

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA**

**FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN**

**E**

**I.I.S. A. MASERATI DI VOGHERA**

**PROGETTO DI COLLABORAZIONE TRA INSEGNANTI E RICERCATORI  
UNIVERSITARI DI DIDATTICA DELLA FISICA**

***PROGETTAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI UNA  
SEQUENZA DIDATTICA SULLA RADIAZIONE  
TERMICA E L'EFFETTO SERRA***

Relatore:

Prof. Anna Deambrosis

Correlatori:

Prof Mascheretti

Prof Ugo Besson

Tesina di progetto di  
Silvia Nitti

Anno Accademico 2009-2010

# **SOMMARIO**

## **INTRODUZIONE**

- 1. ELEMENTI ESSENZIALI DEL PERCORSO DI APPRENDIMENTO**
- 2. DAL PROGETTO DI RICERCA AL PIANO DI LAVORO INDIVIDUALE**
- 3. IL PASSAGGIO DAL PIANO DI LAVORO ALLA REALIZZAZIONE EFFETTIVA DELL'ATTIVITÀ IN CLASSE**
- 4. SVOLGIMENTO DEL PROGETTO**

### *4.1. RISULTATI DEL PRE-TEST*

- 4.1.1. STATO DI AVANZAMENTO DELLA PROGRAMMAZIONE
- 4.1.2. RISULTATI.
- 4.1.3. OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER IL FUTURO, SUL PRE-TEST

### *4.2. ANALISI DELLE REGISTRAZIONI*

### *4.3. IL RISCALDAMENTO DEI CORPI-PROPOSTA DI MODELLI E ANALOGIE*

- 4.3.1. RISCALDAMENTO DEI TRE CILINDRETTI, AL SOLE E ALLA LAMPADA
- 4.3.2. RISCALDAMENTO AL SOLE DEI DUE CILINDRI CON DIVERSO VOLUME
- 4.3.3. ANALISI DELLE RISPOSTE AL QUESTIONARIO SUI CORPI ESPOSTI A RADIAZIONE

### *4.4. RISULTATI DEL QUESTIONARIO SULLE PROVE CON IL RADIOMETRO*

- 4.4.1. OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER IL FUTURO
- 4.4.2. RISPOSTE AL QUESTIONARIO SULLA RADIAZIONE EMESSA DAI CORPI (PROVE CON IL RADIOMETRO)

### *4.5. PROVE CON IL MODELLO SERRA*

- 4.5.1. OSSERVAZIONI E FEED-BACK
- 4.5.2. ANALISI DEI RISULTATI DEL QUESTIONARIO SUL MODELLO DI SERRA

### *4.6. RISULTATI DEL TEST FINALE*

- 4.6.1. ANALISI DEI RISULTATI DEL QUESTIONARIO FINALE
- 4.6.2. OSSERVAZIONI E PROPOSTE
- 4.6.3.

## **5. DIARIO DI BORDO**

## **6. RISULTATI DEL PERCORSO**

*6.1.PUNTI DI FORZA DEL PROGETTO*

*6.2.PUNTI DI DEBOLEZZA*

*6.3.PROPOSTE PER IL FUTURO (RIFERITE AL TEAM DEI RICERCATORI, DOCENTI UNIVERSITARI E INSEGNANTI DELLA SCUOLA SUPERIORE).*

*6.4.PARTECIPAZIONE, INTERESSE E MOTIVAZIONE*

*6.5.CONTENUTI APPRESI*

*6.6.EVENTUALI MODIFICHE O PERSISTENZE DI ALCUNI PRECONCETTI*

*6.7.RINGRAZIAMENTI*

## **7. LINK**

## INTRODUZIONE

I ragazzi di 2<sup>nd</sup>A, nelle ore di fisica, hanno svolto un'attività di ricerca, individualmente, in sottogruppi e nel gruppo-classe. I luoghi utilizzati sono stati l'aula, la sala video, il laboratorio e il cortile della scuola.

Queste attività fanno parte del percorso didattico: *“Effetti termici della radiazione ed effetto serra”*<sup>(\*\*)</sup>. Tale percorso è proposto in collaborazione con l'Università di Pavia - dipartimento di fisica - settore didattico, nell'ambito del *“progetto di collaborazione tra insegnanti e ricercatori”*, al quale ho partecipato.

Nel progetto sviluppato in classe, ho inserito anche la visione di un filmato prodotto da National Geographic, sul riscaldamento globale del pianeta, al fine di aumentare l'interesse iniziale e la motivazione allo sviluppo delle attività proposte. Per lo stesso motivo, con la classe, si è discusso anche il concetto di sviluppo sostenibile, accennando al riciclaggio dei rifiuti, all'architettura delle case, al risparmio energetico.

Il progetto ha permesso di svolgere esperimenti innovativi, con materiale tecnologicamente avanzato, prestatoci dal gruppo di lavoro di fisica dell'Università di Pavia.

Prima di ogni esperimento gli studenti hanno completato specifici questionari preliminari (*“Schede-previsioni”*), atti a far emergere le conoscenze precedenti e le capacità di speculazione degli allievi. Subito dopo le prove pratiche, gli alunni sono stati chiamati a rispondere a quesiti raccolti su opportune schede di indagine (*“Schede-risultati”*), al fine di stimolare i ragazzi ad una riflessione e consapevolezza sulle loro conoscenze e sui loro processi di adattamento cognitivo. Le schede sono state anche uno strumento dell'insegnante per verificare il cambiamento concettuale avvenuto grazie all'esecuzione delle prove, durante tutto il percorso didattico e non solo nella sua fase conclusiva.

Le lezioni sono state prevalentemente partecipate, dialogate. Tutto il percorso è stato da noi documentato in diversi modi: per iscritto tramite le schede, i questionari e le relazioni chiamate *“quadri di bordo”*; con fotografie; con delle registrazioni; tramite filmati effettuati dagli allievi sia all'aperto sia in classe, che ho rielaborato per produrre un video (video-rad-serra-elba finale). Questi documenti, insieme a questa relazione costituiscono la tesina finale che verrà pubblicata sul sito scolastico regionale <http://www.istruzione.lombardia.it/> e si può trovare anche sul sito dell'ITI Maserati di Voghera: <http://www.istitutomaserati.it/>

## 1. ELEMENTI ESSENZIALI DEL PERCORSO DI APPRENDIMENTO

Le attività previste dal progetto erano organizzate nelle sette fasi seguenti (\*\*):

1. Richiamo di alcuni concetti e leggi sui fenomeni termici.
2. Che cosa succede ad oggetti differenti esposti al sole.
3. La radiazione emessa da oggetti a differenti temperature.
4. Situazione stazionaria di oggetti esposti al sole.
5. Lo spettro della radiazione, radiazione visibile ed invisibile.
6. Effetto serra: modellino di dimostrazione e serre reali.
7. Bilancio energetico della Terra, effetto serra della Terra e riscaldamento globale.

Procedendo per centro di interesse ho sviluppato gli argomenti facendomi guidare dalle domande della classe. Appena prima di procedere con gli esperimenti innovativi, gli argomenti esplorati sono stati:

- 1. Richiamo di alcuni concetti e leggi sui fenomeni termici. (prima degli esperimenti del progetto):**
  - a. La temperatura e l'agitazione termica molecolare.
  - b. Il calore e la temperatura, legge fondamentale della calorimetria.
  - c. Il riscaldamento tramite lavoro
  - d. Il riscaldamento tramite passaggio di calore: la conduzione e la convezione
  - e. Il riscaldamento per irraggiamento
  - f. Richiami al concetto di onda
  - g. La velocità di variazione di energia.
  - h. La legge di Stefan-Boltzman (cenni)
- 2. Che cosa succede ad oggetti differenti esposti al sole (durante gli esperimenti)**
  - a. Il riscaldamento e la temperatura massima.
  - b. Il raffreddamento e la temperatura finale di equilibrio.
  - c. La superficie levigata e la riflessione.
  - d. Il colore e l'assorbimento.
- 3. Situazione stazionaria di oggetti esposti al sole (durante gli esperimenti).**
  - a. A cosa è dovuto il raffreddamento?
  - b. L'emissione dei corpi
  - c. Analogie con i liquidi riempimento e riscaldamento
  - d. Analogie con i liquidi svuotamento e raffreddamento
  - e. Richiamo alla legge di Stefan-Boltzman: il ruolo della superficie
- 4. La radiazione emessa da oggetti a differenti temperature (durante gli esperimenti).**
  - a. Richiamo alla legge di Stefan-Boltzman: il ruolo della temperatura
- 5. La radiazione visibile e invisibile. Il colore, la frequenza e l'assorbimento (durante gli esperimenti).**
- 6. Effetto serra: modellino di dimostrazione e serre reali (durante gli esperimenti).**
  - a. La temperatura massima con e senza coperchio
  - b. La temperatura minima (nel raffreddamento a luce spenta) con e senza coperchio.
- 7. Bilancio energetico della Terra, effetto serra della Terra e riscaldamento globale.**
  - a. Cosa viene trattenuto dalla Terra.
  - b. La radiazione che si trasforma.

Per quanto riguarda l'ottica si sono trattati molto prima dell'inizio del progetto, i seguenti argomenti:

**1) Le onde:**

1. Il trasporto di energia
2. La direzione di propagazione
3. La rappresentazione grafica
4. L'ampiezza la frequenza e la lunghezza d'onda

Molti concetti chiave che il progetto ha permesso di sviluppare sono emersi durante l'esecuzione del percorso. Questo perché si è sviluppato il progetto come un'occasione per introdurre nuovi concetti e fenomeni. Inizialmente il programma doveva essere ampliato con trattazioni teoriche complete di vari concetti, inclusi *l'assorbimento, l'emissione e i relativi spettri, la riflessione, la diffusione, la legge di Stefan-Boltzman, la frequenza e il colore*. Su questi argomenti invece la teoria

è stata fatta man mano che si sviluppava il percorso, (questa scelta è motivata più avanti). Si sono accolte le osservazioni spontanee degli alunni che commentavano gli esperimenti, le loro previsioni che li anticipavano e le risposte degli studenti alle schede d'indagine. Nella fase di condivisione di questi risultati ho confermato molte loro affermazioni, trasformando il linguaggio parlato in linguaggio scientifico per dare loro la possibilità di apprendere nuovi termini fisici e di approfondire i concetti emersi dal lavoro svolto con gli esperimenti, i questionari e le discussioni. Frasi come: "Il coperchio trattiene, cattura parte dei raggi" mi hanno permesso di introdurre il termine "assorbimento" e rispondendo ad alcuni ho anche parlato del suo significato. Così è stato per la riflessione ("repulsione") e per altri termini e concetti. La distinzione tra radiazioni infrarosse e radiazioni luminose è emersa in questo modo e la spiegazione si è ben inserita nel contesto, grazie alle curiosità dei ragazzi.

La legge di Stefan-Boltzman (che avevo introdotto con una breve lezione frontale) è stata nuovamente enunciata in base ad alcune domande e osservazioni che gli studenti hanno fatto dopo che si sono discussi i risultati degli esperimenti sui cilindri e dopo la compilazione dei relativi questionari. La discussione era nata da uno stimolo da me proposto per rendere più intuitivo il comportamento della temperatura di oggetti esposti a radiazione non costante. Tramite alcune domande, riflessioni e disegni abbiamo provato a collegare il fenomeno di irraggiamento e il relativo andamento della temperatura, con fenomeni idrici e la variazione della quota h. Alla fine mi è stato proprio chiesto se non ci fosse una formula che traduceva gli argomenti osservati nella discussione. E' accaduto quindi che alcuni di loro evidenziassero il legame tra la realtà osservata, la fisica e la matematica. L'introduzione della legge di Stefan-Boltzman è sembrata, a questo punto, meno ostile a tutta la classe. Questo è uno dei risultati più importanti e contagiosi che si sia raggiunto con la 2<sup>nd</sup> A. La lezione è descritta al capitolo 5, paragrafo 3.1.

## **2. DAL PROGETTO DI RICERCA AL PIANO DI LAVORO INDIVIDUALE**

### ***A. Analisi preliminare del progetto riguardo alla classe***

In prima analisi la proposta di sviluppare un percorso didattico che tratta in modo approfondito gli effetti termici della radiazione elettromagnetica e l'interazione radiazione-materia mi è sembrata interessante ma di difficile attuazione nella classe a me a disposizione, la 2° ITI Maserati di Voghera del 2009-2010, per i seguenti motivi:

- I. La classe non è numerosa, ma si è mostrata subito come una sfida dal punto di vista relazionale, comportamentale e dell'educazione alla socialità. Tutti questi argomenti sono fortemente collegati alle potenzialità di apprendimento dei ragazzi di questa classe. Se non si crea l'ambiente adatto alla crescita e alla corretta vita collettiva, il processo d'insegnamento-apprendimento è limitato all'origine.

Si sono presentate situazioni particolari: atteggiamento di sfida vittimistico, mancanza di rispetto delle persone, rifiuto totale delle regole. Questi casi si sono risolti con approfonditi colloqui con i genitori. Un'altra problematica iniziale è stata quella di alcuni episodi che si

possono classificare nel fenomeno del bullismo, anche se non estremo. Sul gruppo classe si sono attuate strategie diverse, più avanti riportate.

- II. La classe si mostrava con grandi difficoltà matematiche e scarsa preparazione anche in fisica, sul programma di prima. Per esempio avevano lacune di base nella lettura di grafici e nella loro costruzione. Per fisica il problema si è affrontato impostando la programmazione per moduli, facendo inizialmente attività di recupero delle basi, ma soprattutto abituando i ragazzi, durante tutto l'anno, a costruire ragionamenti logici, a esprimere idee e dubbi, a partecipare. Si è lavorato molto sui gruppi, sulle tecniche di risoluzione dei problemi e sulla proporzionalità diretta e inversa, che sono state assimilate lentamente durante l'anno.
- III. L'argomento non s'inseriva facilmente nel programma della classe. Insegno da molti anni nei bienni ITI di varie scuole e ho osservato che il programma generalmente può essere un po' modificato da scuola a scuola, ma sempre in funzione delle propedeuticità del triennio e sempre in funzione dell'attività tecnica che in futuro i periti dovrebbero potenzialmente svolgere. Faccio un esempio: nei testi di liceo non si approfondisce la dilatazione lineare termica o la dilatazione di volume di oggetti riscaldati, né si fanno esperimenti e relazioni su quest'argomento. Negli ITI invece, si trattano questi argomenti anche in laboratorio e serve il tempo per fare ciò. Al contrario le leggi di Stefan-Boltzman e di Wien non sono mai trattate. Per comprenderle e utilizzarle è necessaria una conoscenza, per esempio della proporzionalità quadratica, che per i motivi sopra esposti è stata al di fuori degli obiettivi proposti e raggiunti dalla classe.

***B. Collocazione del progetto nel programma di sviluppo generale della classe:***

*Strategie per migliorare il clima, le relazioni personali e l'apprendimento della classe (in aggiunta ai colloqui con i ragazzi e i genitori)*

Nel primo quadrimestre, durante le ore di fisica, gli studenti si sono facilmente abituati a lavorare per gruppi e a partecipare a lezione dialogate. Nel secondo quadrimestre, quando si è iniziato il percorso sperimentale di questo progetto, gli studenti hanno portato le esperienze di condivisione precedenti nello sviluppo di lezioni, discussioni e attività finalizzate al progetto.

- Lavoro in gruppi: La classe era affiatata a piccoli gruppi. In ogni gruppetto della classe era forte lo spirito di coesione. Si è cercato di sfruttare questo spirito di gruppo, inizialmente mal canalizzato, per svolgere l'attività didattica. E' apparso subito evidente il lavoro in gruppi stimolava i ragazzi a dare il massimo nella risoluzione dei problemi di fisica. Le squadre sono sempre state molto attive e hanno dato buoni risultati. Il metodo usato potenzia le sinergie di gruppo e l'apprendimento meta-cognitivo, per l'acquisizione dei processi di problem solving. Il gruppo discute le possibili strade per risolvere il problema ed elabora un tema finale, avvalendosi dello schema guida dell'insegnante per esporre il percorso risolutivo scelto. Le tecniche per rendere efficace la collaborazione e per massimizzare i risultati del gruppo sono quelle del metodo giapponese *High Involvement Leadership*, acquisite dall'insegnante in azienda.

