pedagogico si fa riferimento ai programmi ministeriali per la sperimentazione Brocca corrispondente. Differentemente per il liceo delle scienze sociali non sono previste indicazioni ministeriali, quindi il piano di lavoro per ogni singola materia viene elaborato dai docenti in sede di consiglio di classe al fine di progettare anche attività di compresenza e di collaborazione fra le diverse materie.

2.1.3 Il POF

Il POF del liceo scientifico e sociale disponibile in rete [9] e presso la segreteria della scuola permette di avere informazioni riguardo l'identità formativa dell'istituto, la valutazione e i criteri di valutazione, le attività di recupero, l'inserimento di allievi disabili, l'esame di stato, partecipazione a concorsi, viaggi di istruzione, attività di scambi con l'estero, progetti in rete, organizzazione del collegio dei docenti e autoanalisi delle attività svolte dalla scuola.

Gli obiettivi. L'istituto si prefigge di proporre un'attività e formativa di carattere flessibile al fine di tenere conto delle diverse esigenze degli studenti.

Gli obiettivi educativi dell'istituto sono quelli di formare persone con una cultura e mentalità aperta al fine di offrire l'opportunità agli studenti di inserirsi nel mondo con elasticità, propensione al dialogo e al lavoro di gruppo. L'istituto si prefigge quindi di trasmettere ed elaborare i fondamenti del sapere umanistico, artistico, scientifico e tecnologico.

Progetti e varie attività. Al fine di arricchire la formazione degli studenti l'istituto propone diverse attività come

- il teatro fa scuola,
- attività di laboratorio,
- corsi ECDL,
- certificazione trinity,
- visite guidate a mostre, musei etc etc,
- attività di recupero,
- partecipazioni a competizioni scientifiche,
- preparazione ai test di ingresso delle facoltà universitarie,
- stage d'integrazione scuola-università/lavoro,

- viaggi di istruzione in Italia e all'estero.

Alcune delle presenti attività sono previste per un approfondimento nel campo delle moderne tecnologie e dell'informatica.

La valutazione. L'istituto pone molta attenzione all'aspetto della valutazione degli studenti. Il Collegio dei Docenti fornisce ai consigli di classe delle indicazioni per definire precisi criteri di valutazione, in particolare le indicazioni fanno riferimento a frequenza, impegno e partecipazione, progressione nel profitto ed eventuale esito dopo la frequenza dei corsi di recupero.

Secondo le indicazioni fornite i consigli di classi valutano la preparazione degli studenti secondo i seguenti indicatori:

- Acquisizione dell'informazione di ciascuna disciplina.
- Elaborazione delle reti concettuali proprie di ogni contenuto di studio.
- Applicazione delle conoscenze acquisite, in situazioni analoghe.
- Applicazione delle conoscenze acquisite, in situazioni nuove.
- Elaborazione motivata di punti di vista personali.
- Competenze espressive intese come ricchezza dell'utilizzo delle tecniche grafiche e pittoriche e proprietà di utilizzo dei materiali.
- Qualità e continuità dell'impegno di studio.
- Progressi compiuti rispetto ai livelli di partenza.

I vari livelli di valutazione sono definiti secondo il seguente specchietto:

- Voto fino a 4 (Gravemente Insufficiente) quando l'allievo:
 - Non ha nessuna o scarsa informazione sul tema proposto.
 - Non si orienta nel cogliere il senso del testo.
 - Comunica in modo confuso e non corretto.
 - Presenta un elaborato con gravi lacune, sia nell'impostazione che nell'esecuzione.
- Voto=5 (Insufficiente) quando l'allievo:
 - Dà una informazione frammentaria e generica.
 - Si orienta in modo disorganico nel cogliere il senso del testo.
 - Comunica in modo povero sul piano del lessico comune.

- Presenta un elaborato non del tutto coerente e con imprecisioni nell'esecuzione.
- Voto=6 (Sufficiente) quando l'allievo:
 - Conosce le informazioni di base del programma.
 - Si orienta nel cogliere i legami tra alcuni contenuti.
 - Comunica in modo abbastanza corretto sul piano del lessico comune.
 - Presenta un elaborato che attesta una sufficiente conoscenza disciplinare e adeguate abilità esecutive.
- Voto=7 (Discreto) quando l'allievo:
 - Conosce le informazioni essenziali del programma.
 - Si orienta nell'elaborare la rete concettuale di alcuni contenuti.
 - Si orienta nell'applicare le conoscenze acquisite in situazioni analoghe a quelle studiate.
 - Comunica in modo corretto sia sul piano del lessico comune che specifico.
 - Presenta un elaborato che dimostra conoscenze appropriate e capacità espressive apprezzabili.
- Voto=8 (Buono) quando l'allievo:
 - Conosce le informazioni del programma.
 - Si orienta nell'elaborare la rete concettuale dei contenuti.
 - Sa applicare le conoscenze acquisite in situazioni analoghe a quelle studiate.
 - Comunica in modo corretto e preciso anche sul piano del lessico specifico.
 - Presenta un elaborato che attesta sicure conoscenze disciplinari e buone capacità di analisi e di interpretazioni.
- Voto=9 e 10 (Ottimo Eccellente) quando l'allievo:
 - Conosce in modo approfondito il programma.
 - Sa elaborare la rete concettuale dei contenuti.
 - Sa applicare le conoscenze in situazioni analoghe a quelle studiate o nuove.
 - Può elaborare e motivare punti di vista personali.
 - Comunica in modo articolato e ricco con padronanza del lessico specifico.
 - Presenta un elaborato completo, approfondito, personale e rigoroso su tematiche particolarmente complesse.

Attività di recupero. La programmazione disciplinare prevede attività di sostegno per gli studenti che pur dimostrando impegno incontrano difficoltà nel successo scolastico. Le attività di recupero proposte non sono obbligatorie, ma vengono consigliate alle famiglie e sono caratterizzate principalmente dai tre seguenti tipi di interventi:

- attività in itinere rivolte alla classe nel suo insieme, sul metodo di studio, ed attività di rinforzo sulle abilità specifiche;
- attività rivolte a piccoli gruppi di studenti in orario extracurricolare per il recupero delle competenze specifiche;
- attività durante l'orario curricolare mirate al recupero disciplinare.

Inserimento di allievi disabili. L'istituto pone molta attenzione per l'inserimento di allievi diversamente abili mettendo a disposizione aule e strutture adeguate, insegnanti di sostegno, materiale per gli insegnanti relativamente alle varie problematiche connesse, collaborazioni con volontari, servizio civile e operatori usl.

Integrazione di allievi stranieri. In merito alla questione dell'integrazione di allievi stranieri, riportiamo quanto compare nel POF: 'gli Istituti scolastici che compongono il 'Carducci' hanno elaborato in questi anni delle strategie che sono rispettose ed attente nei confronti delle culture di partenza, ma anche efficienti per consentire, ai nuovi arrivati nella realtà italiana, un inserimento rapido ed il meno traumatico possibile. Il Polo Scolastico 'G. Carducci' ha fatto dell'educazione interculturale e della integrazione degli alunni stranieri due punti fermi della propria attività didattica'.

Regolamenti della scuola. Dal POF sono disponibili il Regolamento di Istituto, il Regolamento di disciplina degli alunni e il Regolamento Viaggi di istruzione, che non vengono riportati in questa relazione in quanto disponibili online [9].

Progetti per il miglioramento della qualità. L'istituto pone l'attenzione alla necessità di svolgere un'attività di autovalutazione e di ricerca per migliorare la qualità del servizio scolastico. Il Collegio dei docenti dell'Istituto ritiene importante la verifica sistematica degli obiettivi prefissati e dell'efficacia dell'attività didattica programmata, rispetto ai bisogni dell'utenza. Per questi motivi l'Istituto ha aderito ai seguenti progetti:

- Autovalutazione di istituto, ideata da una rete di scuole della provincia e coordinata dal CSA di Ferrara, permette di avere al termine di ogni anno scolastico dei dati che evidenzino i punti di forza e le criticità dell'offerta formativa e di attivare eventuali processi di modifica, ritenuti necessari;

- test INVALSI (Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema dell'Istruzione), distribuiti dal Ministero dell'Istruzione.

2.2 Riflessione critica

Secondo quanto visto durante l'esperienza di tirocinio diretto l'istituto ha dimostrato un'ottima organizzazione ed elasticità nello svolgimento delle varie attività. I siti internet dei vari indirizzi istituti che fanno riferimento all'istituto G. Carducci sono ricchi di informazioni. L'unico punto su cui si potrebbe obiettare è che per alcuni aspetti i siti non risultano aggiornati, si vedano per esempio le indicazioni dei libri di testo per il liceo scientifico di Bondeno. Io sono molto propenso all'uso della tecnologia e ritengo estremamente importante che in questi tempi uno debba trovare qualsiasi informazione anche dalla rete, a maggior ragione informazioni riguardo una scuola. è dunque per questioni di comodità e praticità che ritengo che l'istituto debba impegnarsi maggiormente nell'aggiornamento dei propri siti.

Capitolo 3

Il tirocinio osservativo

Il tirocinio osservativo di fisica si è svolto presso il liceo scientifico di Bondeno con la collaborazione del docente tutor Prof. Valeria Minguzzi, mentre quello di matematica si è svolto presso il liceo sociale G. Carducci di Ferrara con la collaborazione del docente tutor Prof. Donatella Mazzini. Riportiamo di seguito alcune indicazioni generali riguardo l'esperienza di tirocinio attivo, le quali sono poi approfondite nel diario di tirocinio allegato in App.B e C.

3.1 L'esperienza di tirocinio osservativo

3.1.1 Osservativo di fisica

In accordato con il tutor abbiamo deciso di svolgere l'attività di tirocinio osservativo in tutte le classi seguite dal tutor, al fine di avere una visione di insieme delle possibili classi che si possono incontrare in una scuola. A questo proposito ho svolto singole ore di osservativo nelle classi 1^aK, 1^aY, 2^aK, 3^aK, 4^aK e 5^aK. Al termine del tirocinio attivo svolto in 4^aK ho preferito svolgere ancora alcune ore di osservativo in questa classe al fine di acquisire ulteriori elementi per la valutazione della mia attività di attivo. Le classi in esame sono classi del liceo scientifico PNI.

In generale durante l'osservativo ho avuto modo di assistere a lezioni di diverso genere, da lezioni frontali e dialogiche per la spiegazione di nuovi argomenti a lezioni dedicate ad esercitazioni e verifiche orali. In generale dall'attività svolta dal tutor in classe si può notare come si cerchi di guidare maggiormente le classi basse, mentre si è più propensi a trattare con maggiore maturità gli studenti delle classi più alte.

Le classi dalla prima alla terza si sono dimostrate avere un buon rapporto di interazione con il tutor.

La classe quarta, con la quale ho avuto maggiore opportunità di confronto anche durante il tirocinio attivo, è sembrata essere poco partecipe alle lezioni, in realtà si sono poi dimostrati studenti diligenti che si impegnano, anche se durante le lezioni continuano a rimanere un po'

passivi.

La classe quinta si è dimostrata essere una classe un po' difficile, forse più per il carattere vivace degli studenti, piuttosto che indisciplinati, infatti si è comunque riscontrato rispetto nei confronti del tutor.

Bisogna tenere presente che il tutor ha accolto queste classi per la prima volta quest'anno, le quali provengono da una situazione di preparazione non eccellente, quindi oltre a dover procedere con la programmazione concordata con la scuola il tutor si è anche ritrovato a dover valutare, comprendere e intervenire sulla preparazione precedente degli studenti.

In generale il tutor svolge lezioni frontali/dialogiche cercando di coinvolgere continuamente gli studenti e stimolandoli con esempi pratici e riferimenti alla vita quotidiana. Fa uso dei libri di testo adottati, osservando quando necessario eventuali imprecisioni, uso di particolari notazioni e valutazione dei risultati degli esercizi. Le verifiche orali sono normalmente svolte come una sorta di verifiche di gruppo, almeno tre o quattro studenti vengono interrogati insieme e il tutor richiede loro collaborazione reciproca creando in questo modo un'atmosfera in cui è assente la tipica tensione da interrogazione. Gli studenti non interrogati vengono comunque stimolati e coinvolti dal tutor nella fase di verifica.

Per ulteriori dettagli riguardo le singole ore dell'esperienza di tirocinio osservativo facciamo riferimento al diario di tirocinio allegato in App.B.

3.1.2 Osservativo di matematica

In accordato con il tutor abbiamo deciso di svolgere l'attività di tirocinio osservativo in tutte le classi della sezione A seguite dal tutor, al fine di avere una visione di insieme delle possibili classi che si possono incontrare in una scuola. A questo proposito ho svolto singole ore di osservativo nelle classi dalla seconda alla quinta. Al termine del tirocinio attivo svolto in 5^aA ho preferito svolgere ancora alcune ore di osservativo in questa classe al fine di acquisire ulteriori elementi per la valutazione della mia attività di attivo. Le classi in esame sono del liceo delle scienze sociali indirizzo comunicazione.

In generale valgono le stesse osservazioni fatte per il tirocinio osservativo di fisica, anche se il tutor è un docente diverso, il loro modo di lavorare è molto simile. Ritengo opportuno fare alcune osservazioni riguardo due classi in particolare, la 4^aA e la 5^aA. La quarta si è dimostrata un classe molto difficile, gli studenti sono piuttosto indisciplinati. Il tutor mette in atto continue azioni per cercare di mantenere la classe nell'ordine e per poter svolgere l'attività di insegnamento. In una occasione in cui il tutor ha dovuto svolgere due ore consecutive in quarta si è reso necessario dover svolgere la seconda ora nel laboratorio di matematica al fine di mantenere impegnati gli

studenti con attività meno pesanti.

La classe quinta invece si è dimostrata molto matura e gli studenti mettono in luce un ottimo rapporto di collaborazione e stima con il tutor. Con questo non voglio dire che non sia faticoso svolgere lezioni in questa classe, ma lo si fa con piacere e in continua collaborazione con gli studenti.

Le lezioni svolte dal tutor sono tipicamente frontali/dialogiche. Le verifiche orali vengono svolte singolarmente anche se si crea sempre un ambiente di collaborazione. Il tutor fa uso dei libri di testo, implementando con argomentazioni e/o esercizi inventati quando risulta necessario.

Per ulteriori dettagli riguardo le singole ore dell'esperienza di tirocinio osservativo facciamo riferimento al diario di tirocinio allegato in App.C.

3.2 Riflessione critica

L'esperienza di tirocinio osservativo mi ha permesso di conoscere alcune delle possibili realtà che si possono incontrare all'interno di una scuola. È interessante vedere come ogni classe abbia un proprio *carattere* e come il docente debba essere in grado di affrontarla. In generale questo vale in ogni attività basata sull'interazione con altre persone, con la differenza che gli allievi di una scuola secondaria stanno vivendo la loro adolescenza e questo deve necessariamente essere tenuto in considerazione dal docente.

Capitolo 4

Il tirocinio attivo

Il tirocinio attivo di fisica si è svolto nella classe 4^aK del liceo scientifico PNI di Bondeno, mentre quello di matematica si è svolto nella classe 5^aA del liceo delle scienze sociali dell'istituto G. Carducci. Riportiamo nel seguito alcune indicazioni generali di questa esperienza trattando separatamente fisica e matematica, in quanto svolti in ambiti diversi.

4.1 L'esperienza di tirocinio attivo di fisica

Come attività di tirocinio attivo di fisica nella classe 4^aK ho affrontato un percorso didattico per la trattazione delle applicazioni del primo principio della termodinamica.

4.1.1 Collocazione all'interno del curriculum

L'argomento è previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI, quindi temporalmente si colloca per essere svolto in una quarta a seguito della trattazione della teoria cinetica dei gas, della legge dei gas perfetti e dell'introduzione del principio zero e primo della termodinamica.

4.1.2 Strutturazione dell'intervento didattico

Obiettivi. Con il percorso didattico sulle applicazioni del primo principio della termodinamica mi sono impegnato al fine di raggiungere l'obiettivo di cercare di trasmettere i concetti e i fenomeni trattati in un modo che potessero essere ben assimilati dagli studenti anche per un eventuale futuro riutilizzo. Questo mio obiettivo principale deriva dalla mia esperienza personale sullo studio della termodinamica, il cui ricordo tenta sempre di svanire molto in fretta. A questo proposito ho voluto trasmettere i concetti di capacità termiche dei gas perfetti e significato delle loro differenze, le trasformazioni termiche applicate anche alle tecnologie vecchie, nuove e di tutti i giorni, la necessità di introdurre trasformazioni cicliche per applicazioni pratiche. Nell'affrontare ogni argomento mi sono posto l'obiettivo di cercare di trovare anche collegamenti

con la realtà.

Metodi. Il percorso didattico trattato è stato presentato agli studenti con lezioni dialogico-frontali e con attività di laboratorio virtuale. Ho ritenuto molto importante per la termodinamica proporre anche delle attività di laboratorio. Il problema principale nello svolgere queste attività sorge dal fatto che le esperienze pratiche di termodinamica non sono assolutamente facili da realizzare, specialmente se non si ha a disposizione un laboratorio adeguatamente attrezzato. A tal fine mi sono proposto di evitare il laboratorio pratico e dopo aver trovato in internet alcune applet [10][11][12] molto interessanti e istruttive ho deciso di svolgere esperienze virtuali con queste, seguite dall'analisi dei dati in collaborazione con gli studenti.

Per quanto riguarda l'introduzione delle macchine termiche, dopo una attenta valutazione di alcuni testi, quali il testo di Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni [6], il testo di Caforio-Ferilli [3], il testo universitario di Rosati [2] e il testo di Fermi [1] ho optato per una introduzione che esce dai soliti schemi adottati, i quali tipicamente presentano come *un fulmine a ciel sereno* il ciclo di Carnot, trascurando a volte la semplice necessità di dover usare cicli termodinamici per le macchine termiche. Fra i testi consultati l'unico che tenta questo approccio è il testo di Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni [6], il quale accenna questa motivazione, procedendo poi con la trattazione standard. A questo proposito ho quindi presentato le necessità e le limitazioni nella realizzazione di una macchina termica, fornendo quindi una ovvia ragione della necessità di dover considerare le trasformazioni cicliche nelle macchine termiche.

Contenuti. Nel percorso didattico sono stati presentati i seguenti contenuti:

1. richiami sul piano pV e determinazione grafica lavoro;
2. determinazione della dipendenza dell'energia interna dalle variabili termodinamiche con la presentazione dell'esperienza di Joule;
3. capacità termiche dei gas perfetti, relazione di Mayer e suo significato fisico interpretato con il primo principio della termodinamica;
4. il primo principio applicato alle trasformazioni isobara, isocora e loro composizioni in trasformazioni cicliche;
5. laboratorio virtuale per lo studio dell'espansione adiabatica nel vuoto di un gas perfetto e di trasformazioni cicliche rettangolari nel piano pV ;
6. le trasformazioni isoterma e adiabatica e loro analisi con l'equazione di stato dei gas perfetti e con il primo principio;
7. laboratorio virtuale per lo studio e il confronto delle trasformazioni isoterma e adiabatica;

8. riepilogo delle trasformazioni termodinamiche;
9. esercitazioni conclusive applicate allo studio di semplici cicliche e alla rappresentazione delle trasformazioni isocore nel piano pT ;
10. introduzione alle macchine termiche.

Tutti i contenuti escluso l'ultimo sono schematicamente sviluppati nell'allegato App.E, mentre per l'ultimo è stata prodotta una breve nota consegnata agli studenti e riportata nell'allegato App.F.

Verifica. Al termine del percorso didattico, escluso l'ultimo punto, è stata programmata una verifica scritta per la valutazione degli studenti sugli argomenti svolti. Nell'allegato App.H riportiamo il testo completo della verifica, i criteri di valutazione adottati e gli esiti.

Temporizzazione. Il percorso didattico si è svolto in circa cinque ore di lezione frontale e due ore di laboratorio virtuale. Un'ora è stata impiegata per lo svolgimento della verifica scritta.

4.1.3 Attività di tutor, specializzando e studenti

In collaborazione con il tutor abbiamo progettato il percorso didattico presentato e pensato alla verifica conclusiva. Il tutor è sempre stato presente durante tutte le ore di tirocinio attivo, intervenendo con opportune osservazioni utili ad una maggiore comprensione da parte degli studenti. Come ampiamente indicato nel diario di tirocinio gli studenti non si sono dimostrati molto reattivi durante le attività di lezione frontale, ma questa non è una indicazione di non interesse in quanto il tutor mi conferma che è proprio il *carattere* della classe.

4.1.4 Materiali prodotti

In merito al laboratorio virtuale di termodinamica ho preparato una breve scheda, allegata in App.G, nella quale riporto alcune considerazioni riguardo le applet e i software indicati.

In merito all'ultima lezione di tirocinio attivo, durante la quale ho presentato una introduzione alle macchine termiche, ho preparato una nota che riportasse in modo dettagliato le argomentazioni presentate. Il documento è stato quindi consegnato agli studenti come materiale di studio. Per una visione completa della nota si veda l'allegato App.F.

4.2 L'esperienza di tirocinio attivo di matematica

Come attività di tirocinio attivo di matematica nella classe 5^aK ho affrontato un percorso didattico per l'introduzione dei limiti.

4.2.1 Collocazione all'interno del curriculum

L'argomento limiti è previsto per la disciplina matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor. Come già spiegato in precedenza per il liceo delle scienze sociali non vi sono indicazioni ministeriali riguardo la programmazione didattica, quindi è il docente che produce un piano di lavoro. Possiamo comunque osservare che i piani di lavoro per il liceo delle scienze sociali si ispirano ai programmi ministeriali per il liceo Brocca socio-psico-pedagogico, con le dovute variazioni.

4.2.2 Strutturazione dell'intervento didattico

Obiettivi. Con il percorso didattico sui limiti mi sono posto l'obiettivo di trasmettere il fondamentale concetto di limite e di forma indeterminata, quindi la necessità di dover introdurre i limiti. Abbiamo voluto trattare la definizione di limite e il suo utilizzo per la verifica. Infine abbiamo voluto presentare un metodo intuitivo per la determinazione delle definizioni delle diverse tipologie di limite. Avrei voluto proporre anche applicazioni pratiche di limiti come per esempio in fisica, ma in questa classe il corso di fisica non è previsto, quindi mi sono ritrovato limitato nelle applicazioni. Avevo inizialmente pensato ad applicazioni nella geometria, ma con lo svilupparsi del percorso didattico non abbiamo avuto l'opportunità di affrontare tali applicazioni, in quanto abbiamo preferito concentrare maggiormente l'attenzione sul calcolo di limiti.

Metodi. Il percorso didattico è stato interamente sviluppato con lezioni dialogiche e frontali e con esercitazioni guidate svolte dagli studenti. L'introduzione del concetto di limite è stata presentata esclusivamente con esempi numerici di funzioni con limite, non definite in un punto, procedendo via via a generalizzazioni fino a trattare la definizione con gli intorni. Abbiamo quindi trattato la verifica con la definizione di limite e abbiamo svolto lezioni interamente dedicate al calcolo di limiti proponendo esercizi guidati svolti dagli studenti. Nella parte conclusiva del percorso didattico abbiamo presentato una costruzione intuitiva della definizione delle diverse tipologie di limite facendo uso delle rappresentazioni grafiche delle varie situazioni.

Contenuti. Nel percorso didattico sono stati presentati i seguenti contenuti:

1. introduzione intuitiva del concetto di limite con esempi;
2. introduzione del numero ϵ piccolo a piacere e generalizzazione del concetto di limite;
3. definizione di limite con gli intorni e suo utilizzo per la verifica di limiti;
4. calcolo di semplici limiti con semplificazioni fra polinomi e razionalizzazione;

5. costruzione intuitiva della definizione delle diverse tipologie di limite a partire dalla rappresentazione grafica.

Tutti i contenuti esclusi la definizione e verifica sono schematicamente sviluppati nell'allegato App.K. Per quanto riguarda la definizione di limite e il suo utilizzo per la verifica ho preparato una nota di approfondimento consegnata ai ragazzi, allegata in App.L, in quanto verso la conclusione del percorso didattico ho realizzato, osservando la preparazione degli studenti, che non avevo approfondito e puntualizzato a sufficienza su questo argomento.

Verifica. Al termine del percorso didattico ho preparato una verifica scritta per la valutazione della comprensione da parte degli studenti dell'argomento trattato. Nell'allegato App.M riportiamo il testo della verifica, i criteri di valutazione e gli esiti.

Temporizzazione. Il percorso didattico si è svolto in circa sette ore di lezioni frontali, mentre l'ultima ora è stata impiegata per lo svolgimento della verifica scritta. Nella programmazione del percorso didattico avevo inizialmente previsto di trattare anche un teorema sui limiti, ma dopo aver notato la reazione degli studenti alle prime lezioni abbiamo preferito concentrarci maggiormente sui concetti iniziali.

4.2.3 Attività di tutor, specializzando e studenti

Il tutor è sempre stato presente durante le lezioni di tirocinio attivo, intervenendo e fornendo approfondimenti ogni volta che se ne verificava la necessità. Con me gli studenti hanno instaurato un rapporto di collaborazione, analogamente a quanto instaurato con il tutor. La classe si è dimostrata molto attiva e volenterosa.

4.2.4 Materiali prodotti

Come indicato in precedenza, al fine di fornire un approfondimento su concetti che non avevo approfondito a sufficienza ho scritto una nota sulla definizione di limite e sul suo utilizzo per la verifica, la quale è stata consegnata agli studenti. La nota è interamente allegata in App.L.

4.3 Riflessione critica

L'esperienza di tirocinio attivo mi ha permesso di sperimentare quanto l'insegnamento non sia un'attività facile e banale. Come ho realizzato in matematica è bastata una mia distrazione per trascinare nell'arco di varie lezioni alcune perplessità degli studenti che non permettevano un fluido sviluppo del percorso. Per questa attività ho avuto la possibilità di scegliere fra le migliori classi e questo è stato sicuramente un vantaggio a mio favore, ma anche una mia scelta consapevole del fatto che non avendo esperienza di insegnamento avrei rischiato di fare molta più fatica

in classi più difficili da gestire. I risultati non splendidi ottenuti dalle verifiche finali possono quindi rispecchiare una mia inesperienza, ma bisogna anche puntualizzare che gli argomenti che ho dovuto trattare sono notoriamente di difficile comprensione per gli studenti.

Capitolo 5

Conclusioni

L'impegnativa attività di tirocinio nel complesso permette allo studenti SSIS di apprendere molte delle questioni relative alla vera professione dell'insegnante. Permette infatti di comprendere tutte le varie mansioni correlate all'insegnamento e alla presenza all'interno di una scuola. Il tirocinio diretto nella scuola permette di calarsi direttamente nell'attività di insegnamento, infatti si deve provvedere alla preparazione del percorso didattico e delle singole lezioni cercando anche nuovi strumenti e nuovi metodi. A questo proposito si riesce a mettere in pratica il concetto di ricerca di nuovi strumenti per la didattica che credo sia l'aspetto più importante trasmesso dalle attività svolte nei laboratori didattici della SSIS.

È chiaro che il tirocinio diretto nella scuola, visto il limitato numero di ore, non permette di affrontare e approfondire tutte le argomentazioni che vengono presentate nel tirocinio indiretto. Ritengo che la possibilità di approfondire tutto si presenti solamente con l'esperienza vera e propria di insegnamento e con anni di attività.

Personalmente lo sviluppo dei percorsi didattici durante il tirocinio indiretto e l'esperienza di tirocinio diretto mi hanno permesso di riflettere molto sull'attività di insegnamento. Posso dire di aver imparato a dubitare sempre delle proprie idee che guidano il metodo di insegnamento. In generale ognuno di noi avrà in mente un certo metodo di insegnamento e su questo io ritengo si debba sempre riflettere e cercare continuamente di essere critici. Nella valutazione del proprio lavoro si deve fare riferimento anche ai risultati ottenuti con gli studenti.

Una conclusione più generale riguardo i due anni di SSIS può esprimere un parere in termini di distribuzione delle attività didattiche e dei corsi seguiti. Considerando la fondamentale importanza di attività come il tirocinio e i laboratori didattici, i quali creano l'opportunità di acquisire un minimo di esperienza di insegnamento e di rendere consapevoli gli specializzandi che si può sempre migliorare, ritengo che si possa discutere in merito ad una redistribuzione delle attività svolte durante la SSIS.

Parte II

Diario di Tirocinio

Appendice A

Specchio riassuntivo di tirocinio

Riportiamo in Tab.A.1 lo specchio riassuntivo delle ore globalmente impiegate nell'attività di tirocinio:

Attività	Ore
Preparazione delle unità didattiche per il tirocinio frontale	50
Studio della documentazione della scuola	4
Preparazione dei percorsi didattici per il tirocinio attivo	37
Preparazione della verifica sommativa	4
Correzione della verifica sommativa	8
Tirocinio Osservativo	16
Tirocinio Attivo	16
Tirocinio Frontale	88
Totale	223
Crediti di frequenza riconosciuti	2

Tabella A.1: Specchio riassuntivo di tirocinio.