- Lezioni dialogate. Un esempio di queste attività è quando chiedo agli studenti di formulare *le loro ipotesi e le loro interpretazioni* dei fenomeni fisici. La strategia per aumentare l'attenzione e la partecipazione, consiste anche in “*Creare la legge fisica*” ovvero far ricavare agli studenti, con il ragionamento, le formule che definiscono grandezze indirette o che pongono in relazione tra loro più grandezze. Il concetto è che la teoria e quindi la formula, nascono *dall'osservazione e dall'analisi*.
- Il progetto. L'intelligenza visiva, la necessità di essere attivi in prima persona, la voglia di agire, dei ragazzi ha reso particolarmente interessante la parte sperimentale del progetto di ricerca didattica sul “*Riscaldamento globale, radiazione termica ed effetto serra*”. Gli esperimenti nuovi, fatti con strumentazione avanzata, la struttura del percorso basata su questionari di previsione autonoma e, dopo gli esperimenti, su interpretazioni autonome dei risultati sperimentali, finalizzati alla comprensione, hanno reso gli studenti protagonisti e ricercatori, aumentando le loro capacità d'analisi e di ascolto. Le brevi integrazioni teoriche che ho proposto durante il percorso, sono così state più interessanti. Nelle varie fasi del progetto i ragazzi hanno cercato la condivisione delle loro opinioni. Perfino quando era richiesta una partecipazione individuale, avrebbero preferito confrontarsi. Per questo, dopo i questionari individuali, ho lasciato loro il tempo per discutere dei loro dubbi e interpretazioni, tenendo traccia delle discussioni di classe e di singoli gruppi, tramite opportune registrazioni.  
Dai questionari è emerso che i ragazzi si sono divertiti e interessati al progetto. L'esito è stato positivo anche in termine di apprendimento e ha dato un notevole contributo al recupero del rendimento di diversi ragazzi.

### C. Collocazione del progetto nel programma didattico

Gli studenti, in questa fase dell'anno, non conoscevano alcuni concetti sulle *onde*, sulla *terminologia* e sul *concetto di energia*, in generale. Avrei dovuto introdurre anche il concetto d'*intensità della radiazione*, necessario a comprendere gli spettri, e i concetti di *assorbimento ed emissione*.

Inizialmente ho scelto di ampliare il programma da svolgere aggiungendo questi argomenti necessari allo sviluppo teorico del progetto a scapito di alcuni temi classici.

Avevo programmato di non trattare alcuni argomenti nell'ambito della cinematica (caduta libera dei corpi), nella conservazione dell'energia e della quantità di moto (queste parti richiedono molti esercizi per essere comprese si potranno fare solo aspetti qualitativi), il concetto di campo (s'introdurrà il potenziale elettrico senza legarlo al campo, ma utilizzando la definizione di lavoro), gli aspetti quantitativi della dilatazione termica, l'energia potenziale elettrica. Sarebbero dovuti rimanere tutti gli altri argomenti propedeutici al triennio più i seguenti temi aggiuntivi finalizzati al progetto:

- Onde meccaniche e luminose
  - $\lambda$ ,  $v$ , velocità, ampiezza, intensità.
  - Riflessione, rifrazione, (cenni a diffrazione, diffusione).
  - Esperienze di meccanica con ondoscopio.
  - Esperienze di ottica con laser, specchi e vetri.
- Interazione radiazione-materia: assorbimento ed emissione della radiazione elettromagnetica (salti quantici, fotoni)



- Assorbimento ed emissione in funzione della temperatura.
- Spettri (teoria)
- Inizio attività sul progetto di collaborazione: “Modello serra”.
  - Esperimenti:
    - oggetti esposti al sole: misure di temperatura e di emissione.
    - radiazione solare: spettro
    - Situazione di equilibrio stazionario, temperatura costante, energia emessa ed energia assorbita.
    - La trasparenza degli oggetti: cosa passa, cosa non passa e quello che non passa dove va?
    - Modellino di effetto serra: analogie tra Terra e scatola con base nera, coperchio semitrasparente e atmosfera. Utilizzo di radiometro e data logger.
    - Conclusioni e verifiche

### **3. IL PASSAGGIO DAL PIANO DI LAVORO ALLA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ IN CLASSE**

Durante l'anno, mi sono resa conto che alcuni argomenti del programma tradizionale non potevano essere sacrificati e che un'ampia espansione teorica del programma non era realizzabile a priori, sia per mancanza di tempo sia per le propensioni e le capacità dei ragazzi. Infatti, per i motivi citati al punto 2.A.I e II, gli studenti di questa classe avevano scarsa attitudine all'ascolto e alla speculazione concettuali, se la teoria appariva scollegata da un'immediata contestualizzazione. Ho modificato allora la programmazione durante il percorso. In particolare non è stata eliminata la trattazione della conservazione dell'energia meccanica, che è risultata la normale continuazione del lavoro precedente fatto sull'energia e sul lavoro. L'analisi del principio di conservazione dell'energia infatti ha permesso di realizzare esperimenti con la rotaia e svolgere vari problemi finalizzati a concretizzare gli argomenti teorici e a dare un senso reale, pratico allo studio della fisica. Anche gli aspetti quantitativi della dilatazione termica sono stati trattati per gli stessi motivi.

Per risolvere il problema di tempo e per interessare i ragazzi sui nuovi argomenti del progetto ho scelto di utilizzare il tema del riscaldamento globale e dell'effetto serra come un punto di partenze e stimolo, occasione per introdurre nuovi concetti e fenomeni. D'altra parte anche nella prima programmazione avevo scelto di procedere, durante l'anno scolastico, con un approccio didattico misto, inserendo nel percorso per moduli sequenziali, lo sviluppo di argomenti per centro di interesse.

## 4. SVOLGIMENTO DEL PROGETTO

In questo capitolo espongo le risposte degli studenti ai vari questionari che sono stati proposti prima e dopo l'esecuzione degli esperimenti. Ci saranno inoltre le loro domande e osservazioni, le mie considerazioni e la descrizione di alcuni aspetti particolari del percorso.

### 4.1 RISULTATI DEL PRE-TEST

#### 4.1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLA PROGRAMMAZIONE:

I ragazzi finora hanno completato tutto il programma di meccanica e hanno fatto lezioni ed esperienze su: temperatura, dilatazione termica lineare, calore (legge fondamentale, equilibrio termico, equivalente termico, capacità termica, calore specifico), brevemente la convezione, l'irraggiamento e la conduzione termica, la radiazione e-m come propagazione di energia nel modello ondulatorio. Gli argomenti d'interesse per il questionario che non sono stati trattati sono: riflessione, diffusione, assorbimento, emissione ecc., più la termodinamica.

Si deve tener conto che molti ragazzi non sono di origine italiana e gli altri utilizzano un linguaggio comunque molto semplice. Si sono quasi tutti impegnati a rispondere (tranne uno che si trasferisce in altra scuola) e questo è un grande risultato poiché la classe faticava a seguire le lezioni di tutti i docenti.

#### 4.1.2 RISULTATI.

Tra parentesi ci sono le precisazioni degli alunni e il numero di risposte date.

##### 1) Descrivi le cause possibili per le quali un corpo si scalda o si raffredda.

Il corpo si scalda	Il corpo si raffredda
Circolazione sanguigna (1)	Tramite altri corpi (tipo ghiaccio) (2),
fonte di calore (stufa, termostato) (8)	Ambiente esterno più freddo (5)
Esposizione al sole (3)	Fonti di raffreddamento (esposizione, vicinanza) (3)
Ambiente più caldo (2)	
Combustione (1)	
Riceve calore (1)	Cede calore (1)
Assorbe calore (2)	
Contatto tra corpi più caldi (1)	Contatto tra corpi più freddi (1)
Temperatura dell'ambiente maggiore (1)	Temperatura dell'ambiente minore (1)
Forza che modifica la temperatura (1)	
passaggio di calore (1)	
Variazione di temperatura (1)	
Non risponde (1)	
Contatto tra corpi a diversa temperatura (1)	

##### 2) Prendiamo dal freezer tre cubetti di ghiaccio uguali. Poggiamo uno dei cubetti su un coperchio di metallo, un altro su una tavola di legno e il terzo lo avvolgiamo in un panno di lana. Quale cubetto fonde per primo e quale per ultimo?

Lana - legno – metallo	(11)
Metallo - legno – lana	(5)
Lana	(2)
Non risponde	(2)

Tot 20

#### Motivazioni degli studenti:

la **lana** isola termicamente (perciò è l'ultimo) (4)

la **lana** trattiene di più il calore (primo) (1)

la **lana** conduce più il calore (primo) (1)

la **lana** fornisce più calore (primo) (1)

la **lana** cede calore (primo) (1)

la **lana** è più calda (o ha temperatura più alta) (primo) (2)

la **lana** assorbe l'acqua (perciò è il primo) (1)

la **lana** non assorbe il freddo (primo) (1)

il **metallo** tende naturalmente a temperature basse (ultimo) (2)

Il **metallo** riceve freddo (quindi ultimo) (1)

Il **metallo** ha temperatura più bassa (quindi ultimo) (2)

Il **metallo** mantiene la temperatura del cubetto (quindi ultimo) (1)

Il **metallo** conduce meno calore (ultimo) (1)

Il **metallo** acquista il calore più velocemente (primo)(1)

Il **legno** si riscalda in base all'ambiente (secondo) (1)

### 3) Cosa succede se miglioriamo l'isolamento di una casa senza ridurre il riscaldamento?

Minore dispersione di calore (il calore si conserva, il calore entra e non esce (1), la T non cambia dove c'è l'isolamento (1), più fresco d'estate (1), non c'è dispersione (1))	(4)
Aumenta temperatura in casa	(9)
Aumenta temperatura/calore	(4)
Minore spesa	(2)
Non risponde	(2)
Maggiore efficienza (Più calore con minor energia)	(1)

(più risposte per alunno) Tot 22

### 4) In quali modi possiamo riscaldare un corpo, cioè fare aumentare la sua temperatura?

<b>Contatto con fonte di calore</b> (stufa, caloriferi..)	2
<b>Contatto</b> con corpo a temperatura maggiore (o più caldo)	4
<b>Avvicinamento</b> di un corpo più caldo /Avvicinamento a fonti di calore in genere	5
<b>Correndo</b> il sangue circola più velocemente e scalda il nostro corpo/Con l'esercizio fisico	2
Con il <b>lavoro</b> , per es. la punta del trapano si riscalda..	1
Mettendolo in un <b>ambiente caldo</b>	1
<b>Esposizione al sole</b>	1
Esponendolo / sottoponendolo a <b>fonti di calore</b>	4
<b>Trasmissione di calore</b> da fonti di calore (per es. fuoco)	4
<b>Coprendolo/vestendolo</b>	2

Aria(*), acqua(*), forno, calore solare	1
Reazioni chimiche/processi chimici	1
Non risponde	1

(\*) (si intende a temperatura maggiore)

5) In una stanza la temperatura è di 20 °C. Riscaldiamo un blocchetto di metallo a 70 °C e poi lo appoggiamo su un tavolo.

- Cosa accade alla temperatura del blocchetto?
- Perché? Quali fenomeni avvengono?

Cosa accade	Perché	tipo
Diminuisce (15)	il tavolo, più freddo, passa la sua temperatura al blocchetto e viceversa/ Scambio di calore tra il blocchetto e il tavolo (2)	Tavolo-blocco e viceversa
Diminuzione fino a 20° (1)	Il blocchetto viene alla temperatura della stanza/ il blocco è costretto ad assorbire la temperatura esterna (più fredda)/ il blocco rilascia calore all'ambiente che ha $t <$ (7)	Blocco-ambiente
Diminuzione fino a 45° (1)	Il tavolo raffredda il blocco/ Passaggio di calore tra il blocchetto e il tavolo (3)	Tavolo-blocco
Si raffredda lentamente (2)	Trasferimento di freddo-esternazione di calore/ cede calore-acquista calore / La stanza è molto grande e non ci accorgiamo del suo riscaldamento dovuto al blocco (4)	Ambiente-blocco e viceversa
Non risponde (1)	Non risponde (4)	
Tot 20		

6) Nella stessa stanza di 20°C di temperatura, ripetiamo l'esperimento, riscaldando un blocchetto di metallo fino a 70 °C. Questa volta però mettiamo il blocchetto riscaldato sotto una campana di vetro, sospeso a un filo sottile, e poi togliamo l'aria con la pompa, facendo il vuoto.

- Cosa accade alla temperatura del blocchetto?
- Perché? Quali fenomeni avvengono?

Rimane costante (10)	La campana funge da isolante quindi T costante (2)
Diminuisce (6)	
	(T blocco diminuisce) Non c'è passaggio di calore/non avviene nessun fenomeno (2)
	(T blocco costante) Non c'è passaggio di calore/nel vuoto non si cede calore (3)
	L'assenza di aria causa T costante (4)
	Non c'è contatto con la temperatura esterna (T costante) (1)
	In assenza di ossigeno non avviene trasporto di energia termica (T costante) (1)
Non risponde (4)	Non risponde (7)

7) Cosa si intende per corpo opaco, trasparente, riflettente? Fate esempi

- Opaco:

espressioni verbali	Esempi
---------------------	--------

non lascia passare i raggi solari 1; non lascia vedere né da una parte né dall'altra 1 non si vede dall'altra parte/attraverso; 6 non lascia passare il colore 1 non riflette 1 poco colorato, chiaro 1 si vede poco quello che c'è oltre 1 lascia vedere da una parte e dall'altra 1	Lavagna, libro, vetri oscuranti, vetro della doccia
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

**- Trasparente:**

espressioni verbali	Esempi
lascia vedere dall'altra parte; 7 lascia passare il colore; 1 lascia passare (viene trapassato da) i raggi solari; 2 si vede quello che c'è oltre; 3 si vede dietro uguale alla realtà; 1 lascia trasparire la luce; 1 non colorato; 1	bicchiere, vetro, occhiali

**- Riflettente:**

espressioni verbali	Esempi
riflette le immagini; 5 riflette qualcosa 1 riflette l'oggetto 1 riflette il colore 1 riflette la luce 2 riflette i raggi solari; 1 riflette l'immagine che ha di fronte 2	Specchio

8) Un oggetto nero è esposto al sole per molto tempo. Cosa succede alla sua temperatura? *Selezione la risposta e motivala.*

**A. Raggiungerà dopo un certo tempo un valore che rimane costante. (5)**

*Motivazioni:*

dopo un po'

- non riesce più ad assorbire
- il sole non scalda più di tanto
- non può diventare più caldo del sole che lo riscalda
- i colori scuri attirano di più di quelli chiari
- non può aumentare all'infinito

**B. Continuerà ad aumentare. (14)**

*Motivazioni:*

- Il nero attira calore/ attira più calore (6)
- Il nero tende ad assorbire di più/assorbe calore (3)
- Perché è esposto al sole (2)
- Io so che aumenta ma non ricordo perché (1)

9) Due blocchetti metallici identici sono dipinti uno di bianco e uno di nero e quindi sono esposti al sole.

Dopo pochi minuti di esposizione al sole si avrà che:

- a. le temperature dei due blocchetti sono uguali
- b. la temperatura del blocchetto bianco è maggiore di quella del blocchetto nero
- c. la temperatura del blocchetto nero è maggiore di quella del blocchetto bianco

*Risposte*

- a. (0)
- b. (0)
- c. (19)
- Non Risponde (1)

*Motivazioni:*

- 1. perché il nero attira/assorbe più calore del bianco (16)
- 2. il nero attira la luce solare (1)
- 3. perché il nero assorbe i raggi solari, il bianco li respinge. (1)
- 4. perché il nero è fatto da pigmenti di tutti i colori, mentre il bianco è fatto di un pigmento di un solo colore (1)

• Quali temperature pensi possano avere i due blocchetti dopo molto tempo di esposizione al sole?

- $T_{\text{bianco}} = T_{\text{nero}}$  (1)
- Dipende dalla stagione (1)
- Tra i 30 e i 60 °C (1)
- 50° (1)
- Non risponde (2)
- $T_{\text{nero}} \gg T_{\text{bianco}}$  (14) di cui quantificano in 7:
  - il nero 15°C in più dell'altro (1)
  - $T_b = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_n = 30^\circ\text{C}$ , (1)
  - $T_b = 25^\circ\text{C}$ ,  $T_n = 35^\circ\text{C}$ , (1)
  - $T_b = 10^\circ\text{C}$ ,  $T_n = 30^\circ\text{C}$ , (1)
  - Se  $T_{\text{ambiente}} = 40^\circ\text{C}$  allora  $T_n = 40^\circ\text{C}$  e  $T_b = 30^\circ\text{C}$ , (1)
  - $T_n = 2 T_b$  (1)
  - $T_b = 40\text{-}50^\circ\text{C}$ ,  $T_n = 60\text{-}70^\circ\text{C}$ , (1)

10) Esponiamo al sole un oggetto di vetro trasparente e uno uguale ma dipinto di nero. Dopo molto tempo di esposizione al sole.

- a. I due oggetti avranno la stessa temperatura.
- b. I due oggetti avranno temperature diverse e la temperatura del primo oggetto sarà ..... della temperatura del secondo.