Appendice B

Diario di tirocinio di fisica

In questo allegato riportiamo una scheda riepilogativa per ogni attività di tirocinio osservativo e attivo di fisica svolto presso il Liceo Scientifico PNI di Bondeno (FE), il quale fa parte dell'Istituto di Istruzione Secondaria G. Carducci di Ferrara.

Le schede per le singole attività seguono ad un riepilogo cronologico di tutte le attività correlate al tirocinio svolto presso questo liceo.

B.1 Riepilogo cronologico del tirocinio di fisica

Nella Tab.B.1, che segue, riportiamo in sintesi un riepilogo cronologico delle attività svolte per e durante il tirocinio di fisica nella scuola. In particolare distinguiamo le attività preparatorie al tirocinio, le attività di tirocinio osservativo e attivo. In corrispondenza di ogni attività forniamo una breve descrizione e il tempo impiegato. Nella tabella sono inoltre riportati i riferimenti ai paragrafi corrispondenti alle schede che descrivono in dettaglio le singole attività di tirocinio osservativo e attivo.

Data	Tipo (Sez)	Ore	Classe	Breve descrizione	Ore cumulative		
					Oss	Att	Prep
22/10/2007	Prep	2		Incontro con il tutor, visita alle strutture della scuola e visione della documentazione.			2
23/10/2007	Prep	2		Studio della documentazione della scuola.			4
29/10/2007	Oss (B.2)	1	2°K	Consegna e correzione verifica, esercitazioni con gli studenti sulla dilatazione termica.	1		

	Oss (B.3)	1	1 ^a Y	Interrogazione su piano inclinato, attrito, legge di Hooke ed errori. Preparazione al laboratorio con indicazioni per la stesura di una relazione.	2		
	Oss (B.4)	2	3 ^a K	Interrogazione su moto uniformemente accelerato, errori e misure statistiche. Il tutor sonda la classe sull'argomento svolto la settimana precedente. Introduzione dei vettori con immediata applicazione ad esercizi svolti direttamente dagli studenti.	4		
	Prep	1	Lab	Preparazione esperienza di laboratorio per la 3 ^a K.			5
05/11/2007	Oss (B.5)	1	5 ^a K	Interrogazione su legge di Coulomb, confronto fra forza elettrostatica e gravitazionale, legge di Gauss e prova di valutazione da parte mia.	5		
	Oss (B.6)	1	4 ^a K	Correzione degli esercizi per casa. Spiegazione dell'equazione di stato dei gas perfetti e immediata applicazione a vecchi esercizi risolti con le leggi di Boyle e Gay Lussac.	6		
19/11/2007	Prep	1	4 ^a K	Pianificazione con il tutor dell'attività didattica da svolgere durante il tirocinio attivo con la 4 ^a K.			6
04/12/2007	Prep	1	4 ^a K	Incontro con il tutor per un approfondimento riguardo al percorso didattico da svolgere durante il tirocinio attivo con la 4 ^a K.			7
06/12/2007	Prep	1	4 ^a K	Preparazione scheda per l'intervento didattico attivo.			8
07/12/2007	Prep	2	4 ^a K	Preparazione lezione termodinamica per tirocinio attivo.			10
09/12/2007	Prep	2	4 ^a K	Preparazione lezione termodinamica per tirocinio attivo.			12
10/12/2007	Att (B.9)	1	4 ^a K	Lezione termodinamica.		1	

	Prep	1	4°K	Preparazione lezione termodinamica per tirocinio attivo.			13
11/12/2007	Att (B.10)	1	4°K	Lezione termodinamica.		2	
13/12/2007	Prep	1	4°K	Ricerca di applet interattive da utilizzare come laboratorio virtuale per termodinamica per il tirocinio attivo.			14
14/12/2007	Prep	2	4°K	Analisi delle applet trovate.			16
15/12/2007	Prep	1	4°K	Predisposizione sala video per l'utilizzo delle applet di termodinamica da utilizzare come laboratorio virtuale.			17
	Att (B.11)	1	4°K	Introduzione ed esempi di utilizzo di 3 applet di termodinamica utilizzabili come laboratorio virtuale.		3	
17/12/2007	Prep	1	4°K	Predisposizione lezione di termodinamica e della esperienza virtuale da svolgere con un'applet di simulazione.			18
18/12/2007	Att (B.12)	1	4°K	Introduzione alle isoterme e adiabatiche e loro approfondimento con l'esperimento virtuale e raccolta dati.		4	
22/12/2007	Att (B.13)	1	4°K	Analisi dei dati raccolti dall'esperienza virtuale del 18. Riepilogo degli argomenti visti durante l'intervento didattico. Assegnazioni di esercizi per le vacanze.		5	
07/01/2008	Oss (B.7)	1	4°K	Correzione degli esercizi assegnati per le vacanze.	7		
08/01/2008	Oss (B.8)	1	4°K	Interrogazione di 3 studenti, con interventi e valutazione da parte del tirocinante.	8		
	Prep	2	4°K	Preparazione della verifica sugli argomenti trattati nel tirocinio da sottoporre agli studenti il 15/01/2007.			20
15/01/2008	Att (B.14)	1	4°K	Svolgimento verifica scritta di fisica sulle applicazioni del primo principio della termodinamica.		6	
	Prep	4	4°K	Correzione verifica di fisica.			24

19/01/2008	Att (B.15)	1	4°K	Verifiche orali.		7	
21/01/2008	Prep	2	4°K	Controllo esiti della verifica con la supervisione del tutor e bilancio dell'attività di tirocinio attivo.			26
	Prep	2	4°K	Preparazione della lezione introduttiva sulle macchine termiche.			28
22/01/2008	Att (B.16)	1	4°K	Consegna e correzione verifica di fisica. Lezione introduttiva sulle macchine termiche.		8	
23/01/2008	Prep	4	4°K	Scrittura della nota introduttiva sulle macchine termiche [17].			32
29/01/2008	Prep	1		Incontro conclusivo con il tutor			33

Tabella B.1: Riepilogo cronologico del tirocinio diretto di fisica.

B.2 Fisica - Osservativo - 1

Indicazioni generali

- Data - Ore: 29/11/2007 - 1
- Classe: 2^a K
- Numero di allievi: 27
- Argomento della lezione: dilatazione termica lineare.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 1 punto b 'l'equilibrio termico' dei programmi ministeriali per il biennio liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione dialogica/Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor inizia la lezione consegnando le verifiche precedentemente svolte e corrette, seguono quindi chiarimenti e spiegazioni sugli errori commessi. La lezione procede poi con lo svolgimento di esercizi su dilatazione termica lineare e unità di misura della temperatura da parte di diversi studenti che si alternano alla lavagna. Il tutor invita gli studenti al posto a seguire e ad interagire per lo svolgimento degli esercizi. Il tutor cerca in ogni momento di far ragionare i ragazzi sulle formule che usano e sul loro significato.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: L'Amaldi 'Introduzione alla fisica' vol.2, Zanichelli, 2004 [4].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Gli esercizi che gli studenti sono chiamati a svolgere sono presi dal libro di testo. Il tutor invita ogni studente a leggere e a comprendere il testo dell'esercizio in modo da poterne estrarre tutte le informazioni necessarie per la soluzione. In generale la trattazione dell'argomento è adeguata ad un biennio.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Nella lezione in considerazione si procede con esercitazioni per un approfondimento degli ultimi argomenti introdotti. Spesso il tutor interviene richiamando nozioni e concetti studiati in

precedenza, i quali sono necessari per l'argomento in questione.

In questa lezione infatti si trattano esercizi sulla dilatazione termica lineare, ma il tutor coinvolge i ragazzi facendosi spiegare anche argomenti passati inerenti a questo, per esempio chiede agli studenti di ricordare la differenza fra temperatura assoluta e sulle unità di misura da utilizzare.

Alcuni studenti svolgono gli esercizi in modo individuale, alcuni altri interagiscono con i compagni vicini e altri ancora interagiscono con il tutor.

Il tutor cerca di coinvolgere continuamente la classe chiedendo di intervenire e collaborare con lo studente presente alla lavagna, in questo modo rende la lezione molto dinamica.

La relazione docente-allievo

In generale durante lo svolgimento degli esercizi risulta esserci una comunicazione bidirezionale docente-allievo. In diverse occasioni gli studenti chiedono chiarimenti sul testo dell'esercizio che hanno appena letto.

Il tutor cerca di coinvolgere anche gli studenti non brillanti per stimolarli a risolvere correttamente gli esercizi.

Annotazioni del tirocinante

É interessante e produttivo vedere come negli esercizi trattati si cerchi sempre di far comparire numeri veri, reali, quindi numeri che devono essere approssimati. Questo porta a volte ad ottenere risultati leggermente diversi fra gli allievi e il testo, in quanto dipendente da quante cifre si considerano durante i calcoli. Molto istruttivo per gli studenti quindi poter confrontare i risultati osservando queste approssimazioni.

La lezione svolta risulta essere molto dinamica e quindi crea un clima di collaborazione fra gli studenti che stanno apprendendo i nuovi argomenti.

B.3 Fisica - Osservativo - 2

Indicazioni generali

- Data - Ore: 29/11/2007 - 1
- Classe: 1^a Y
- Numero di allievi: 21
- Argomento della lezione: Piano inclinato, introduzione dell'attrito, legge di Hooke.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 1 punto a 'le forze e l'equilibrio in meccanica' dei programmi ministeriali per il biennio liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Verifiche orali e lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor svolge le verifiche orali di due studenti in modo dinamico. I due interrogati sono chiamati a collaborare e a spiegarsi gli argomenti a vicenda. Questo metodo sembra ridurre notevolmente la tensione da interrogazione.

L'interrogazione inizia con la correzione di alcuni esercizi presi dal libro di testo e procede con la richiesta di spiegazioni riguardo diversi argomenti trattati quali il piano inclinato con l'uso della geometria. Il piano inclinato con attrito. La legge di Hooke con il concetto di forza peso e forza di richiamo. L'interrogazione termina con un esercizio pratico sugli errori.

Terminate le verifiche la lezione procede con la preparazione dei ragazzi al laboratorio di fisica, nel quale andranno a svolgere un'esperienza sulla legge di Hooke. Il tutor fornisce le indicazioni per il laboratorio e per la stesura di una relazione tecnico/scientifica.

La lezione termina con la correzione di altri esercizi per casa.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: L'Amaldi 'Introduzione alla fisica' vol.1, Zanichelli, 2004 [4].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Durante questa lezione il testo viene utilizzato solo come fonte per gli esercizi. Ai ragazzi è sempre richiesta un'attenta lettura del testo dell'esercizio, una sua sintesi in modo da estrarne le infor-

mazioni necessarie e importanti per l'intera comprensione del problema. In generale l'argomento è trattato in modo adeguato per un biennio.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor avvisa i ragazzi che in questa lezione, oltre alle verifiche orali, ci si preparerà al laboratorio. Questo non poteva essere noto prima di questa lezione in quanto il tutor si è assicurato della effettiva possibilità di poter svolgere le esperienze di laboratorio solo dopo aver reperito tutto il necessario dal laboratorio.

Dopo aver terminato le verifiche e la preparazione al laboratorio rimane ancora tempo e il tutor procede, senza far notare che rimane tempo e qualcosa bisogna fare, con esercitazioni con i ragazzi.

La relazione docente-allievo

Durante le verifiche gli unici che intervengono sono gli interrogati, ma la verifica è in modo dinamico. I ragazzi interrogati vengono coinvolti a vicenda e vengono coinvolti anche insieme ai compagni al posto in modo da stimolare l'esposizione e la trattazione degli argomenti trattati.

Il momento della verifica e valutazione

Come specificato in questa lezione si è effettuata una verifica orale. Agli studenti interrogati vengono posti quesiti sia di carattere teorico/generale sia di carattere pratico, tipologie di quesiti che comunque si intrecciano sempre durante la verifica. Il tutor richiede e richiama anche collegamenti con argomenti passati e argomenti di matematica necessari per lo studio dell'argomento trattato.

Annotazioni del tirocinante

Lezione molto educativa in quanto mostra come si possano svolgere le interrogazioni senza che i ragazzi siano presi da tensione che potrebbe comprometterne il rendimento. Interessante anche come ci si colleghi continuamente con esempi pratici della vita quotidiana e con argomenti passati e di altre materie, vedi per esempio la matematica.

B.4 Fisica - Osservativo - 3

Indicazioni generali

- Data - Ore: 29/11/2007 - 2
- Classe: 3^a K
- Numero di allievi: 18
- Argomento della lezione: moto uniformemente accelerato, trigonometria e vettori.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 1 'forze e movimenti' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Verifiche orali e lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor interroga tre studenti sottoponendo loro esercizi e richiedendo ragionamento ed esposizione corretta degli argomenti. Terminata l'interrogazione, il tutor sonda la classe sulla trigonometria spiegata la settimana precedente, in modo da capire se l'argomento è stato capito e assimilato oppure se necessita di ulteriori approfondimenti. In questo modo fa anche un breve ripasso dell'argomento per poi procedere con la spiegazione dei vettori e delle loro operazioni.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: J. Walker 'Fisica' Meccanica, vol 1, Zanichelli, 2004 [5].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Si confronta la notazione usata per i vettori nel libro di testo con le possibili notazioni che possono incontrare in altri testi. Il testo in questione è estremamente ricco sia nella parte teorica che per quanto riguarda gli esempi e gli esercizi. A parere mio e del tutor forse sarebbe preferibile un testo più 'asciutto', in quanto vi è il rischio di lasciarsi trascinare dagli approfondimenti perdendo di vista gli argomenti essenziali.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Durante l'interrogazione sia i tre interrogati sia i ragazzi al posto seguono attentamente l'esposizione dell'interessato del momento.

Durante la fase di riepilogo dell'argomento precedente i ragazzi interagiscono dando modo al tutor di valutare come proseguire sull'argomento.

Durante la spiegazione del nuovo argomento, i vettori, i ragazzi vengono continuamente stimolati dal tutor che cerca di guidarli ad apprendere facendo loro domande su ciò che si sta spiegando, procedendo immediatamente con esercizi svolti dai ragazzi alla lavagna.

La relazione docente-allievo

Il tutor mantiene l'attenzione stimolando continuamente con domande. I ragazzi collaborano e chiedono spiegazioni in caso di dubbi.

Il momento della verifica e valutazione

Agli studenti interrogati vengono posti quesiti sia di carattere teorico/generale sia di carattere pratico, tipologie di quesiti che comunque si intrecciano sempre durante la verifica. Il tutor richiede e richiama anche collegamenti con argomenti passati e argomenti di matematica necessari per lo studio dell'argomento trattato. Per esempio uno studente si ritrova a dover svolgere un esercizio sul moto uniformemente decelerato e deve poter risolvere una equazione di secondo grado.

Annotazioni del tirocinante

È stato interessante notare come i ragazzi mantengano l'attenzione anche quando non sono direttamente interessati dall'interrogazione.

B.5 Fisica - Osservativo - 4

Indicazioni generali

- Data - Ore: 05/12/2007 - 1
- Classe: 5^a K
- Numero di allievi: 23
- Argomento della lezione: elettrostatica.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 1 'forze e campi' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Verifiche orali.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor interroga tre studenti e chiede a me di dare una valutazione della preparazione degli studenti dalle loro interrogazioni.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Elettromagnetismo Vol. E, C. Signorelli Editore, Parma 2004 [6].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Nel testo gli argomenti sono preceduti da un inquadramento storico, seguito da una trattazione sintetica degli argomenti. Infine nelle appendici sono riportati tutti gli approfondimenti e i casi particolari. È certamente un testo che rompe gli schemi tradizionali e che ha i suoi pregi, ma gli allievi lo trovano alquanto dispersivo. Vi sono pochi esercizi guida svolti e gli esercizi presenti richiedono spesso un notevole sforzo nella risoluzione.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Durante l'interrogazione il tutor alterna le domande ai tre studenti interessati e chiede loro di collaborare nel caso in cui uno si trovi in difficoltà. La verifica orale verte principalmente sugli stessi argomenti che erano stati presentati nella verifica scritta precedente, al fine di confermare o meno le imprecisioni riscontrate negli elaborati.

Il tutor si trova di fronte una classe in generale poco preparata e più volte si ritrova a doversi soffermare su concetti che dovrebbero essere ben noti. Tali lacune rendono l'interrogazione molto faticosa e il tutor cerca di rendere partecipi tutti al fine di colmare queste.

Durante l'interrogazione il tutor cerca anche di valutare la corretta comprensione degli argomenti in questione e cerca inoltre di valutare una certa elasticità da parte degli studenti nel comprendere leggi simili, ma riferite a fenomeni fisici ben diversi, come per esempio si tratta il confronto fra la legge di gravitazione universale e la legge Coulomb.

In generale gli studenti di questa classe sembrano essere poco interessati e incontrano diverse difficoltà nella comprensione del libro di testo, in particolare perché risulta evidente che non approfondiscono la lettura e in alcuni casi non completano i paragrafi. Questa situazione costringe il tutor a guidarli con l'ovvio suggerimento di una completa lettura per la comprensione degli argomenti descritti.

La relazione docente-allievo

Come precedentemente accennato la classe sembra essere in generale poco interessata e il tutor cerca di coinvolgerli nello studio degli argomenti pensando anche alle applicazioni.

Il momento della verifica e valutazione

Agli studenti interrogati vengono chiesti gli aspetti teorici degli argomenti trattati e anche le applicazioni in esercizi. Il tutor cerca anche di far loro riportare spiegazioni corrette degli strumenti matematici che si usano nell'argomento, quali per esempio i vettori e le operazioni con i vettori.

Annotazioni del tirocinante

La classe in questione risulta molto difficile da trattare. Provengono dall'anno precedente in cui hanno avuto un docente diverso e alcuni sembrano essersi rassegnati nel comprendere la fisica. Credo sia la classe più difficile che ho incontrato durante il tirocinio presso il Liceo di Bondeno.

B.6 Fisica - Osservativo - 5

Indicazioni generali

- Data - Ore: 05/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: Termodinamica, equazione di stato dei gas perfetti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione frontale/dialogica e lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor guida lo studente con la correzione degli esercizi per casa dal quale risulta mancare loro un argomento per poterlo risolvere. La lezione procede con l'introduzione e lo studio dell'equazione di stato dei gas perfetti e si riprende subito alla risoluzione del precedente esercizio con l'utilizzo dei nuovi strumenti.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Calore e termodinamica Vol. C, C. Signorelli Editore, Parma 2004 [6].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Dal libro di testo si consultano gli esercizi e si cerca di confrontare i risultati ottenuti con i risultati indicati. Molto interessante notare come il tutor abitui gli studenti a confrontare i risultati ottenuti con quello del libro tenendo presente delle approssimazioni che si fanno durante i calcoli.

Per quanto riguarda il nuovo argomento trattato il tutor procede con la spiegazione tradizionale presente su ogni libro di testo. In generale per il libro di testo adottato in quarta valgono le osservazioni riportate per il testo di quinta nella sezione B.6.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Durante lo svolgimento del primo esercizio da parte di uno studente, questo e anche altri suoi compagni realizzano di non poter risolvere l'esercizio con gli strumenti che hanno a disposizione. Il tutor infatti indica loro che per procedere devono conoscere ancora un argomento che viene subito introdotto.

Il tutor introduce l'equazione di stato dei gas perfetti con la tradizionale procedura, ma ad ogni passo coinvolge gli studenti chiedendo loro conferma dei vari passaggi. La spiegazione procede con un approfondimento relativo ai diversi casi particolari in cui si usa l'equazione di stato, la quale comprende le leggi che hanno studiato fino a questo momento.

Introdotta e approfondita il nuovo argomento il tutor procede subito a far lavorare i ragazzi con il nuovo strumento ritornando sul vecchio esercizio, precedentemente impossibile da risolvere.

La relazione docente-allievo

Il tutor insiste sempre con una comunicazione bidirezionale, coinvolgendo sempre i ragazzi e richiedendo loro ragionamenti in merito agli argomenti trattati. I ragazzi di questa classe sono molto tranquilli e sembrano anche poco reattivi, ma stimolati dal tutor riescono a collaborare alla lezione.

Il tutor presta molta attenzione a quei ragazzi che provengono dalla terza con un debito, cercando di mantenere la loro attenzione sempre attiva e anche con quei ragazzi che sembrano avere difficoltà nel comprendere i nuovi argomenti. Contemporaneamente neanche i ragazzi che seguono costantemente e hanno un buon rendimento non vengono lasciati in disparte ma vengono sempre chiamati a contribuire alla lezione con loro suggerimenti. In generale non si nota differenza nel coinvolgimento dal parte del tutor dei diversi studenti.

Annotazioni del tirocinante

La classe quarta sembra essere una classe di ragazzi diligenti e mediamente abbastanza interessati. Durante le lezioni sono poco reattivi, bisogna stimolarli molto affinché seguano attivamente le lezioni, ma sembrano comunque ottenere mediamente buoni risultati.

B.7 Fisica - Osservativo - 6

Indicazioni generali

- Data - Ore: 07/01/2008 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: Applicazioni del primo principio della termodinamica.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor imposta la lezione per la correzione, da parte degli studenti, degli esercizi assegnati da me per le vacanze di Natale nell'ambito del tirocinio attivo. Il tutor chiama in sequenza uno studente per ogni esercizio.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Appunti scritti da me contenenti i problemi da svolgere. Gli esercizi sono riportati nel paragrafo E.3.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Gli studenti vengono guidati in modo che leggano attentamente il testo del problema al fine di comprenderne il significato e di coglierne in maniera opportuna i diversi dettagli degli argomenti trattati. Alcuni problemi sono di carattere teorico e quindi non sono richiesti calcoli, ma solo relazioni fra grandezze termodinamiche in trasformazioni particolari.

Durante lo svolgimento degli esercizi vengono ripresi tutti gli argomenti trattati nel tirocinio attivo e vengono inoltre esplicitati alcuni dettagli che non erano stati approfonditi. Per esempio in un esercizio si tratta una trasformazione ciclica e dallo studio di questa si determinano alcune caratteristiche particolari delle trasformazioni cicliche come la variazione nulla dell'energia interna, la comprensione di lavoro positivo e negativo.

Ogni caratteristica particolare di un ben preciso processo viene spiegato e sottolineato dal tutor.

La relazione docente-allievo

Il tutor cerca sempre di gestire la lezione con una comunicazione bidirezionale in modo da far spiegare agli studenti le nuove caratteristiche che si scoprono durante la lezione e cerca sempre di guidarli nel ragionamento per ottenere una spiegazione logica e corretta del fenomeno.

Annotazioni del tirocinante

Gli studenti sembrano aver dedicato poco tempo agli esercizi assegnati da me nell'ambito del tirocinio attivo. Potrebbe sembrare un comportamento nei miei confronti forse perché convinti che il mio operato non avrà influenza sul loro andamento, ma a loro è stato chiaramente spiegato che la parte da me svolta fa parte del programma sarà richiesta una verifica su questi argomenti. Gli studenti sembrano più propensi a esercizi numerici, forse perché abituati a svolgere gli esercizi del libro di testo.

B.8 Fisica - Osservativo - 7

Indicazioni generali

- Data - Ore: 08/01/2008 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: Applicazioni del primo principio della termodinamica.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Verifiche orali.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor procede interrogando tre studenti per la valutazione di fine quadrimestre e chiede a me di intervenire nelle interrogazioni e di valutare al termine della lezione.

La relazione docente-allievo

Una prima studentessa chiamata alla lavagna si giustifica di non essere preparata per l'interrogazione e il tutor concede una seconda possibilità prendendo nota comunque del rifiuto.

Il momento della verifica e valutazione

Il tutor imposta l'interrogazione con domande teoriche sugli argomenti trattati. Durante l'interrogazione gli studenti vengono guidati in modo da esporre gli argomenti in modo da seguire un ragionamento ordinato e logico. Il tutor cerca sempre far approfondire una risposta sintetica per una migliore valutazione della comprensione dell'argomento.

L'esito delle interrogazioni non viene reso immediatamente noto agli studenti in quanto il tutor è solito decidere il voto in un secondo momento.

Per queste tre interrogazioni sono invitato dal tutor a commentare e ad esprimere un giudizio.

Annotazioni del tirocinante

In questa classe si evidenziano delle lacune sul programma dell'anno precedente. Indicativamente sugli argomenti attuali si fatica un po' ad ottenere un discorso ben sviluppato. Spesso capita negli studenti poco preparati di rispondere per tentativi alle domande poste dal tutor.

B.9 Fisica - Attivo - 1

Indicazioni generali

- Data - Ore: 10/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: applicazioni del primo principio della termodinamica: il piano pV e l'energia interna come funzione di stato.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Propongo una lezione frontale e dialogica cercando di coinvolgere gli studenti e guidandoli nella comprensione degli argomenti che si stanno spiegando. Durante l'esposizione degli argomenti cerco sempre conferma della loro comprensione al fine di valutare quanto gli studenti riescano a seguire. In certe occasioni il tutor interviene per rendere più chiari alcuni concetti rifacendosi ad argomenti già visti.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Calore e termodinamica Vol. C, C. Signorelli Editore, Parma 2004 [6].

Abbiamo inoltre consultato i testi di Caforio-Ferilli [3], di Rosati [2] e di Fermi [1] per una visione più ampia dei possibili percorsi da seguire.

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Il piano pV viene ampiamente usato fin dai capitoli precedenti l'argomento, mentre la dipendenza dell'energia interna dalle variabili termodinamiche non viene affrontata dettagliatamente, per esempio l'espansione adiabatica nel vuoto non viene proprio trattata. Vengono presentati diversi esercizi per ogni argomento affrontato. In generale valgono le osservazioni scritte nella sezione B.6.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

La lezione inizia con una parte preliminare in cui richiamo il primo principio della termodinamica, introduco il piano pV per la rappresentazione delle trasformazioni termodinamiche e determino come identificare in questo piano il lavoro coinvolto in una trasformazione termodinamica.

Segue quindi la determinazione della dipendenza dell'energia interna U dalla sola temperatura con l'esposizione dell'esperienza di Joule di espansione di adiabatica nel vuoto di un gas e determiniamo l'espressione della variazione ΔU in una trasformazione isocora. Per questo argomento si introduce la capacità termica di un gas a volume costante C_V , per la quale il tutor fa il paragone con il calore specifico di solidi e liquidi.

L'espressione $U = nC_V T + \text{cost}$ ottenuta sopra viene confrontata con l'espressione dell'energia potenziale in un campo gravitazionale sottolineando il concetto di funzione di stato.

Concludo la lezione con un riepilogo dell'argomento trattato e sottopongo agli studenti di pensare, per casa, alla capacità termica a pressione costante C_p .

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti sono un po' restii a rispondere a miei interrogativi proposti per rendere la lezione dialogica, sembra quasi che temano di essere giudicati. Lo stesso comportamento, anche se meno evidente, si verifica anche in relazione con il tutor.

Annotazioni del tirocinante

Gli studenti appaiono un po' passivi alla lezione, probabilmente perché è la mia prima lezione che seguono, quindi si sente una sorta di timore di essere giudicati. Il tutor mi conferma comunque che la classe ha tipicamente questo comportamento, poi in realtà seguono e sono diligenti.

B.10 Fisica - Attivo - 2

Indicazioni generali

- Data - Ore: 11/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: applicazioni del primo principio della termodinamica: capacità termica a pressione costante e relazione di Mayer. Richiami di teoria cinetica dei gas e confronti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNL.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Propongo una lezione frontale per concludere l'argomento iniziato la lezione precedente. Introduco quindi un nuovo argomento correlato alle applicazioni del primo principio della termodinamica e richiamo alcuni concetti di teoria cinetica dei gas che gli studenti hanno già studiato. Concludo quindi la lezione con un riepilogo schematizzato delle cose viste nella lezione precedente e in questa.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Calore e termodinamica Vol. C, C. Signorelli Editore, Parma 2004 [6].

Abbiamo inoltre consultato i testi di Caforio-Ferilli [3], di Rosati [2] e di Fermi [1] per una visione più ampia dei possibili percorsi da seguire.

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

La relazione di Mayer viene ricavata in modo standard, ma non ne viene evidenziato con semplicità e chiarezza il significato dedotto dal primo principio.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

La lezione inizia richiamando il quesito per casa che era stato assegnato agli studenti in merito alla capacità termica a pressione costante. Dimostro come questa sia diversa da quella a volume costante in quanto in una trasformazione isobara si verifica sia una variazione di energia interna che un lavoro. Richiamando quindi la trasformazione isocora ricavo la relazione di Mayer. Facendo alcuni richiami dalla teoria cinetica dei gas confronto l'espressione dell'energia interna che si ottiene da questa teoria e quella ricavata in queste lezioni, determinando così le espressioni per le capacità termiche dei gas monoatomici e biatomici. Concludo la lezione ripercorrendo quanto visto dalla prima e dalla seconda lezione evidenziando il filo logico che connette tutte le dimostrazioni che abbiamo proposto.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti sembrano seguire attentamente quanto viene loro proposto. Sembra inoltre che sia stato utile il riepilogo finale al fine di visualizzare il tutto sotto un percorso logico ben preciso. Durante il riepilogo finale ho continuamente posto quesiti agli studenti in modo da avere da loro i suggerimenti utili per proseguire coerentemente lungo il percorso visto. Solo da alcuni studenti sono riuscito, con un po' di fatica, ad ottenere alcuni suggerimenti.