Motiva la tua risposta

*Risposta b*

- Minore (17)
- Maggiore (2)
- Non risponde (1)

**Motivazioni:**

- Non risponde 6
- Il nero *attira* e il vetro trasparente *lascia passare* 1
- Il nero *attira* più calore (del vetro) 9
- Il nero *assimila* più facilmente il calore 1
- Il nero *assorbe* più calore 1
- Il nero *attira* calore 2

11) Prendiamo due bottiglie di alluminio uguali, ne verniciamo una di nero e lasciamo l'altra con la superficie lucida metallica. Riempiamo quindi le due bottiglie di acqua calda a 90 °C e le lasciamo raffreddare in una stanza in cui la temperatura è di 20 °C.

- a. Le due bottiglie si raffreddano con la stessa rapidità
- b. una delle due si raffredda più rapidamente dell'altra

### Risposte




- a. (7)
- b. (12)
- Non risp (1)

### Motivazioni:

Per le 7 risposte a)

- i. Il colore in questo caso non c'entra (3)
- ii. Entrambe hanno la stessa temperatura
- iii. Se io fossi all'interno (di entrambe le bottiglie) vedrei sempre nero.

Per le 12 risposte b)

- iv. Quella nera si raffredda più lentamente, (6)  
di cui motivano:  
 perché trattiene/ha più calore (6)
- v. Quella nera si raffredda più velocemente (2)  
di cui motivano:  
 perché la bottiglia metallica trattiene più calore (1)  
 il metallo trattiene calore (1)
- vi. la bottiglia nera si scalda più dell'altra (1)

## 12) Perché dietro un vetro non ci si abbronzia?

### Categoria con i raggi solari:

- o Il vetro **riflette** i raggi solari (di cui uno: verso l'alto e non sulla pelle) (3)
- o Il vetro **assorbe** parte dei raggi solari e li **respinge** (1)
- o Il vetro **respinge** i raggi solari (1)
- o **Non passano** i raggi UVA/UV (3)
- o Dal vetro **passano meno** raggi (1)
- o Il vetro **indebolisce** i raggi s. che arrivano con < intensità (2)
- o Il vetro **non fa passare** tutti r.s. e li devia. (1)

### Categoria con la parola calore:

- o Il calore viene **riflesso** (1)
- o Il vetro **non attira** calore. (1)
- o Il vetro **trattiene** calore (1)

### Altro:

- o Il vetro **filtra**, fa un po' da schermo (1)
- o Il vetro **riflette parzialmente** (1)
- o Non risponde (3)

## 13) Spiega come mai all'interno di una serra fa più caldo che all'esterno.

- Si trattengono i raggi solari .1
- Il calore/raggi solari entra ma non esce .3
- Il calore viene assorbito ma non viene rilasciato .1
- Il calore nella serra è costante x
- Il vetro/telo si scalda e fa aumentare la T all'interno .2
- La serra è un ambiente isolato .1
- I raggi solari rimbalzano all'esterno continuamente riscaldando la serra .1
- La temperatura all'interno è sempre uguale .1
- I vetri/ la serra trattengono il calore all'interno .4
- Attraverso il vetro passano meno raggi s. (il ragazzo sotto intende *in uscita*) .1
- Non risponde .3

**14) Attualmente si discute molto sul rischio di un riscaldamento globale della Terra dovuto alle attività dell'uomo. Quali attività umane potrebbero causare un riscaldamento globale? Perché?**

**Cosa**

- Automobili .6
- Combustione/ combustione di idrocarburi/combustibili fossili .3
- Fabbriche/industrie .5
- Produzione di elettricità da carbone .1
- Gas di scarico .3
- Condizionatore, veicoli, elettrodomestici .2
- Utilizzo di energia .1
- Case .1
- emissioni di CO<sub>2</sub> .1

Tot 23 (alcune risposte comprendono più voci citate)

**Perché?**

- Emissione CO<sub>2</sub> .8
- Effetto serra .1
- Sostanze nocive .1
- +CO<sub>2</sub>→+inquinamento→-piante→-O<sub>2</sub>→Morte .1
- Aumento della temperatura dell'atmosfera .1
- Il gas causa l'effetto serra .2
- L'inquinamento causa l'effetto serra .2

**4.1.3 OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER IL FUTURO, SUL PRE-TEST:**

La *motivazione numero tre* che lo studente scrive per spiegare le risposte alla *domanda nove*, mi suggerisce di chiedere in classe: *come avviene la "repulsione" della luce per il bianco? Cambia il meccanismo se il cilindro è liscio oppure ruvido?*

Sarebbe utile confrontare tra loro due cilindri entrambi bianchi (ed entrambi neri) di cui uno sia liscio e riflettente e uno sia opaco. Il cilindro riflettente che abbiamo usato differisce sia per il colore sia per la levigatezza della superficie perciò non si possono isolare gli effetti ottici per comprendere meglio quello che il ragazzo chiama la *repulsione* del bianco.

La *motivazione quattro* della *domanda nove* del pre-test mi porta a questa riflessione: se, per esempio, mescoliamo colori a tempera diversi, otteniamo un colore scuro simile al nero. Quindi ha senso la prima parte della motivazione ("perché il nero è fatto da pigmenti di tutti i colori"). Ma il bianco è fatto di un solo colore, come afferma il ragazzo? Perché allora si osserva, tramite un prisma, che la luce "bianca" si può scomporre in diversi colori? (Faccio notare che nessuno dei ragazzi ha detto che la luce solare è bianca; in generale la osservano gialla).

La domanda che, con una diversa programmazione e più tempo a disposizione, avrei posto in classe è: Che cosa è il colore? da cosa dipende il colore di un oggetto? Poi mostrerei sperimentalmente come il colore di un oggetto non sia una sua caratteristica intrinseca, ma dipenda in realtà anche dalla luce che lo illumina. Poi chiederei "Da cosa dipende il colore della luce?" Infine mostrerei come il fascio luminoso (per esempio quello di un laser) osservata su di uno schermo, cambia colore, a seconda del tipo di schermo stesso. Si evidenzia così che il colore di un oggetto e quello della luce non sono una caratteristica intrinseca di uno o dell'altra, ma sono il frutto dell'interazione tra radiazione e materia. Quindi il colore traduce un'interazione tra due entità: la radiazione e la



materia. Analogamente la forza traduce un'interazione tra due (o più) entità. Nel caso del fenomeno elettrico e di quello gravitazionale ci sono due grandezze fisiche dello stesso tipo che influiscono sull'interazione, determinando il modulo delle due forze opposte conseguenti all'interazione stessa. Queste grandezze caratteristiche dell'interazione sono: le masse (gravitazionali) per il fenomeno della gravità e le cariche elettriche per l'elettricità. Nel caso del colore, le grandezze caratteristiche da ricercare sono, secondo il mio intuito, asimmetriche, diverse, come nel caso dell'interazione che genera la forza di Archimede(\*).

Nel questionario successivo sul riscaldamento dei cilindri emerge una domanda da uno studente:

- Perché il colore nero assorbe di più degli altri colori?

Anche in questo caso le riflessioni sul colore potrebbero essere utili.

## **4.2 ANALISI DELLE REGISTRAZIONI**

**Alcune frasi significative colte dalle registrazioni su tutti gli argomenti del progetto raccolti nel pre-test**

*File 003, minuti 1.45, 2.20, 3.59, 5.38*

*file 004 (minuti 2.40 e oltre)*

- I raggi entrano ma non possono uscire La temperatura aumenta perché Il mare d'estate assorbe calore, d'inverno lo rilascia
- Il calore all'interno è costante mentre fuori no

La registrazione 003 è stata fatta ancor prima del pre-test, dopo la visione di un filmato di National Geographic sul riscaldamento globale, dal titolo "Sei gradi in più possono cambiare il mondo".

Le registrazioni 004 e 005 sono state fatte dopo aver sottoposto ai ragazzi il primo questionario comune per il progetto (pre-test).

*File 006, dal minuto 3 al 4*

- la terra immagazzina il calore, la terra non lo fa uscire, o ne esce solo una piccola parte
- Il calore viene trattenuto dalle pareti della serra

**Bottiglie:**

*file 004 e 005, minuto 000*

- dipende se sono aperte o chiuse
- sono tutte e due aperte o tutte due

**Cubetti:**

*file 006 minuto 5*

- La lana è più calda e scioglie il cubetto per contatto
- La lana immagazzina il calore

*file 006 minuto 7: provate a mettere della lana nel frizer, non si raffredda come il ghiaccio*

### **Aumento di T di un corpo nero:**

*file 006 min10:10*

- Fino a T ambiente
- Dipende dalla forza del sole e dalla T esterna dell'ambiente

*file 007*

- pentola a pressione al massimo fino a 200°
- Anche l'oggetto arriva fino a T max.

*file 008*

- la T deve essere < di quella della fonte di calore, e dipende dal materiale
- dipende da quanta energia emana la lampada e di quanta ne assorbe il cilindro

*file 010-min1:05*

- Si arriva a un punto che il cilindro non riesce ad immagazzinare più energia e inizia a rilasciarlo

*file 011-min 00:19*

- La temperatura si stabilizza perché tanta è (l'energia) che entra, tanta quella che esce.

### **Dietro un vetro non ci si abbronzia**

*file 007-min3:16*

- Non arrivano raggi caldi  
*Mia domanda: Perché in montagna fa più freddo ma io mi abbronzio lo stesso?*
- Perché siamo più vicini al sole

### **Confronto tra cilindri**

*file 007-min1:54*

- *Quello opaco assorbe meno di quello lucido*
- *Quello lucido riflette i raggi quindi anche il calore*

### **Perché non fonde?**

*file 007- minuti 014-015*

- Non arriva abbastanza energia

## 4.3 IL RISCALDAMENTO DEI CORPI

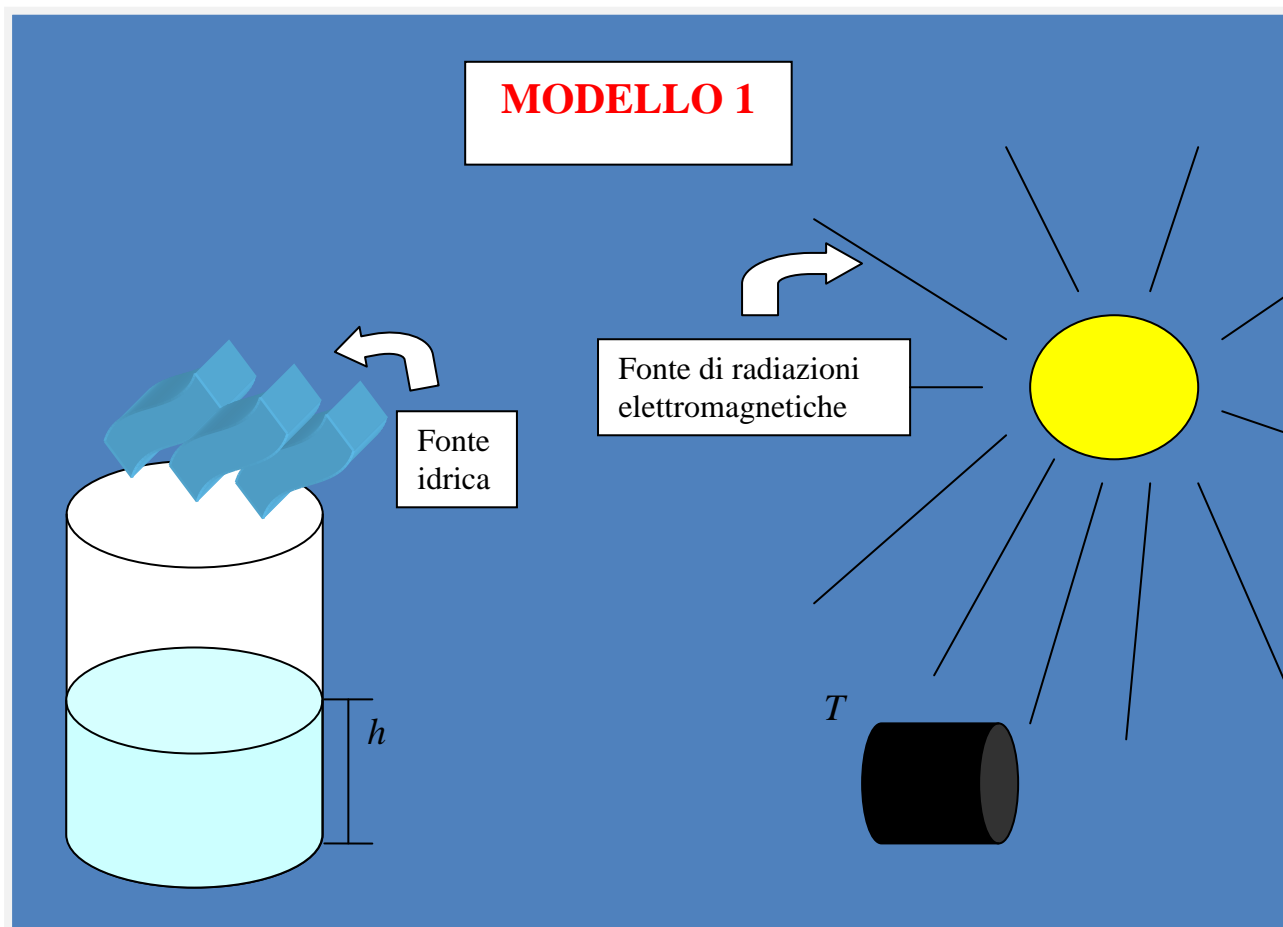
### 4.3.1 RISCALDAMENTO DEI TRE CILINDRETTI, AL SOLE E ALLA LAMPADA

Abbiamo fatto un primo esperimento con tre cilindri dello stesso materiale e dello stesso volume. Uno era bianco, uno nero e uno grigio e lucido. Li abbiamo esposti alla radiazione di una lampada, e abbiamo osservato in tempo reale i grafici delle temperature in funzione del tempo. Gli studenti hanno compreso che la temperatura di ciascun oggetto raggiunge un valore massimo, specifico per ogni cilindro. La curva della temperatura in funzione del tempo mostra inoltre che la velocità di crescita di  $T$  diminuisce man mano che ci si avvicina al valore massimo. Per questo gli studenti hanno spesso parlato di temperatura di saturazione quando volevano indicarne il valore massimo. Evidentemente hanno già familiarità con altri tipi di curve di saturazione.

*LEZIONE REALIZZATA IN CONSEGUENZA DEI RISULTATI DEGLI ESPERIMENTI E DEI QUESTIONARI*

Dopo gli esperimenti e la compilazione dei questionari ho proposto in classe di sviluppare un'analogia tra un corpo esposto a una fonte di radiazione e un recipiente posto sotto una fonte di acqua.

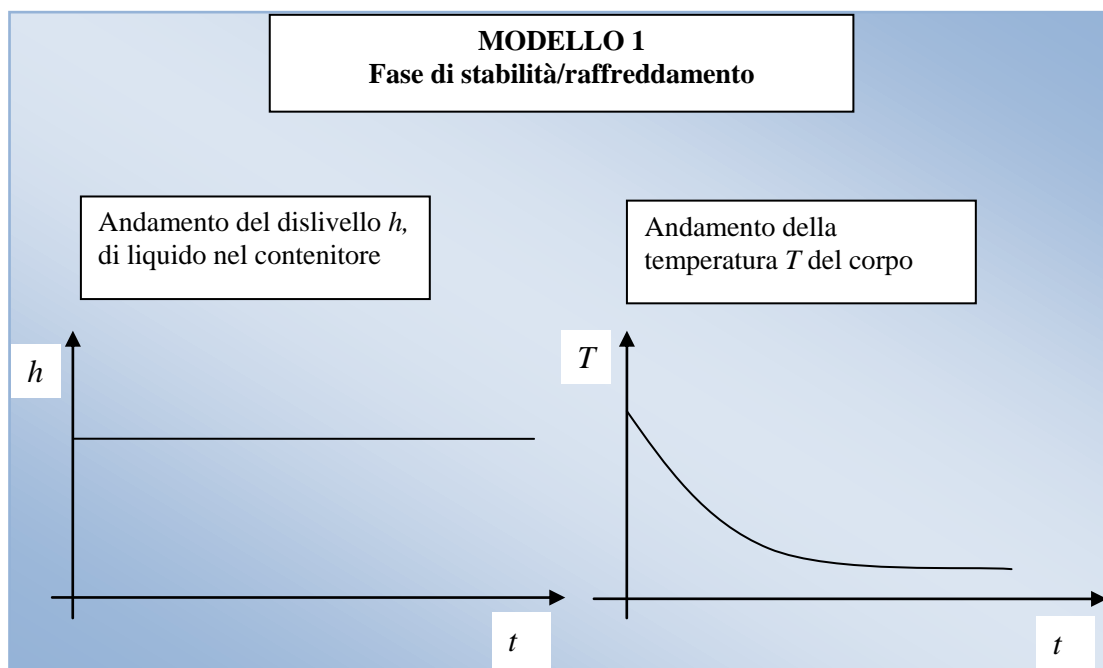
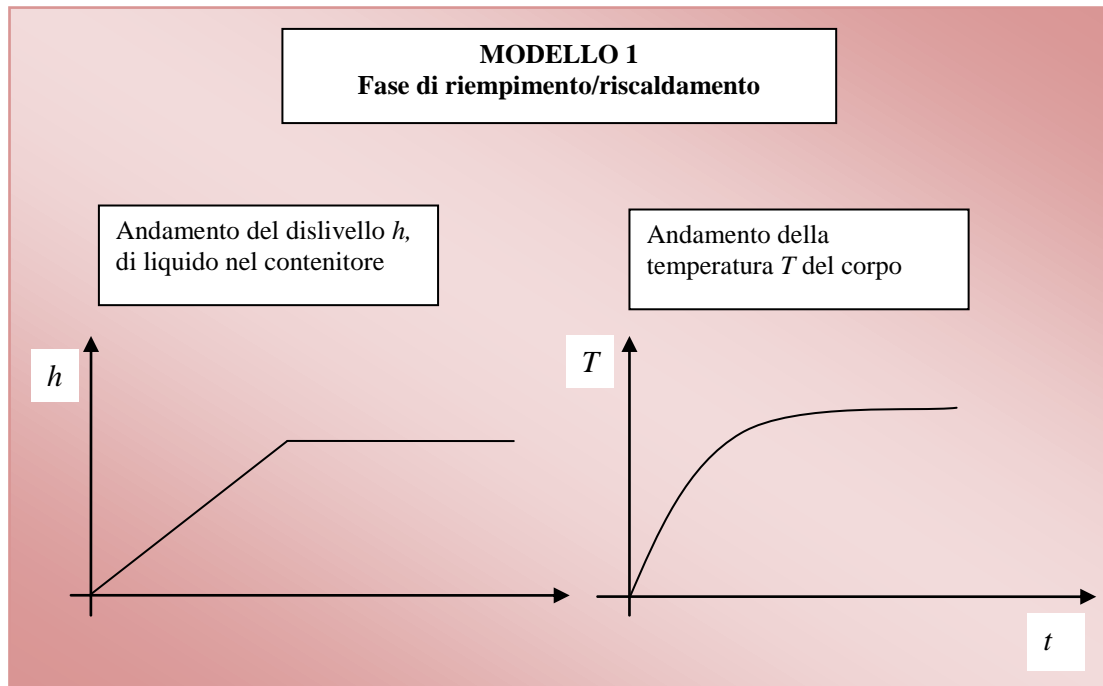
*Primo disegno proposto:*



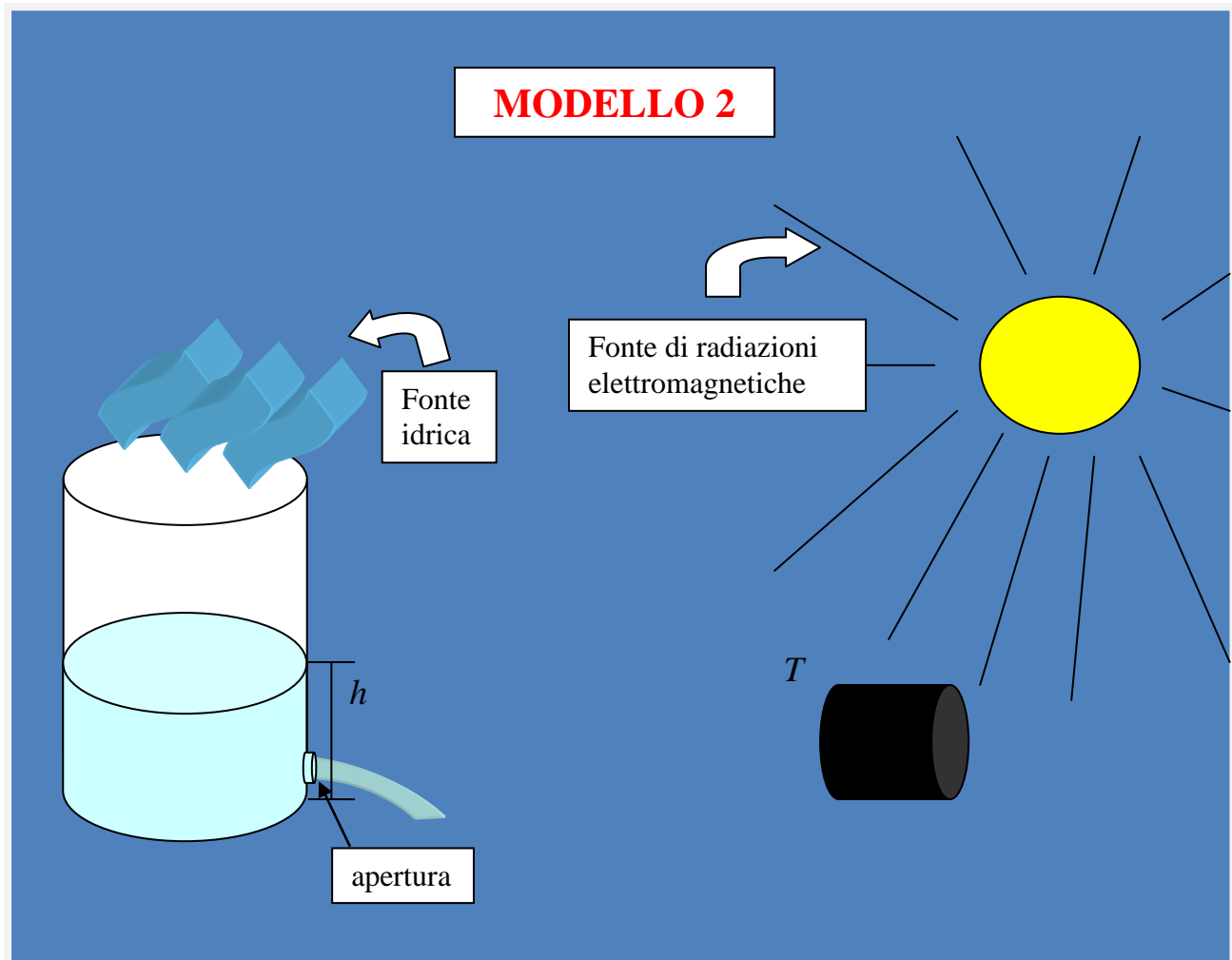
Ho suggerito loro di confrontare l'andamento della temperatura  $T$ , con quello del livello d'acqua  $h$ . Si è osservato come, nel contenitore, il livello sale fino al limite massimo e poi l'acqua iniziava a uscire dal recipiente. Così la temperatura del corpo sale fino a un valore massimo. Raggiunto questo

massimo, per alcuni studenti il corpo riscaldato inizia a cedere l'energia accumulata, irradiando a sua volta. Anche il recipiente pieno "cede" del liquido all'esterno, dal momento in cui il livello di acqua è quello massimo. Allora ho chiesto alla classe cosa sarebbe successo se avessimo interrotto le fonti (di radiazione e di acqua). Abbiamo osservato che per il recipiente pieno di liquido, il livello  $h$  rimane costante, mentre il corpo irraggiato si raffredda, così come osservato sperimentalmente.

Osserviamo gli andamenti di  $h$  e di  $T$ :

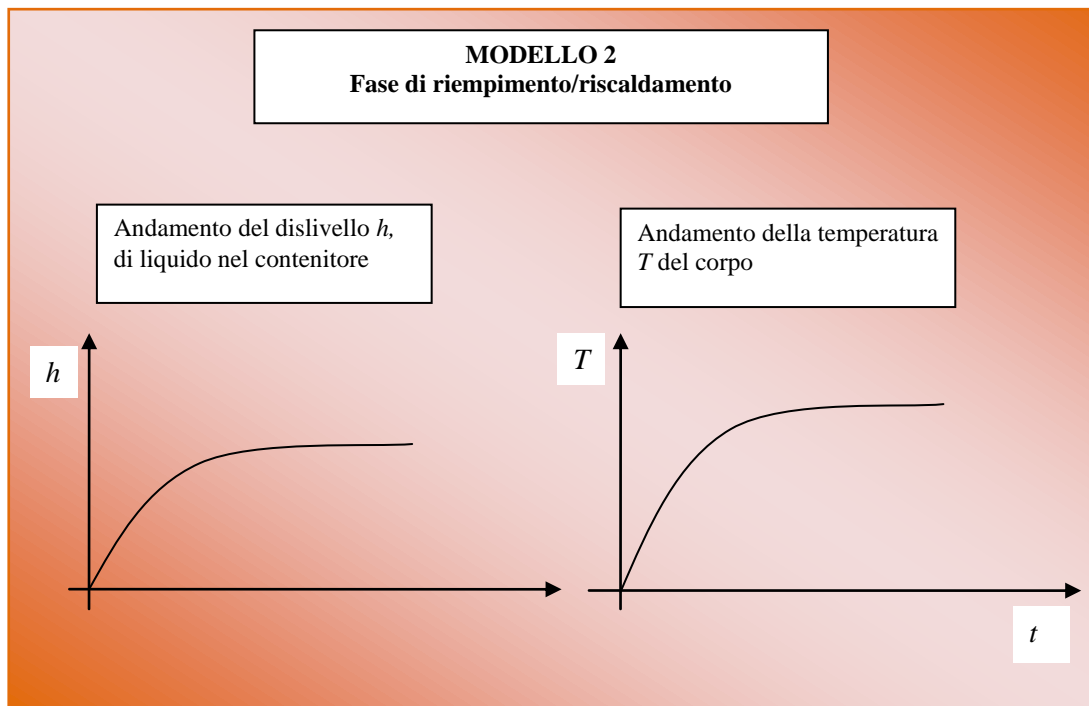


Alcuni studenti che prestavano attenzione hanno compreso che il modello andava modificato. Ho proposto allora il seguente disegno come secondo possibile modello.

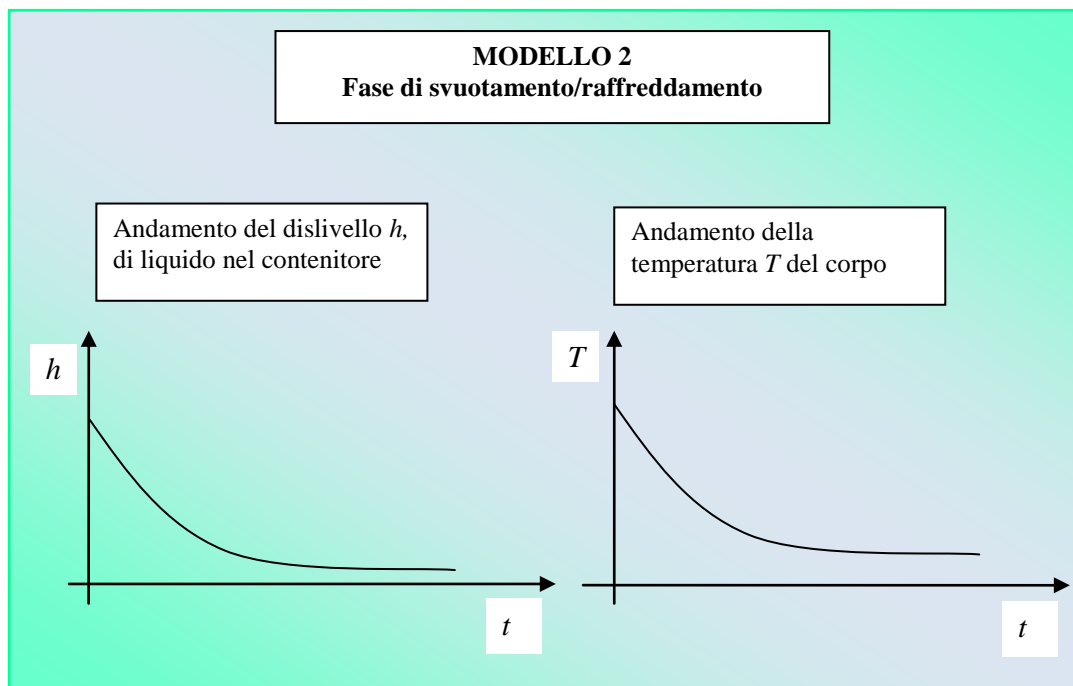


A questo punto abbiamo definito meglio le fonti: da una parte una cascata perché ha una portata grande e dall'altra il sole, per analogia. La cascata, grazie alla sua portata, che ipotizziamo sia costante, permette al livello di acqua di alzarsi, nonostante la perdita di liquido dovuta al foro del recipiente. Analogamente il sole fa crescere la temperatura fino a saturazione, essendo una fonte che irraggia molta più energia nell'unità di tempo, rispetto a un piccolo corpo caldo. Giunti ai massimi valori di  $h$  e di  $T$ , interrompendo le fonti, le "perdite" non sono più compensate. L'irraggiamento del corpo, sempre presente, è la causa della diminuzione della temperatura mentre la discesa di  $h$ , è dovuta al foro nel recipiente. Nel questionario finale uno studente si è ricordato di questa lezione e ha verbalizzato con molto impegno le sue riflessioni (risposta 8 alla domanda 1).

Con questo secondo modello l'analogia tra il livello di liquido e la temperatura produce curve simili:



Per la legge di Stevin, la pressione all'altezza del foro aumenta all'aumentare del livello di liquido soprastante, perciò la "perdita" aumenta man mano che si riempie il contenitore. Questo spiega perché  $h$  cresce più lentamente che nel caso del primo modello, dove si ha un andamento lineare nella fase di riempimento.



Durante lo svuotamento, a fonte spenta, avviene il contrario. La pressione nel liquido diminuisce al diminuire di  $h$  e così fa anche la quantità di liquido che fuoriesce nell'unità di tempo. Pertanto la velocità di discesa del livello  $h$  diminuisce nel tempo fino al raggiungimento del livello minimo, appena sotto l'apertura.

### DIFFICOLTÀ DI RILEVAZIONE DATI

Dai grafici inizialmente risultava che la temperatura più alta era quella del cilindro grigio, posto in mezzo agli altri due. Gli studenti hanno pensato che il problema, in questo caso, fosse dovuto

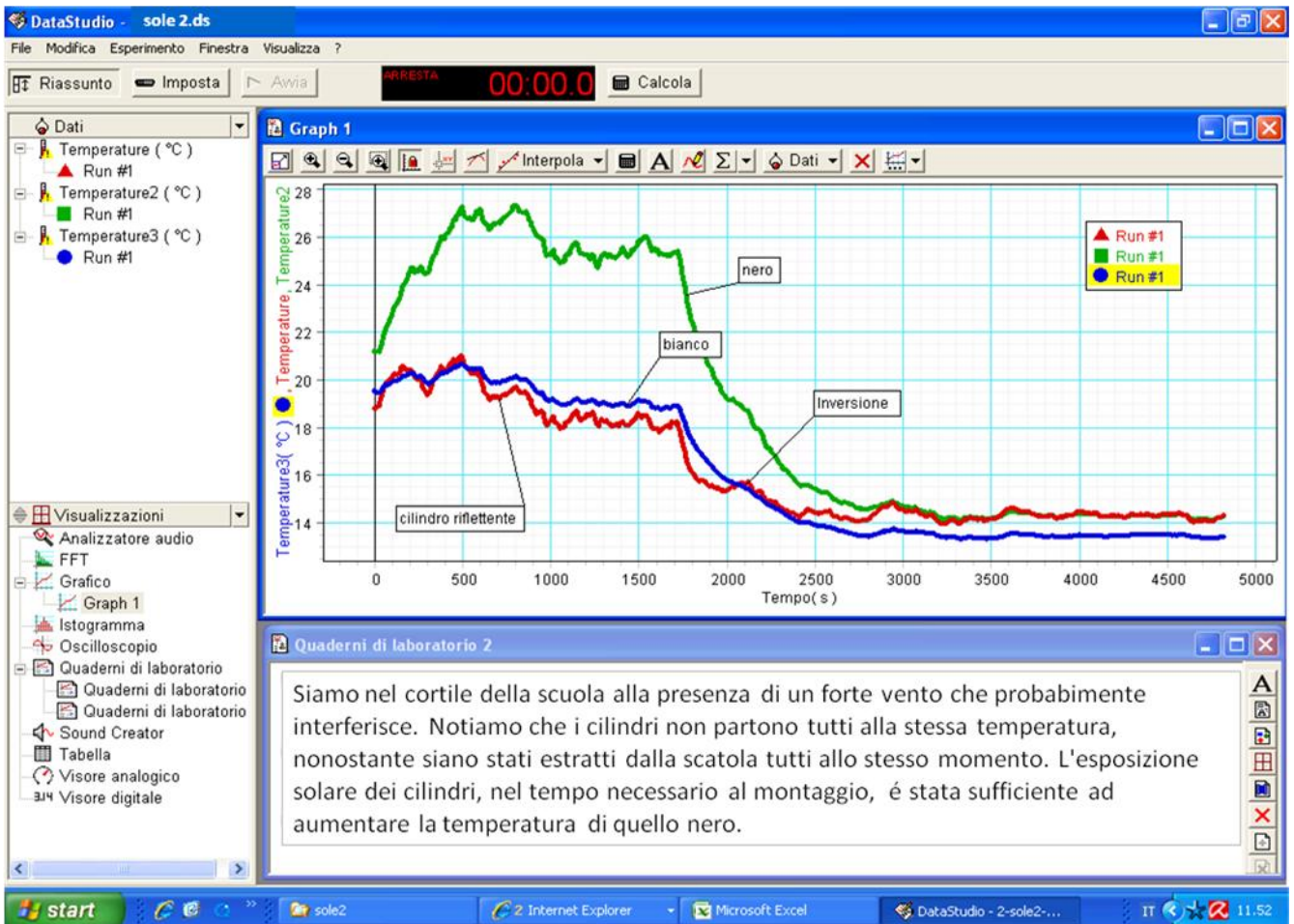
- Alla disposizione geometrica dei cilindri rispetto alla lampada,
- alla luce al neon accesa sopra di noi,
- alla finestra aperta.