Annotazioni del tirocinante

La classe in generale sembra continuare a reagire poco alla lezione, tranne alcuni studenti che, se un po' pressati, intervengono. Il tutor conferma che in generale questo è il loro modo di comportarsi.

B.11 Fisica - Attivo - 3

Indicazioni generali

- Data - Ore: 15/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: uso di alcune applet per lo studio delle trasformazioni dei gas perfetti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: approfondimento degli argomenti visti nelle precedenti due lezioni.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Lezione frontale/dialogica in sala proiezioni. Laboratorio virtuale.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

La lezione viene svolta in sala proiezioni, gli studenti e il tutor assistono alle mie spiegazioni e alle mie illustrazioni di alcune applet disponibili su internet per lo studio delle trasformazioni dei gas perfetti. Propongo una panoramica di un software e due applet come spiegato meglio nell'App.G, quindi procediamo con l'esecuzione di alcune esperienze virtuali.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Personal computer e videoproiettore, software idealgas [12], una applet per la simulazione di un gas ideale [10] e una seconda applet della McGraw-Hill [11] per la simulazione di un sistema termodinamico con gas ideale. In App.G alleghiamo una breve nota su queste simulazioni, usata come guida per gli studenti.

Descrizione dei materiali e strumenti usati durante la lezione

Il software IdealGas è un simulatore di un gas perfetto con il quale si possono impostare le varie trasformazioni termodinamiche e tracciarne i relativi grafici nel piano pV . La prima applet invece simula molto semplicemente l'espansione adiabatica di un gas nel vuoto. La seconda applet della McGraw-Hill è molto interessante e istruttiva per gli studenti, in quanto simula un gas ideale in un contenitore con il quale si possono eseguire le quattro trasformazioni termodinamiche agendo direttamente sui parametri come temperatura e volume. Per eseguire una trasformazione con

questa applet non si deve impostare la trasformazione, ma si deve agire sulle grandezze termodinamiche, quindi è un ulteriore stimolo per meglio comprendere l'argomento. Ulteriori dettagli in merito a queste simulazioni si possono trovare nell'allegato in App.G.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Dopo una panoramica delle tre simulazioni, in linea con la nota allegata in App.G, procediamo con l'uso della prima applet per l'esecuzione virtuale dell'esperienza di espansione adiabatica nel vuoto di un gas, richiamando quindi quanto visto nella prima lezione. Durante l'esperienza propongo agli studenti alcune considerazioni sulla simulazione usata.

Dopo questa prima esperienza procediamo con l'uso dell'applet della McGraw-Hill eseguendo un'analisi delle grandezze su cui intervenire per ottenere le trasformazioni isocora, isobara e isoterma. Procediamo quindi con l'esecuzione di un ciclo composto da due isocore e due isoterme e invito gli studenti a raccogliere i dati che poi verranno analizzati con il tutor in una delle successive lezioni.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Durante questa attività di laboratorio virtuale gli studenti si sono dimostrati partecipi e sono sempre intervenuti ad ogni mia richiesta. Durante l'esecuzione dell'ultima esperienza ho eseguito sull'applet le operazioni che mi venivano suggerite dagli studenti. Nei casi in cui i suggerimenti non erano corretti ho cercato di farli ragionare per determinare le operazioni corrette da svolgere.

Annotazioni del tirocinante

L'attività di laboratorio virtuale ha incuriosito e interessato gli studenti. È stato interessante verificare che gli argomenti spiegati nelle precedenti lezioni sono risultati abbastanza chiari e con queste esperienze sembra vi sia stato modo di approfondire e chiarire ulteriormente alcune questioni. Eseguire esperienze di termodinamica in laboratorio non è molto facile, quindi abbiamo optato per le esperienze virtuali, con le quali è molto più facile lavorare e ripetere le esperienze.

B.12 Fisica - Attivo - 4

Indicazioni generali

- Data - Ore: 18/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: trasformazione isoterma e adiabatica e loro studio con il laboratorio virtuale.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: approfondimento degli argomenti visti nelle precedenti due lezioni.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Lezione frontale/dialogica e Laboratorio virtuale.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

La presente lezione è stata suddivisa in due fasi. Nella prima ho presentato ai ragazzi un nuovo argomento, mentre nella seconda lo abbiamo approfondito con il laboratorio virtuale.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Personal computer e videoproiettore, applet McGraw-Hill [11].

Libro di testo: Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Calore e termodinamica Vol. C, C. Signorelli Editore, Parma 2004 [6].

Abbiamo inoltre consultato i testi di Caforio-Ferilli [3], di Rosati [2] e di Fermi [1] per una visione più ampia dei possibili percorsi da seguire.

Descrizione dei materiali e strumenti usati durante la lezione

Si veda la sezione Fisica-Attivo-3 B.11 per l'applet utilizzata.

Nel libro di testo la trattazione delle trasformazioni isoterma e adiabatica viene trattata in modo standard e le due trasformazioni vengono confrontate nel piano pV facendo notare come le due curve corrispondenti si intersechino sempre. Non viene evidenziato il fatto che la curva di una adiabatica decresce più rapidamente della curva di una isoterma. Questa argomentazione potrebbe essere un buon collegamento con matematica, anche se non hanno ancora familiarità con le derivate.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

La prima mezz'ora di questa lezione è stata svolta in classe e ho trattato la trasformazione isoterma facendo riferimento alla funzione che la descrive nel piano pV , abbiamo così ottenuto un collegamento con matematica facendo notare che la funzione è un ramo di iperbole. Approfondiamo la trasformazione isoterma fornendo l'espressione per il lavoro e il calore; queste relazioni non sono state ricavate in quanto è necessario l'uso degli integrali, argomento che gli studenti ancora non conoscono.

Procediamo quindi con la trattazione della trasformazione adiabatica e anche in questo caso forniamo la relazione fra le variabili termodinamiche senza dimostrazione, in quanto richiederebbe la risoluzione di una equazione differenziale. La relazione che lega p e V nelle adiabatiche viene quindi confrontata con quella delle isoterme. Fissati uno stato iniziale e uno finale determiniamo la relazione per determinare l'esponente γ , che sarà poi utilizzata nell'esperienza virtuale. Procediamo quindi ricavando le espressioni di lavoro e variazione di energia interna.

La seconda parte della lezione è stata svolta in sala proiezioni come laboratorio virtuale. A questo proposito facciamo uso dell'applet della McGraw-Hill per studiare alcune isoterme e in particolare eseguiamo una adiabatica e ne annotiamo i valori delle grandezze termodinamiche al fine di verificarne le relazioni ottenute nella prima parte della lezione.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti rimangono un po' perplessi nel momento in cui presentiamo relazioni che non possiamo dimostrare in quanto mancano gli strumenti matematici per farlo. Durante le esperienze virtuali seguono accuratamente lo svolgimento e annotano con cura i dati.

Annotazioni del tirocinante

Il fatto di dover presentare delle relazioni che non si possono dimostrare in modo semplice genera sempre un po' una sensazione di non essere in grado, agli occhi degli studenti, di padroneggiare la materia, purtroppo non si può far diversamente. Le attività di laboratorio virtuale sembrano piacere agli studenti e anche io le gradisco in quanto si può lavorare con molta tranquillità .

B.13 Fisica - Attivo - 5

Indicazioni generali

- Data - Ore: 22/12/2007 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: trasformazioni termodinamiche.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: approfondimento degli argomenti visti le precedenti due lezioni.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

In questa lezione mi sono proposto di elaborare alla lavagna i dati raccolti dalla precedente esperienza virtuale chiedendo agli studenti di guidarmi in questa attività .

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Appunti con i dati e le annotazioni raccolte durante l'esperimento virtuale svolto nella precedente lezione.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Propongo agli studenti di analizzare i dati raccolti nell'esperienza virtuale sulla trasformazione adiabatica di un gas perfetto. Anzitutto illustro loro cosa vogliamo verificare con l'analisi dei dati raccolti, quindi fornisco loro dei suggerimenti affinché elaborino le relazioni da usare ed interpretino i risultati ottenuti. Come prima analisi verifichiamo che per ogni punto della trasformazione adiabatica valga l'equazione di stato dei gas perfetti. Da questa determiniamo il numero di moli del gas dell'esperienza virtuale che risulta essere $n = 1$. Come seconda analisi propongo di calcolare l'esponente γ , che essendo $\gamma = C_p/C_V$, ci permette di determinare che il gas usato nella simulazione è un gas biatomico.

Terminata l'analisi dei dati propongo un ripasso delle trasformazioni dei gas perfetti evidenziandone l'equazione di stato, la rappresentazione nel piano pV , le espressioni della variazione

di energia interna, calore scambiato e lavoro coinvolto.

Al termine della lezione assegno esercizi di termodinamica inventati da me, al fine di stimolarli a ragionare con gli strumenti che sono stati forniti in queste lezioni e per verificare se effettivamente risulta tutto chiaro. Per gli esercizi si veda l'allegato App.E.7.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Sotto la mia guida gli studenti sono stati in grado di svolgere un lavoro di gruppo sia per l'elaborazione dei dati sia durante la fase di ripasso degli argomenti visti.

Annotazioni del tirocinante

É stato interessante poter svolgere un'analisi dei dati raccolti da questa esperienza virtuale per ottenere ulteriori informazioni sul gas utilizzato nella simulazione. Risulta chiaro che i valori ottenuti da una esperienza di questo tipo sono valori molto precisi se confrontati con un'analogia esperienza reale, quindi il fatto di poter analizzare questi dati per scoprire parametri non noti fornisce uno scopo più preciso dell'esperienza.

B.14 Fisica - Attivo - 6

Indicazioni generali

- Data - Ore: 15/01/2008 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: verifica scritta sulle applicazioni del primo principio della termodinamica.

Tipo di attività svolta dal tirocinante

Verifiche scritte.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Durante questa lezione gli studenti sono sottoposti a verifica scritta. Procedo consegnando il testo della verifica, leggo tutto il testo fornendo alcuni chiarimenti. Durante lo svolgimento della verifica osservo fra gli studenti i loro elaborati e nei casi in cui mi rendo conto che certe risposte sono state date in modo affrettato o distratto, invito lo studente interessato a ripensare a quanto scritto.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Qualche studente mi chiede alcune delucidazioni sui quesiti proposti. Osservando attentamente gli studenti noto che non cercano di copiare fra di loro o dagli appunti.

Il momento della verifica e valutazione

La verifica scritta, riportata per intero in App.H, è composta da tre quesiti. Nel primo quesito riportiamo sul piano pV una trasformazione ciclica, quindi sottoponiamo cinque domande articolate, con le quali cerchiamo di stimolare gli studenti ad usare i concetti studiati, senza necessariamente dover conoscere le varie relazioni. Gli altri due quesiti invece sono due esercizi di termodinamica che richiedono la capacità di usare i concetti studiati e le semplici relazioni che servono per i calcoli numerici. Ogni quesito ha un punteggio proporzionato alla difficoltà, per un totale di 10 punti.

Io procedo con la correzione della verifica il pomeriggio stesso e con una seconda revisione il giorno seguente. In seguito rivedo tutte le valutazioni insieme al tutor per la decisione conclusiva

dei voti. Usando criteri molto rigidi i risultati della verifica sarebbero stati non molto soddisfacenti, in seguito quindi, prima da solo, poi con la collaborazione del tutor, abbiamo proceduto con una correzione meno rigida, cercando di cogliere quelle argomentazioni che comunque risultavano aver senso compiuto, anche se non rispondevano in modo completo ai quesiti posti. La verifica viene consegnata agli studenti e ne viene presentata la correzione la settimana seguente.

Annotazioni del tirocinante

È stato interessante preparare una verifica scritta con l'obiettivo non solo di dare una valutazione agli studenti, ma anche per valutare quanto hanno appreso dalle lezioni che ho svolto in loro presenza. Purtroppo i risultati della verifica non sono stati molto soddisfacenti. La correzione della verifica non è stata un'attività banale, in quanto è stato necessario dover revisionare le verifiche più volte al fine di ottenere una valutazione che tenesse conto anche di risposte non complete o non completamente corrette.

B.15 Fisica - Attivo - 7

Indicazioni generali

- Data - Ore: 19/01/2008 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: verifica orale sulle applicazioni del primo principio della termodinamica.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Verifiche orali.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Durante questa lezione io e il tutor conduciamo una verifica orale di tre studenti, alternandoci nel porre i quesiti agli studenti. Al termine della lezione io e il tutor ci consultiamo per decidere l'esito delle interrogazioni.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor propone alcuni quesiti standard per valutare la preparazione degli studenti, vengono infatti richieste dimostrazioni e spiegazioni degli argomenti visti durante il tirocinio attivo. Io sottopongo alcuni quesiti non propriamente standard i quali richiedono da parte degli studenti un ragionamento con gli elementi che studiati durante le lezioni tenute da me. Con i miei quesiti cerco piuttosto di valutare quanto le mie lezioni siano state comprese o meno.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Alle domande standard del tutor due studenti rispondono abbastanza bene, mentre un terzo studente fatica un po'. Gli studenti sono abbastanza tranquilli durante l'interrogazione e nei casi in cui incontrano argomenti che non hanno studiato in modo approfondito rispondono tranquillamente di non sapere. A seguito dei miei interventi appaiono sempre un po' timorosi.

Il momento della verifica e valutazione

Con l'alternarsi dei miei quesiti e di quelli del tutor è possibile valutare quanto gli studenti si siano dedicati allo studio e all'approfondimento degli argomenti visti e quanto abbiano veramente compreso e siano in grado di padroneggiare. Al termine della lezione consultiamo lo specchietto

di valutazione descritto nella sezione 2.1.3 che in base a quanto messo in luce dall'interrogazione ci permette di decidere i voti, i quali risultano 5, 6 e 7.

Annotazioni del tirocinante

Risulta abbastanza evidente che gli studenti sono più propensi alle domande standard piuttosto che a domande in cui sia richiesto un ragionamento che richieda di prendere in considerazione tutto l'argomento nella sua globalità, senza necessariamente doversi ricordare tutte le relazioni del caso. Si nota qualche difficoltà nel collegare insieme ogni parte dell'argomento trattato, nonostante io abbia cercato di collegare tutto durante le lezioni. Probabilmente bisognerebbe cercare di approfondire di più l'argomento in modo da rendere evidente come tutto si possa collegare insieme e come tutto possa essere sintetizzato in pochi concetti che potrebbero divenire abbastanza familiari e quindi utilizzabili per rispondere a quesiti più generali.

B.16 Fisica - Attivo - 8

Indicazioni generali

- Data - Ore: 22/01/2008 - 1
- Classe: 4^a K
- Numero di allievi: 14
- Argomento della lezione: consegna e correzione della verifica scritta e lezione introduttiva sulle macchine termiche.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto dal tema 3 'principi di conservazione-processi reversibili e irreversibili' dei programmi ministeriali per il triennio del liceo scientifico PNI.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Durante questa lezione procediamo con la consegna e correzione della verifica scritta e introduciamo le macchine termiche come nuovo argomento.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Appunti scritti da me sulla introduzione alle macchine termiche. Per la nota completa si veda l'allegato App.F.

Descrizione dei materiali e strumenti usati durante la lezione

Negli appunti che vengono distribuiti agli studenti presento una trattazione delle macchine termiche che normalmente nei libri di testo non si fa. In questa nota tratto la trasformazione di calore in lavoro meccanico, quindi affrontiamo le trasformazioni termodinamiche che compiono questa trasformazione in modo indefinito e da qui deduciamo le limitazioni reali che ci permettono di utilizzare solo le trasformazioni cicliche per produrre indefinitamente lavoro. Concludo quindi studiando una generale macchina termica e definendone il rendimento.

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Le macchine termiche in generale nei libri di testo vengono introdotte a seguito del ciclo di Carnot e sembra quasi che questo sia l'unico modo per trasformare calore in lavoro meccanico. Il libro di

testo di Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni [6] accenna alla necessità di dover ricorrere a cicli per le macchine termiche, ma poi tratta il ciclo di Carnot e il ciclo di Stirling, senza per esempio fare un semplice esercizio di determinazione del rendimento di una ciclo *rettangolare* (nel piano pV).

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

All'inizio della lezione procedo alla consegna delle verifiche di fisica seguita dalla correzione che svolgo io alla lavagna cercando di far notare agli studenti come si poteva rispondere correttamente con semplici ragionamenti.

In seguito riprendo con il nuovo argomento richiamando il primo principio della termodinamica per evidenziare come il calore possa essere una fonte di lavoro meccanico. Propongo quindi di analizzare quelle trasformazioni termodinamiche caratterizzate da un aumento indefinito di volume per evidenziare come si possa produrre lavoro, ma come non sia praticamente possibile realizzare una macchina che sfrutti queste trasformazioni, in quanto richiederebbero un volume infinito, senza considerare le altre grandezze termodinamiche che assumerebbero valori improporzionabili. Introduciamo quindi le trasformazioni cicliche come uniche trasformazioni realmente utilizzabili da una macchina termica per la trasformazione di calore in energia. Introduciamo infine il rendimento come quel parametro che ci permette di valutare quanto effettivo calore, fra tutto quello fornito ad una macchina termica, viene trasformato in lavoro meccanico.

La relazione tirocinante-docente-allievo

A seguito della consegna delle verifiche, alcuni studenti che hanno avuto un esito scarso si sono mostrati un po' seccati, in particolare nei confronti del tutor.

Durante il seguito della lezione, come in tutte le altre, cerco di far ragionare gli studenti in modo che comprendano al meglio il percorso che ho loro proposto. Ho chiesto per esempio direttamente a loro se sia mai possibile realizzare una macchina termica che espanda indefinitamente al fine di produrre indefinitamente lavoro. In questo modo loro stessi comprendono perché sia necessario utilizzare le trasformazioni cicliche.

Annotazioni del tirocinante

Per l'introduzione delle macchine termiche ho voluto seguire un percorso diverso dal quello solito proposto nei libri di testo. Generalmente viene introdotto il ciclo di Carnot e in seguito la sua applicazione alle macchine termiche. Io ritengo che il ciclo di Carnot non sia così semplice da analizzare come prima approccio, inoltre con questa trattazione non risulta chiaro quale sia lo scopo di questo argomento. Tutto viene dato per scontato e si rischia che gli studenti imparino a memoria il ciclo di Carnot senza conoscerne il significato. È altresì importante far notare agli

studenti che lo studio dei cicli in termodinamica nasce proprio dalla necessità di poter realizzare praticamente delle macchine che siano in grado di trasformare calore in lavoro, quindi è un argomento strettamente collegato alla realtà e alle applicazioni pratiche. Con questa lezione si è concluso il mio tirocinio attivo di fisica presso il liceo scientifico di Bondeno.

Appendice C

Diario di tirocinio di matematica

In questo allegato riportiamo una scheda riepilogativa per ogni attività di tirocinio osservativo e attivo di matematica svolto presso il Liceo Sociale G. Carducci di Ferrara, il quale fa parte dell'Istituto di Istruzione Secondaria G. Carducci di Ferrara. Il tirocinio è stato svolto presso le classi del Liceo delle Scienze Sociali, sezione A, per il quale non vi sono indicazioni ministeriali precise riguardo la programmazione didattica e disciplinare. È compito dei singoli docenti e del consiglio di classe provvedere i piani di lavoro per ciascuna materia. Vista la stretta comunanza di discipline con il Liceo sperimentale Brocca Socio-Psico-Pedagogico, spesso per la definizione dei piani di lavoro si prende spunto dalle indicazioni ministeriali per questa sperimentazione. Nel diario che segue faremo sempre riferimento ai piani di lavoro ideati dal docente tutor.

Le schede per le singole attività seguono ad un riepilogo cronologico di tutte le attività correlate al tirocinio svolto presso questo liceo.

C.1 Riepilogo cronologico del tirocinio di matematica

Data	Tipo	Ore	Classe	Breve descrizione	Ore cumulative		
					Oss	Att	Prep
06/11/2007	Prep	2		Incontro con il tutor, visita alle strutture della scuola e visione della documentazione.			2
07/11/2007	Prep	2		Studio della documentazione della scuola.			4
12/11/2007	Oss (C.2)	1	3 ^a A	Esercizi con gli studenti su sistemi lineari.	1		
	Oss (C.3)	1	2 ^a A	Esercizi con gli studenti sulle frazioni algebriche.	2		

	Oss (C.4)	1	5 ^a A	Esercizi con gli studenti sulle rappresentazioni grafiche delle funzioni e sulle proprietà delle funzioni.	3		
	Oss (C.5)	1	4 ^a A	Laboratorio di informatica, uso di derivate per lo studio del dominio e codominio delle funzioni.	4		
15/11/2007	Prep	1	5 ^a A	Preparazione bozza intervento didattico sui limiti per la 5 ^a A.			5
17/11/2007	Oss (C.6)	2	2 ^a A	1 ^a ora: Esercizi di geometria con gli studenti e correzione della verifica. 1 ^a ora: Laboratorio di informatica, uso di word.	6		
	Prep	1	5 ^a A	Pianificazione con il tutor dell'intervento didattico sui limiti per la 5 ^a A.			6
21/11/2007	Prep	1	5 ^a A	Incontro con il tutor per un approfondimento riguardo al percorso didattico da svolgere durante il tirocinio attivo con la 5 ^a A.			7
27/11/2007	Prep	2	5 ^a A	Preparazione lezione introduttiva limiti.			9
28/11/2007	Prep	1	5 ^a A	Preparazione lezioni sui limiti.			10
02/12/2007	Prep	1	5 ^a A	Preparazione lezione sui limiti.			11
03/12/2007	Att (C.8)	1	5 ^a A	Lezione introduttiva sui limiti.		1	
06/12/2007	Prep	1	5 ^a A	Preparazione lezione sui limiti.			12
07/12/2007	Att (C.9)	2	5 ^a A	Lezione sui limiti con esempi e generalizzazione per introduzione alla definizione.		3	
11/12/2007	Prep	2	5 ^a A	Preparazione esercizi sugli intorni e sulla introduzione alla definizione.			14
12/12/2007	Att (C.10)	1	5 ^a A	Lezione sui limiti con esercizi svolti insieme agli studenti.		4	
14/12/2007	Prep	1	5 ^a A	Incontro con il tutor per il bilancio dell'attività del tirocinio attivo.			15
16/12/2007	Prep	1	5 ^a A	Preparazione lezione sui limiti.			16

17/12/2007	Att (C.11)	1	5 ^a A	Lezione sui limiti.		5	
18/12/2007	Prep	2	5 ^a A	Preparazione lezione per lo studio delle diverse tipologie di limite.			18
19/12/2007	Att (C.12)	1	5 ^a A	Lezione sulle tipologie di limite.		6	20
	Prep	2	5 ^a A	Preparazione nota sulla definizione di limiti e suo utilizzo per la verifica del limite.			
20/12/2007	Prep	2	5 ^a A	Conclusione nota su definizione e verifica.			22
21/12/2007	Att (C.13)	1	5 ^a A	Lezione sulle tipologie di limiti e assegnazione esercizi per le vacanze.		7	
13/01/2008	Prep	2	5 ^a A	Preparazione verifica di matematica sull'argomento trattato durante il tirocinio, limiti di funzioni.			24
14/01/2008	Oss (C.7)	1	5 ^a A	Interrogazioni ed esercitazioni in preparazione alla verifica.	7		
16/01/2008	Att (C.14)	1	5 ^a A	Svolgimento verifica sui limiti.		8	28
	Prep	4	5 ^a A	Correzione verifica.			
18/01/2008	Oss (C.7)	1	5 ^a A	Esercitazione sui limiti, in particolare con gli studenti che hanno ottenuto un risultato scarso nella verifica. Recupero compito per altri due studenti assenti il 16/01/2008.	8		
30/01/2008	Prep	1		Incontro conclusivo con il tutor.			29

Tabella C.1: Riepilogo cronologico del tirocinio diretto di matematica.

C.2 Matematica - Osservativo - 1

Indicazioni generali

- Data - Ore: 12/11/2007 - 1
- Classe: 3^a A
- Numero di allievi: 25
- Argomento della lezione: sistemi lineari.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica e Informatica dal punto 1 'Piano cartesiano e sistemi lineari' del piano di lavoro per la classe terza ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione dialogica/Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor conduce una lezione di esercitazioni sull'argomento. Vengono chiamati alla lavagna tre studenti ai quali vengono sottoposti alcuni esercizi da svolgere sotto la guida del tutor coinvolgendo anche gli studenti al posto.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone 'La retta e i sistemi lineari' Moduli di Matematica E, Zanichelli 2004 [7].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

L'argomento è trattato in maniera abbastanza soddisfacente per la parte teorica. Migliore la parte relativa agli esercizi, la quale è arricchita da spunti didattici per l'applicazione dei sistemi lineari a problemi.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor sceglie varie tipologie di esercizi dal testo. Vengono proposti alcuni esercizi per l'applicazione delle regole matematiche studiate e problemi che richiedono una interpretazione e una formulazione matematica da parte degli studenti. Il tutor invita lo studente alla lavagna a spiegare e giustificare agli studenti al posto il procedimento usato. Il tutor fa osservare agli studenti quanto

sia importante interpretare sempre i risultati ottenuti. Gli studenti vengono inoltre sollecitati ad un uso elastico delle variabili presenti nel sistema.

La relazione docente-allievo

In generale gli studenti al posto seguono con attenzione le attività dello studente alla lavagna e le indicazioni del docente.

Annotazioni del tirocinante

É interessante notare come il tutor guidi gli studenti ad un approccio elastico per l'uso degli strumenti matematici sottolineando alcuni aspetti che potrebbero passare inosservati, si pensi per esempio all'invito ad usare in modo elastico i nomi delle variabili.

C.3 Matematica - Osservativo - 2

Indicazioni generali

- Data - Ore: 12/11/2007 - 1
- Classe: 2^a A
- Numero di allievi: 28
- Argomento della lezione: frazioni algebriche.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica e Informatica dal punto 1 'Calcolo algebrico' del piano di lavoro per la classe seconda ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione dialogica/Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor propone una lezione di esercitazioni sull'argomento. Vengono chiamati alla lavagna quattro studenti ai quali vengono sottoposti alcuni esercizi da svolgere sotto la guida del tutor e coinvolgendo anche gli studenti al posto.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone Volume C 'Il calcolo letterale, Volume F 'La geometria euclidea', Zanichelli 2004 [7].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Gli argomenti vengono trattati in modo tradizionale, presenta però alcuni spunti didattici per gli esercizi.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor sceglie gli esercizi dal testo. Vengono proposti alcuni esercizi per l'applicazione delle regole matematiche studiate al fine di acquisire maggiore familiarità e praticità nei calcoli. Il tutor chiama gli studenti a svolgere gli esercizi alla lavagna e invita gli studenti al posto a svolgere indipendentemente gli esercizi.

La relazione docente-allievo

Gli studenti seguono le indicazioni del docente e, in alcuni casi, si offrono volontari per svolgere esercizi con i quali hanno avuto difficoltà a casa.

Annotazioni del tirocinante

Da come il tutor riesce a guidare gli studenti si evince come argomenti che apparentemente sembrano semplici abbiano ugualmente bisogno di particolari attenzioni che non devono essere trascurate dall'insegnante.

C.4 Matematica - Osservativo - 3

Indicazioni generali

- Data - Ore: 12/11/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 20
- Argomento della lezione: grafici di funzioni, funzioni goniometriche e proprietà delle funzioni.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dai punti 1 'Ripasso funzioni' e 2 'Elementi di geometria e trigonometria' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione dialogica/Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor propone una lezione alternata da esercitazioni svolte dagli studenti e da introduzione di nuovi argomenti.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone, Volume S 'Diseguazioni e funzioni', Volume O 'Trigonometria, vettori, numeri complessi', Zanichelli 2004 [7].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Nel volume S è abbastanza ben svolta la parte teorica e presenta svariati esercizi. Nel volume O non è soddisfacente la parte teorica, la quale risulta troppo meccanica e carente in alcune parti, la parte di esercizi è abbastanza adeguata.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor propone agli studenti lo svolgimento di esercizi relativi alla rappresentazione grafica di funzioni, partendo dalla rappresentazione in tabella per determinare qualitativamente il grafico della funzione. Ogni volta che nel corso della lezione compare un argomento passato il tutor ne

ripropone sempre un breve ripasso. Per mezzo di esercizi il tutor propone funzioni periodiche per poi introdurre la periodicità. Al termine viene introdotta anche la traslazione di una funzione.

La relazione docente-allievo

Le lezioni con questa classe sono un vero lavoro di gruppo, gli studenti interagiscono continuamente fra di loro e con il docente sempre in modo costruttivo.

Annotazioni del tirocinante

La lezione in oggetto è risultata molto interessante perché si è dimostrata essere un vero e proprio lavoro di gruppo. In una lezione di una sola ora si sono svolte sia esercitazioni che introduzione di nuovi argomenti, il tutto con una certa coerenza.

C.5 Matematica - Osservativo - 4

Indicazioni generali

- Data - Ore: 12/11/2007 - 1
- Classe: 4^a A
- Numero di allievi: 26
- Argomento della lezione: studio del dominio e codominio delle funzioni.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica e Informatica dal punto 2 'Funzioni prima parte' del piano di lavoro per la classe quarta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Laboratorio di matematica.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor propone per il laboratorio di matematica l'uso del software Derive per lo studio delle proprietà di certe funzioni.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Personal computer e software Derive.

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone, Volume S 'Diseguazioni e funzioni', Zanichelli 2004 [7].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

É abbastanza ben svolta la parte teorica e presenta svariati esercizi.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Con l'uso individuale del software Derive il tutor propone agli studenti alcune funzioni particolari da visualizzare al fine di studiarne dominio e codominio. Propone confronti fra diverse funzioni e fra proporzionalità diretta e inversa. Il tutor sfrutta la facilità di visualizzare graficamente le funzioni con il software al fine di evidenziare e approfondire alcune proprietà delle funzioni come proporzionalità diretta e inversa e condizioni di esistenza per le funzioni fratte.

La relazione docente-allievo

Il tutor propone una continua interazione con gli studenti, alcuni studenti seguono e interagiscono, altri invece appaiono distratti da altre funzionalità del pc.

Annotazioni del tirocinante

La classe quarta in questione si è dimostrata un po' difficile da gestire. Il tutor è in grado di tenerli concentrati, ma alcuni studenti disturbano e creano scompiglio anche ad altri.

C.6 Matematica - Osservativo - 5

Indicazioni generali

- Data - Ore: 17/11/2007 - 2
- Classe: 2^a A
- Numero di allievi: 29
- Argomento della lezione: geometria e frazioni algebriche.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica e Informatica dal punto 1 'Calcolo algebrico' e 2 'Geometria' del piano di lavoro per la classe seconda ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Lezione dialogica/Lavoro di gruppo e laboratorio di informatica.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor propone una prima ora di correzione di esercizi e delle verifiche scritte e una seconda ora di laboratorio di informatica.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone Volume C 'Il calcolo letterale, Volume F 'La geometria euclidea', Zanichelli 2004 [7].

Personal computer e software Office.

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

Gli argomenti vengono trattati in modo tradizionale, presenta però alcuni spunti didattici per gli esercizi.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Il tutor propone un esercizio preso dal testo al fine di svolgere una prima attività di comprensione del testo e una seconda di applicazione delle regole studiate per la risoluzione. Il tutor sottolinea i punti fondamentali che si devono trarre dal testo del problema. Durante la correzione di un esercizio di frazioni algebriche preso dalla verifica il tutor focalizza l'attenzione sugli errori più comunemente commessi. Il tutor inoltre sottolinea molto l'uso della terminologia corretta e cerca

di abituare gli studenti a visualizzare in modo rapido alcune differenze particolari fra binomi.

Nella seconda ora la lezione si svolge nel laboratorio di informatica per l'elaborazione di un testo. Il tutor assegna ad ogni gruppo di lavoro un compito da svolgere e in successione interviene per fornire chiarimenti, correzioni e suggerimenti.

La relazione docente-allievo

In generale gli studenti seguono l'insegnante che li coinvolge molto durante le correzioni da parte di altri studenti alla lavagna. Anche gli studenti che sembrano avere più difficoltà sono comunque attenti e interagiscono con richieste di chiarimenti.

Annotazioni del tirocinante

È interessante notare come si riescano a coinvolgere anche studenti che apparentemente sembrano poco interessati, ma che in realtà si dimostrano volenterosi di capire e collaborare con gli altri ragazzi e con l'insegnante.

C.7 Matematica - Osservativo - 6

Indicazioni generali

- Data - Ore: 14-18/01/2008 - 2
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: verifiche orali sui limiti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta dal docente tutor

Verifiche orali/Lavoro di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta dal tutor e osservazioni.

Il tutor dedica le due lezioni per le verifiche orali e in preparazione alla verifica scritta del 16/01/2008 e, a seguito della verifica, per un approfondimento rivolto a quegli studenti che non hanno svolto correttamente la verifica scritta.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Libro di testo: M. Bergamini e A. Trifone, Volume U 'I limiti', Zanichelli 2004 [7].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

La definizione di limite e la verifica con la definizione sono ben approfonditi. Gli esercizi sui limiti proposti dal testo sono molto semplici, in particolare gli esercizi di calcolo di limite sono banali e non istruttivi. Per esempio difficilmente si incontrano forme indeterminate semplificabili.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Nella lezione del 14/01/2008 il tutor unisce la verifica orale alla preparazione per la verifica scritta proponendo esercizi sui limiti simili a quelli che saranno presentati nel compito. Gli esercizi sono inventati dal tutor e dal tirocinante, in quanto quelli del testo non presentano difficoltà. Vengono inoltre proposti quesiti per verificare la comprensione dei concetti studiati, quindi non si vuole solo verificare la capacità di calcolo di un limite.

Nella lezione del 18/01/2008, successiva alla verifica scritta, si procede con il recupero del compito per due studenti assenti durante la verifica scritta e alla correzione del compito da parte di quegli studenti che non hanno svolto correttamente il compito.

La relazione docente-allievo

Nella fase di interrogazione gli studenti appaiono rilassati, in quanto il tutor crea una atmosfera di collaborazione fra studenti e docente. Gli studenti interrogati si sentono partecipi di una attività di approfondimento degli argomenti utile per eventuali chiarimenti sia per gli interrogati che per gli studenti al posto. Anche nella verifica orale, seguente quella scritta, gli studenti si sentono coinvolti al fine di chiarire gli errori commessi.

Il momento della verifica e valutazione

La verifica orale consiste nello svolgimento di esercizi per la valutazione delle capacità di calcolo acquisite e nell'esposizione dei concetti fondamentali che caratterizzano i limiti analizzando alcuni esercizi non standard. La valutazione della verifica tiene conto di eventuali lacune da colmare e si considera inoltre l'esito della verifica scritta.

Annotazioni del tirocinante

É molto interessante notare come il tutor sia in grado di creare un'atmosfera serena e di collaborazione anche durante la fase di verifica orale. Gli studenti non si sentono particolarmente pressati, anzi ne approfittano per cercare di chiarire eventuali dubbi e lacune. Le verifiche orali svolte in questa quinta sono costruttive e utili sia come valutazione degli studenti sia come ulteriore approfondimento per loro.

C.8 Matematica - Attivo - 1

Indicazioni generali

- Data - Ore: 03/012/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: introduzione ai limiti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Conduco una lezione dialogica con gli studenti introducendo i comportamenti al limite per certe funzioni opportunamente scelte. Interagisco continuamente con gli studenti chiedendo loro conferma e idee relativamente alle analisi delle funzioni in considerazione. Il tutor interviene nei momenti in cui si devono richiamare argomenti studiati in precedenza richiamando l'attenzione degli studenti.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

- Libro di testo adottato nella classe: M. Bergamini e A. Trifone 'I Limiti' Moduli di Matematica U, Zanichelli 2004 [7].
- Libro di testo di supporto: L. Lamberti, L. Mereu, A. Nanni, 'Il Manuale di Matematica - Secondo', Etas Libri 1992 [8].

Analisi della trattazione dell'argomento presente nel libro di testo, compresa la parte di esercizi

In generale il testo adottato nella classe ha un'impronta più da manuale che da testo, infatti l'introduzione dei limiti inizia subito con la definizione di limite e con l'uso di questa per la verifica. Questa introduzione è trattata in modo abbastanza approfondito. In generale diciamo che può essere un testo utile nel momento in cui si sono assimilati i concetti fondamentali, diversamente può risultare più complesso uno studio basato esclusivamente sulla presentazione degli argomenti proposti in questo testo. Per quanto riguarda la parte di esercizi dobbiamo notare che per il

calcolo dei limiti vengono proposte funzioni senza punti di non definizione, quindi il calcolo in sé non richiede particolari capacità e manipolazioni da parte degli studenti. Riteniamo che esercizi di questo tipo non aiutino gli studenti ad imparare a calcolare i limiti in punti di non definizione delle funzioni. Vengono inoltre proposti altri esercizi standard relativi alla verifica di limite.

In generale con un testo di questo tipo e considerando gli esercizi proposti si rende necessario integrare l'argomento con trattazioni più adeguate agli studenti. A questo proposito facciamo riferimento ad appunti ed esercizi inventati. Proponiamo quindi una trattazione dei limiti e relativi esercizi prendendo spunto dal testo di supporto indicato sopra, in particolare per l'introduzione intuitiva con esempi numerici del concetto di limite. Da notare che la definizione di limite proposta nel testo di supporto può non essere precisa, in quanto non tiene conto dell'asimmetria degli intorni.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

In questa lezione introduttiva spendo alcune parole per spiegare ai ragazzi l'utilità dell'argomento che studieremo, quindi propongo due semplici esempi numerici di limite di una funzione per la variabile che assume valori sempre più vicini ad un valore per il quale la funzione non è definita. Propongo quindi un terzo esempio più interessante di una funzione non definita in un punto, studiandone i valori in tabella. Finora non ho mai parlato di definizione di limite, né di limite, né di intorni, ho semplicemente introdotto una notazione temporanea per indicare il tendere di una funzione ad un valore per la variabile indipendente che tende ad un certo numero. Concludo la lezione ponendo un quesito agli studenti riferito a come ho rappresentato graficamente la funzione al di fuori del punto di non definizione.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti di questa classe interagiscono costruttivamente e molto frequentemente con me, con il tutor e fra di loro. La classe si è dimostrata fin dall'inizio dotata di buona capacità di lavoro di gruppo, ogni lezione sembra una lezione di gruppo.

Annotazioni del tirocinante

Abbiamo scelto una introduzione semplice per i limiti, in quanto riteniamo che il concetto di limite debba essere assimilato con piccoli passi. Riteniamo che l'introduzione con la definizione possa essere fonte di molti dubbi e perplessità da parte degli studenti.

C.9 Matematica - Attivo - 2

Indicazioni generali

- Data - Ore: 07/012/2007 - 2
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: introduzione ai limiti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Riprendendo l'ultima lezione conduco gli studenti a capire che lo studio della funzione con la tabella non è uno strumento comodo e non fornisce alcuna certezza riguardo quanto vogliamo sapere. Procedo quindi la lezione introducendo la notazione dei limiti e la loro verifica. Cerchiamo di fissare meglio le idee degli studenti chiamando un volontario per svolgere un esercizio simile a quelli già visti. All fine della lezione sottopongo come compito per casa un quesito per verificare se gli studenti si accorgono del fatto che per funzioni non lineari l'intorno del punto del dominio interessato non è simmetrico.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Vedi la sezione C.8.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Riprendiamo dall'ultimo esempio visto nella precedente lezione, quindi riproponiamo l'analisi dalla tabella della funzione. A questo punto notiamo che la funzione sembra tendere ad un valore a seguito della variabile indipendente che tende ad un certo punto. Dimostro però ai ragazzi che l'analisi con la tabella non ci assicura che effettivamente si verifichi quanto sembra intuitivamente verificarsi, procedo quindi con l'introduzione del numero piccolo a piacere ϵ e della verifica del limite. Procediamo con un altro esempio simile, questa volta riproponendo sia l'analisi in tabella che la verifica del limite. Introduciamo quindi anche il

numero δ_ϵ e il concetto di intorno. Concludo la prima ora di lezione introducendo la notazione di limite e la rappresentazione grafica di ϵ e δ_ϵ senza però introdurre nessuna definizione di limite.

Nella seconda ora viene chiamato alla lavagna un volontario per svolgere un esercizio inventato da un altro studente, simile a quelli già visti. Lo studente volontario viene guidato a svolgere quanto già visto motivando le sue azioni. Siccome fino ad ora sono state studiate funzioni lineari al di fuori dei punti di non definizione, al termine della lezione sottopongo agli studenti di determinare a casa gli intorni, secondo quanto visto, di una funzione quadratica. Con questo esercizio voglio valutare se qualcuno si accorge della non simmetria dell'intorno di un qualsiasi punto del dominio.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti sono sempre molto partecipi alla lezione, questo si può notare anche dal fatto che lo studente alla lavagna ha svolto un esercizio inventato da un altro studente. In generale gli studenti intervengono ogni volta che si presenta loro un dubbio, chiedendo sia a me che al tutor. Qualche altro studente non riesce a comprendere l'utilità di questo argomento.

Annotazioni del tirocinante

Purtroppo per questa classe non è prevista fisica, quindi riuscire a trovare situazioni esemplari che evidenzino la necessità di usare i limiti non è facile e questo crea molti dubbi agli studenti in merito all'utilità dell'argomento.

C.10 Matematica - Attivo - 3

Indicazioni generali

- Data - Ore: 12/12/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: gli intorno per lo studio dei limiti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

In questa lezione iniziamo facendo svolgere un esercizio a due studenti che si sono offerti volontari per comprendere meglio quanto visto finora. In seguito riprendo il quesito che avevo sottoposto agli studenti nella precedente lezione.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Vedi la sezione C.8.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Nella prima parte della lezione uno studente svolge un esercizio sotto la mia guida, al fine di prendere familiarità con la semplificazione delle funzioni per il calcolo del limite. Un secondo studente si offre volontario per verificare il limite calcolato dal compagno. Per concludere la lezione riprendo il quesito che avevo sottoposto agli studenti nella lezione precedente e dimostro che, partendo da un intorno simmetrico nel codominio, nel caso di una funzione quadratica l'intorno di un punto del dominio non è simmetrico. Questo argomento è in preparazione alla definizione di limite.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti si dimostrano volenterosi e comunicano molto sia con me che con il tutor.

Annotazioni del tirocinante

In questa lezione mi ero proposto di introdurre la definizione di limite, ma per la necessità da parte degli studenti di soffermarsi ulteriormente per approfondire il calcolo dei limiti ho potuto solo presentare l'aspetto, preliminare per la definizione di limite, della non simmetria degli intorno.

C.11 Matematica - Attivo - 4

Indicazioni generali

- Data - Ore: 17/12/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: definizione di limite.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Riprendo le argomentazioni viste nella parte conclusiva della precedente lezione per introdurre la definizione rigorosa di limite.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Vedi la sezione C.8.

Analisi della trattazione dell'argomento presente nei libri di testo

Nel testo di Bergamini-Trifone viene fornita la definizione con gli intorni, mentre nel Lamberti-Mereu-Nanni viene fornita una definizione con ϵ e δ_ϵ , sulla quale si potrebbe discutere in quanto non tiene conto della possibile asimmetria degli intorni.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Riprendo l'esempio visto con l'intorno di un punto del dominio non simmetrico, generalizzando quindi con l'intorno che può essere simmetrico oppure no. Da questa generalizzazione propongo la definizione di limite usando gli intorni quindi analizzo in dettaglio alcuni aspetti. In particolare faccio notare l'importanza dell'arbitrarietà di ϵ , la dipendenza dell'intorno I_ϵ da ϵ e l'importanza di considerare l'intersezione fra l'intorno e il dominio della funzione affinché sia verificata la definizione. Tutta la spiegazione è accompagnata dalla rappresentazione grafica degli elementi che compaiono nella definizione di limite.

Concludo la lezione assegnando agli studenti due limiti da calcolare, da verificare con la definizione e da determinare se l'intorno I_ϵ è simmetrico oppure no. Gli esercizi sono stati formulati in modo che l'intorno sia asimmetrico.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Durante la trattazione della definizione gli studenti sembrano essere molto perplessi, infatti continuano a chiedere spiegazioni di quanto si sta affrontando e più volte mi ritrovo a dover ripetere e rivedere alcuni punti.

Annotazioni del tirocinante

La lezione è stata molto faticosa, in particolare per il fatto che vi sono state continue interruzioni da parte degli studenti per avere ulteriori spiegazioni di ciò che si stava svolgendo. Dopo la lezione il tutor mi ha fatto notare che questo loro comportamento era probabilmente dovuto al fatto che all'inizio della lezione non ho esposto una panoramica di quello che si sarebbe visto durante la lezione, quindi gli studenti non riuscivano a seguire il percorso che ho proposto in quanto non sapevano quale sarebbe stato il punto di arrivo.

C.12 Matematica - Attivo - 5

Indicazioni generali

- Data - Ore: 19/12/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: esercitazioni e definizione di limite.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione dialogica e di gruppo.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Nella prima parte della lezione ho guidato gli studenti per svolgere alcuni esercizi sui limiti, mentre nella parte conclusiva ho ripreso la definizione di limite per un approfondimento.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Vedi la sezione C.8.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Nella prima parte della lezione abbiamo impostato un lavoro di gruppo insieme agli studenti per svolgere gli esercizi sui limiti che avevo assegnato loro nella lezione precedente. Da questi esercizi si è potuto evidenziare l'asimmetria dell'intorno del punto di non definizione. Per acquisire ulteriore dimestichezza con il calcolo e la verifica dei limiti abbiamo svolto un esercizio preso dal libro di testo. Per concludere la lezione ho voluto riprendere la definizione di limite per introdurre la notazione sintetica, al fine di acquisire maggiore familiarità con i simboli usati in matematica e per avere la possibilità di operare sinteticamente.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Gli studenti di questa classe si dimostrano sempre propensi al lavoro di gruppo, non si fatica mai ad avere volontari per lo svolgimento di esercizi e si nota costantemente un loro interesse nel capire e comprendere gli argomenti svolti.

Annotazioni del tirocinante

Durante lo svolgimento delle lezioni di tirocinio attivo, come per esempio in questa, abbiamo dovuto rinunciare a volte a proseguire con il programma per dedicarci di più ad esercitazioni da far svolgere agli studenti per migliorare la comprensione dell'argomento.

C.13 Matematica - Attivo - 6

Indicazioni generali

- Data - Ore: 21/12/2007 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: tipologie di limite.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Lezione frontale/dialogica.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Nella prima parte ho svolto una lezione frontale per procedere con l'argomento limiti introducendo le diverse tipologie di limite. Successivamente ho consegnato agli studenti una nota sui limiti e ho assegnato loro alcuni esercizi per le vacanze natalizie e in vista della verifica scritta.

Uso degli strumenti nell'insegnamento

Vedi la sezione C.8.

Svolgimento delle singole lezioni, individuazione e descrizione delle fasi della lezione

Nella prima parte della lezione ho introdotto le diverse tipologie di limite. Ragionando insieme agli studenti abbiamo derivato con l'aiuto di rappresentazioni grafiche la definizione per le diverse tipologie di limite. Per ogni tipologia di limite abbiamo subito studiato alcuni semplici esempi richiamando anche le funzioni goniometriche. Ho quindi consegnato una nota sui limiti per approfondire il significato della definizione e per sottolineare l'utilità della verifica di un limite con la definizione. A tale proposito ho dato ai ragazzi due esercizi di verifica di limite, uno corretto e uno non corretto. In aggiunta per le vacanze natalizie ho assegnato anche alcuni esercizi sulle diverse tipologie di limite.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Durante la prima parte della lezione gli studenti sono stati molto partecipi, infatti si è instaurata una vera collaborazione nello studio del nuovo argomento.

Annotazioni del tirocinante

Ho voluto fornire la nota sui limiti per approfondire la definizione e sottolineare l'utilità della verifica, in quanto ho realizzato di non aver sufficientemente sottolineato questo aspetto durante le precedenti lezioni. Mi sono reso conto di questa mia mancanza in quanto alcuni studenti non riuscivano a comprendere l'utilità della verifica e non riuscivano a valutarne ed interpretarne i risultati. Dopo un confronto con il tutor abbiamo concluso che questa è stata una mia distrazione.

C.14 Matematica - Attivo - 7

Indicazioni generali

- Data - Ore: 16/01/2008 - 1
- Classe: 5^a A
- Numero di allievi: 19
- Argomento della lezione: verifica scritta sui limiti.
- Inserimento dell'attività nella programmazione disciplinare: argomento previsto per la disciplina Matematica dal punto 3 'Limiti di funzioni reali' del piano di lavoro per la classe quinta ideato dal docente tutor.

Tipo di attività svolta da tirocinante e tutor

Verifica scritta.

Descrizione dell'attività svolta da tirocinante e tutor e osservazioni.

Durante questa ora di lezione si è svolta la verifica scritta sui limiti. Dopo aver consegnato il testo del compito ho letto tutto e ho fornito loro alcune indicazioni e chiarimenti. Durante lo svolgimento della verifica io e il tutor siamo passati fra i banchi a fornire ulteriori chiarimenti ed eventuali suggerimenti agli studenti che ne facevano richiesta o a quelli che mostravano errori banali o di distrazione.

La relazione tirocinante-docente-allievo

Durante lo svolgimento della verifica scritta non si è verificato uno scambio di idee fra gli studenti, si sono comportati in modo corretto. Frequentemente invece chiedevano a me e al tutor alcuni chiarimenti ed eventuali suggerimenti.

Il momento della verifica e valutazione

La verifica scritta proposta è composta di quattro quesiti, si veda l'allegato App.M. Nel primo vengono proposti quattro limiti da calcolare, del tutto analoghi a quelli visti in classe. Nel secondo quesito viene richiesto di verificare la correttezza di due limiti, dei quali uno è corretto e uno no. Nel terzo quesito viene riportata una parabola traslata nel piano cartesiano e se ne chiede una identificazione grafica degli intorni e una determinazione dei due possibili limiti. Sempre in corrispondenza di questo quesito viene richiesto di determinare il valore del dominio per cui è vero il limite indicato. Questo esercizio grafico è un po' insolito, ma è stato pensato per valutare l'elasticità nell'uso degli strumenti studiati. Nell'ultimo quesito viene data una funzione e se ne

richiede di indicare graficamente il comportamento per particolari valori del dominio facendo uso dei limiti.

Ad ogni quesito è assegnato un punteggio per un totale di 15 punti. Riscalando i punti realizzati si determina il voto.

La correzione, svolta da me in orari extrascolastici, ha necessitato di almeno due revisioni al fine di tenere in conto anche di esercizi parzialmente corretti. La verifica è quindi stata corretta la lezione successiva insieme agli studenti ed è stata consegnata dal tutor in una lezione successiva.

Annotazioni del tirocinante

Nella preparazione della verifica ho cercato di formulare esercizi che fossero famigliari agli studenti. Ho inoltre voluto formulare la verifica anche per valutare l'elasticità degli studenti nell'uso degli strumenti studiati. Al fine di ottenere esiti non troppo negativi della verifica ho dovuto rivedere più volte gli elaborati e cercare di valutare in modo più elastico. Probabilmente durante la prima correzione mi ero posto troppo rigido ed esigente nei confronti degli studenti. La valutazione delle verifiche scritte è stato un ottimo strumento per valutare la mia attività di insegnamento dell'argomento trattato nel tirocinio attivo. Dagli esiti ottenuti infatti si può capire quali aspetti sono stati trascurati o non approfonditi in modo adeguato. Con questa lezione ho concluso la mia attività di tirocinio attivo di matematica.

Parte III

Allegati di Fisica

Appendice D

Scheda progetto tirocinio attivo di fisica

In questo allegato riportiamo il progetto preliminare pensato per lo svolgimento del percorso didattico per il tirocinio attivo di fisica.

SCHEDA PROGETTO DI FISICA
del tirocinante **MIRCO ANDREOTTI**

Scuola/Istituto: Liceo Scientifico di Bondeno	Classe: 4 ^a K
Tutor: Prof.ssa Valeria Minguzzi	
Tema/titolo del progetto: Applicazioni del I principio della termodinamica	Durata ore: 8/10

Obiettivi specifici (suddivisi per conoscenze e abilità, da concordare con il tutor):

Il numero di ore a disposizione per lo svolgimento di questo argomento dovrebbe essere sufficiente per una trattazione completa delle più importanti applicazioni del I principio della termodinamica. Da considerare inoltre il fatto che gli studenti della presente classe hanno già affrontato in modo approfondito l'argomento trasformazioni dei gas perfetti, teoria cinetica dei gas e primo principio della termodinamica. Con la trattazione delle applicazioni di tale principio ci proponiamo di far raggiungere agli studenti le seguenti conoscenze e abilità.

Conoscenze

- ✓ Comprensione del significato del primo principio della termodinamica come principio generale di conservazione dell'energia;
- ✓ Comprendere il significato e le dipendenze delle grandezze coinvolte nei processi termodinamici come quantità di calore scambiato, lavoro ed energia interna;
- ✓ Comprendere il significato delle definizioni di grandezze fisiche come capacità termiche e altro;
- ✓ Comprensione delle trasformazioni cicliche

Abilità

- ✓ Saper analizzare e operare con le grandezze coinvolte nelle trasformazioni dei gas perfetti;
- ✓ Riuscire a visualizzare varie definizioni di grandezze termodinamiche come energia interna, capacità termiche e altro in base ai processi fisici coinvolti;
- ✓ Saper analizzare i processi termodinamici che si verificano nelle applicazioni più importanti di tutti i giorni;
- ✓ Saper analizzare analiticamente e graficamente le trasformazioni cicliche e le grandezze correlate come il rendimento di una macchina termica.

Modalità di attuazione (tipologia di lezioni, uso di laboratori e altre strutture)

Trattazione dell'argomento con lezioni frontali con continua interazione con gli studenti, in particolare tentare di guidare gli studenti ad apprendere i concetti fondamentali sottoponendo loro esempi e richiedendo loro una interpretazione ed eventuale soluzione.

Valuteremo inoltre la possibilità di svolgere anche una esperienza di laboratorio con la pompa a vuoto per riprodurre l'esperimento comunemente denominato di Joule riguardo l'espansione adiabatica nel vuoto di un gas perfetto. Per quanto riguarda il laboratorio dovremo prima valutare l'effettiva fattibilità dell'esperimento controllando la situazione del materiale e delle apparecchiature presenti.

Per quanto riguarda invece lo svolgimento delle trasformazioni cicliche, quindi ciclo di Carnot si potrebbero visionare istruttive applet della macchina a vapore disponibili nel web.

Mappa concettuale dei temi da trattare (da costruire utilizzando caselle di testo e frecce di collegamento) con enucleazione e breve commento dei punti nodali da svolgere in classe (in accordo con il tutor):

1. determinazione dell'indipendenza dell'energia interna dal volume con l'esperimento dell'espansione adiabatica nel vuoto di un gas (con eventuale esperimento dimostrativo in laboratorio);
2. calcolo dell'energia interna di un gas perfetto attraverso una trasformazione isocora per ottenere l'espressione $U = n C_v T$ e confrontare questa con il risultato ottenuto con la teoria cinetica dei gas $U = \frac{3}{2} n R T$;
3. approfondimento delle capacità termiche per la comprensione della capacità a pressione costante, relazione di Mayer ($C_p - C_v = R$) spiegazione della differenza fra C_p e C_v fornendo chiare spiegazioni della loro differenza;
4. studio delle diverse trasformazioni di un gas perfetto con il primo principio, in modo da determinare le relazioni fra lavoro, calore ed energia interna;
5. introduzione delle trasformazioni cicliche in generale, con lo studio di alcuni cicli particolari;
6. ciclo di Carnot e macchine termiche cicliche, rendimenti;
7. comprensione di esempi di applicazioni di tutti i giorni delle trasformazioni cicliche, in particolare la macchina a vapore.

L'approfondimento e il tempo dedicato ad ognuno dei punti sopra elencati sarà di volta in volta valutato in base alla reazione degli studenti, indicativamente potremmo pensare circa un'ora per ogni punto, considerando comunque che alcuni punti possono essere compattati, per esempio 1 e 2.

Eventuali osservazioni aggiuntive sui contenuti disciplinari

Con i contenuti indicati ci prefiggiamo di fornire agli studenti gli strumenti necessari a poter comprendere e analizzare processi termodinamici più svariati.

Tipologia delle verifiche che ci si propone di svolgere (descrivere esattamente la tipologia delle verifiche che si intende svolgere, concordandole con il docente tutor e le griglie di valutazione utilizzate). Ulteriori specifiche saranno indicate dallo specializzando :

Si potrebbero sottoporre alcune domande o a risposta multipla o a completare, o anche di entrambe i tipi, che richiedano comunque agli studenti un'analisi del problema e che ci permettano di valutare la comprensione dei concetti fondamentali.

Libri di testo e altri strumenti che si intende utilizzare concordandoli con il tutor (descrivere dettagliatamente quali libri di testo ed in generale quali strumenti – ad esempio questionari, fotocopie, computer, videoproiettore, siti, software - si intendono usare, ecc):

Libri di testo

- ✓ Amaldi "Introduzione alla fisica", volume 2, Zanichelli 2004
- ✓ Caforio, Ferilli "Fisica", Le Monnier

Altri testi consultati

- ✓ Sergio Rosati "Fisica Generale", volume 1, Ambrosiana 1983
- ✓ Enrico Fermi "Termodinamica", Boringhieri 1982

Eventuali strumenti

- ✓ Videoproiettore e pc per la visualizzazione di applet java/flash

Eventuali osservazioni da segnalare

Risulta opportuno osservare che tenteremo di sviluppare quanto esposto sopra, ma valuteremo attentamente durante lo svolgimento la reazione degli studenti e di conseguenza riadatteremo il percorso previsto a seconda delle necessità. Al termine del tirocinio attivo potrebbe quindi anche risultare variato il percorso previsto.