Abbiamo rifatto l'esperimento con la lampada e soli due cilindri in posizione simmetrica (come si può vedere dalle fotografie nel dvd) ma anche in questo caso non abbiamo osservato che il nero si scaldava di più. I ragazzi hanno dato i loro suggerimenti e fatto le loro osservazioni sulle cause (documentati da miei appunti e dalla registrazione 009 e dal video). Esse riguardavano la posizione dei cilindri e l'esposizione asimmetrica alla fonte luminosa, la presenza del forte vento, il fatto che in classe ci fosse una finestra aperta, l'interferenza di altre fonti luminose oltre alla lampada ecc. Non convinta delle motivazioni sopra esposte ho rifatto un paio di volte le cose a casa, sempre con tre cilindri contemporaneamente, utilizzando tutti gli accorgimenti possibili: ho preso accuratamente nota del sensore inserito nell'ingresso indicato con  $T_1$  e quello inserito nell'ingresso  $T_2$  dell'elaboratore-interfaccia "GLX". Ho tenuto i cilindri insieme, al buio e poi li ho estratti e inseriti velocemente sui sensori. Le curve attendibili sono emerse una volta su due. Il manuale non è stato di aiuto. Nei grafici apparivano curve che sembravano invertite. Il nero che non si scaldava e il bianco o il riflettente sì.

Durante un esperimento al sole con la classe (vedi video) ho toccato i cilindri e li ho fatti toccare ai ragazzi. Si è constatato che il nero era in verità il più caldo perciò ho guidato gli studenti a escludere tutte le motivazioni che riguardassero le variabili in gioco (vento, ombre, posizione eccetera) e a concentrarsi sul sistema di rilevazione dei dati. Ho infine risolto il problema analizzando in dettaglio il funzionamento dell'elaboratore-interfaccia con i tre sensori inseriti contemporaneamente, nel modo seguente:

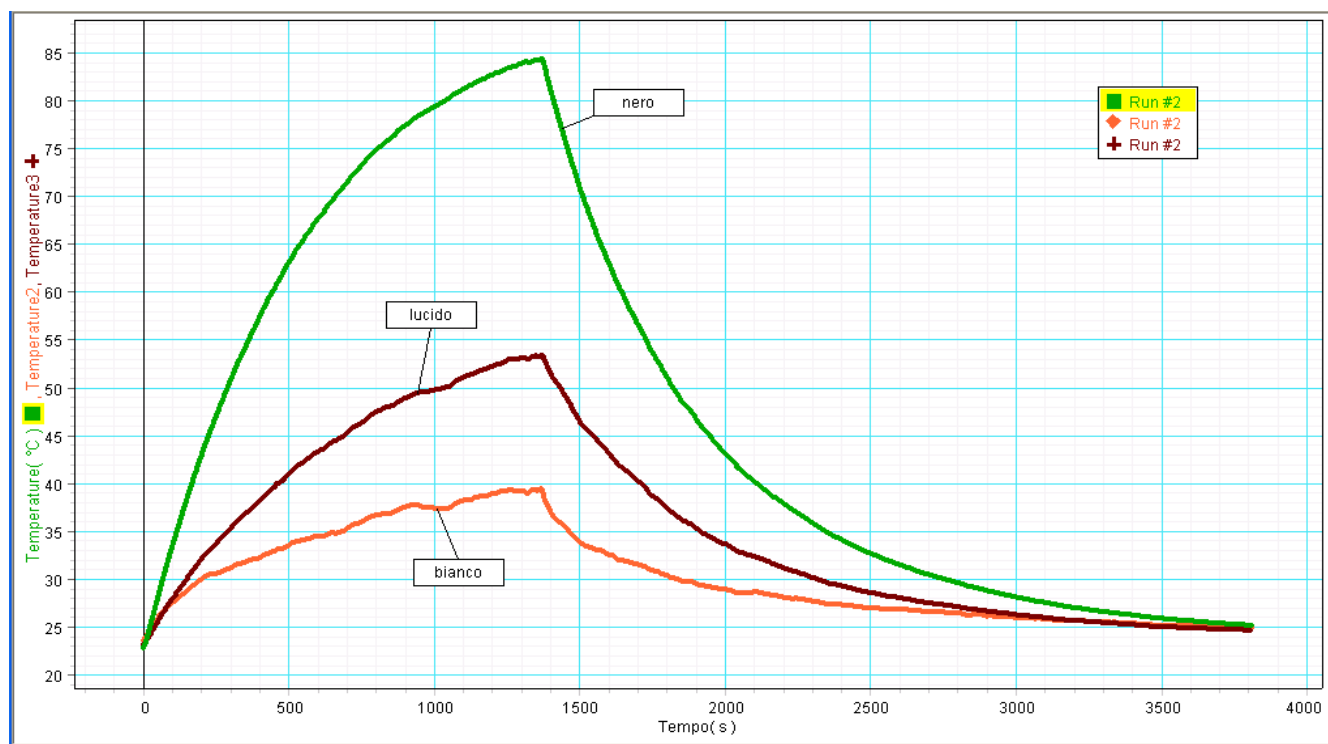
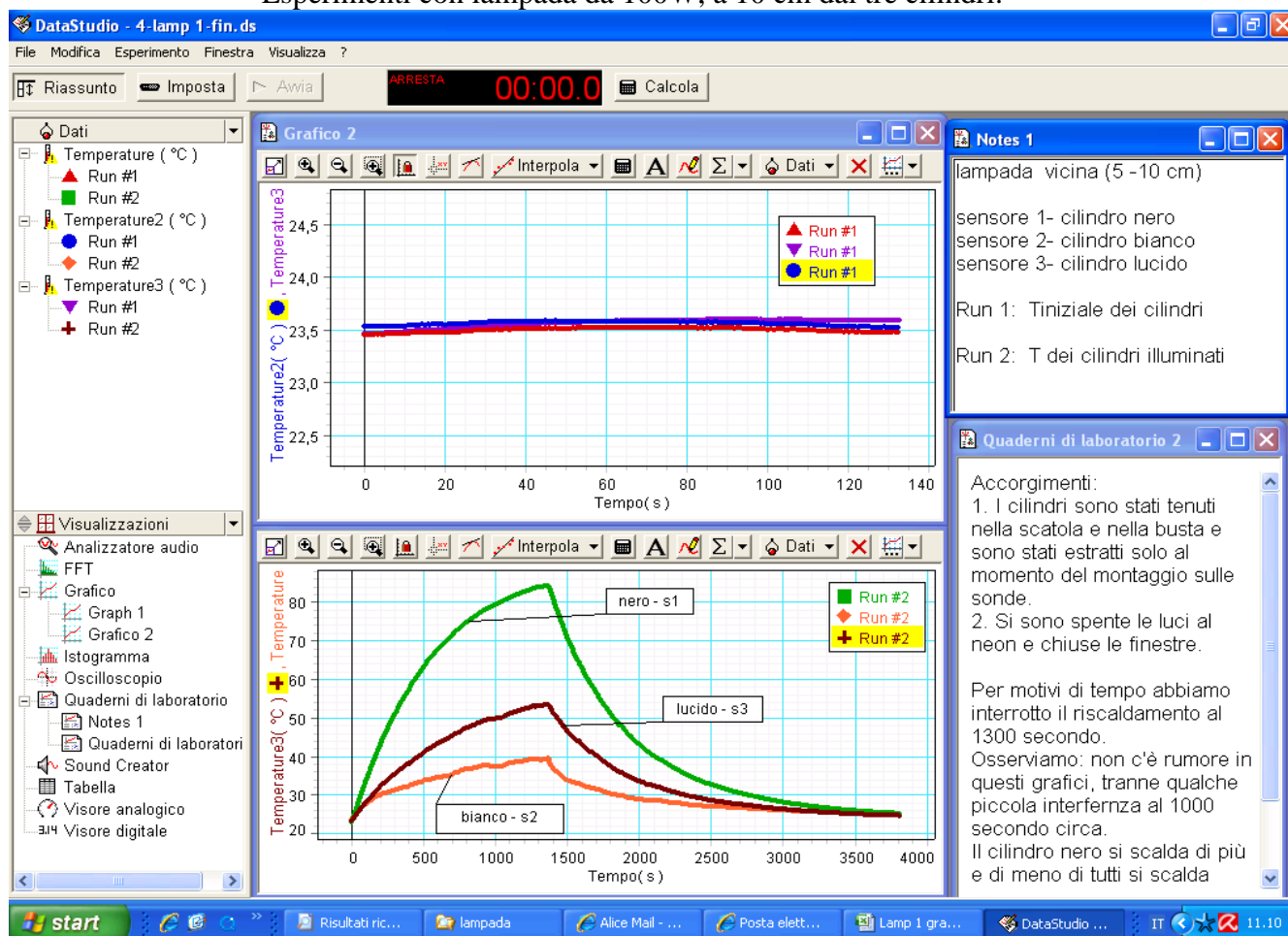
Al chiuso abbiamo strofinato una sonda alla volta per osservare con che nome il segnale venisse registrato. E' emerso che Glx ha due etichette fuorvianti, poiché del tutto inutili, su entrambi gli ingressi laterali:  $T_1$  e  $T_2$ . Infatti, nel grafico, la temperatura identificata con *Temperature2*, non è necessariamente quella del sensore immesso nell'ingresso indicato con  $T_2$ , ma corrisponde alla temperatura del sensore inserito per secondo, sempre che il Glx sia acceso al momento dell'inserimento dei sensori. A cosa serve l'indicazione  $T_2$ ? Se l'elaboratore-interfaccia è spento e si preparano già i sensori, inserendoli tutti e tre, sarebbe logico pensare che la temperatura 2 del grafico sia quella dell'ingresso indicato con  $T_2$ , così che questa etichetta abbia la sua funzione. Invece non è così! Le indicazioni  $T_1$  e  $T_2$  sul Glx non servono nemmeno a questo. Il piccolo computer-interfaccia quando è acceso con i sensori già inseriti, sceglie in modo casuale come indicare nei grafici e nei dati le temperature ricevute dai tre canali. Questa è la conclusione cui siamo arrivati. Abbiamo infine ottenuto i risultati attesi.

## ESPERIMENTI AL SOLE



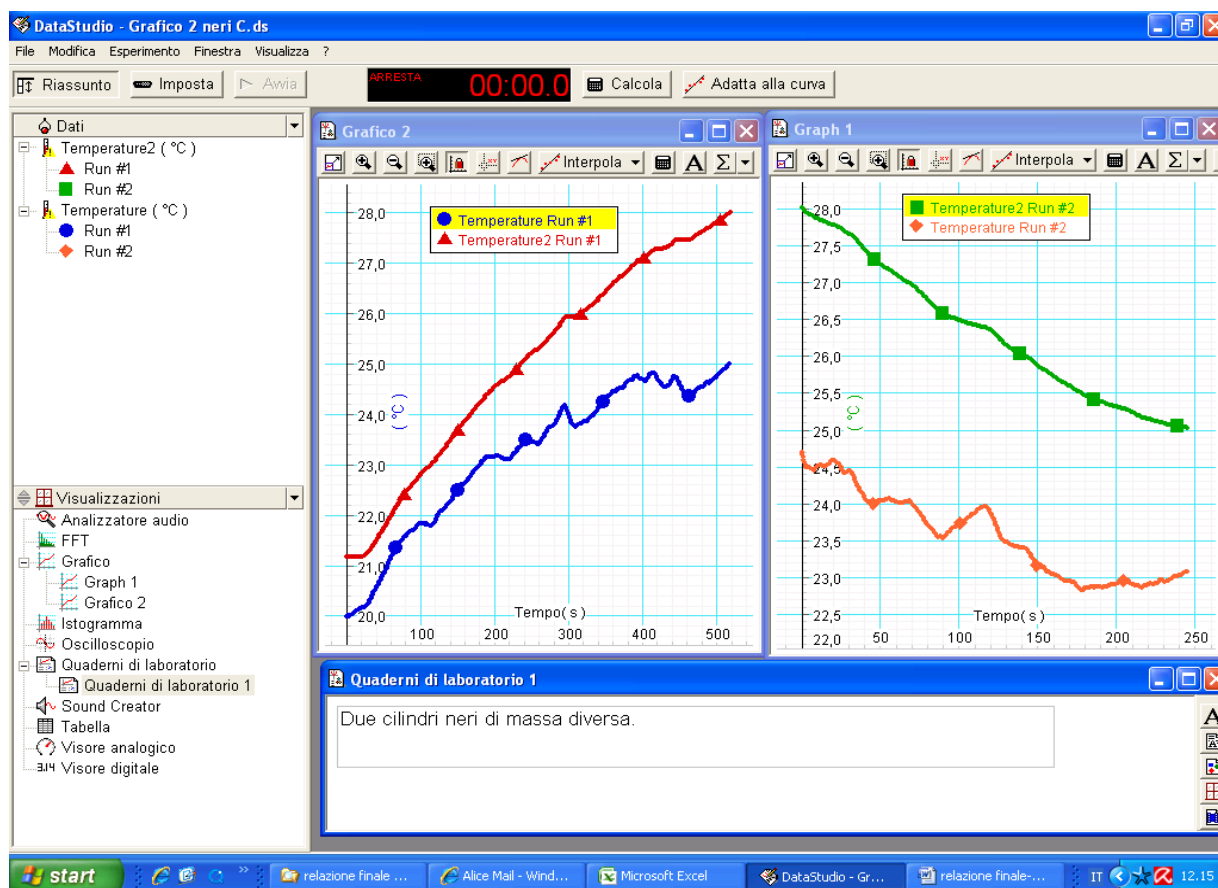


## Esperimenti con lampada da 100W, a 10 cm dai tre cilindri.



### 4.3.2 RISCALDAMENTO AL SOLE DEI DUE CILINDRI CON DIVERSO VOLUME

Io e la classe abbiamo esposto al sole due cilindri neri ruvidi, fatti con lo stesso materiale e di diverso volume. Abbiamo osservato e commentato i risultati del riscaldamento e del raffreddamento, notando il ruolo della superficie nella velocità di variazione della temperatura. Così ho trovato lo spunto per richiamare la legge di *Stefan-Boltzmann* che avevo enunciato nella lezione precedente.



### 4.3.3 OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER IL FUTURO SUGLI ESPERIMENTI DI RISCALDAMENTO E RAFFREDDAMENTO DI OGGETTI

#### *CURVE DI SATURAZIONE DELLA TEMPERATURA DI TRE CILINDRI IDENTICI SE NON PER COLORE E LEVIGATEZZA*

Per lo studio del riscaldamento dei tre corpi contemporaneamente, suggerirei di confrontare tre cilindri tutti ruvidi, per esempio uno bianco, uno nero e uno grigio, entrambi opachi. Si dovrebbe avere a disposizione anche un cilindro grigio delle stesse dimensioni e materiale degli altri tre, ma levigato e perciò lucido e riflettente. Questo confronto potrebbe aiutare tutta la classe a riflettere sulla domanda posta da uno studente (questionario sui cilindri, domanda numero quattro.)

- *Non capisco perché quello lucido ha assorbito di più di quello bianco. .1*

#### *CURVE DI SATURAZIONE DELLA TEMPERATURA DI DUE CILINDRI IDENTICI SE NON PER LA DIMENSIONE*

Conseguentemente agli esperimenti fatti con due cilindri neri di diverso volume, uno studente molto attento e intuitivo proponeva che fosse il volume a determinare la velocità di variazione di energia e non comprendeva perché dovesse essere solo la superficie. Tutto sommato tutto il corpo era caldo, non solo la superficie.