Si tenterà inoltre di pensare almeno un esperimento di laboratorio, ma il tutto è da valutare in base al materiale a disposizione.

Appendice E

Applicazioni del I principio della termodinamica

In questo allegato riportiamo schematicamente il percorso didattico sulle applicazioni del primo principio della termodinamica svolto durante l'attività di tirocinio attivo nella classe 4^a K presso il liceo scientifico (PNI) di Bondeno (FE). Per lo sviluppo di questo percorso sono stati consultati i testi di Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni [6], Caforio-Ferilli [3], Rosati [2] e Fermi [1].

E.1 L'energia interna

In questa sezione introduciamo il piano pV e indichiamo come si può determinare da questo il lavoro meccanico coinvolto in una trasformazione termodinamica. Considerando il primo principio della termodinamica:

$$\Delta U = Q - L \quad (\text{E.1})$$

dimostriamo come le quantità Q e L dipendano dalla particolare trasformazione, mentre con l'esperienza di Joule dimostriamo come l'energia interna U dipenda solo dallo stato iniziale e finale e non dalla particolare trasformazione. Dimostriamo inoltre che U dipende solo dalla temperatura.

E.1.1 Il lavoro nel piano pV

Per dimostrare intuitivamente che nel piano pV il lavoro in una trasformazione termodinamica è dato dall'area sotto la curva che la identifica consideriamo due semplici esempi di trasformazioni termodinamiche. Osserviamo che non è possibile in una classe quarta dimostrare questo con gli integrali in quanto in matematica questo argomento non è ancora stato affrontato.

Come primo esempio consideriamo una trasformazione isocora, per la quale sappiamo che il lavoro $L = 0$. Dalla rappresentazione nel piano pV , che è un segmento parallelo all'asse p , di questa trasformazione facciamo notare che l'area sottesa dalla curva è nulla, come lo è il lavoro.

Come secondo esempio consideriamo invece una trasformazione isobara, per la quale si può calcolare il lavoro secondo la seguente relazione:

$$L = F \cdot \Delta h = p \cdot S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V \quad (\text{E.2})$$

Considerando il segmento parallelo all'asse V che rappresenta la trasformazione isocora nel piano pV si vede facilmente come l'area sottesa da questa curva coincida con il lavoro $L = p \cdot \Delta V$.

Con questi due semplici esempi possiamo intuire che in generale il lavoro coinvolto in una qualsiasi trasformazione termodinamica sia dato dall'area sottesa dalla curva che rappresenta tale trasformazione nel piano pV . Ovviamente questa è una generalizzazione intuitiva che deve essere accettata dagli studenti senza pretesa di ulteriore dimostrazione.

Per determinare se il lavoro sia positivo oppure negativo, quindi se sia corrispondentemente un lavoro compiuto dal sistema o sul sistema, adottiamo la seguente convenzione:

$$\text{Espansione} \longmapsto L > 0$$

$$\text{Compressione} \longmapsto L < 0$$

In generale possiamo dire che il lavoro compiuto durante una trasformazione termodinamica dipende dalla particolare trasformazione considerata. Anche il calore scambiato dipende dalla particolare trasformazione e questo si dimostra molto semplicemente facendo notare che in una trasformazione adiabatica il calore scambiato è nullo, mentre in una qualsiasi altra trasformazione no. Nel primo principio della termodinamica abbiamo quindi sicuramente due quantità Q e L che dipendono dalla particolare trasformazione termodinamica.

E.1.2 L'esperienza di Joule

Introduciamo l'esperienza di Joule di espansione adiabatica nel vuoto di un gas perfetto. Richiamando il concetto di temperatura dalla teoria cinetica dei gas facciamo notare agli studenti che in questa espansione non si verifica nessuna variazione del modulo della velocità delle molecole del gas. Questo fatto implica che stato iniziale e stato finale sono caratterizzati dalla stessa temperatura. Questa espansione adiabatica è quindi caratterizzata dagli stati iniziale e finale:

$$p_i, V_i, T_i \longmapsto p_f, V_f, T_i$$

Facciamo inoltre notare che durante questa espansione non si ha scambio di calore ($Q = 0$), essendo il contenitore adiabatico, e non si ha nemmeno lavoro meccanico ($L = 0$) in quanto il sistema non compie nessun lavoro di espansione. Dal primo principio della termodinamica segue che

anche la variazione di energia interna è nulla, quindi l'energia interna dello stato iniziale coincide con quella dello stato finale, cioè:

$$\Delta U = Q - L = 0 - 0 = 0 \Rightarrow U_i(p_i, V_i, T_i) = U_f(p_f, V_f, T_i)$$

Anziché utilizzare le tre variabili termodinamiche p, V, T per esprimere l'energia interna possiamo usarne solo due di queste in virtù dell'equazione di stato dei gas perfetti. Scegliamo di esprimere U in funzione di V, T , per esempio abbiamo che $U_i(V_i, T_i) = U_f(V_f, T_i)$. Il volume è l'unica variabile che cambia in questa espressione, ma essendo il valore di U sempre lo stesso allora significa che U non dipende da V , quindi dipende solo da T . Riepilogando abbiamo:

$$U(p, V, T) \xrightarrow{\text{per l'eq. di stato}} U(V, T) \xrightarrow{\text{per l'esp. di Joule}} U(T)$$

In conclusione abbiamo dimostrato che l'energia interna di un gas perfetto dipende solo dalla temperatura e non dalle altre variabili termodinamiche. Abbiamo inoltre dimostrato che la variazione di energia interna dipende solo dagli stati iniziale e finale e non dalla particolare trasformazione termodinamica.

E.1.3 L'espressione dell'energia interna

Per determinare l'espressione della variazione di energia interna possiamo considerare una qualsiasi trasformazione termodinamica in virtù della sua dipendenza solo dagli stati iniziale e finale. L'idea quindi è quella di partire dal primo principio della termodinamica, determinare le quantità Q ed L per determinare l'espressione di ΔU . Per semplicità scegliamo una trasformazione isocora così eliminiamo una quantità da considerare nel primo principio, infatti per una isocora abbiamo:

$$\Delta U = Q$$

Per esprimere la quantità di calore scambiato in una isocora introduciamo la capacità termica molare a volume costante C_V di un gas perfetto in analogia con il calore specifico di solidi e liquidi, quindi possiamo scrivere:

$$Q = nC_V\Delta T \Rightarrow \Delta U = nC_V\Delta T$$

Siccome l'energia interna non dipende dalla particolare trasformazione l'espressione

$$\Delta U = nC_V\Delta T \tag{E.3}$$

vale per qualsiasi altra trasformazione termodinamica.

L'energia interna è quindi definita a meno di una costante dalla relazione:

$$U = nC_V T + \text{cost}$$

questa costante è del tutto arbitraria in quanto in generale si considerano variazioni di energia interna del tipo:

$$\Delta U = U_f - U_i = nC_V T_f + \text{cost} - nC_V T_i - \text{cost} = nC_V \Delta T$$

Per semplicità possiamo scegliere la costante nulla.

E.2 Capacità termiche e relazione di Mayer

In analogia a quanto visto per l'espressione del calore scambiato in una trasformazione isocora, introduciamo la capacità termica a pressione costante C_p per una trasformazione isobara e valutiamo che relazione c'è con C_V e il significato della loro differenza.

Per una trasformazione isobara possiamo quindi esprimere il calore scambiato secondo la seguente relazione:

$$Q = nC_p \Delta T \quad (\text{E.4})$$

Dalla precedente sezione sappiamo che per qualsiasi trasformazione la variazione di energia interna è data dalla E.3, la quale è quindi valida anche per la trasformazione isobara.

Completiamo le quantità che compaiono nel primo principio della termodinamica calcolando, con l'equazione di stato dei gas perfetti, il lavoro compiuto nell'isobara con la seguente relazione:

$$L = p\Delta V = pV_f - pV_i = nRT_f - nRT_i = nR\Delta T \quad (\text{E.5})$$

Sostituendo nel primo principio della termodinamica le espressioni E.3, E.4 e E.5 otteniamo la seguente relazione fra C_V e C_p :

$$Q = \Delta U + L \Rightarrow nC_p \Delta T = nC_V \Delta T + nR\Delta T \Rightarrow C_p = C_V + R$$

La relazione

$$C_p = C_V + R \quad (\text{E.6})$$

è detta relazione di Mayer, dalla quale si può subito evidenziare che $C_p > C_V$. Questa disuguaglianza indica che a parità di variazione di temperatura, in una trasformazione isobara si deve scambiare una maggiore quantità di calore. Questo fatto si intuisce facilmente considerando che in una trasformazione isocora tutto il calore scambiato provoca solo una variazione di energia interna, mentre in una trasformazione isobara il calore scambiato in parte provoca una variazione di energia interna e in altra quantità viene trasformato in lavoro meccanico.

Richiamando alcuni risultati dalla teoria cinetica dei gas esprimiamo le capacità termiche con le seguenti relazioni:

$$\text{Gas monoatomico} \mapsto C_V = \frac{3}{2}R, C_p = \frac{5}{2}R$$

$$\text{Gas biatomico} \mapsto C_V = \frac{5}{2}R, C_p = \frac{7}{2}R$$

E.3 Esercitazioni e lavoro in un ciclo

Al fine di far prendere familiarità agli studenti con gli argomenti trattati, proponiamo alcuni esercizi che coinvolgono la rappresentazione nel piano pV di alcune trasformazioni termodinamiche e ne calcoliamo il lavoro, il calore e la variazione di energia interna.

E.3.1 Esercizio 1

Si consideri una trasformazione isocora seguita da una isobara le quali conducono dallo stato iniziale I allo stato finale F , si chiami questo percorso a . Si consideri poi una isobara seguita da una isocora le quali conducono sempre dallo stato I allo stato F coincidenti con gli stati del percorso a , e si chiami questo percorso b .

- Rappresentare nel piano pV i percorsi a e b .
- Verificare che $Q_a - L_a = Q_b - L_b$.
- Confrontare Q_a e Q_b .
- Confrontare L_a e L_b .

In questo esercizio si fa uso delle espressioni determinate sopra e si introduce il primo calcolo di lavoro in un ciclo, dal quale si evince che graficamente è l'area racchiusa dalla curva che rappresenta il ciclo.

E.3.2 Esercizio 2

Si consideri due generici stati nel piano pV caratterizzati da $I(p_I, V_I, T_I)$ e $F(p_F, V_F, T_F)$ con $p_I \neq p_F$, $V_I \neq V_F$ e $T_I \neq T_F$.

- Indicare (a piacere) nel piano pV i due stati I e F .
- Rappresentare una trasformazione termodinamica che colleghi I e F con un segmento.
- Determinare Q per andare da I a F .
- Determinare Q per andare da F a I .

In questo esercizio bisogna determinare graficamente il lavoro, quindi conoscendo la variazione di energia interna si determina l'espressione per Q .

E.3.3 Lavoro in un ciclo

Per generalizzare il calcolo del lavoro in ciclo facciamo notare che il valore assoluto del lavoro è dato dall'area racchiusa dalla curva che rappresenta il ciclo. Se la curva è percorsa in senso orario allora il lavoro sarà positivo in quanto $|L_{\text{espansione}}| > |L_{\text{compressione}}|$, mentre se è percorsa in senso antiorario il lavoro sarà negativo in quanto $|L_{\text{espansione}}| < |L_{\text{compressione}}|$. Quindi per il lavoro coinvolto in un ciclo possiamo fare la seguente schematizzazione:

$$\text{ciclo orario} \mapsto L_{\text{ciclo}} > 0$$

$$\text{ciclo antiorario} \mapsto L_{\text{ciclo}} < 0$$

È ovvio che se a seguito di una espansione si ripercorre la stessa trasformazione in compressione e viceversa il lavoro è complessivamente nullo e l'area della curva nel piano pV è nulla.

E.4 Laboratorio virtuale di termodinamica

Siccome preparare esperienze di termodinamica in laboratorio richiede una strumentazione particolare e data la non semplicità nella preparazione optiamo per svolgere insieme agli studenti alcune esperienze virtuali utilizzando applet che simulino le trasformazioni dei gas. A questo proposito si veda l'allegato App.G per le considerazioni e osservazioni sui software e applet considerate.

E.4.1 Espansione adiabatica nel vuoto

Con l'applet [10] proponiamo agli studenti la simulazione dell'esperienza di Joule di espansione adiabatica nel vuoto di un gas perfetto. L'applet parte con le molecole distribuite nei due contenitori in contatto. Inizialmente si procede a isolare tutte le molecole in un sola zona, quindi si chiude la separazione e si ottiene lo stato iniziale rappresentato in Fig.E.1(a). In seguito si procede a togliere la separazione fra i due contenitori ottenendo lo stato finale rappresentato in Fig.E.1(b). Nello stato finale si può notare come le velocità delle particelle non siano variate e come, di conseguenza, la temperatura sia rimasta invariata.

E.4.2 Ciclo rettangolare nel piano pV

Con l'applet [11] realizziamo un ciclo rettangolare nel piano pV composto in successione da una isobara+isocora+isobara+isocora, simile a quanto visto nell'esercizio E.3.1. L'aspetto molto interessante di questa simulazione è che per impostare una trasformazione termodinamica si deve direttamente agire sui parametri del sistema. Quindi per ottenere una isocora si deve bloccare il pistone e variare la temperatura della riserva di calore, mentre per ottenere una isobara si deve

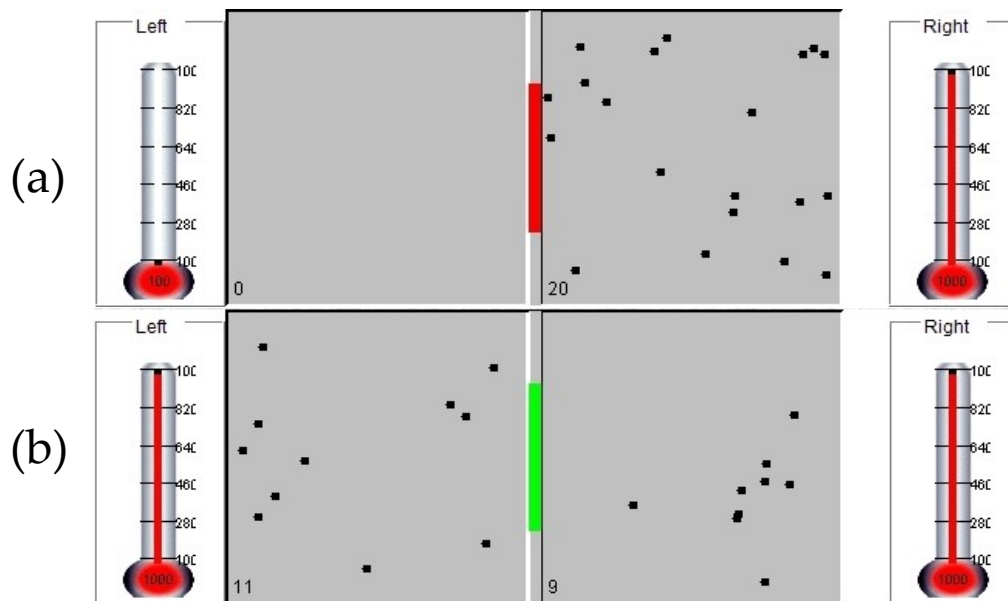


Figura E.1: Esperienza di Joule di espansione adiabatica nel vuoto di un gas perfetto. (a) stato iniziale, (b) stato finale.

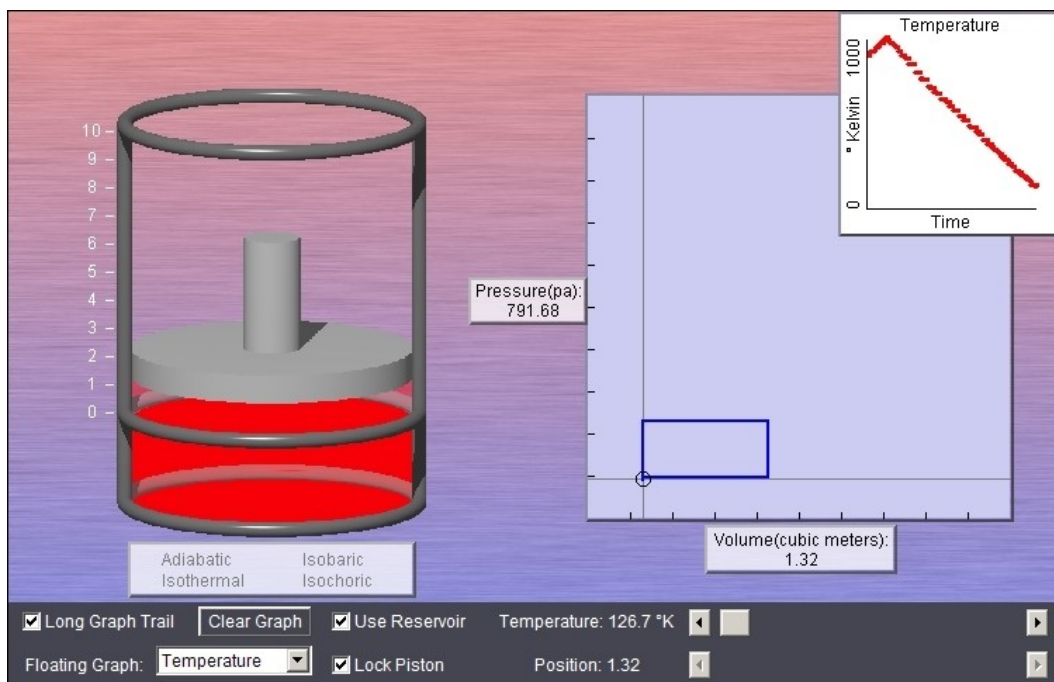


Figura E.2: Ciclo composto da 2 isobare e 2 isocore.

rendere libero il pistone e variare la temperatura. Riportiamo in Fig.E.2 l'esempio di ciclo proposto agli studenti. Durante questa esperienza virtuale gli studenti hanno annotato i valori delle

variabili termodinamiche in corrispondenza dei quattro stati vertici del rettangolo. In seguito hanno analizzato i dati.

E.5 Trasformazioni isoterma e adiabatica

In questa sezione presentiamo agli studenti le trasformazioni isoterma e adiabatica e svolgiamo due esperienze virtuali come approfondimento.

E.5.1 Isoterma

La trasformazione isoterma è caratterizzata da temperatura costante, dall'equazione di stato dei gas perfetti la pressione in funzione del volume risulta essere descritta dalla seguente relazione:

$$pV = \text{cost} \Rightarrow p(V) = \frac{\text{cost}}{V}$$

tale funzione nel piano pV è quindi un ramo di iperbole.

Dal fatto che $\Delta U = 0$ il primo principio della termodinamica diventa $Q = L$. Le espressioni per Q e L vengono date agli studenti senza dimostrazioni, in quanto non hanno ancora gli strumenti necessari (gli integrali):

$$Q = L = nRT \ln(V_f - V_i)$$

E.5.2 Adiabatica

Per quanto riguarda la trasformazione adiabatica forniamo agli studenti la relazione fra le variabili termodinamiche senza dimostrazione, in quanto non conoscono le equazioni differenziali:

$$pV^\gamma = \text{cost} \Rightarrow p = \frac{\text{cost}}{V^\gamma}$$

essendo l'esponente $\gamma = C_p/C_V$ risulta essere $\gamma > 1$, quindi la curva che rappresenta nel piano pV la trasformazione adiabatica decresce più rapidamente del ramo di iperbole corrispondente ad una trasformazione isoterma.

Essendo $Q = 0$ in una trasformazione adiabatica dal primo principio della termodinamica si trova che:

$$\Delta U = -L = nC_V \Delta T$$

E.5.3 Esperienza virtuale: confronto fra isoterma e adiabatica

Con l'applet [11] eseguiamo prima una espansione isoterma variando il volume, quindi una compressione adiabatica isolando il contenitore e variando il volume. Da quanto riportato in Fig.E.3 si può notare che le due curve corrispondenti ad una isoterma e ad una adiabatica non coincidono.

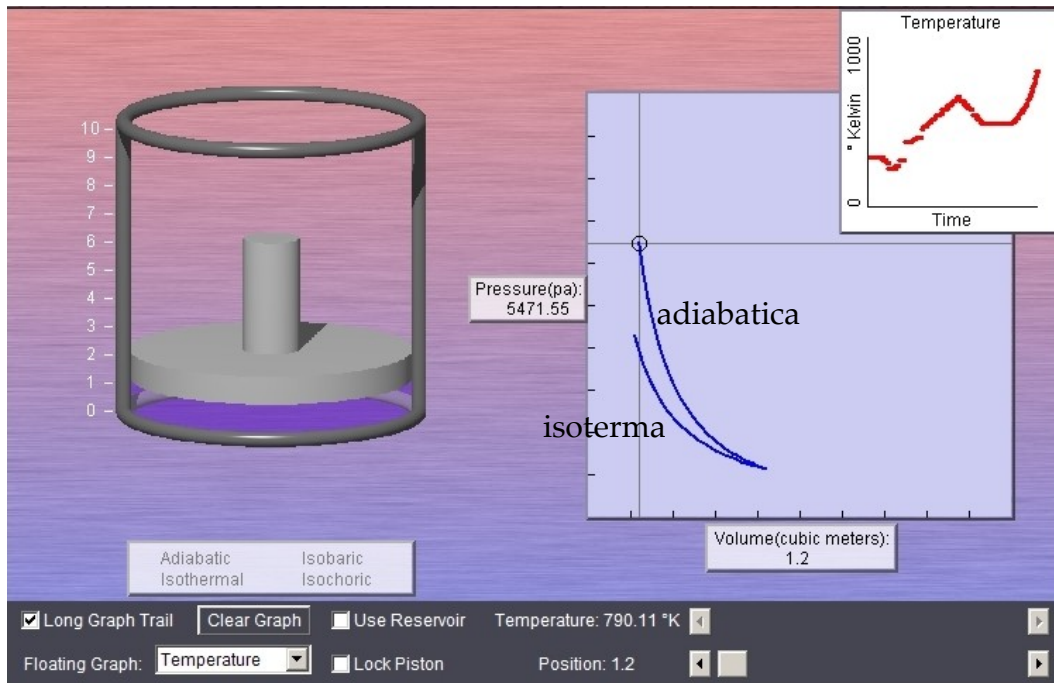


Figura E.3: Trasformazioni isoterma e adiabatica a confronto.

E.5.4 Esperienza virtuale dell'adiabatica

Sempre utilizzando la stessa applet ci proponiamo di studiare una trasformazione adiabatica, registrando i valori delle variabili termodinamiche p , V e T per sei diversi stati, con lo scopo di

1. verificare $pV = nRT$ per alcuni punti della adiabatica calcolando $nR = pV/T$ e determinazione di n ;
2. calcolo di $\gamma = \ln(p/p_0)/\ln(V_0/V)$, con p_0 e V_0 pressione e volume dello stato iniziale di riferimento;
3. determinazione della natura del gas, se mono o biatomico sapendo che $\gamma = C_p/C_V$;
4. verificare $pV^\gamma = \text{cost}$ per i punti acquisiti della adiabatica.

I dati acquisiti sono quindi stati analizzati insieme agli studenti e considerando il primo stato come stato di riferimento abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

1. per ogni stato risulta $nR = 8.31 \text{ J/K}$, essendo $R = 8.31 \text{ J/K}$, si determina che nella simulazione si sta operando con una mole di gas, cioè $n = 1$;
2. per ognuno dei punti da 2 a 5 otteniamo $\gamma = 1.4$, questa costanza verifica anche $pV^\gamma = \text{cost}$;

3. essendo $\gamma_{mono} = 1.7$ e $\gamma_{bi} = 1.4$, concludiamo che nella simulazione si ha a che fare con gas biatomico;
4. la verifica $pV^\gamma = \text{cost}$ non sarebbe necessaria, in quanto risulta già dal punto 2, ma a carattere didattico ripetiamo questa verifica calcolando pV^γ per ogni stato della trasformazione.

E.6 Le trasformazioni termodinamiche e i piani pV e pT

Proponiamo agli studenti un riepilogo delle rappresentazioni nel piano pV delle trasformazioni viste e ci proponiamo anche di visualizzare alcune trasformazioni nel piano pT .

Possiamo riepilogare le varie curve che descrivono le trasformazioni termodinamiche nel piano pV secondo questo schema:

Isocora	\mapsto	$V = \text{cost}$ (retta perpendicolare all'asse V)
Isobara	\mapsto	$p = \text{cost}$ (retta perpendicolare all'asse p)
Isoterma	\mapsto	$pV = \text{cost}$ (ramo di iperbole)
Adiabatica	\mapsto	$pV^\gamma = \text{cost}$

È interessante anche notare come si possa utilizzare il piano pT , per esempio, per rappresentare le trasformazioni termodinamiche. A tale proposito prendiamo come esempio un trasformazione isocora ed esprimiamo p in funzione di T :

$$p = \frac{nR}{V}T$$

dalla precedente relazione risulta chiaro che una isocora è rappresentata nel piano pT da una retta di coefficiente angolare $m = nR/V$. Essendo il coefficiente angolare inversamente proporzionale al volume V possiamo concludere che una retta meno inclinata corrisponde ad una isocora con volume maggiore di una isocora corrispondente ad una retta più inclinata.

E.7 Esercitazioni conclusive

Come esercizi da far svolgere agli studenti come compiti per casa in preparazione della verifica scritta proponiamo i quattro esercizi che seguono.

E.7.1 Esercizio 1

Proponiamo un esercizio del tutto analogo all'esercizio E.3.1.

E.7.2 Esercizio 2

Si consideri una espansione isobara da A a B seguita da una isocora da B a C , con $p_C > p_B$, seguita da una trasformazione da C a A rappresentata dal segmento CA che chiuda il ciclo. Si considerino quindi i cicli $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ e $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ e si calcoli per ognuno il lavoro e il calore totali. Si confrontino Q e L dei due cicli.

E.7.3 Esercizio 3

Si consideri una espansione isoterma da A a B seguita da una espansione adiabatica da B a C . Determinare L , Q e ΔU coinvolti nella trasformazione complessiva da A a C .

E.7.4 Esercizio 3

Si considerino due trasformazioni isocore nel piano pT , la prima da A a B con $p_B > p_A$ e $T_B > T_A$, la seconda da C a D con $p_D > p_C$ e $T_D > T_C$. Si rappresentino nel piano pT le due trasformazioni sapendo che i punti C e D giacciono su una retta meno inclinata della retta sulla quale giacciono i punti A e B . Indicare anche le rette corrispondenti. Dal grafico ottenuto quale fra le seguenti affermazioni è vera riguardo i volumi della prima trasformazione V_1 e della seconda V_2 ?

1. $V_1 > V_2$
2. $V_1 = V_2$
3. $V_1 < V_2$

Giustificare la risposta.

E.8 Conclusioni, verifica e approfondimenti

Con gli esercizi riepilogativi si è concluso il percorso di applicazioni del primo principio della termodinamica proposto agli studenti durante il mio tirocinio attivo. La verifica scritta per valutare questo argomento è presentata nell'allegato H.

In seguito alla verifica ho svolto un'ultima lezione di tirocinio attivo, nella quale ho presentato una introduzione alle macchine termiche diversa dalle solite trattazioni che si trovano in generale nei libri di testo. Per questa trattazione ho voluto scrivere una nota per gli studenti che riportiamo interamente nell'allegato App.F.

Appendice F

Introduzione alle macchine termiche

In questa nota ¹ introduciamo il concetto di macchina termica che opera con trasformazioni cicliche per trasformare calore in lavoro. In generale questo argomento viene trattato nei libri di testo a partire dal ciclo di Carnot, il quale, come primo impatto, può essere di non semplice comprensione.

Ci proponiamo quindi di introdurre intuitivamente le macchine termiche ragionando sugli inevitabili limiti fisici che si incontrano nella realtà .

Questa introduzione intuitiva verrà poi formalizzata con rigore affrontando il ciclo di Carnot e il secondo principio della termodinamica nel corso di fisica.

F.1 Trasformazione di calore in lavoro

Il principio zero della termodinamica mostra l'equivalenza fra calore e lavoro in un particolare processo termodinamico, in altre parole dice che calore e lavoro non sono altro che due forme diverse dell'energia.

Il primo principio della termodinamica formalizza questa equivalenza per una qualsiasi trasformazione termodinamica nella seguente relazione:

$$Q = \Delta U + L \tag{F.1}$$

La F.1 dice che in una qualsiasi trasformazione il calore scambiato è la somma della variazione dell'energia interna e del lavoro interessato nella trasformazione. Su questa uguaglianza si potrebbero fare molte osservazioni per distinguere e analizzare i vari casi in cui il calore totale è assorbito oppure ceduto dal sistema, il lavoro è compiuto dal sistema oppure compiuto sul sistema etc etc. Tutte queste osservazioni sono state affrontate durante lo studio delle applicazioni del primo principio della termodinamica.

¹Nella presente nota è riportata la lezione introduttiva alle macchine termiche tenuta alla classe 4^a K del Liceo Scientifico di Bondeno in data 22/01/2008 dal Dott. Mirco Andreotti come attività di tirocinio per la SSIS. La presente nota è disponibile online all'indirizzo <http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/MacchineTermiche.pdf> [17].

Lo scopo di questa nota è quello di introdurre le macchine termiche, quindi ci limiteremo ad analizzare e utilizzare il primo principio per le trasformazioni eseguite dalle macchine termiche.

L'uomo ha bisogno di macchine che compiano lavoro, macchine che ci facilitano e che faticano al posto nostro, non a caso per muoverci usiamo il motorino o l'automobile. Noi stessi compiamo lavoro in tutte le attività quotidiane, addirittura anche quando ci sembra di non fare nulla il nostro corpo compie lavoro, pensate per esempio al cuore che continuamente pompa il sangue nel sistema circolatorio.

La domanda che sorge spontanea è: ma da dove e come produciamo lavoro?

Il lavoro viene prodotto con macchine termiche che trasformano il calore in energia meccanica. Le prime macchine furono quelle a vapore, si brucia legna o carbone per produrre calore, il quale poi viene trasformato in lavoro dalla macchina. La nostra automobile brucia benzina producendo calore che poi viene convertito in lavoro. Il nostro stesso corpo trasforma l'energia chimica degli zuccheri in calore che poi viene trasformato in lavoro. Gli esempi potrebbero continuare all'infinito, ma in ogni caso le macchine trasformano calore in lavoro e queste sono dette macchine termiche.

F.2 Le trasformazioni che producono indefinitamente lavoro

A seguito di un continuo rifornimento di calore una macchina deve indefinitamente produrre lavoro. Indefinitamente non significa che produce lavoro senza spese, semplicemente si intende il fatto che finché si continua a fornire calore la macchina continua a produrre lavoro.

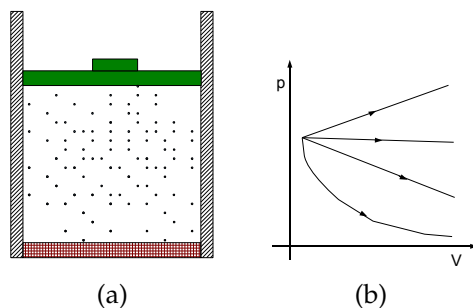


Figura F.1: (a) Gas in un contenitore con pistone mobile. (b) Espansioni nel piano pV .

Immaginiamo ora una macchina che produca lavoro e che lavori per mezzo di un gas perfetto. A questo scopo immaginiamo un gas in un contenitore con pistone mobile a pareti laterali

adiabatiche, mentre la parete inferiore può condurre calore, come rappresentato in Fig. F.1(a).

Consideriamo ora il piano pV e ci poniamo la seguente domanda:

quale tipo di trasformazione eseguita da una macchina in grado di produrre continuamente lavoro possiamo indicare sul piano pV ?

Una tipica risposta da non esperti è quella di considerare una qualsiasi trasformazione che corrisponda ad un continuo aumento di volume come quelle indicate in Fig. F.1(b), infatti un aumento di volume corrisponde a lavoro positivo e quindi a lavoro compiuto dal sistema/macchina.

In linea di principio la risposta è corretta, ma premettiamo subito che trasformazioni di questo tipo non possono essere quelle eseguite da una macchina reale. La giustificazione a questa affermazione è evidente se analizziamo le grandezze fisiche in gioco in queste trasformazioni.

- In alcuni casi abbiamo un indefinito aumento di volume, cioè nel tempo il volume aumenta sempre, quindi tende a diventare infinito. Sarà mai possibile realizzare fisicamente un contenitore di gas con pistone mobile e volume infinito? NO!
- In altri casi la pressione cresce indefinitamente, quindi con il tempo diventerà infinita. Sarà mai possibile realizzare concretamente un contenitore in grado di sopportare pressioni di questa entità? NO!
- Anche le temperature in gioco possono assumere valori molto elevati, addirittura ci saranno casi in cui le temperature sono così elevate da superare la temperatura del sole. Sarà mai praticamente possibile realizzare praticamente un contenitore in grado di sopportare tali temperature? NO!
- In altri casi aumentano indefinitamente sia il volume che la pressione che la temperatura, quindi valgono le precedenti considerazioni.

Abbiamo giustificato il fatto che trasformazioni che corrispondono a un continuo aumento di volume non possono essere realizzate da una macchina per produrre lavoro, dobbiamo quindi ancora determinare quali trasformazioni possano essere quelle giuste.

Dalle precedenti considerazioni, le trasformazioni termodinamiche che possono essere eseguite da una macchina termica per produrre lavoro devono avere le seguenti caratteristiche:

- produrre lavoro, quindi $L > 0$.
- mantenere limitati entro certi intervalli i parametri del gas p, V, T .
- la trasformazione deve poter essere rieseguita indefinitamente.

Le uniche trasformazioni che soddisfano le precedenti richieste sono le trasformazioni cicliche. Tali trasformazioni infatti, se scelte in modo opportuno, possono produrre un lavoro positivo, mantengono i parametri p, V, T limitati e possono essere ripetute indefinitamente. Notiamo negli esempi di trasformazioni cicliche di Fig.F.2 che per ciascuno il lavoro è positivo se scegliamo di percorrere il ciclo in senso orario.

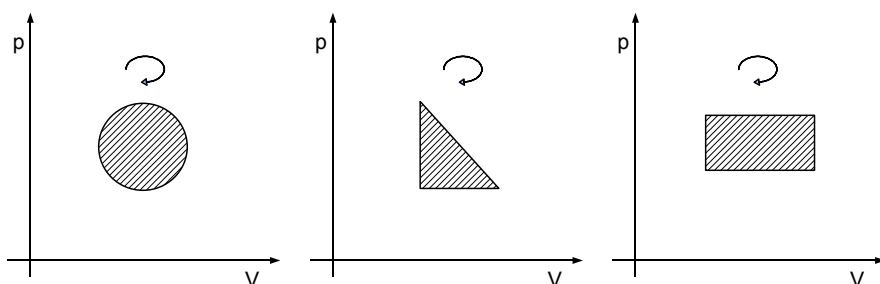


Figura F.2: Esempi di trasformazioni cicliche con $L > 0$ rappresentate nel piano pV .

F.3 La macchina termica e il rendimento

Vediamo ora quali sono le caratteristiche principali di una macchina termica ciclica in termini di calore scambiato e lavoro prodotto. Non serve considerare come caratteristica della macchina termica la variazione di energia interna, in quanto sappiamo bene che in una trasformazione ciclica tale variazione è nulla. Infatti per qualsiasi trasformazione ciclica il primo principio della termodinamica diventa:

$$Q = \Delta U + L \xrightarrow{\text{ciclo}} Q = L \quad (\text{F.2})$$

L'uguaglianza fra Q ed L ci dice che tutto il calore scambiato nella trasformazione è uguale al lavoro prodotto. Essendo $L > 0$, anche $Q > 0$, quindi il calore Q è assorbito e sembrerebbe che tutto il calore che viene fornito al sistema sia quindi trasformato in lavoro. Questa affermazione non è corretta in quanto Q rappresenta il calore scambiato durante l'intero ciclo, ciò indica che sarà composto da una quantità di calore assorbito e da una quantità di calore ceduto. Essendo in eccesso la quantità di calore assorbito rispetto a quello ceduto il calore totale risulta positivo e quindi lo indichiamo come assorbito, ma in realtà è diverso dal calore che viene effettivamente fornito al sistema.

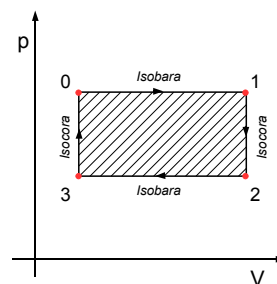


Figura F.3: trasformazione ciclica nel piano pV

Per chiarire le precedenti considerazioni analizziamo una semplice trasformazione ciclica rappresentata in Fig. F.3. Tale trasformazione è composta in sequenza dall'espansione isobara $0 \rightarrow 1$, dalla isocora $1 \rightarrow 2$, dalla compressione isobara $2 \rightarrow 3$ e dalla isocora $3 \rightarrow 0$ che richiude il ciclo. Analizziamo qualitativamente il lavoro e il calore scambiato in questo ciclo.

La determinazione del lavoro non comporta nessuna difficoltà, in quanto essendo la trasformazione ciclica sappiamo che il lavoro non è altro che l'area racchiusa dal ciclo, come indicato dall'area evidenziata in Fig. F.3. Possiamo inoltre affermare che tale lavoro è positivo, in quanto la trasformazione ciclica è percorsa in senso orario. Essendo il lavoro positivo, ciò indica che è un lavoro prodotto dal sistema, quindi complessivamente il sistema produce lavoro:

$$L > 0 \implies \text{Lavoro prodotto dal sistema} \quad (\text{F.3})$$

Per quanto riguarda il calore totale scambiato durante il ciclo dobbiamo analizzare i calori scambiati in ciascuna trasformazione.

- $Q_{01} > 0 \implies$ calore **assorbito** dal sistema.
- $Q_{12} < 0 \implies$ calore **ceduto** dal sistema.
- $Q_{23} < 0 \implies$ calore **ceduto** dal sistema.
- $Q_{30} > 0 \implies$ calore **assorbito** dal sistema.

Notiamo che in 2 trasformazioni abbiamo calori ceduti, mentre nelle altre due abbiamo calori assorbiti. Possiamo quindi, per comodità, raggruppare i calori scambiati nelle singole trasformazioni in calore totale assorbito (Q_{ASS} che è positivo) e calore totale ceduto (Q_{CED} che è negativo):

$$Q_{ASS} = Q_{01} + Q_{30} > 0 \quad (\text{F.4})$$

$$Q_{CED} = Q_{12} + Q_{23} < 0 \quad (\text{F.5})$$

Essendo il calore totale Q scambiato durante l'intero ciclo la somma dei singoli calori, allora sarà anche la somma fra calore assorbito e calore ceduto, inoltre essendo $Q_{CED} < 0$ possiamo tranquillamente scriverlo come $Q_{CED} = -|Q_{CED}|$, quindi il calore totale diventa:

$$Q = Q_{01} + Q_{30} + Q_{12} + Q_{23} = Q_{ASS} + Q_{CED} = Q_{ASS} - |Q_{CED}| \quad (\text{F.6})$$

Come abbiamo accennato prima notiamo che il calore totale è positivo e quindi diciamo che complessivamente è assorbito, ma in realtà il calore che effettivamente viene fornito al sistema è Q_{ASS} , in quanto nel calore totale c'è compreso anche una parte di calore ceduto Q_{CED} .

Riprendiamo ora il primo principio della termodinamica per questo ciclo esplicitando il calore totale con la precedente differenza:

$$Q_{ASS} - |Q_{CED}| = L \implies Q_{ASS} = L + |Q_{CED}| \quad (F.7)$$

Abbiamo espresso il calore fornito al sistema come somma del lavoro e di $|Q_{CED}|$, in quanto vista in questo modo, tale relazione indica che per produrre un certo lavoro L dobbiamo fornire effettivamente al sistema una quantità di calore Q_{ASS} . Tale quantità di calore sarà quindi in parte trasformata in lavoro e in parte in calore $|Q_{CED}|$ che viene perso. Possiamo vedere Q_{ASS} come la quantità di combustibile che, fornito alla macchina, in parte serve per produrre lavoro L e in parte viene perso sotto forma di calore $|Q_{CED}|$. Una macchina termica può quindi essere schematizzata come in Fig. F.4.

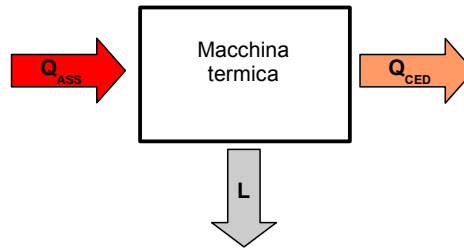


Figura F.4: Schematizzazione della macchina termica.

Dalle precedenti considerazioni risulta quindi chiaro che quando parliamo di macchina termica ciclica siamo interessati in primo luogo a conoscere quanto questa macchina è efficiente, ossia sapere quanto lavoro possiamo ricavare da una certa quantità di calore effettivamente fornito al sistema. Per esempio se abbiamo due macchine termiche che a parità di una quantità di calore $Q_{ASS} = 20J$ producono rispettivamente i lavori $L_1 = 10J$ e $L_2 = 5J$, risulta chiaro che la prima macchina è più efficiente e la preferiamo alla seconda, in quanto riesce a produrre più lavoro rispetto alla seconda a parità di calore fornito.

Possiamo quindi identificare se una macchina è più o meno efficiente definendo il rendimento di una macchina termica come il rapporto fra il lavoro prodotto e il calore fornito al sistema:

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} \quad (F.8)$$

Essendo $L < Q_{ASS}$ il rendimento sarà una quantità minore di 1. Sarà 1 solo per casi estremi, concretamente non raggiungibili. Possiamo inoltre vedere che il rendimento è sempre un quantità positiva per una macchina termica ciclica che produce lavoro. Possiamo quindi dire che:

$$0 < \eta < 1 \quad (F.9)$$

Possiamo, in modo equivalente, esprimere il rendimento in termini di Q_{ASS} e $|Q_{CED}|$ con la seguente relazione:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{CED}|}{Q_{ASS}} \quad (\text{F.10})$$

F.4 Conclusioni e approfondimenti

Con questa breve nota si è voluto dare una definizione pratica di macchina termica, fornendo quelle che sono le principali richieste che devono essere rispettate, ossia il fatto che la macchina termica per poter essere realizzata praticamente deve lavorare con una trasformazione ciclica. Abbiamo inoltre definito il parametro rendimento che ci permette di classificare la bontà di una macchina termica.

Maggiori approfondimenti saranno trattati durante il corso di fisica con il ciclo di Carnot e il secondo principio della termodinamica.

Curioso e istruttivo sarebbe analizzare qualitativamente il funzionamento di una delle prime macchine termiche cicliche realizzate dall'uomo: la macchina a vapore. A tale proposito indichiamo un sito internet sul quale si possono trovare diverse animazioni della macchina a vapore, dall'animazione completa alle animazioni che ne illustrano i dettagli. Sempre sullo stesso sito si può visionare un video di un modellino di macchina a vapore. Il link del sito è <http://www.racine.ra.it/ungaretti/SeT/macvapor/> [13].

Appendice G

Analisi di simulazioni per la termodinamica

In questo allegato riportiamo un documento distribuito agli studenti nel quale riportiamo osservazioni e considerazioni riguardo alcune applet e software per la simulazione dei processi termodinamici.

Analisi di alcune interessanti Animazioni/Software per la termodinamica trasformazioni dei gas perfetti e teoria cinetica dei gas

- ✓ Simulazione per l'espansione adiabatica di un gas nel vuoto

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/Thermodynamics/therm1f.html>

- verificare che quando il gas espande la temperatura non cambia, provare con diverse temperature, infatti non cambiano le velocità delle molecole del gas.
- Questa è una simulazione e lo si vede in quanto c'è una piccola imprecisione
 - Basta anche solo una molecola per determinare la temperatura, mentre la temperatura è una grandezza macroscopica che dipende dalla velocità media di tante molecole.
 - Si può notare con un po' di osservazione che le molecole si muovono tutte alla stessa velocità, cosa che non è vera nel caso di un gas.

- ✓ Applet per la simulazione delle trasformazioni di un gas

http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0078458137/student_view0/chapter12/thermodynamics_applet.html

- Setup della simulazione
 - Contenitore adiabatico del gas con pistone mobile o fisso
 - Eventuale (si può inserire e togliere) sorgente di calore alla base del contenitore
 - Indicazione della trasformazione che si sta compiendo
 - Indicatore e controllo di T della sorgente
 - Indicatore di colore della T del gas: uguale al colore della sorgente
 - Indicatore e controllo della posizione del pistone (quindi del volume del gas)
 - Visualizzatore del piano pV e controllo per la pulizia del grafico (clear graph)
 - Grafico aggiuntivo nel quale si possono vedere
 - P, V o T in funzione del tempo
 - Attività molecolare→ visto che l'attività molecolare è solo una rappresentazione simulata è più interessante visualizzare in questo grafico la T, in questo modo possiamo visualizzare tutte le grandezze p, V e T durante le trasformazioni.
- In questa simulazione non si può scegliere direttamente la trasformazione da eseguire ma si può solo agire sui controlli, i quali sono quelli sottolineati nella lista precedente. Quindi le azioni che possiamo eseguire sono le seguenti:
 - Rendere fisso o meno il pistone → $V=\text{cost}$ oppure $V=\text{variabile}$
 - Mettere o togliere la sorgente di calore → T dipenderà dalle azione che eseguiamo
 - Con sorgente presente si può regolare la temperatura della sorgente
 - T della sorgente modificabile
 - fornire o sottrarre Q

→ lasciando T fissa questa non cambia in quanto è impostata dalla sorgente

- Come eseguire le diverse trasformazioni del gas
 - o Isocora $V=\text{cost}$
 - Bloccare il pistone al volume desiderato (Lock Piston)
 - Variare T della sorgente
 - o Isobara $P=\text{cost}$
 - Sbloccare il pistone
 - Scegliere la posizione iniziale del pistone
 - Variare T della sorgente → fornire o sottrarre calore
→ variando T varia di conseguenza la posizione del pistone al fine di mantenere costante la pressione
 - o Isoterma $T=\text{cost}$ (stessa configurazione della isobara)
 - Sbloccare il pistone
 - Scegliere la T della sorgente
 - Variare V con il pistone → compiere lavoro
→ variando V varia di conseguenza la pressione in quanto la temperatura è mantenuta fissa dalla sorgente.
 - o Adiabatica $Q=0$
 - Togliere la riserva di calore, il contenitore è isolato dall'esterno e non scambia calore
 - Variare V → compiere lavoro → variazione di p e T

Esercizio: eseguire una trasformazione isoterma e una adiabatica, cosa si può concludere guardando le corrispondenti curve delle trasformazioni sul piano pV?

Altre applicazioni importanti le possiamo vedere quando studieremo i cicli.

✓ Programma di simulazione dei gas perfetti

<http://www.physics-software.com/software.html>

- visualizzare le singole trasformazioni termodinamiche, isobara, isocora, isoterma
- osservazioni sull'attività molecolare del gas simulata dal programma:
 - o le velocità delle molecole sono diverse
 - o variazioni di T provocano variazioni di tutte le velocità
 - o la pressione è funzione della frequenza degli urti contro le pareti (da verificare)
 - possiamo verificare come cambia la pressione in funzione della frequenza di urti, scegliamo una isocora, mettiamo V_{max} , quindi impostiamo 5 T diverse e contiamo gli urti contro le pareti per unità di tempo.
 - o sembra che le molecole possano urtare in modo elastico fra di loro (?), non è facile da valutare.
 - o a volte sembra che alcune molecole cambino direzione senza urtare contro nulla (baco della simulazione?)

Appendice H

Verifica di fisica

In questo allegato riportiamo la verifica scritta di fisica svolta al termine del percorso didattico descritto nell'allegato App.E e presentato durante l'attività di tirocinio attivo presso la classe 4^a K del liceo scientifico PNI di Bondeno (FE). Nel seguito riportiamo la griglia di valutazione, gli esiti della verifica e il testo della verifica.

Questa verifica è stata pensata al fine di valutare quanto gli studenti siano riusciti ad acquisire l'elasticità necessaria per poter trattare con i concetti fondamentali che sono stati trattati. Per esempio parlare di variazione di energia interna in un ciclo dovrebbe essere immediato rispondere che la variazione è nulla. Per questa valutazione è stato preparato il primo esercizio, il quale è articolato in cinque domande.

Al fine di valutare invece le capacità acquisite per operare con le opportune relazioni delle trasformazioni termodinamiche proponiamo due problemi da risolvere.

H.1 Testo della verifica

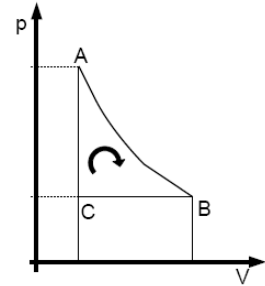
Riportiamo nelle seguenti due pagine il testo completo della verifica sottoposta agli studenti. Nel testo sottoposto agli studenti non erano indicati i punteggi di ogni quesito.

Alunno: _____

Termodinamica

Esercizio N° 1 (5 punti)

Si consideri la trasformazione ciclica rappresentata nel piano pV percorsa in senso orario $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$.



1. (0.5 punti) Sapendo che nella trasformazione da A a B il calore scambiato è nullo, $Q_{AB}=0$, classificare le 3 trasformazioni coinvolte nel ciclo:
 - a. La trasf $A \rightarrow B$ è una
 - b. La trasf $B \rightarrow C$ è una
 - c. La trasf $C \rightarrow A$ è una

2. (1.5 punti) Quanto vale la variazione di energia interna ΔU dopo aver eseguito l'intero ciclo $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$? Giustificare sinteticamente la risposta.

$\Delta U = \dots\dots\dots$

Perché?.....

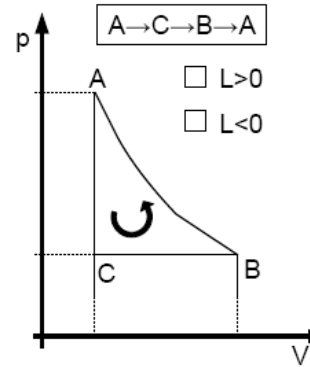
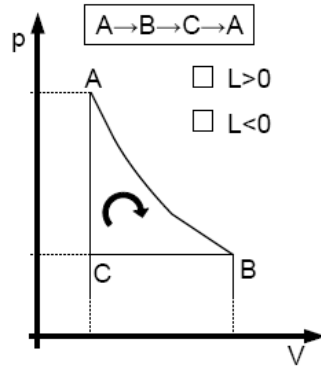
3. (0.5) Indicare per ciascuna trasformazione se il lavoro è positivo, negativo o nullo:
 - a. $L_{AB} > 0$ $L_{AB} < 0$ $L_{AB} = 0$
 - b. $L_{BC} > 0$ $L_{BC} < 0$ $L_{BC} = 0$
 - c. $L_{CA} > 0$ $L_{CA} < 0$ $L_{CA} = 0$

4. (1.5 punti) Durante la trasformazione $C \rightarrow A$ il calore è assorbito o ceduto dal sistema? Giustificare la risposta.

.....

Alunno: _____

5. (1 punto) Evidenziare graficamente il lavoro compiuto nelle due trasformazioni cicliche $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ e $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ e indicare se L_{TOT} è positivo o negativo.



Esercizio N° 2 (3 punti)

Si consideri una mole di gas biatomico che compie un'espansione adiabatica. Lo stato iniziale è caratterizzato dai valori $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ e $V_0 = 1 \text{ m}^3$.

Quanto vale la temperatura del gas dopo che questo, a seguito dell'espansione, viene ad occupare un volume $V_1 = 2,5 \text{ m}^3$?

Esercizio N° 3 (2 punti)

Si consideri una mole di gas monoatomico contenuto in un contenitore con pistone mobile.

Quanto calore bisogna fornire affinché il gas compia un lavoro $L = 15 \text{ J}$ a seguito di una espansione a pressione costante?

H.2 Criteri di valutazione ed esito

Ad ogni quesito è stato assegnato un punteggio, come indicato nel testo della verifica, in base alla difficoltà, per un totale di 10 punti. Il voto della verifica è quindi direttamente determinato dal punteggio accumulato. A zero punti viene comunque assegnato il voto 1, in modo che i voti vadano da 1 a 10.

La fase di correzione è consistita in tre revisioni successive, in quanto ho dovuto cercare di riconoscere punteggi parziali per risposte non propriamente corrette, ma che contenevano qualche segno di impegno e comprensione. La terza revisione si è svolta in collaborazione con il tutor. Riportiamo in Tab.H.1 i risultati delle tre revisioni successive con voti arrotondati e non e i voti definitivi decisi con il tutor. Dalla seconda correzione in poi si nota un aumento del numero di

Studente	Corr 1	Corr 2	Corr 3	Corr Def
1	5,95 (6)	6,75 (7)	6,75 (7)	7
2	4,25 (4)	4,65 (5)	4,85 (5)	5
3	3,95 (4)	4,65 (5)	4,35 (4)	4+
4	5,2 (5)	6,4 (6)	6 (6)	6
5	2,75 (3)	3,25 (3)	3,15 (3)	3
6	5,5 (6)	5,9 (6)	5,8 (6)	6
7	7,6 (8)	7,8 (8)	7,7 (8)	7/8
8	7,2 (7)	8,2 (8)	7,9 (8)	8
9	3,3 (3)	3,6 (4)	3,6 (4)	4
10	2,3 (2)	2,9 (3)	2,5 (3)	3
11	3,55 (4)	4,35 (4)	3,65 (4)	4
12	4,1 (4)	5,4 (5)	5,2 (5)	5+
13	5,2 (5)	6,1 (6)	5,9 (6)	6
14	5,95 (6)	6,65 (7)	6,55 (7)	6,5
% di suff	36%	50%	50%	50%

Tabella H.1: Esiti della verifica scritta di fisica. Risultati delle tre revisioni successive e voti finali. I voti tra parentesi sono quelli arrotondati.

sufficienze. Da un certo punto di vista le più revisioni mi hanno permesso di capire che non si devono usare criteri troppo rigidi per valutare le risposte degli studenti. In generale i risultati non sono stati brillanti, questo può anche essere dovuto in parte alla mia non esperienza nella trattazione degli argomenti a studenti di una scuola secondaria superiore. Molto probabilmente ho trascurato il fatto di dovermi soffermare e focalizzare maggiormente su quelli che sono i concetti fondamentali e chiave per la comprensione. Bisogna inoltre notare che la termodinamica è notoriamente un argomento difficile per gli studenti del liceo.

Appendice I

Relazione finale del docente tutor di fisica

In questo allegato riportiamo la relazione finale del docente tutor di fisica Prof. Valeria Minguzzi del Liceo Scientifico di Bondeno (FE).

RELAZIONE FINALE DEL DOCENTE TUTOR DEL TIROCINIO

Cognome e Nome del Docente Tutor: Minguzzi Valeria

Istituto: Istituto d'Istruzione Superiore "Carducci" - Liceo Scientifico Bondeno (FE)

Cognome e Nome dello Specializzando: Andreotti Mirco

Classe di Abilitazione: A049 - Matematica e Fisica

Indirizzo di studi della SSIS: FIM – Fisico – Informatico - Matematico

Attività di accoglienza del tirocinante

- Presentazione documenti, classe, strutture... , n° ore 2

Attività di bilancio:

- Incontro con il tirocinante sull'andamento dell'unità didattica n° di ore: 3
- Incontro conclusivo con il tirocinante n° di ore: 1
- Tirocinio osservativo, n° di ore: 8
- Tirocinio attivo, n° di ore: 8
- Relazione finale del docente tutor, n° di ore: 1

Relazioni sulle attività di tirocinio:

Attività svolte dal docente tutor durante il tirocinio osservativo:

- Tipo di attività *Correzione e consegna verifiche scritte; esercitazioni alla lavagna; correzione degli esercizi assegnati a casa; verifiche orali; spiegazioni.*
- Obiettivi *Sapere il gas perfetto, la trasmissione del calore e i cambiamenti di stato di aggregazione della materia. Sapere il modello cinetico dei gas. Sapere i principi della termodinamica. Utilizzare le leggi della dilatazione termica. Analizzare il comportamento di semplici sistemi aeriformi mediante il modello del gas perfetto. Sapere gli errori sperimentali e la loro grandezza. Sapere il vettore forza e gli altri vettori. Sapere la forza-peso e quella elastica. Determinare l'errore associato alla misura di grandezze derivate e approssimare i valori con il corretto numero di cifre significative. Conoscere il moto (posizione, velocità, accelerazione), le equazioni orarie e i grafici. Conoscere la rappresentazione vettoriale delle grandezze fisiche e le operazioni con i vettori. Conoscere il moto: rettilineo uniforme, rettilineo uniformemente accelerato.*
- Contenuti *Dilatazione termica, leggi di Boyle e Gay-Lussac, equazione di stato dei gas perfetti; legge di Hooke, moto su un piano inclinato, moti rettilinei, vettori; legge di Coulomb, teorema di Gauss.*
- Metodi *Lezione frontale e dialogata, discussioni aperte e coordinate dal docente; esercitazioni alla lavagna.*

- Strumenti *Appunti presi dagli studenti durante le lezioni; lavagna; libro di testo.*
- Verifica *Risoluzione di problemi; verifica orale.*
- Eventuali attività di recupero/consolidamento/potenziamento in relazione ai risultati della verifica *esercizi di consolidamento.*

Attività svolte dal tirocinante durante il tirocinio attivo:

- Tipo di attività *Spiegazioni, esercitazioni, verifiche scritte e orali, laboratorio virtuale.*
- Obiettivi *Comprensione del significato del primo principio della termodinamica come principio generale di conservazione dell'energia; Comprendere il significato e le dipendenze delle grandezze coinvolte nei processi termodinamici come quantità di calore scambiato, lavoro ed energia interna; Comprendere il significato delle definizioni di grandezze fisiche come capacità termiche e altro; Comprensione delle trasformazioni cicliche; Saper analizzare e operare con le grandezze coinvolte nelle trasformazioni dei gas perfetti; Riuscire a visualizzare varie definizioni di grandezze termodinamiche come energia interna, capacità termiche e altro in base ai processi fisici coinvolti; Saper analizzare i processi termodinamici che si verificano nelle applicazioni più importanti di tutti i giorni; Saper analizzare analiticamente e graficamente le trasformazioni cicliche e le grandezze correlate come il rendimento di una macchina termica.*
- Contenuti *primo principio della termodinamica, relazione di Mayer, trasformazioni isobare, isoterme, adiabatiche e cicliche, introduzione alle macchine termiche.*
- Metodi *Lezione frontale e dialogata, esercitazioni alla lavagna, applet interattive.*
- Strumenti *Appunti presi dagli studenti durante le lezioni; lavagna; libro di testo, videoproiettore, internet, computer.*
- Verifica *risoluzione di problemi; verifica scritta e verifica orale.*
- Eventuali attività di recupero/consolidamento/potenziamento in relazione ai risultati della verifica
-

Giudizio del docente Tutor:

- positivo

Il tirocinante ha fornito un lavoro culturale di qualità, organizzando e rispettando i tempi preventivati. L'esposizione degli argomenti concordati è stata accurata.