Per fugare questi dubbi ho fatto esempi e disegni di materiali di forma diversa, di superficie differente e stesso volume. Ho provato a fare concepire la superficie come la parte del corpo che s'interfaccia con l'esterno, come una finestra che permette lo scambio di energia tra l'interno e l'esterno, per esempio dell'aula. Anche qui, come nel caso della discussione sulle curve di saturazione della temperatura, trovo utile il paragone con i liquidi e l'analogia tra il livello  $h$  di liquido e la temperatura  $T$  del corpo.

La proposta sarebbe di preparare e svolgere esperimenti proprio con questo tipo di materiali di superficie diversa, e stesso volume, in parallelo con esperimenti con i liquidi. Si potrebbero utilizzare recipienti di volume diverso, da riempire alla stessa altezza, con fori alla base di diversa superficie e di ugual superficie.

#### 4.3.4 ANALISI DELLE RISPOSTE AL QUESTIONARIO SUI CORPI ESPOSTI A RADIAZIONE

##### *Scheda previsioni*

*Tre cilindri esposti alla luce della lampada (alunni 19)*

##### **1. Descrivi brevemente le prove eseguite: titolo, posizione degli oggetti, scopo ecc..**

- Nome del file Lamp1 - posizione della lampada 5 cm

Scopo:

- come cambiano le  $t$  dei cilindri con il calore della lampada .6
- come cambiano le  $t$  dei cilindri esposti a fonti di calore .1
- trovare il diverso  $\Delta t$  dei corpi .1
- trovare quanto cilindri di materiali diversi aumentassero la temperatura .1
- trovare la diversa radiazione dei corpi .1
- trovare la diversa  $t$  dei tre corpi di colori differenti .1
- Quale dei tre cilindrici scalda per primo .2
- trovare la differenza di calore assunto dai cilindri di colore diverso. 1
- Quanto si scaldano i cilindri .1
- Dimostrare la variazione di temperatura tra oggetti dello stesso materiale, ma diverso colore, esposti ad una fonte di calore.1
- Non risponde (il resto)

##### *Scheda risultati*

*Tre cilindri esposti alla luce della lampada (alunni 19)*

##### **2. Le misure hanno confermato le tue previsioni? Confronta e commenta.**

Sì, la sequenza è quella che pensavo (nero-grigio-bianco) è stata confermata .13

No. le mie idee erano sbagliate ma mi sono accorto dei miei errori. 2

In parte. 4 (di cui tutti per il confronto tra grigio e bianco e 1 per la saturazione della curva)

##### **3. Quali conclusioni puoi trarre dagli esperimenti eseguiti?**

- Non risponde .1
- Il cilindro nero assorbe/attira più calore rispetto a quello lucido e soprattutto rispetto a quello bianco .2
- Il cilindro nero assorbe più calore e aumenta molto la sua temperatura rispetto a quello lucido e infine a quello bianco .1

- Cilindro nero trattiene più calore. 1
- Qualsiasi oggetto nero attira più luce, riceve quindi più calore .1
- Il nero si scalda/riscalda di più, poi quello lucido e meno di tutti quello bianco .5
- Il nero ha una curva più uniforme .1
- Il colore condiziona l'assunzione di calore (il lucido non è colorato). 1
- Stessa fonte di calore comporta riscaldamenti diversi .1
- Mi ha stupito il comportamento di quello lucido rispetto a quello bianco . 1
- Il nero attira, il bianco non attira, quello grigio riflette e attira. 1
- Il nero, vista la sua potenza di assorbimento, arriva a T maggiori. 1

#### 4. Osservazioni e domande.

- Si possono notare due interferenze nei grafici (l'alunno segna nel grafico i punti) .1
- Come si comporterebbero i materiali se venissero sottoposti a una fonte di radiazioni intermittente? .1
- Con il sole i cilindri si riscaldano di più che con la lampada? .1
- Non capisco perché quello lucido ha assorbito di più di quello bianco. .1
- Con lampada più distante e materiali diversi il risultato sarebbe cambiato? .1
- Il cilindro nero arriva a 85 °C in 1200 secondi, quello lucido a 54°C in 1300 secondi e quello bianco a 40°C in 1330 s, poi dopo 3700 s, tutti e tre arrivano a 25°C .2
- Perché il colore nero assorbe di più degli altri colori? .1

#### 5. Quali aspetti del lavoro svolto ti sono sembrati più interessanti?

- Interfaccia grafica e grafici in tempo reale .5
- Tutto l'esperimento .6
- Posizionamento dei cilindri .1
- La sequenza, che comporta prima la mia previsione e poi l'esperimento .1
- Apprendere che con il solo cambiamento del colore si può variare così tanto il risultato .1
- Il risultato/ Il diverso riscaldamento dei cilindri .3
- Ho capito che prima di fare un esperimento bisogna controllare tutti i fattori che possono influire su di esso.1
- Aver contribuito molto all'esperimento .1
- Aver lavorato in un gruppo serio per la raccolta dei dati .2
- Aver fatto un esperimento diverso/ attrezzature nuove .2

### 4.4 RISULTATI DEL QUESTIONARIO SULLE PROVE CON IL RADIOMETRO

#### 4.4.1 OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER IL FUTURO

Ho notato che i ragazzi, tal volta, non ammettono o non prendono coscienza di aver fatto previsioni diverse dai risultati osservati. Oppure interpretano male la domanda. Pertanto in alcuni casi, la risposta sì alla domanda sette *“Le misure hanno confermato le tue previsioni?”*

della scheda successiva agli esperimenti, secondo me, non significa che le previsioni coincidano esattamente con le osservazioni finali, ma semplicemente che il ragazzo riconosce come valide e fa proprie le informazioni ricevute tramite le attività. Anche nella domanda tre ***“I risultati ottenuti ti portano a modificare in qualche modo le tue idee su questi fenomeni?”***

quasi tutti rispondono di no, aggiungendo però frasi del tipo: *“Avevo già intuito i risultati”* (che però non erano quelli descritti nelle previsioni, pertanto l’intuizione era successiva alla scheda di previsioni e probabilmente avveniva nella fase d’inizio degli esperimenti). Solo i ragazzi più abili sanno individuare i cambiamenti e gli ampliamenti dei loro schemi cognitivi.

Infine le risposte alla domanda ***“Quali aspetti del lavoro svolto ti sono sembrati più interessanti?”*** avvalorano le osservazioni fatte nell’introduzione sulla valenza del progetto. Si è osservata maggiore motivazione, uno sviluppo dell’attitudine alla riflessione, all’analisi, alla partecipazione e alla collaborazione.

#### **4.4.2 RISPOSTE AL QUESTIONARIO SULLA RADIAZIONE EMESSA DAI CORPI (PROVE CON IL RADIOMETRO)**

##### ***Scheda previsioni***

**A. Cosa misuriamo?**

**B. Che segnale ti aspetti di trovare analizzando i seguenti oggetti:**

- 1. Laser**
- 2. Lampadina, torcia**
- 3. Sole**
- 4. Telecomando**
- 5. Oggetti a temperatura ambiente**
- 6. Oggetti a temperatura < dell’ambiente (ghiaccio, frigo, ecc)**
- 7. Oggetti a temperatura > dell’ambiente (acqua riscaldata, metallo riscaldata, filo di rame incandescente)**

**C. Eventuali osservazioni e domande che vorresti fare**

##### ***Risposte alla scheda previsioni (19 ragazzi)***

**A. Cosa misuriamo?**

- Radiazioni elettromagnetiche emesse da un corpo.4
- Radiazioni/Radiazioni elettromagnetiche 8
- Radiazioni degli oggetti .4
- Radiazioni “di calore” emesse dagli oggetti .2
- Non risponde .1

**B. Che segnale ti aspetti di trovare analizzando i seguenti oggetti:....**

1. Si c’è segnale. 19 (alcuni dicono molto e altri poco)
2. Si c’è segnale .19
3. Si c’è segnale . 19 (alcuni dicono molto perché la T del sole è alta, e altri poco)

4. Sì il telecomando emette. 19 (alcuni dicono molto e altri poco)
5. Oggetti a temperatura = a quella dell'ambiente :
  - NO, nessun segnale .4
  - SI' emettono, .2
  - SI, poco .5
  - Valore misurato = 0 .2
  - Valore misurato > 0 .1
  - Non comprende la domanda e risponde che si scalda o si raffredda o rimane alla stessa temperatura .5
6. Oggetti a temperatura < dell'ambiente
  - NO, . 4
  - SI, poco .10
  - Sì valore negativo .1
  - Si raffredda .3
  - Valore misurato = 0 .1
7. Oggetti a temperatura > dell'ambiente
  - Sì .3
  - Sì , molta 10
  - Si raffredda 1
  - Si, poca 1
  - Si scalda .2
  - Non risponde .2

**C. Eventuali osservazioni e domande che vorresti fare: nessuna risposta**

### *Scheda risultati (prove con il radiometro)*

#### *Domande e risposte*

- 7. Le misure hanno confermato le tue previsioni?**
  - a. Sì .9
  - b. In parte 4
  - c. Sì, però ora ho più conoscenza in questo argomento .1
- 8. I risultati ottenuti ti portano a modificare in qualche modo le tue idee su questi fenomeni?**
  - a. No (per la maggior parte)
  - b. Sì(3):
    - i. pensavo che solo le sorgenti luminose emanassero radiazioni.
    - ii. Pensavo che un vetro lasciasse passare tutte le radiazioni
    - iii. Pensavo che il laser radiometro segnasse più radiazioni quando esposto al laser.
- 9. In conclusione cosa hai capito dagli esperimenti eseguiti?**
  - ho capito che tutti gli oggetti emanano radiazione .10

- ho compreso che i raggi infrarossi possono essere fotografati .1
- ho scoperto che se la luce passa attraverso un vetro esso in parte la riflette ma la assorbe anche, diminuendo così anche la sua radiazione. .1
- In base alla temperatura i corpi emettono radiazioni diverse .2
- In base alla temperatura i corpi emettono radiazioni diverse, maggiore è la temperatura e maggiore sarà la radiazione emessa. .3
- ho capito che ciascun oggetto ha una sua radiazione di calore anche se varia da corpo a corpo. .1

#### **10. Quali aspetti del lavoro svolto ti sono sembrati più interessanti?**

- Fare la misurazione con il radiometro .5
- La misurazione delle radiazioni del laser .2
- Tutto il lavoro in generale è stato molto interessante.3
- Provare nuovi esperimenti a gruppi è stato interessante .1
- L'esperimento è stato molto interessante e mi ha aiutato a capire ciò che intuitivo.1
- Scoprire la reale radiazione degli oggetti.1
- La misura della radiazione della moneta da 10 centesimi riscaldata.1
- “Gli esperimenti svolti fuori dalla classe, perché ciò permette a noi studenti di uscire dall'ambiente rigoroso della classe , in questo modo le lezioni sono state più divertenti e coinvolgenti e ci permettono di imparare e svagarci allo stesso tempo “.1
- I vari aspetti che influiscono sulle radiazioni.1

## **4.5 PROVE CON IL MODELLO SERRA**

### **4.5.1 OSSERVAZIONI E FEED-BACK**

Essendo molto difficile, in questa classe, fare la lezione frontale e motivare allo studio a casa, l'azione didattica si è incentrata sull'esperienza e la partecipazione attiva degli studenti, in classe.

Dalle risposte di questa scheda emerge che i ragazzi non avevano compreso alcune informazioni di base sui tipi di radiazione elettromagnetica, sull'assorbimento, l'emissione ecc. Molti confondevano ancora i termini *irraggiamento*, *conduzione* e *convezione*. Ho creato per loro delle brevi dispense, delle mappe riassuntive, per ovviare al problema. Inoltre ho dichiarato che il test finale poteva essere un mezzo per il recupero delle loro insufficienze. Così hanno partecipato un po' meglio alla lezione teorica e dialogata sul modello di serra e sui concetti di base per l'interpretazione dei fenomeni. Il cambiamento si vede negli esiti del questionario finale.

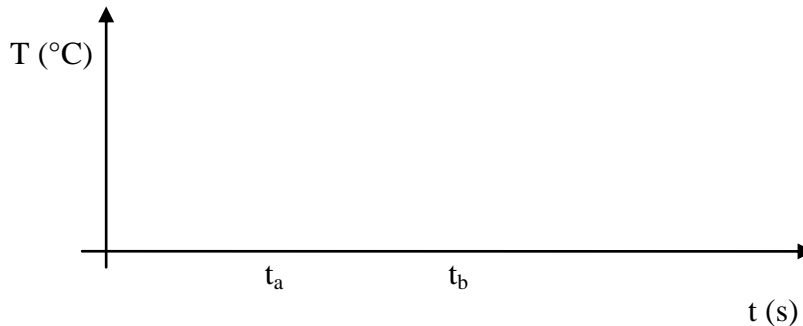
### **4.5.2 ANALISI DEI RISULTATI DEL QUESTIONARIO SUL MODELLO DI SERRA**

#### ***Scheda previsioni***

Ascolta attentamente la descrizione degli esperimenti che dovrai eseguire.

1. Qual è lo scopo dell'esperimento?

2. Quali grandezze fisiche misuriamo e in che condizioni?
3. Che cosa ti aspetti di scoprire?
4. Hai una idea di quale grafico potremmo ottenere? Disegnalo qua sotto, tenendo conto che, durante il riscaldamento, fino al tempo  $t_b$  si tiene il coperchio aperto e poi lo si chiude.



### Risposte alla *scheda previsioni* sul modello serra

(19 ragazzi):

#### 1. Qual è lo scopo dell'esperimento?

- Capire quanto influisce l'effetto serra
  - sull'*esperimento* .4
  - sulla *temperatura* di un corpo .3
  - sul *passaggio di calore* .3
- Riprodurre un effetto serra .1
- Scoprire cosa succede quando si mette il coperchio alla scatola .6
- Misurare la *variazione di temperatura/la temperatura* di un corpo coprendolo con un coperchio e capire cosa accade .2
- Misurare la *variazione di temperatura* di una serra illuminata da una lampada .1

#### 2. Quali grandezze fisiche misuriamo e in che condizioni?

- *Radiazione e temperatura*, a scatola aperta e a scatola chiusa .6
- La *temperatura/la variazione di temperatura*, a scatola aperta e a scatola chiusa .10
- *Calore assorbito* da un corpo esposto ad effetto serra .3