Parte IV

Allegati di Matematica

Appendice J

Scheda progetto tirocinio attivo di matematica

In questo allegato riportiamo il progetto preliminare pensato per lo svolgimento del percorso didattico per il tirocinio attivo di matematica.

SCHEDA PROGETTO DI MATEMATICAdel tirocinante **MIRCO ANDREOTTI**

Scuola/Istituto: Liceo Sociale - Carducci - Ferrara	Classe: 5 ^a A
Tutor: Prof.ssa Donatella Mazzini	
Tema/titolo del progetto: Introduzione ai limiti di una funzione	Durata ore: 8/10

Obiettivi specifici (suddivisi per conoscenze e abilità, da concordare con il tutor):

Considerando il numero di ore a disposizione per lo svolgimento dell'argomento e per una eventuale prova di verifica non ci proponiamo di svolgere per intero tutta la teoria dei limiti, piuttosto ci proponiamo un'introduzione all'argomento. A tale proposito gli obiettivi che ci prefiggiamo di raggiungere sono elencati nel seguito.

Conoscenze

- ✓ Comprendere il concetto di limite
- ✓ Sapere la definizione di limite
- ✓ Sapere la definizione di funzione continua
- ✓ Sapere il teorema di unicità del limite e comprendere la relazione con limite unico e differenza fra limite destro e sinistro in una funzione non continua
- ✓ Saper utilizzare i teoremi fondamentali quali il teorema del confronto e della permanenza del segno
- ✓ Sapere eseguire operazioni con i limiti
- ✓ Riconoscere alcune caratteristiche delle funzioni
- ✓ Calcolare i limiti di alcune funzioni
- ✓ Riconoscere la continuità o la discontinuità di una funzione

Abilità

- ✓ Saper dare la definizione di limite di una funzione per la variabile indipendente che tende ad un valore finito o infinito
- ✓ Saper verificare la correttezza di un limite in base alla definizione
- ✓ Saper riconoscere funzioni continue in un punto
- ✓ Essere in grado di applicare le conoscenze e le competenze acquisite anche in campi diversi, per esempio in geometria.

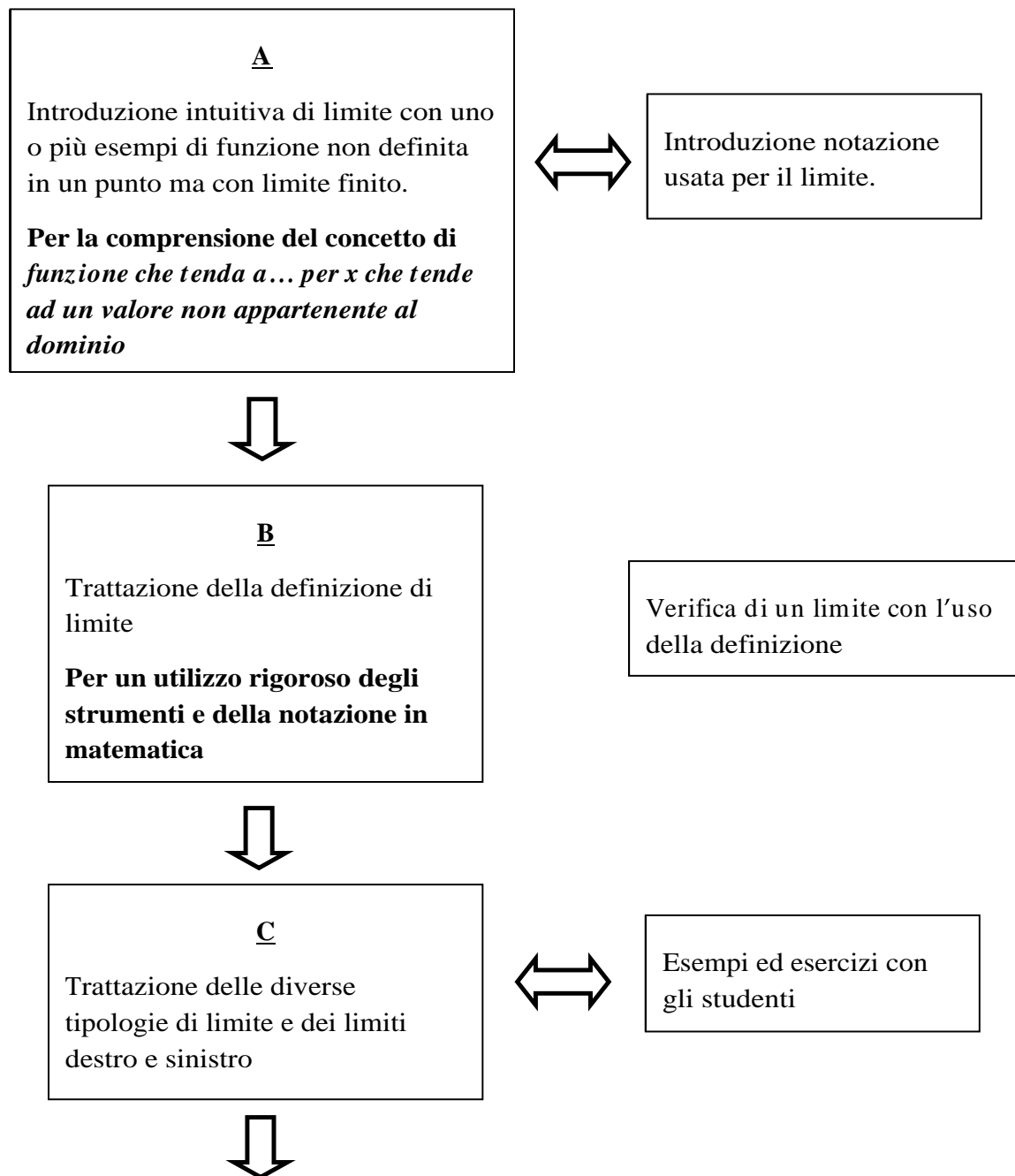
Modalità di attuazione (tipologia di lezioni, uso di laboratori e altre strutture)

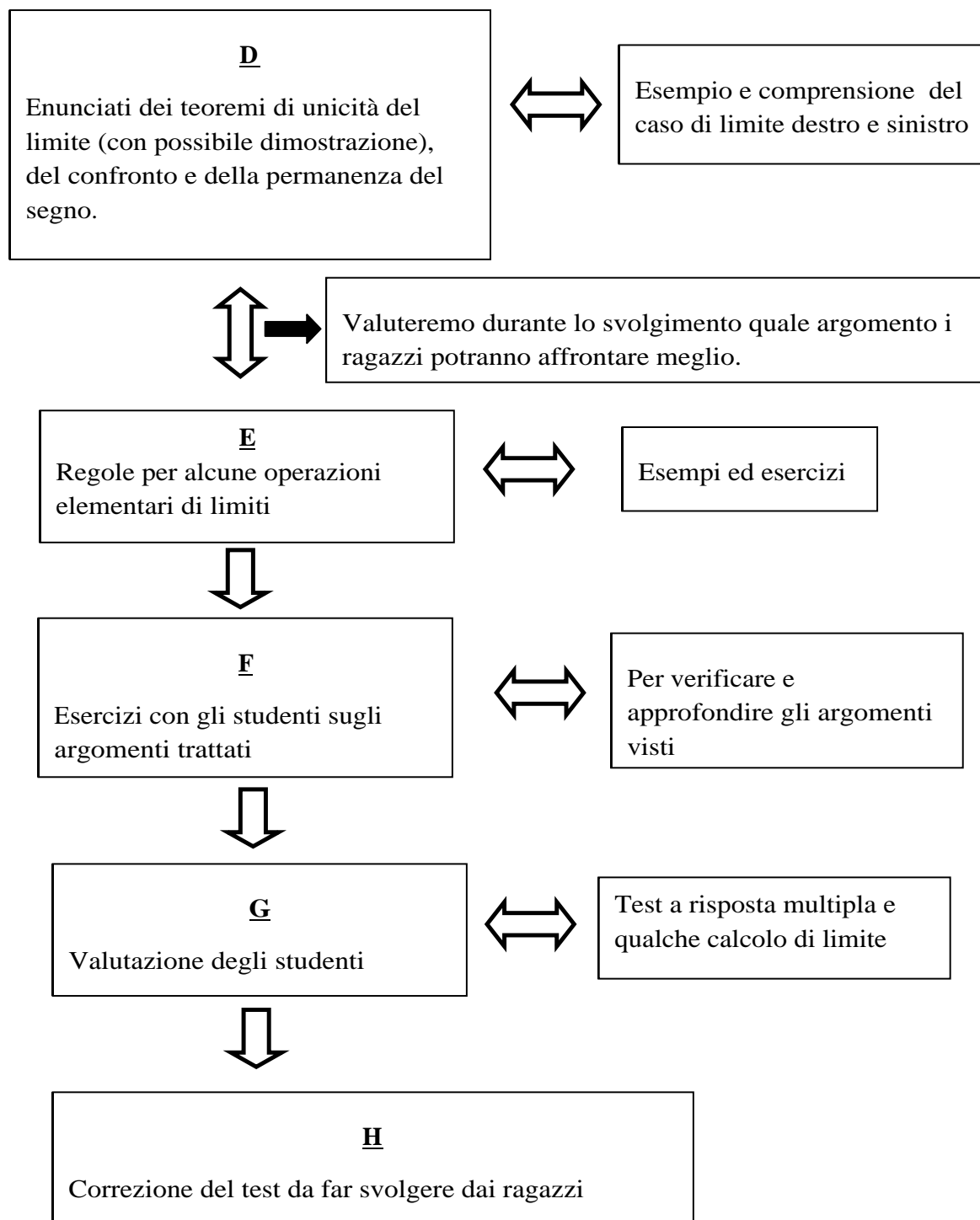
Trattazione dell'argomento con lezioni frontali con continua interazione con gli studenti, in particolare tentare di guidare gli studenti ad apprendere i concetti fondamentali sottoponendo loro

esempi e richiedendo loro una interpretazione ed eventuale soluzione.

Si potrebbe procedere con l'uso di software quali derive o più semplicemente un figlio di calcolo per una migliore visione del concetto di *funzione che tenda a ...*. Sarà durante lo svolgimento dell'argomento che valuteremo se sarà necessario o se ci sarà l'opportunità di utilizzare software.

Mappa concettuale dei temi da trattare (da costruire utilizzando caselle di testo e frecce di collegamento) con enucleazione e breve commento dei punti nodali da svolgere in classe (in accordo con il tutor):





Per ognuno dei punti precedenti ci prefiggiamo di impiegare circa un'ora di lezione. Chiaramente questa tempistica è variabile, in quanto dipendente dalla reazione che avranno gli studenti nell'affrontare l'argomento.

Eventuali osservazioni aggiuntive sui contenuti disciplinari

Nello sviluppo dei contenuti preferiamo concentrarci soprattutto sui concetti affinché gli studenti comprendano l'argomento e le tecniche usate per la determinazione dei limiti. Per quanto riguarda i teoremi inizialmente procederemo con il fornirne l'enunciato e una spiegazione intuitiva del loro significato, senza entrare nei dettagli delle dimostrazioni. Valuteremo durante la fase attiva se e quando sarà opportuno dimostrare almeno il teorema di unicità.

Sarebbe nostra intenzione ad un certo punto dello sviluppo dell'argomento affrontare insieme agli studenti alcune applicazioni concrete dei limiti. Un primo esempio interessante da diversi punti di vista potrebbe essere quello di applicare il limite per la determinazione dell'espressione dell'area e perimetro di una circonferenza a partire da un poligono regolare a N lati inscritto in essa. Questa applicazione è a mio avviso interessante in quanto permette di affrontare i seguenti argomenti:

- ✓ Riprendere le funzioni trigonometriche che gli studenti hanno appena visto
- ✓ Trattazione del concetto di approssimazione del sin di un angolo quando l'angolo è molto piccolo. Questo concetto si può dimostrare intuitivamente graficamente e anche geometricamente in modo più rigoroso.

Questo esempio permette di far notare ai ragazzi importati applicazioni concrete dei limiti.

Tipologia delle verifiche che ci si propone di svolgere (descrivere esattamente la tipologia delle verifiche che si intende svolgere, concordandole con il docente tutor e le griglie di valutazione utilizzate). Ulteriori specifiche saranno indicate dallo specializzando :

L'idea è quella di sottoporre alcune domande a risposta multipla per la valutazione dei concetti fondamentali e alcuni limiti da calcolare per la verifica delle capacità di calcolo acquisite.

Per quanto riguarda la valutazione delle risposte multiple queste saranno o corrette oppure no, mentre per il calcolo dei limiti si valuterà il procedimento e la correttezza del risultato, distinguendo i vari casi che si incontreranno.

Libri di testo e altri strumenti che si intende utilizzare concordandoli con il tutor (descrivere dettagliatamente quali libri di testo ed in generale quali strumenti –ad esempio questionari, fotocopie, computer, videoproiettore, siti, software - si intendono usare, ecc):

Libri di testo

- ✓ Lamberti, Mereu, Nanni "Il manuale di matematica secondo", ETAS LIBRI 1992
- ✓ Bergamini, Trifone "I limiti – Moduli di matematica U", Zanichelli 2004

Eventuali Software

- ✓ Derive
- ✓ Excel

Eventuali osservazioni da segnalare

Risulta opportuno osservare che tenteremo di sviluppare quanto esposto sopra, ma valuteremo attentamente durante lo svolgimento la reazione degli studenti e di conseguenza riadatteremo il percorso previsto a seconda delle necessità. Al termine del tirocinio attivo potrebbe quindi anche risultare variato il percorso previsto.

Si potrebbero affrontare alcuni esempi pratici collegati alla fisica, ma la classe in questione non segue un corso di fisica. Si dovrebbero trovare altri esempi più realistici da affrontare per una maggiore comprensione dell'utilità dei limiti.

Appendice K

Percorso didattico di matematica: introduzione dei limiti

In questo allegato riportiamo schematicamente il percorso di matematica di introduzione dei limiti svolto durante l'attività di tirocinio attivo nella classe 5^a A presso il Liceo Sociale G. Carducci di Ferrara. La classe in questione è dell'indirizzo di scienze sociali, quindi i programmi ai quali si fa riferimento sono stati formulati dai docenti rispecchiando in sostanza i programmi ministeriali per la sperimentazione Brocca Soci-Psico-Pedagogico.

Nel percorso didattico trattato proponiamo una introduzione intuitiva al concetto di limite per poi costruirne per gradi la definizione. Trattiamo quindi il calcolo e la verifica di un limite proponendo svariati esercizi. Per concludere introduciamo schematicamente le diverse tipologie di limite. Inizialmente ci eravamo proposti di presentare anche i teoremi fondamentali sui limiti, ma a seguito di una valutazione della reazione degli studenti alle prime lezioni abbiamo optato per approfondire maggiormente l'aspetto del calcolo e della verifica dei limiti.

K.1 Introduzione intuitiva al concetto di limite

Al fine di introdurre gli studenti al concetto di limite ci proponiamo di analizzare insieme a loro alcuni semplici esempi che mostrano come non si possa assegnare un valore definito ad una funzione in corrispondenza di un valore della variabile indipendente per il quale la funzione non è definita.

K.1.1 Esempio $f(x) = \frac{1}{x}$

Analizzare come primo esempio il comportamento della funzione $f(x) = 1/x$, con x positivo, quando la variabile indipendente diventa sempre più prossima allo zero. Sappiamo che in zero

la funzione non è definita, quindi non possiamo calcolarne il valore, possiamo però cercare di capire come si comporta quando x diventa sempre più piccolo. Riportiamo quindi in Tab.K.7 i valori della $f(x)$ in corrispondenza di x sempre più piccoli.

x	$f(x) = \frac{1}{x}$
1	1
10^{-1}	10^1
10^{-10}	10^{10}
\vdots	\vdots
10^{-1000}	10^{1000}
\vdots	\vdots

Tabella K.1: Comportamento della funzione $f(x) = \frac{1}{x}$ per x che diventa sempre più piccolo.

Notiamo che più il valore della variabile indipendente si avvicina a zero, più la funzione assume un valore sempre più grande. In corrispondenza di $x = 0$ non possiamo associare alla funzione un valore preciso, possiamo però intuire che più ci avviciniamo allo zero più la funzione diventa grande. Al fine di tradurre questo comportamento in matematica possiamo dire che per x che tende a zero la funzione tende a un valore enormemente grande che identifichiamo con infinito ($+\infty$). Questo non significa che la funzione assume il valore infinito in corrispondenza dello zero, anche perché infinito non può essere considerato come un valore numerico in quanto qualsiasi numero grande si consideri, se ne può sempre trovare uno ancora più grande.

Per distinguere il fatto che la funzione tende a infinito al tendere di x a zero dal normale valore che può assumere $f(x)$ per un valore di x del dominio non usiamo la notazione $f(x = 0) = +\infty$, la quale è sbagliata, ma indichiamo temporaneamente con la seguente notazione:

$$f(x) = \frac{1}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} +\infty \quad (\text{K.1})$$

interpretiamo questa notazione dicendo che la funzione tende a infinito per x che tende a zero.

K.1.2 Esempio $f(x) = \frac{x}{x}$ e $f(x) = \frac{x^2}{x}$

Come secondo esempio analizziamo il comportamento della funzione $f(x) = \frac{x}{x}$ quando x tende a zero. Questa funzione non è definita per $x = 0$, in quanto il denominatore sarebbe nullo. Sostituendo il valore zero alla x otteniamo come risultato la forma

$$f(x = 0) = \frac{0}{0}$$

la quale è una forma con la quale non siamo in grado di operare, infatti è detta forma indeterminata.

Se invece consideriamo come prima valori di x sempre più piccoli, ma mai nulli, notiamo che il

valore della funzione rimane costantemente pari a 1, intuitivamente potremmo quindi dire che per x che tende a zero la funzione tende a 1 e lo scriviamo secondo la notazione introdotta:

$$f(x) = \frac{x}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} 1 \quad (\text{K.2})$$

Anche in questo caso abbiamo determinato intuitivamente il valore al quale tende la funzione quando la x tende a zero.

In maniera del tutto analoga potremmo analizzare la funzione $f(x) = \frac{x^2}{x}$ per x che tende a zero e trovare che

$$f(x) = \frac{x^2}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} 0 \quad (\text{K.3})$$

K.1.3 Esempio $f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$

Consideriamo come ulteriore esempio la funzione $f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$ la quale non è definita per $x = 1$. Costruiamo quindi la solita tabella di valori di x che si avvicinano sempre di più a 1 da destra e da sinistra: Dalla tabella di valori sembra che la funzione tenda al valore 2 quando la variabile

x	$f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$
0.9000	1.9000
0.9900	1.9900
0.9990	1.9990
0.9999	1.9999
1	?
1.0001	2.0001
1.0010	2.0010
1.0100	2.0100
1.1000	2.1000

Tabella K.2: Comportamento della funzione $f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$ per x che tende a 1.

indipendente tende a 1, quindi intuitivamente potremmo dire che:

$$f(x) = \frac{x^2-1}{x-1} \xrightarrow{x \rightarrow 1} 2 \quad (\text{K.4})$$

K.2 Necessità di un nuovo strumento matematico

Dalle precedenti analisi con tabella abbiamo solamente intuito il valore a cui tende la funzione quando la variabile tende ad un valore di non definizione, ma il metodo che abbiamo utilizzato non ci da nessuna sicurezza che effettivamente la funzione si comporti sempre in quel modo per valori della x prossimi al valore di non definizione. Riprendiamo l'ultimo esempio visto. Per questa funzione abbiamo analizzato solo alcuni valori della x prossimi a 1, ma i risultati ottenuti non ci possono assicurare che non esista un qualche valore della x ancora più prossimo a 1 per il

quale la funzione sia prossima a 2. Per un qualsiasi altro numero vicino a 1 dovremmo sempre verificare se la funzione è vicina a 2.

Da queste considerazioni ci si rende facilmente conto che non è possibile provare tutti i valori di x vicini al valore di non definizione per verificare il comportamento della funzione, anche perché i numeri da verificare sarebbero infiniti. È chiaro quindi che dobbiamo inventarci un qualche metodo che ci permetta di determinare il comportamento della funzione con certezza.

K.2.1 Introduzione di ϵ piccolo a piacere

Consideriamo sempre come esempio la funzione $f(x) = \frac{x^2-1}{x-1}$, la quale sembra tendere a 2 per x che tende a 1. Se questo è vero, allora è anche vero che la differenza $|f(x) - 2|$ sarà molto piccola per qualsiasi valore di x prossimo a 1. Per formalizzare quanto detto introduciamo un numero ϵ positivo e piccolo a piacere¹ tale che $|f(x) - 2| < \epsilon$ purché x sia prossimo a 1. Questa disequazione può essere risolta al fine di valutare l'effettivo intervallo di x per il quale risulta vera. Sostituiamo la funzione e procediamo con le opportune semplificazioni tenendo presente che stiamo considerando valori di $x \neq 1$, quindi procediamo come segue:

$$\left| \frac{x^2-1}{x-1} - 2 \right| < \epsilon \Rightarrow 1 - \epsilon < x < 1 + \epsilon$$

quanto ottenuto ci assicura che per ogni x compreso fra $1 - \epsilon$ e $1 + \epsilon$ (escluso $x = 1$), che significa anche x vicino a 1, è vera la disuguaglianza $|f(x) - 2| < \epsilon$. Siccome il numero ϵ può essere scelto piccolo a piacere, quanto detto sopra può anche essere interpretato dicendo che tanto più x si avvicina a 1 tanto più la $f(x)$ si avvicina a 2.

Con il metodo che abbiamo esposto ci siamo assicurati che la funzione è prossima a 2 per ogni valore di x prossimo a 1. Notiamo anche che abbiamo potuto eseguire questa verifica in quanto conoscevamo il probabile valore a cui tende la funzione, il quale è stato determinato intuitivamente con una tabella.

Come ulteriore esempio possiamo considerare la funzione $f(x) = \frac{2x^2-8}{x-2}$ la quale tende a 8 per x che tende a 2. Procedendo come sopra otteniamo

$$\left| \frac{2x^2-8}{x-2} - 8 \right| < \epsilon \Rightarrow 2 - \frac{\epsilon}{2} < x < 2 + \frac{\epsilon}{2}$$

K.2.2 Generalizzazione degli intervalli definiti da ϵ

Supponiamo di avere una funzione $f(x)$ analoga a quelle viste sopra non definita in $x = x_0$ la quale tende a ℓ per x che tende a x_0 . Scegliendo un ϵ piccolo a piacere e risolvendo la disequazione

¹Il fatto di essere piccolo a piacere è di fondamentale importanza come sarà noto tra poco.

$|f(x) - \ell| < \epsilon$ otterremo, da quanto visto sopra, un intervallo di validità per x dato da:

$$|f(x) - \ell| < \epsilon \Rightarrow x_0 - \delta_\epsilon < x < x_0 + \delta_\epsilon$$

δ_ϵ sarà una quantità dipendente da ϵ , per esempio nei due esempi visti sopra vale $\delta_\epsilon = \epsilon$ per il primo e $\delta_\epsilon = \epsilon/2$ per il secondo.

Spesso si incontra la generalizzazione degli intervalli con δ_ϵ che definiscono un intervallo di x simmetrico rispetto a x_0 . Dobbiamo però notare che questa generalizzazione non è una vera generalizzazione in quanto vale solo per quelle funzioni che nel dominio di definizione risultano lineari. Nei due precedenti esempi infatti, nel dominio di definizione le funzioni possono essere semplificate divenendo funzioni lineari come qui mostrato:

$$\frac{x^2 - 1}{x - 1} = \frac{(x + 1)(x - 1)}{x - 1} = x + 1 \quad \forall x \neq 1 \quad (\text{K.5})$$

$$\frac{2x^2 - 8}{x - 2} = \frac{2(x + 2)(x - 2)}{x - 2} = 2x + 4 \quad \forall x \neq 2 \quad (\text{K.6})$$

In generale quindi l'intervallo di x che contiene x_0 per cui è verificata la disequazione $|f(x) - \ell| < \epsilon$ può non essere simmetrico rispetto a x_0 . È quindi più corretto identificare l'intervallo di x come un intorno di x_0 dipendente da ϵ che indicheremo con I_ϵ . Determinato l'intorno I_ϵ di x_0 diremo quindi che la disequazione $|f(x) - \ell| < \epsilon$ è vera per ogni x appartenente alla intersezione fra l'intorno e il dominio di definizione.

Per far notare agli studenti che in generale l'intorno non è simmetrico si possono determinare gli intorni di un qualche valore del dominio per funzioni definite non lineari, come per esempio $f(x) = x^2$ e $f(x) = \sqrt{x}$.

K.3 Definizione, verifica e calcolo di limite

Con le argomentazioni presentate nelle precedenti sezioni abbiamo preparato tutti gli strumenti necessari per poter fornire la definizione di limite con l'uso degli intorni e per approfondire il significato della verifica di un limite con la definizione. Per questi due argomenti è stata preparata durante il tirocinio attivo una breve nota, consegnata agli studenti, che riportiamo integralmente nell'allegato App.L e che quindi evitiamo di ripetere in questa sezione.

Riportiamo alcune indicazioni per il calcolo di semplici limiti.

K.3.1 Calcolo di limiti

Abbiamo visto come verificare un limite nel momento in cui se ne conosce il valore, ma per determinare questo valore fino ad ora abbiamo fatto uso solamente delle tabelle. L'uso delle

tabelle non è uno strumento pratico e bisogna quindi acquisire familiarità e capacità per calcolare i limiti.

Per iniziare con semplici esempi riprendiamo le funzioni K.5 e K.6. Se consideriamo il valore x per il quale non sono definite, allora le semplificazioni fatte in K.5 e K.6 non si possono eseguire. Sappiamo però che quando andiamo a valutare l'andamento di una funzione in prossimità di un valore di non definizione, in realtà stiamo considerando valori di x per i quali la funzione è definita, ecco quindi che nel calcolo del limite possiamo applicare queste semplificazioni come riportiamo nel seguito. Nel momento in cui si giunge ad una forma semplificata della funzione, la quale risulta definita per il valore della x di interesse allora il valore del limite coinciderà con il valore assunto dalla funzione semplificata. Vediamo i due seguenti esempi:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 - 1}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{(x + 1)(x - 1)}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1} x + 1 = 2 \quad (\text{K.7})$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{2x^2 - 8}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{2(x + 2)(x - 2)}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} 2x + 4 = 8 \quad (\text{K.8})$$

notiamo che nell'ultimo passaggio le funzioni sono definite per i valori di x del limite, quindi il risultato sarà il valore della funzione in corrispondenza della x considerata.

Proponiamo agli studenti altri esempi in cui si rendono necessarie semplificazioni di polinomi come sopra e altri casi in cui è necessario razionalizzare.

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{2x^2 - x - 1}{x - 1}$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^3 - 2x^2 - 9x + 18}{x - 2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x - 9}{\sqrt{x} - 3}$$

K.4 Tipologie di limite

Per concludere il percorso didattico del tirocinio attivo ho proposto agli studenti le diverse tipologie di limite. In analogia alla definizione di limite finito per x che tende ad un valore finito con la corrispondente rappresentazione grafica abbiamo dedotto insieme agli studenti, facendo perno sulla rappresentazione grafica, le definizioni per tutte le altre tipologie di limite. Per ogni tipologia di limite abbiamo quindi prima rappresentato graficamente la situazione, quindi basandoci su questa abbiamo dedotto la definizione. Per semplicità in questo documento non riportiamo i grafici e le definizioni per le diverse tipologie di limite, in quanto si possono trovare su qualsiasi testo che tratti i limiti, quali per esempio i testi di Lamberti-Mereu-Nanni [8] di Bergamini-Trifone [7].