#### 3. Che cosa ti aspetti di scoprire?

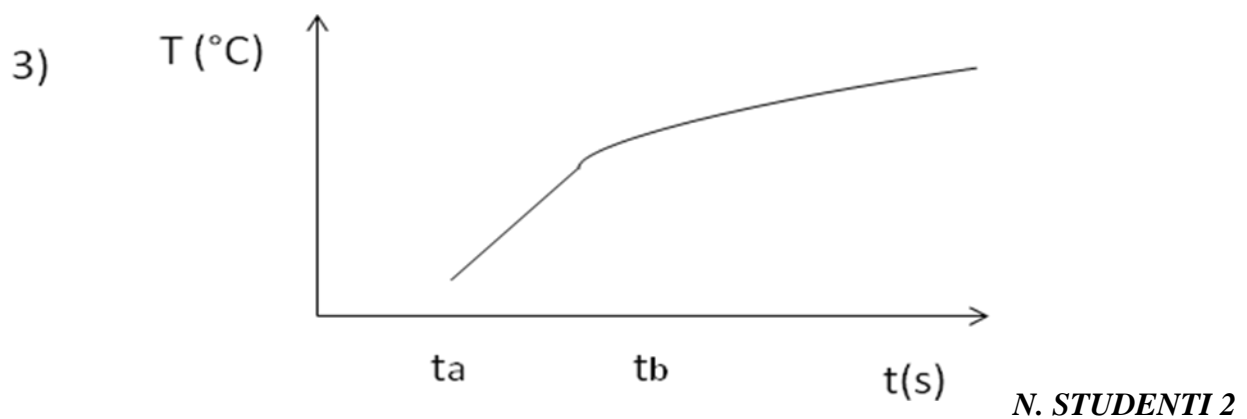
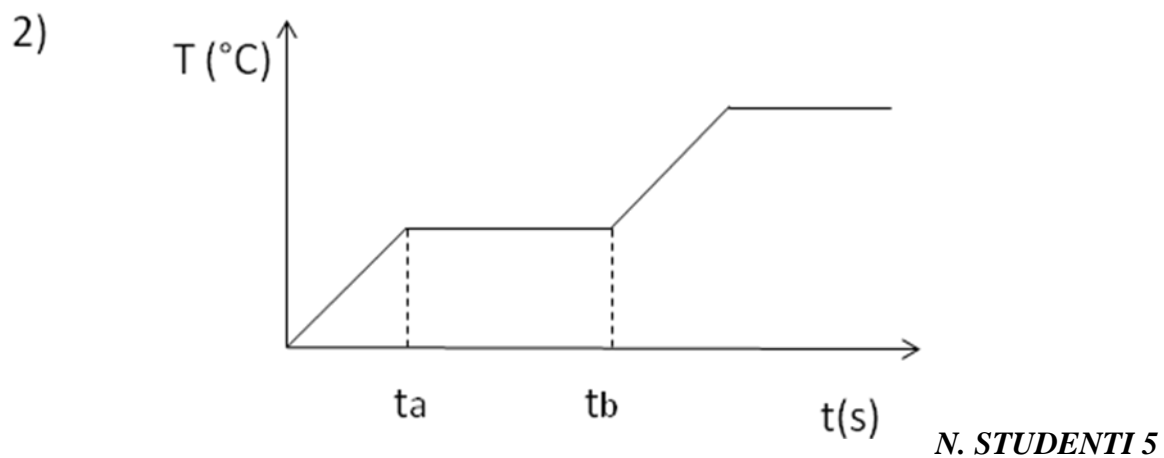
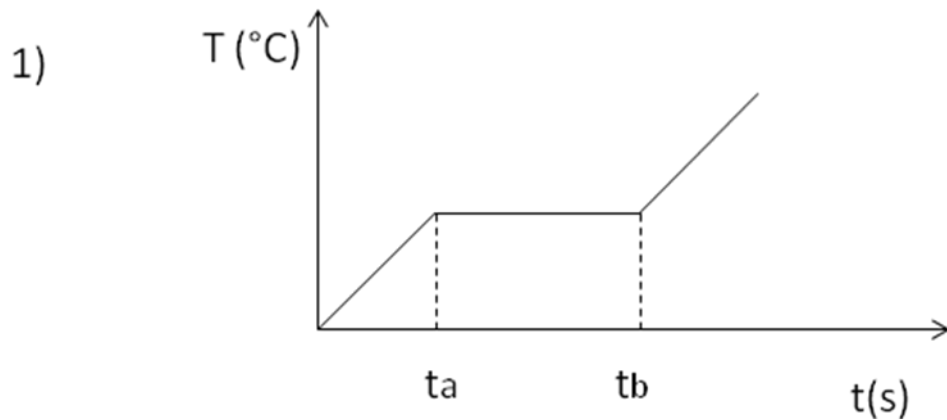
Mi aspetto che:

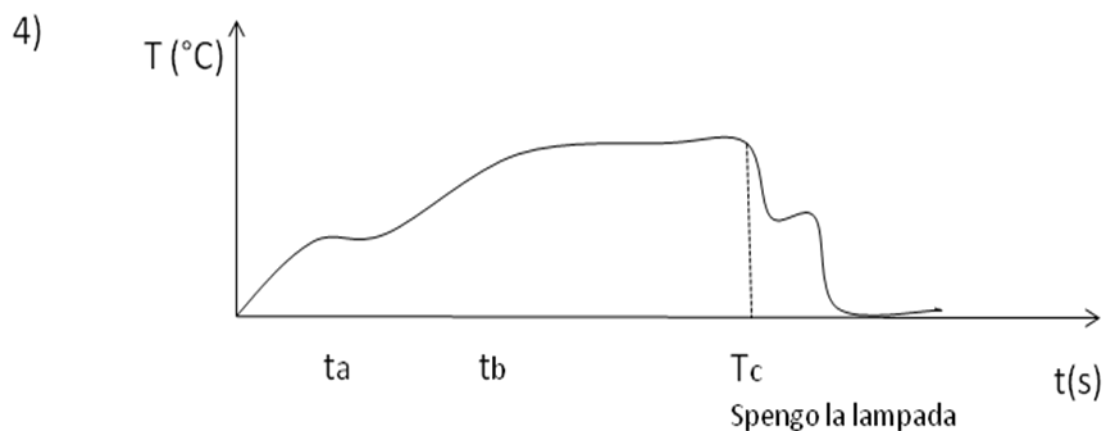
- La temperatura della scatola chiusa salga, superando il valore di saturaz. precedente .1
- La temperatura salga costantemente e quando chiudo impenni. .1
- La temperatura della scatola *aumenti* quando chiudo con il coperchio. .7
- La temperatura del corpo *aumenti più velocemente* quando chiudo con il coperchio. .1
- Nel raffreddamento la  $T$  diminuisce lentamente se c'è il coperchio, velocemente se lo tolgo. .1
- Il corpo assorba poco calore perché ostacolato dal coperchio. .1
- La temperatura non varia perché il calore è ostacolato dal coperchio



- La T influisce sul riscaldamento del corpo. .4
- La base nera della scatola viene riscaldata dalla lampada fino a quando non rimane a T costante. .1
- Quando chiudiamo, la T aumenta per effetto serra. .1

4. Hai una idea di quale grafico potremmo ottenere? Disegnalo qua sotto, tenendo conto che, durante il riscaldamento, fino al tempo  $t_b$  si tiene il coperchio aperto e poi lo si chiude.



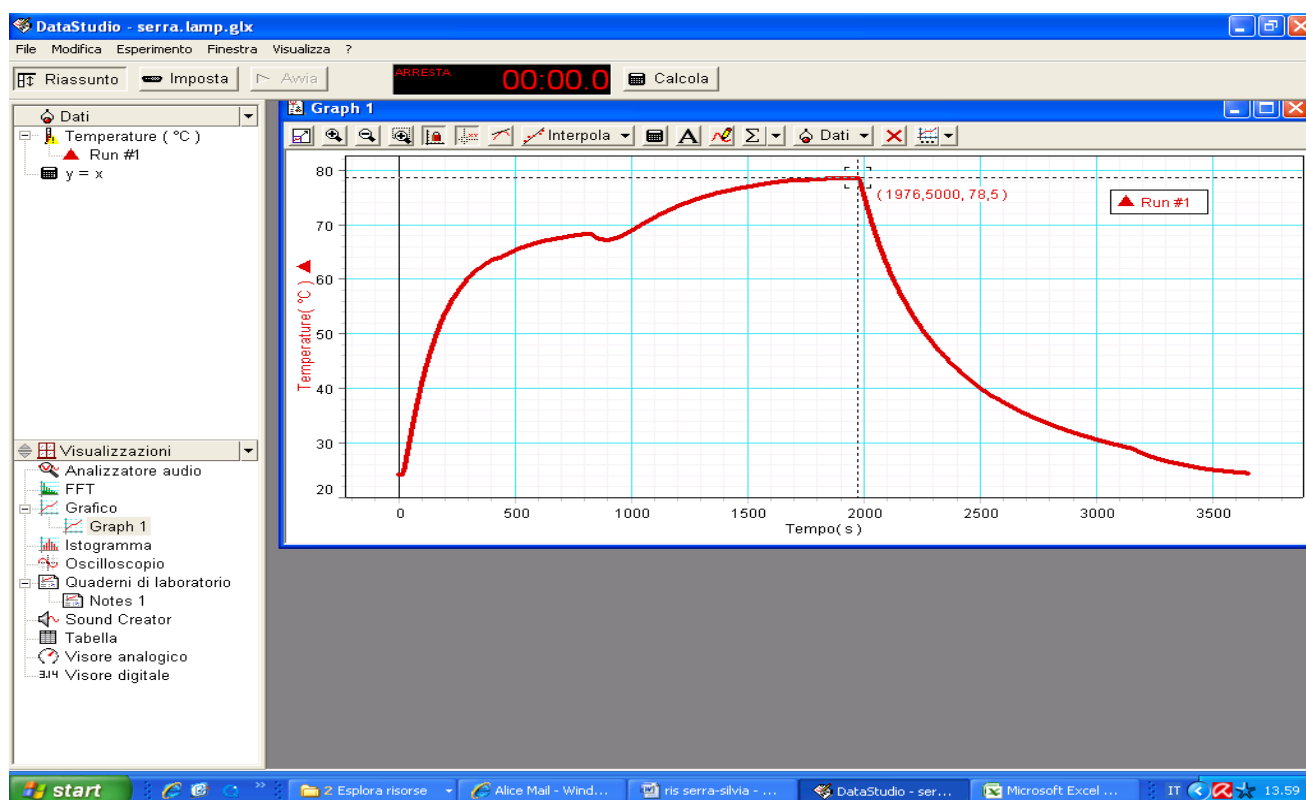


***N. STUDENTI 1***

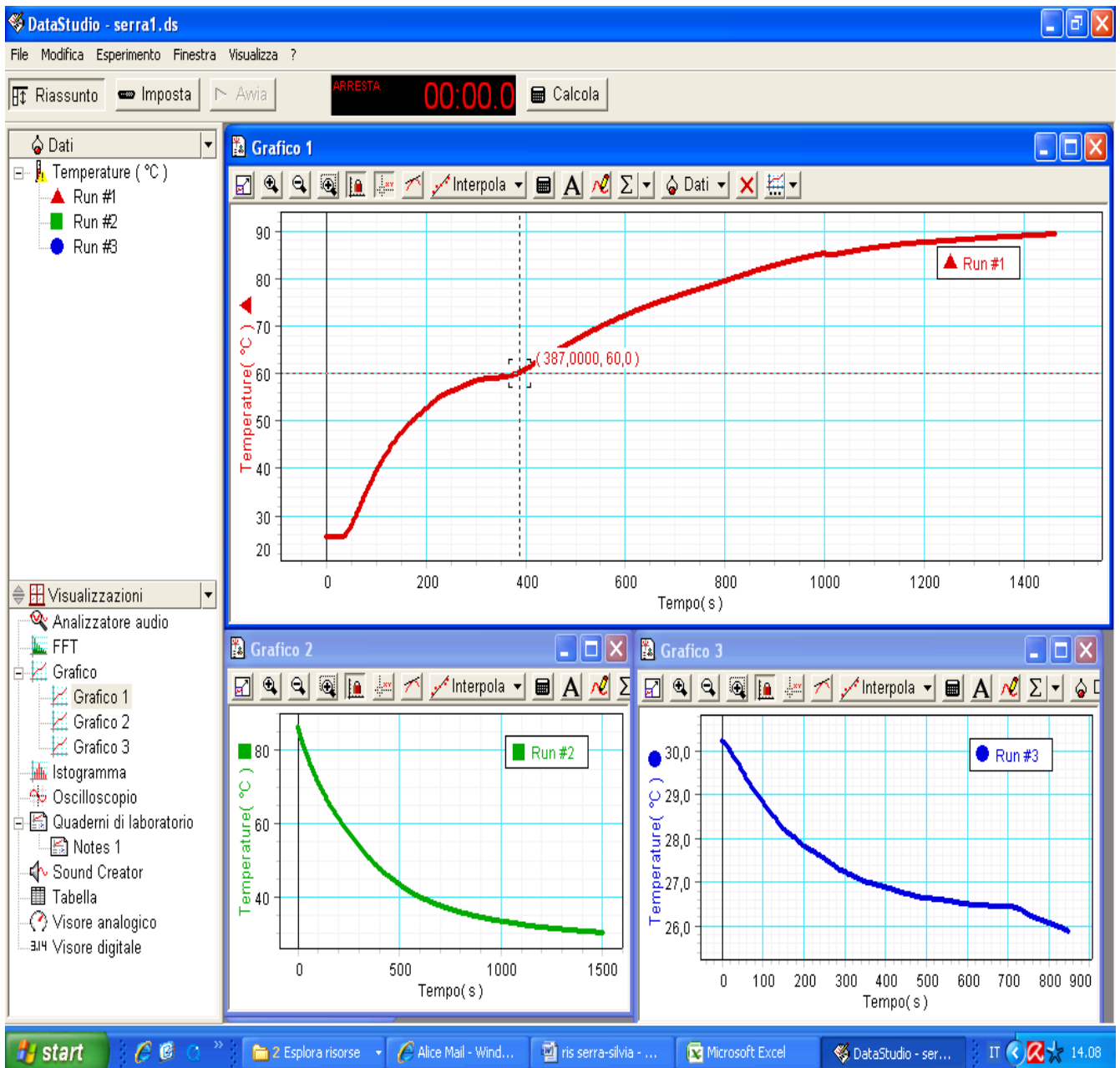
*ALTRI 5 TIPI DI GRAFICI SONO STATI EFFETTUATI DAGLI STUDENTI PER IL RISCALDAMENTO E DIVERSI TIPI DI ANDAMENTI SONO STATI PREVISTI PER IL RAFFREDDAMENTO.*

## ***GRAFICI OTTENUTI***

### **Esperimenti con la serra e la lampada**



## Esperimenti con la serra a sole:



### *Scheda risultati (prove con il modello serra)*

1. **Scrivi il nome del file in cui sono stati registrati i dati.**
2. **Le misure hanno confermato le tue previsioni?**
3. **Quali conclusioni puoi trarre dagli esperimenti eseguiti?**
4. **Osservazioni e/o domande.**
5. **Quali aspetti del lavoro svolto ti sono sembrati più interessanti?**

#### **RISPOSTE (19 ragazzi):**

1. **Scrivi il nome del file in cui sono stati registrati i dati.**

- Serra-lampada .16
- serra-lamp .3

Il nome era serra.lamp

2. **Le misure hanno confermato le tue previsioni?**

- No .6
- Non del tutto .9
- Sì .4

#### OSSERVAZIONE

Tra chi ha risposto “sì” solo uno studente ha effettivamente fatto un grafico che si avvicina a quello ottenuto sperimentalmente. Mentre il grafico di un altro allievo è completamente sbagliato, ma il ragazzo risponde che *sì*, le sue previsioni erano corrette.

**Motivazioni** che giustificano i *No* e i *Non del tutto*.

Non mi aspettavo che:

- Quando abbiamo messo il coperchio la T non si è stabilizzata come pensavo. .1
- Il raffreddamento è stato graficamente/ completamente diverso xx .2
- dopo che la scatola raggiunge la sua T massima si stabilizza, ma mettendo il coperchio, la T sale ancora. .1
- Non mi aspettavo la breve diminuzione di T subito dopo che abbiamo messo il coperchio, c'è stata una interferenza. .4
- Le curve erano più ammorbidite/sinuose rispetto al mio disegno, erano senza spigoli .5
- Quando abbiamo messo il coperchio la temperatura è calata un po' e poi è subito risalita. .2

3. **Quali conclusioni puoi trarre dagli esperimenti eseguiti?**

- La temperatura sale fino ad un limite massimo (al tempo  $t_a$ ) e mettendo il coperchio, sale ancora fino ad un altro limite massimo (in  $t_b$ ). .2
- Un corpo esposto ad una fonte di calore, aumenta la sua temperatura, e se vi applichiamo un coperchio (alcuni specificano “trasparente”), essa aumenta ancora di più. .3
- La scatola si riscaldava a contatto con la lampada, ma con il coperchio ancora di più. 1
- Il coperchio fa rimanere un po' di calore e quindi la T sale ancora. .1
- Con il coperchio il raffreddamento avviene più lentamente..
  - che senza. .2

- perché il calore rimane intrappolato. .1
- perché le radiazioni rimangono all'interno del modellino. .1
- L'effetto serra
  - aumenta la temperatura. .3
  - fa aumentare notevolmente il calore perché la radiazione entra e non esce. 1
- La temperatura della scatola senza coperchio è arrivata a 68°, quando abbiamo messo il coperchio si abbassata di colpo. .1
- le mie idee sono quelle che l'esperimento ha dato. (falsissimo) .1
- L'esperimento si è svolto secondo le mie previsioni, a parte il disturbo improvviso all'inserimento del coperchio. (vero) .1

#### 4. Osservazioni e/o domande.

- Perché il coperchio fa rimanere il calore? Il colore dell'oggetto influisce tanto?
- Perché nel raffreddamento la temperatura scende costantemente e poi c'è un calo immediato? (lo studente si riferisce a quando è stato tolto il coperchio)
- Rimane intrappolato il calore o la radiazione o tutte e due? .2
- Ci sarebbe stato meno sbalzo se si fosse messo il coperchio più rapidamente. .1
- No! non ho domande, ho capito tutto grazie alla prof. (quasi vero) .1
- L'esperimento è simile a quello precedente dei cilindri, a parte per il fatto che qui si mette e toglie il coperchio. .1

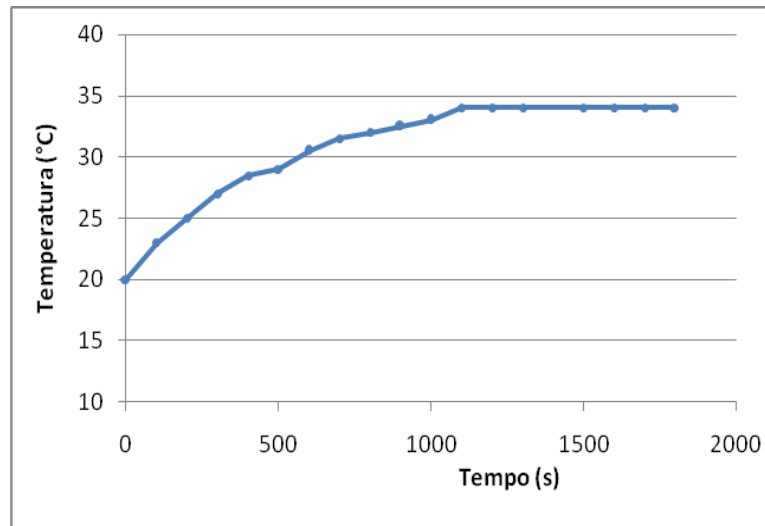
#### 5. Quali aspetti del lavoro svolto ti sono sembrati più interessanti?