K.5 Esercitazioni conclusive

In preparazione alla verifica scritta sono stati assegnati agli studenti una serie di esercizi sui limiti da svolgere a casa durante le vacanze Natalizie. Riportiamo di seguito gli esercizi assegnati.

Verificare i seguenti limiti

$$\lim_{x \rightarrow -1} x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} 2x - 3 = 2$$

Calcolare e verificare i seguenti limiti

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x^4}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} \ln x - 1$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x^3}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} (1 - e^{-x})$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x$$

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} x^5$$

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} -x^4$$

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{2x}{x-1}$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{x^3 + 1}{2x^3}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{5x}{3x-1}$$

K.6 Conclusioni e verifica

Nella pianificazione del percorso didattico da presentare in materia di limiti mi ero proposto di affrontare anche i teoremi sui limiti. Durante lo svolgimento del tirocinio attivo ho realizzato che per gli studenti il concetto di limite è abbastanza difficile da comprendere e questa difficoltà conduce anche dubbi sulla utilità di questo strumento e sulla questione del calcolo e della verifica. Mi sono reso conto di non avere pressato a sufficienza sull'utilità e sul significato della verifica dei limiti e questo ha causato qualche difficoltà agli studenti. A tale proposito ho cercato di rimediare fornendo loro la nota allegata L per cercare di rimediare a questa mancanza.

In conclusione del percorso didattico è stata svolta una verifica scritta sui limiti che riportiamo interamente nell'allegato M con la griglia di valutazione e gli esiti della verifica.

Appendice L

Nota su definizione e verifica di limiti

Verifica di un limite con la definizione

Con la pratica si impara a calcolare i limiti, a volte si può non essere sicuri del risultato ottenuto, quindi si procede con la verifica di questo attraverso la definizione di limite.

Enunciamo per completezza la definizione di limite finito l di una funzione $f(x)$ per x che tende ad un valore finito x_0 . Nella definizione che segue indicheremo fra parentesi e in grassetto la simbologia usata in matematica per sintetizzare le diverse indicazioni, mentre indicheremo tra parentesi in corsivo ulteriori dettagli che sono già inclusi nelle proposizioni della definizione, ma che ci possono aiutare per una migliore comprensione.

Definizione di limite finito per x finito

Sia una funzione $f(x)$ definita in un intervallo $[a,b]$, tranne al più un punto x_0 (il dominio D della funzione o il CE si può scrivere come $CE = [a,b] \setminus \{x_0\}$).

Si dice che la funzione ha limite l per x che tende a x_0 (**significa affermare che esiste il limite, esiste si indica con \exists**) e si scrive

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = l$$

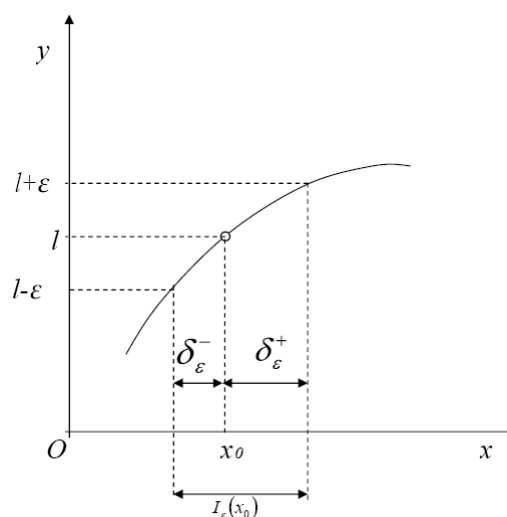
se comunque si scelga (siccome ε serve per costruire un intorno di l , tale numero può essere scelto piccolo a piacere; vedremo altri casi in cui si può scegliere grande a piacere) un numero reale $\varepsilon > 0$ ($\varepsilon \in \mathbb{R}, \varepsilon > 0$) si può sempre determinare in corrispondenza di esso (ad ogni ε corrisponde un intorno, significa anche dire che ad ogni ε esiste (\exists) un intorno) un intorno I di x_0 dipendente da ε ($I_\varepsilon(x_0)$, abbiamo aggiunto (x_0) per evidenziare che l'intorno deve essere di x_0) (**scelto ε si determina l'intorno**) tale che (tale che si indica con $:$) risulti

$$|f(x) - l| < \varepsilon \quad \forall x \in I_\varepsilon(x_0) \cap CE$$

(Le precedenti 2 condizioni, ossia la differenza di $f(x)$ da l molto piccola tradotta dalla dicitura $|f(x) - l| < \varepsilon$ e l'appartenenza di x all'intersezione $I_\varepsilon(x_0) \cap CE$ devono essere soddisfatte entrambe affinché esista il limite l della funzione per x che tende a x_0 .)

Definizione in simboli

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = l \quad \text{se } \forall \varepsilon > 0 \quad \exists I_\varepsilon(x_0) : |f(x) - l| < \varepsilon \quad \forall x \in I_\varepsilon(x_0) \cap CE$$



Verifica di un limite

La verifica di un limite si deve eseguire quando si conosce l , ma ci si vuole assicurare che è il valore giusto del limite. Per verificare un limite si usa la definizione, in altre parole dobbiamo verificare che siano vere le due condizioni viste nella definizione:

$$|f(x) - l| < \varepsilon \quad \forall x \in I_\varepsilon(x_0) \cap CE$$

Nel momento in cui impostiamo la prima condizione $|f(x) - l| < \varepsilon$ ammettiamo che questa sia vera.

Procedendo quindi da questa disequazione, isolando la variabile indipendente x , otteniamo una nuova disequazione che è equivalente a quella di partenza. Questa è $x \in I_\varepsilon(x_0)$, che sarà anche della forma $x_0 - \delta_\varepsilon^- < x < x_0 + \delta_\varepsilon^+$ dove $x_0 - \delta_\varepsilon^-$ e $x_0 + \delta_\varepsilon^+$ sono i due estremi dipendenti da ε che identificano l'intorno I_ε .

La nuova disequazione quindi esplicita una condizione su x , cioè otteniamo una condizione su x che deve essere vera, in quanto equivalente a quella di partenza che è vera. Chiaramente se otteniamo una condizione impossibile su x , quindi non vera, allora sarà non vera anche quella di partenza $|f(x) - l| < \varepsilon$.

A questo punto per verificare che il limite è corretto ci rimane solo da accertare che il punto x_0 sia effettivamente appartenente all'intorno I_ε determinato, in quanto se x_0 non appartiene a questo intorno allora non ha senso parlare di funzione che tende a l per x che tende a x_0 .

Per verificare un limite si deve quindi procedere eseguendo le seguenti azioni:

1. scegliere un ε che possiamo lasciare indicato in modo generale come ε
 2. impostare la condizione $|f(x) - l| < \varepsilon$
 3. operare sulla condizione 2 in modo da isolare la x e determinare quindi la condizione $x_0 - \delta_\varepsilon^- < x < x_0 + \delta_\varepsilon^+$ o in modo equivalente $x \in I_\varepsilon$
 4. verificare che la condizione ottenuta in 3 sia corretta
 5. accertarsi che x_0 appartenga a I_ε , cioè che sia $x_0 \in I_\varepsilon$
 6. se è vera anche la 5 allora possiamo affermare che I_ε è un intorno di x_0 e quindi indicarlo con $I_\varepsilon(x_0)$
 7. concludere affermando che il limite calcolato esiste.
- ✓ Nel caso in cui si verifichi che la condizione ottenuta al punto 3 è falsa, allora è falsa anche la condizione di partenza e quindi ciò significa che la funzione o non può mai assumere il valore l , oppure non esiste il limite l per la funzione.

- ✓ Se invece determiniamo che x_0 non appartiene all'intorno I_ε significa che la funzione ha limite 1, ma non per x che tende a x_0 .

Esempi di verifica di un limite

Per comprendere meglio quanto esposto sopra possiamo analizzare alcuni esempi in specifico.

Verifica di un limite corretto

Consideriamo il seguente limite: $\lim_{x \rightarrow 1} 2x + 1$

Appare chiaro subito che la funzione è definita per $x=1$ e banalmente possiamo affermare che il limite vale $\lim_{x \rightarrow 1} 2x + 1 = 3$.

Applicando la definizione possiamo verificare se questo risultato ottenuto è corretto oppure no.

Quindi cerchiamo l'intorno I_ε sull'asse x per il quale è vera la condizione $|f(x) - l| < \varepsilon$. Isoliamo la x dalla precedente condizione:

$$|2x + 1 - 3| < \varepsilon \Rightarrow -\varepsilon < 2x + 1 - 3 < \varepsilon \Rightarrow -\varepsilon < 2x - 2 < \varepsilon \Rightarrow 1 - \frac{\varepsilon}{2} < x < 1 + \frac{\varepsilon}{2}$$

Possiamo affermare che la prima condizione è vera se $1 - \frac{\varepsilon}{2} < x < 1 + \frac{\varepsilon}{2}$. Questo intervallo definisce l'intorno I_ε . A questo punto però non abbiamo ancora verificato che sia vero il limite, cioè non abbiamo ancora verificato che l'intorno I_ε sia un intorno di x_0 . Per verificare se lo è basta verificare se x_0 è compreso nell'intorno I_ε , cioè è vero che $1 - \frac{\varepsilon}{2} < x_0 < 1 + \frac{\varepsilon}{2} \Rightarrow 1 - \frac{\varepsilon}{2} < 1 < 1 + \frac{\varepsilon}{2}$? Possiamo tranquillamente affermare che lo è, quindi il limite calcolato è corretto.

Verifica di un limite non corretto

Consideriamo sempre il precedente limite e assumiamo che qualcuno ci dica che $\lim_{x \rightarrow 1} 2x + 1 = 6$, oppure nel calcolarlo ci siamo sbagliati e abbiamo ottenuto 6, ma siamo convinti di aver operato in modo corretto.

Per assicurarci del nostro calcolo procediamo con la verifica come fatto in precedenza:

$$|2x + 1 - 6| < \varepsilon \Rightarrow -\varepsilon < 2x + 1 - 6 < \varepsilon \Rightarrow -\varepsilon < 2x - 5 < \varepsilon \Rightarrow \frac{5}{2} - \frac{\varepsilon}{2} < x < \frac{5}{2} + \frac{\varepsilon}{2}$$

Determinato gli estremi dell'intorno I_ε che sono $\frac{5}{2} - \frac{\varepsilon}{2}$ e $\frac{5}{2} + \frac{\varepsilon}{2}$, dobbiamo verificare se questo è un intorno di $x_0=1$. Si nota chiaramente che per ε piccolo a piacere 1 non è compreso in questo intorno, quindi è FALSO che $\frac{5}{2} - \frac{\varepsilon}{2} < 1 < \frac{5}{2} + \frac{\varepsilon}{2}$.

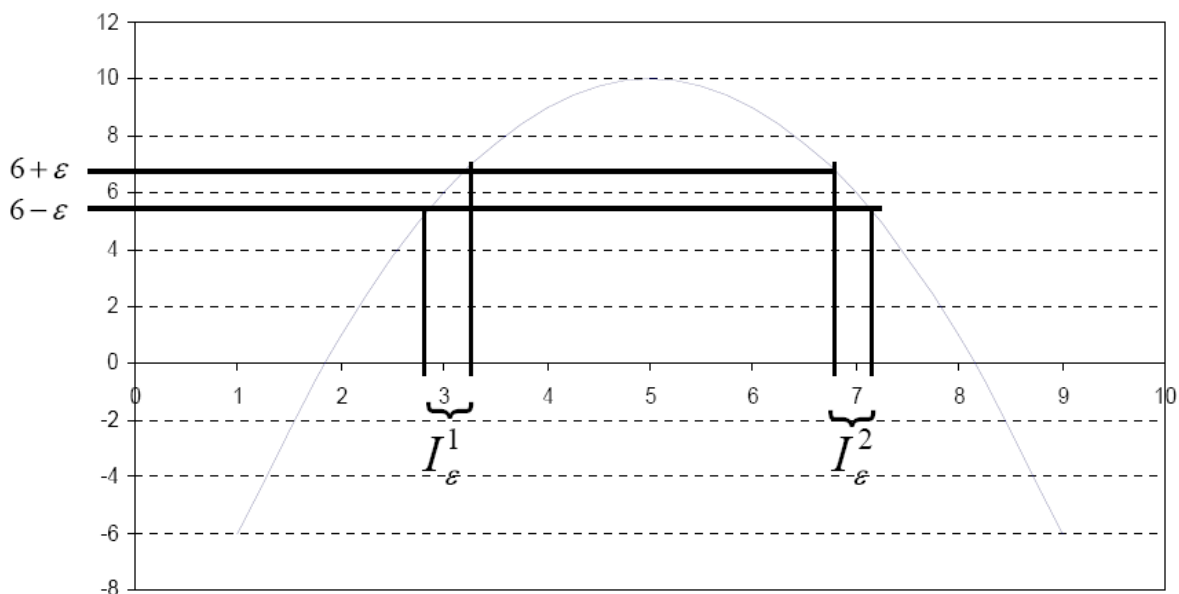
Questa osservazione ci informa del fatto che il limite non è corretto, come sapevamo in partenza.

Nel caso di funzioni più complesse può non essere banale accorgersi di un limite sbagliato senza verificare con la definizione.

Altro esempio

Consideriamo un altro esempio che potrebbe condurre ad ambiguità. Si consideri la funzione $f(x) = -(x-5)^2 + 10$, altro non è che un parabola rovesciata e traslata come indicato in figura. Calcoliamo ora il limite per x che tende a 3:

$$\lim_{x \rightarrow 3} -(x-5)^2 + 10 = 6$$



Eseguiamo la verifica graficamente. Consideriamo $f(x)=6$, scegliamo ε quindi individuiamo sulla curva i punti che corrispondono a $6+\varepsilon$ e a $6-\varepsilon$. Chiaramente a ciascuno dei due valori corrispondono 2 punti sulla curva, quindi globalmente determiniamo in corrispondenza di ε due intorni I_ε^1 e I_ε^2 . Nel nostro caso $x_0=3$ quindi è interno al primo intorno e non al secondo. Anche in questo caso abbiamo verificato la correttezza del limite ma dobbiamo porre attenzione ai due intorni che determiniamo.

Appendice M

Verifica scritta di matematica

In questo allegato riportiamo la verifica scritta di matematica svolta al termine del percorso didattico descritto nell'allegato App.K e presentato durante l'attività di tirocinio attivo nella classe 5° A presso il Liceo Sociale G. Carducci di Ferrara. Nel seguito riportiamo la griglia di valutazione, gli esiti della verifica e il testo della verifica.

Questa verifica è stata pensata al fine di valutare le capacità acquisite nel calcolo di semplici limiti, nell'utilizzo corretto della verifica di limite, nell'individuazione degli intorno e nell'utilizzo dei limiti per lo studio di funzioni.

M.1 Verifica scritta di matematica

Riportiamo nelle seguenti due pagine il testo completo della verifica sottoposta agli studenti.

Alunno: _____

LimitiEsercizio N° 1 (4 punti, 1 punto ogni limite) Calcolare i seguenti limiti

1. $\lim_{x \rightarrow -4} \frac{2x^2 - 32}{x + 4} =$

2. $\lim_{x \rightarrow 9} \frac{2x - 18}{\sqrt{x} - 3} =$

3. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2 - 3x}{x} =$

4. $\lim_{x \rightarrow +\infty} 2^{\frac{1}{x}} =$

Esercizio N° 2 (3 punti) Verificare i seguenti limiti facendo uso della definizione e dire se il risultato indicato è corretto oppure no.

1. (1 punto) $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} = 0$ Corretto Non Corretto

2. (2 punti) $\lim_{x \rightarrow 0} 3x - 2 = -1$ Corretto Non Corretto

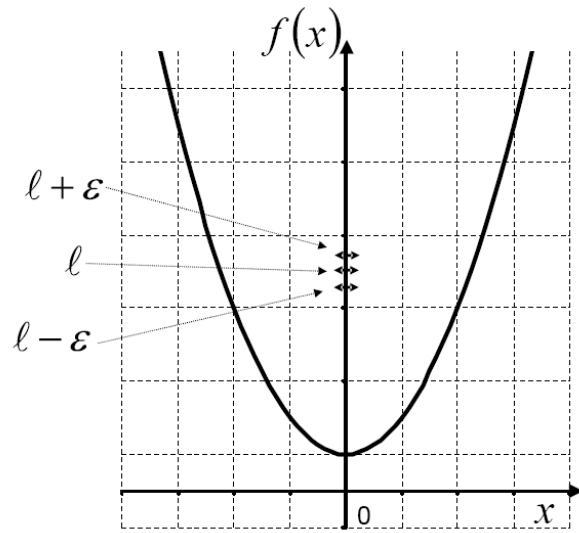
Alunno: _____

Esercizio N° 3 (4 punti)

Si consideri la funzione $f(x) = x^2 + 1$ e si consideri un numero ℓ sull'asse delle ordinate e un suo intorno $]l - \varepsilon, l + \varepsilon[$.

1. (1 punti) Indicare graficamente il corrispondente intorno, o i corrispondenti intorni se ne esistono più di uno, sull'asse delle ascisse.

2. (1 punti) Si indichi quanti limiti esistono del tipo $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = \ell$



.....

.....

3. (2 punto) Indicare per ogni limite del tipo $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = \ell$ quanto deve valere x_0 se

$\ell = 3$, cioè $\lim_{x \rightarrow x_0} x^2 + 1 = 3$

Esercizio N° 4 (4 punti)

Si rappresenti graficamente la funzione $f(x) = \frac{2}{x+3}$, in particolare si evidenzino gli andamenti per $x \rightarrow +\infty$ e per x che tende, da destra e da sinistra, a quel valore di x in corrispondenza del quale la funzione non è definita.

M.2 Criteri di valutazione ed esito

Ad ogni quesito della verifica è stato assegnato un punteggio proporzionato alla difficoltà, per un totale di 15 punti che corrisponderebbe al voto massimo 10. I voti sono stati calcolati riscalandolo a 10 il punteggio massimo di 15. Il voto minimo come al solito è 1. Per la correzione di questa verifica si sono rese necessarie due successive revisioni al fine di adottare criteri più elastici che tenessero conto della volontà dimostrata dagli studenti nei tentativi di svolgere gli esercizi. La conferma finale dei voti determinati dalla seconda revisione si è avuta in collaborazione con il tutor. Riportiamo in Tab.M.1 i risultati ottenuti dalle due successive revisioni e i voti definitivi. Dalla tabella si può notare che dalla prima alla seconda revisione non vi è stato un aumento del

Studente	Corr 1	Corr 2	Corr Def
1	3,0 (3)	3,2	3
2	4,1 (4)	4,7	5
3	5,7 (6)	6,6	7
4	2,6 (3)	2,8	3
5	3,7 (4)	3,5	4
6	7,2 (7)	7,9	8
7	7,0 (7)	6,9	7
8	7,7 (8)	7,5	8
9	8,4 (8)	8,3	8
10	6,3 (6)	6,4	6
11	5,5 (6)	5,6	6
12	4,1 (4)	3,9	4
13	2,3 (2)	2,9	3
14	6,5 (7)	6,5	7
15	1,7 (2)	2,5	3
% di suff	53%	53%	53%

Tabella M.1: Esiti della verifica scritta di matematica. Risultati delle due revisioni successive e voti finali. I voti tra parentesi sono quelli arrotondati. Per la seconda revisione non sono riportati i voti arrotondati in quanto coincidono con quelli definitivi.

numero di sufficienze, ma solo un aumento della valutazione media.

Vista la difficoltà degli esercizi e le ripetute esercitazioni svolte insieme agli studenti l'esito di questa verifica non si è dimostrato molto soddisfacente. Ritengo che parzialmente questi scarsi risultati possano essere attribuiti alla mia non esperienza nell'esposizione degli argomenti ad una classe del liceo. Bisogna però aggiungere che il tutor ha motivato questi risultati notando una generale diminuzione di concentrazione degli studenti. È opportuno anche notare che il concetto di limite è un concetto, in generale, piuttosto difficile per gli studenti.

Durante la verifica scritta non erano presenti tutti gli studenti, i quali hanno recuperato durante le verifiche orali, in occasione delle quali si è cercato di indagare maggiormente su quegli

studenti che hanno svolto la verifica scritta con un esito scarso. In generale abbiamo potuto valutare che guidati dal docente gli studenti erano in grado di comprendere e risolvere correttamente gli esercizi proposti nella verifica.

Appendice N

Relazione finale del docente tutor di matematica

In questo allegato riportiamo la relazione finale del docente tutor di matematica Prof. Donatella Mazzini del Liceo Sociale G. Carducci di Ferrara.

RELAZIONE FINALE DEL DOCENTE TUTOR DEL TIROCINIO

Cognome e Nome del Docente Tutor: Mazzini Donatella

Istituto: Liceo Sociale "G. Carducci" - Ferrara

Cognome e Nome dello Specializzando: Mirco Andreotti

Classe di Abilitazione: A049

Indirizzo di studi della SSIS: Fisico-Informatico-Matematico

Attività di programmazione/progettazione del tirocinio:

Dopo alcuni contatti preliminari con il supervisore, Prof. Minni, sono state concordate e poi svolte le seguenti attività:

Attività di accoglienza del tirocinante

- Presentazione documenti, classe, strutture, caratteristiche dell'Istituto , n° ore **2**

Attività di bilancio:

- Incontro con il tirocinante sull'andamento dell'unità didattica n° di ore: 2
- Incontro conclusivo con il tirocinante n° di ore: 1
- Tirocinio osservativo, n° di ore: 8
- Tirocinio attivo, n° di ore: 8
- Relazione finale del docente tutor, n° di ore: 1

Relazione sulle attività di tirocinio:

▪ Attività svolte dal docente tutor durante il tirocinio osservativo:

- Tipo di attività : Attività didattica nelle ore di Matematica e Informatica – Lezioni tradizionali – Lezioni dialogate – Attività di gruppo
- Obiettivi : introdurre il tirocinante alle attività in classe – utilizzare tutte le possibili metodologie – evidenziare problematiche possibili nel corso di una lezione, sia di tipo didattico che socio-affettivo – saper gestire la classe in ogni eventualità
- Contenuti : Frazioni algebriche e geometria euclidea (classe 2°A) – Sistemi lineari (classe 3°A) – Proprietà delle funzioni (classe 4°A) – Funzioni (classe 5°A) - Laboratorio di Informatica: uso di Word e Derive (classi seconda e quarta)
- Metodi : Lezione frontale – Lezione dialogata – Lavoro di gruppo – Problem solving – Esercitazioni guidate
- Strumenti : Lavagna – Libro di testo – Appunti su fotocopie – Personal computer in laboratorio di informatica

▪ Attività svolte dal tirocinante durante il tirocinio attivo:

- Tipo di attività: Attività didattica nelle ore di Matematica in classe 5°A – Lezioni tradizionali – Lezioni dialogate – Esercitazioni guidate alla lavagna

- Obiettivi: far svolgere al tirocinante attività diretta – saper introdurre e spiegare un nuovo argomento con lezione frontale – saper gestire la classe negli interventi durante le lezioni dialogate – saper rispondere alle domande degli studenti e chiarire eventuali dubbi – saper proporre esercizi graduati – saper stimolare le capacità critiche degli studenti
- Contenuti : Introduzione intuitiva al concetto di limite – note storiche – esempi e generalizzazioni per introdurre la definizione formale – definizione di limite nei quattro casi – verifica di limiti nei quattro casi – interpretazioni grafiche - esercizi
- Metodi : Lezione frontale – Lezione dialogata – Problem solving - Esercitazioni guidate in classe
- Strumenti : Lavagna – Appunti su fotocopie – Libro di testo – Altri testi di supporto
- Verifica : E' stata predisposta una verifica strutturata con quesiti a risposta multipla ed esercizi con verifiche di limite ed interpretazioni grafiche – la verifica è stata corretta e poi distribuita agli studenti dallo specializzando
- Eventuali attività di recupero/consolidamento/potenziamento in relazione ai risultati della verifica: Ulteriori esercitazioni guidate in classe e spiegazione della verifica e degli errori commessi.

Giudizio del docente tutor:

Decisamente positivo – lo specializzando ha svolto tutte le attività con impegno, puntualità e precisione.

Data 5 Maggio 2008

Il docente tutor

Parte V

Bibliografia e Sitografia

Bibliografia

- [1] E. Fermi 'Termodinamica', Editore Boringhieri, 1982.
- [2] S. Rosati 'Fisica generale' Vol. 1, Casa Editrice Ambrosiana, 1994.
- [3] A. Caforio, A. Ferilli 'Le leggi della fisica 2', Le Monnier 2005.
- [4] U. Amaldi, L'Amaldi 'Introduzione alla fisica' vol.1, Zanichelli, 2004
U. Amaldi, L'Amaldi 'Introduzione alla fisica' vol.2, Zanichelli, 2004
- [5] J. Walker 'Fisica' Meccanica, vol 1, Zanichelli, 2004
- [6] M. E. Bergamaschini, P. Marazzini, L. Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Calore e termodinamica Vol. C, C. Signorelli Editore, Parma 2004
M. E. Bergamaschini, P. Marazzini, L. Mazzoni 'L'indagine del mondo fisico' Elettromagnetismo Vol. E, C. Signorelli Editore, Parma 2004
- [7] M. Bergamini e A. Trifone 'Il calcolo letterale' Moduli di Matematica C, Zanichelli 2004.
M. Bergamini e A. Trifone 'La retta e i sistemi lineari' Moduli di Matematica E, Zanichelli 2004.
M. Bergamini e A. Trifone 'La geometria euclidea' Moduli di Matematica F, Zanichelli 2004.
M. Bergamini e A. Trifone 'Trigonometria, vettori, numeri complessi' Moduli di Matematica O, Zanichelli 2004.
M. Bergamini e A. Trifone 'Diseguazioni e funzioni' Moduli di Matematica S, Zanichelli 2004.
M. Bergamini e A. Trifone 'I limiti' Moduli di Matematica U, Zanichelli 2004.
- [8] L. Lamberti, L. Mereu, A. Nanni, 'Il Manuale di Matematica - Secondo', Etas Libri 1992.
- [9] Sito internet del Liceo Sociale G. Carducci di Ferrara:
<http://www.comune.fe.it/carducci/home.html>, per il POF seguire i link offerta formativa.
Sito internet del Liceo Scientifico di Bondeno (FE):
<http://www.comune.bondeno.fe.it/scuole/liceo/>, per il POF seguire i link Istituto→Pof.
- [10] Applet Java per la simulazione di un gas reale:
<http://jersey.uoregon.edu/vlab/Thermodynamics/therm1f.html>

- [11] Applet della McGraw-Hill per la simulazione delle trasformazioni di un gas perfetto:
http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0078458137/student_view0/chapter12/thermodynamics_applet.html
- [12] Software per la simulazione dei gas ideali, scaricabile dal sito:
<http://www.physics-software.com/software.html>
- [13] Sito internet con applet per la macchina a vapore:
<http://www.racine.ra.it/ungaretti/SeT/macvapor/>
- [14] M. Andreotti 'Dalla nascita della meccanica dei quanti alla dualità onda-corpuscolo', versione preliminare del percorso didattico di fisica svolto nell'ambito del tirocinio indiretto SSIS AA 2007/2008.
<http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/UDFisicaAndreotti.pdf>
- [15] M. Andreotti 'Applicazioni del calcolo differenziale: studio di funzione reale di variabile reale e problemi di massimo e di minimo (anche per via elementare)', versione preliminare del percorso didattico di fisica svolto nell'ambito del tirocinio indiretto SSIS AA 2007/2008.
<http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/UDMatematicaAndreotti.pdf>
- [16] M. Andreotti 'Problemi di massimo e di minimo con il software geometrico CaR', versione preliminare del percorso didattico sull'utilizzo dei software matematici nella didattica svolto nell'ambito del laboratorio di attività didattiche e trasversali, SSIS AA 2007/2008.
<http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/UDSoftwareAndreotti.pdf>
- [17] M. Andreotti, 'Introduzione alle macchine termiche', Appunti per la classe 4^a K del Liceo Scientifico di Bondeno nell'ambito del tirocinio attivo 2007.
<http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/MacchineTermiche.pdf>
- [18] M. Andreotti, 'Verifica di un limite con la definizione', Appunti per la classe 5^a A del Liceo delle Scienze Sociali G. Carducci di Ferrara nell'ambito del tirocinio attivo 2007.
<http://df.unife.it/u/mandreot/SSIS/Tirocinio/Documenti/NotaLimiti.pdf>

Elenco delle figure

E.1	Esperienza di Joule.	107
E.2	Ciclo composto da 2 isobare e 2 isocore.	107
E.3	Trasformazioni isoterma e adiabatica a confronto.	109
F.1	Contenitore con pistone mobile. Espansioni nel piano pV	114
F.2	Trasformazioni cicliche	116
F.3	Trasformazione ciclica nel piano pV	116
F.4	Macchina Termica	118

Elenco delle tabelle

A.1	Specchio riassuntivo di tirocinio.	29
B.1	Cronologico tirocinio fisica.	34
C.1	Cronologico tirocinio matematica.	67
H.1	Esiti verifica di fisica	128
K.1	Esempio di limite	142
K.2	Esempio di limite	143
M.1	Esiti verifica di matematica	158