- La rilevazione della temperatura con il coperchio e senza. .1
- Vedere l'aumento di temperatura dopo aver messo il coperchio .2
- Vedere i grafici diversi dalle previsioni. .1
- L'elaborazione del grafico. .2
- Tutto l'esperimento/ L'esecuzione dell'esperimento .6
- *La simulazione* dell'effetto serra, *il modellino* è stato molto convincente. .1
- Tutto il lavoro è stato molto interessante *perché ci impegnamo* tutti facendo diverse cose. .2
- *L'interfaccia*, perché riesco a vedere schematicamente il lavoro che sto svolgendo. .1
- Il momento in cui si è chiusa la scatola e la temperatura è scesa per poco, perché sono saltate fuori *diverse opinioni* .2

## 4.6 RISULTATI DEL TEST FINALE

### 4.6.1 ANALISI DEI RISULTATI DEL QUESTIONARIO FINALE

1. Il seguente grafico rappresenta la curva di riscaldamento di un cilindro nero esposto al sole per un certo tempo:



**Ti si chiede di:**

- a) **Motivare l'andamento del grafico, spiegando perché inizialmente la temperatura aumenta e perché, invece, da un certo istante di tempo in avanti essa rimane costante.**

Più o meno tutti spiegano che:

Il corpo si scalda/ assorbe "calore"/trattiene il calore del sole, aumenta la sua T aumenta, poi raggiunge la saturazione e la T rimane costante, (uno aggiunge anche: fino a che non si toglie la fonte di calore).

### **Motivazioni**

Sette ragazzi non **motivano** la saturazione ma gli altri dodici dicono:

- 1) Un corpo non può assorbire un *calore* infinito, dopo un certo limite rilascia il calore in eccesso. .1
- 2) ..Raggiunta la T massima non può più assorbire/catturare calore...4
- 3) ..poi si stabilizza perché il calore della luce emessa dal sole, per esempio, arriva fino ad un tot. .1
- 4) Ad un certo punto la T rimane costante perché i raggi del sole non arrivano più come prima. .2

Equilibrio:

- 5) Il cilindro, quando incomincia a ricevere calore si "riempie", fino ad un certo punto in cui T rimane costante perché dà via calore quanto ne riceve, perciò rimane in equilibrio.  
1
- 6) Il corpo raggiunge un equilibrio termico quando raggiunge una temperatura costante. .1
- 7) La temperatura del cilindro aumenta fino a che raggiunge una temperatura di equilibrio. .1
- 8) *Inizialmente pensavo che la T rimaneva costante perché una volta raggiunta la T max (il cilindro) comincia a cedere calore e quindi il calore ceduto era uguale a quello assorbito e quindi rimane costante. Dopo gli esperimenti ho capito che il corpo, in realtà, cede calore fin dall'inizio, ma poco, perciò, la temperatura aumenta.. Dopo un po' non sale più perché la radiazione che esce diventa uguale a quello che entra.* .1

- b) Tracciare, sullo stesso riferimento della figura e in modo qualitativo, la curva di riscaldamento di un cilindro, stavolta bianco, ma con le stesse caratteristiche geometriche e dello stesso materiale del cilindro nero.

La maggior parte disegna una curva al disotto di quella del cilindro nero, che arriva a saturazione. Quattro studenti non partono dai 20 gradi iniziali.

2. Spiega qual è la differenza tra la radiazione termica emessa da una lampadina accesa e quella emessa da un ferro da stiro caldo o da un pezzo di ghiaccio.

*I ragazzi mettono in ordine di intensità la radiazione:*

*ordine di intensità decrescente:*

- Ferro-lampadina-ghiaccio . 1
- Lampadina-Ferro-ghiaccio 10
- Lampadina-Ferro (il ghiaccio non emette) . 1
- Ferro- Lampadina (il ghiaccio non emette) . 6
- Non risponde .1

#### **Motivazioni (alcuni ne danno più di una)**

- Il ghiaccio emette meno di tutti perché è più freddo . .4
- La lampadina emette più del ferro da stiro perché:
  - È incandescente . 2
  - E' elettrica. 2
  - E' luminosa .1
  - Emette radiazione elettromagnetica, mentre il ferro emette radiazione termica. 1
  - A causa dell'interferenza della piastra del ferro da stiro, in lega o ceramica. In entrambi vi è una spira di metallo dove passa corrente. 1
- Il ferro da stiro emette più della lampadina perché:
  - Il vetro schermo parte della radiazione emessa dal filamento. 1

3. Supponi di rilevare col radiometro la radiazione emessa da un termosifone in funzione. Descrivi cosa cambia se si interpone tra il radiometro e il termosifone una lastra di vetro e spiega il motivo di questo cambiamento.

- Le radiazioni ricevute dal radiometro diminuiscono. .13

*Motivazioni*

*Il vetro:*

- fa da schermo. 2
- assorbe le radiazioni emesse dal termosifone a bassa frequenza. .1
- Interferisce. 1
- Fa da specchio. 1

- Fa da barriera, le radiazioni che devono attraversarla arrivano più faticosamente. 1
- Assorbe. 7
- Assorbe parte della radiazione. 2
- Intercetta. 1
- Non viene misurata/rilevata alcuna radiazione. 5

*Motivazioni*

- Fa da scudo. .1

#### 4. Due bottiglie nere uguali riempite di acqua, l'una a metà e l'altra per intero, vengono esposte al sole.

a) La temperatura massima della bottiglia riempita solo per metà sarà maggiore, uguale o minore della temperatura **massima della bottiglia riempita per intero** ? **Motiva la tua scelta.**

- Essendoci meno acqua la bottiglia a metà raggiunge una temperatura più alta. **12**
- La T raggiunta è la stessa, (7) qualcuno specifica che ci deve essere abbastanza tempo per arrivare all'equilibrio. In questi casi l'esperimento coi cilindri e le spiegazioni sono state sufficienti. 7

*Motivazioni per la temperatura maggiore in quella a metà:*

La bottiglia piena:

- immagazzina più calore e lo trattiene

Per la bottiglia a metà:

- Il contenuto/la quantità d'acqua è minore

a) Tutti affermano che la velocità di salita della T è maggiore per la bottiglia mezza piena.

*Motivazioni*

- Il contenuto/la quantità d'acqua è minore

#### 5. Spiega come mai all'interno di una serra fa più caldo che all'esterno.

*All'interno di una serra fa più caldo che all'esterno perché:*

- a) Lo spazio è chiuso, non c'è ricambio d'aria. **.4**
- b) I raggi entrano ma non riescono ad uscire. 3
- c) Alcuni raggi non escono. 1
- d) I raggi rimangono/vengono intrappolati all'interno. 7
- e) il calore viene riflesso quindi amplificato dentro l'ambiente. 1
- f) Il calore rimane all'interno, la T sale fino alla T massima .1
- g) Il calore all'esterno si espande, mentre all'interno non può espandersi. .1
- h) Le radiazioni solari passano ma le radiazioni emesse dalla Terra no. 1
- i) Il coperchio respinge/blocca la radiazione interna ma non quella esterna. 2
- j) La serra cattura il calore esterno e lo mantiene senza liberarne. 1
- k) I raggi rimbalzano sul terreno ma non riescono ad uscire a causa del coperchio. 1
- l) I raggi solari arrivano sulla Terra anche se filtrati, rimanendo intrappolati. 1



**6. Perché l'aumento di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, dovuto all'attività umana, può causare l'innalzamento della temperatura media terrestre?**

La CO<sub>2</sub> :

- Assorbe energia .1
- Trattiene calore. 1
- Lascia passare la radiazione luminosa ma impedisce alla radiaz. IR emanata dalla Terra di disperdersi/espandersi nell'universo... 5
- Impedisce la fuori uscita della radiazioni più pericolose. 1
- L'aumento di CO<sub>2</sub> crea un buco dell'ozono, che fa passare più raggi solari, causando il maggior riscaldamento. 4
- Trattiene/accumula il calore/i raggi. 4
- Non motiva. 1
- Forma come uno specchio (selettivo) che non fa uscire i raggi, ma li fa entrare. 2

**7. Sappiamo che se due oggetti a temperatura differente sono messi a contatto, l'oggetto più caldo fornisce calore a quello più freddo, la temperatura dell'oggetto più caldo diminuisce e quella dell'oggetto più freddo aumenta.**

**Se invece i due oggetti a temperatura differente non sono a contatto ma sono fra loro vicini (diciamo a un metro di distanza) e nel vuoto (per esempio sulla Luna o nello spazio, o in un grande recipiente in cui è stato fatto il vuoto), cosa succede? Le temperature dei due oggetti variano o rimangono costanti? Spiegate.**

RISPOSTE

- Le temperature variano:
  - quella del corpo più caldo diminuisce e quella del corpo più freddo aumenta . 2
  - Le T variano/si disperdono nel vuoto, fino a che i corpi arrivano alla temperatura ambiente. 8
  - Essendo nel vuoto e quindi prive d'aria la T continua ad aumentare. 1
  - Non si influenzano tra loro ma si portano a T ambiente. 2
  - Il corpo più caldo cede calore, ma la T di equilibrio è n po' inferiore perché parte si disperde nell'ambiente. 2
  - T variano per il fenomeno di irraggiamento. 5
  - I corpi raggiungono una T di equilibrio perché si scambiano energia per un fenomeno chiamato convezione. 1
- Le temperature rimangono costanti perché:
  - non c'è scambio con l'esterno. 1
  - non ci può essere conduzione, in quanto sono lontani, né convezione, infatti manca l'aria. 1

*Quando il totale è superiore a 19 è perché le risposte sono articolate e comportano più di un'affermazione tra quelle sintetizzate sopra.*

**4.6.2 OSSERVAZIONI E PROPOSTE**

#### PRIMA OSSERVAZIONE E PROPOSTA

Si noti che dalle interrogazioni e chiedendo il materiale (avevo dato loro alcune dispense riassuntive e degli appunti schematici per sintetizzare e studiare più agevolmente) si è capito che la maggior parte dei ragazzi non avevano fatto nemmeno un piccolo sforzo a casa per assimilare gli argomenti della lezione. Alcuni per tanto, non distinguevano i termini: convezione, irraggiamento e conduzione. D'altra parte ho rilevato oralmente che, pur mancando l'acquisizione del lessico scientifico, erano stati assimilati i concetti di *riscaldamento per contatto tra solidi, per contatto con fluidi in movimento e per irraggiamento*.

Suggerirei quindi di integrare i questionari scritti di verifica con alcuni momenti di verifica orale, magari registrati.

#### SECONDA OSSERVAZIONE

La *risposta numero otto* alla prima domanda è di uno dei due ragazzi che avevano partecipato più attivamente al dibattito e alle riflessioni per analogia tra  $T$  e  $h$ , da me proposto dopo gli esperimenti e descritto precedentemente nel cap. 4.

#### TERZA OSSERVAZIONE

Nonostante le spiegazioni, è stato impossibile per gli studenti rinunciare alla parola *calore*, anche se hanno capito che negli esperimenti si tratta di propagazione di onde elettromagnetiche e non di contatto tra corpi.

#### QUARTA OSSERVAZIONE

Si noti che, nonostante che nella classe solo quattro allievi studino con relativa costanza, molti di loro hanno raggiunto un buono spirito di osservazione. Per esempio, uno di loro, nella motivazione alla domanda due, ha osservato che nella lampada entra in gioco anche il vetro.

#### QUINTA OSSERVAZIONE

In riferimento alla domanda numero quattro:

Non abbiamo avuto il tempo per fare l'esperimento con le bottiglie. Non è stato possibile considerando i problemi della classe e il programma minimo da svolgere.

I ragazzi hanno dato varie risposte basate sulla loro intuizione, sulle loro esperienze precedenti e sul lavoro fatto fino a quel momento. In particolare qualcuno specifica che le due bottiglie arrivano alla stessa temperatura se c'è abbastanza tempo a disposizione, per arrivare all'equilibrio di entrambe. In questi casi l'esperimento con i cilindri e le spiegazioni sono stati sufficienti a stimolare il ragionamento e la comprensione degli esperimenti sulle bottiglie.

SESTA OSSERVAZIONE sulla motivazione g) della domanda 5). Mi sembra di notare qui una connessione che fa l'allievo tra la densità di energia termica (che lui chiama calore) e la temperatura. Sarebbe interessante approfondire.

## **5 DIARIO DI BORDO**

Ecco lo schema che ho realizzato per guidare gli studenti nella stesura di una relazione di laboratorio (detto quadro di bordo). Gli alunni hanno svolto i diari di bordo in gruppi di quattro persone, su fogli protocollo a quadretti. I risultati sono stati molto buoni e l'attività è stata gradita dalla classe.

## Schema guida per la relazione di laboratorio

1. Intestazione (classe, data - Diario -1- Nomi, cognomi )
2. Titolo (argomento, ramo della fisica)
3. Obiettivo (cosa si vuole dimostrare o scoprire: per esempio la proporzionalità diretta tra forza e allungamento elastici, oppure trovare la densità di un oggetto.)
4. Informazioni teoriche già conosciute (descrivi le formule e/o le grandezze che conosci sull'argomento.)
5. Strumenti utilizzati (con portata e sensibilità)
6. Disegno (deve essere schematico e in evidenza devono essere scritte le grandezze indicative.)
7. Procedimento (le varie fasi operative)
8. Raccolta dati ed elaborazione (tabelle, equivalenze, calcoli, grafici)
9. Conclusioni (in riferimento all'obiettivo: è stato raggiunto? Sì? No? Perché?)

Nota: Potete suddividervi i compiti, ma alla fine le conclusioni devono essere condivise.

### *Esempio dei punti 1 e 2*

Classe: .....

Data: .....

Progetto: “Radiazione e.m. ed effetto serra” – per 2° IIS MASERATI, VOGHERA  
Prof. Nitti – Materia Fisica per 2°A - IIS Maserati di Voghera

#### **Diario di bordo – 1 Variazione di Temperatura di cilindri esposti al sole**

Team .....

Cronometrista .....

Facilitatore .....

Lettore .....

Memoria .....

## **6 RISULTATI DEL PERCORSO**

Una volta concluse le attività didattiche in classe e l'elaborazione del materiale, posso evidenziare alcuni aspetti vincenti e altri aspetti da migliorare del progetto svolto, formulare alcune proposte e riflettere sui risultati ottenuti dalla classe, sia in termini di conoscenze e competenze apprese, sia in termine d'interesse, motivazione e passione acquisiti.

### **6.1 PUNTI DI FORZA DEL PROGETTO**

Grazie al progetto è stato possibile:

1. Attuare un forte collegamento della fisica a più aspetti della vita reale, come il riscaldamento di oggetti di colore diverso, la percezione del caldo e del freddo, la coibentazione termica, l'effetto serra e il riscaldamento globale Terrestre.
2. Ottenere un forte protagonismo dei ragazzi.
3. Far conoscere la complessità che caratterizza l'attività sperimentale, considerando il numero di variabili in gioco da tenere in considerazione.
4. Stimolare l'attitudine all'analisi critica dei risultati sperimentali.
5. Far confrontare le previsioni con l'attuale esperienza.
6. Scoprire come strumenti digitali ed elettronici siano in grado di farci rilevare le grandezze dei fenomeni fisici e come permettano l'elaborazione dei dati anche in tempo reale.
7. Miglioramento il linguaggio scientifico.
8. All'interno del gruppo docenti-ricercatori, trovare sostegno per l'approfondimento teorico e disponibilità al confronto e alla condivisione.

### **6.2 PUNTI DI DEBOLEZZA**

1. La mancanza di tempo, acuita dalla necessità di impegnare alcune lezioni per risolvere tensioni e problemi relazionali in classe. Sarebbe stato interessante utile aver più tempo per rispondere alle domande e alle curiosità che i ragazzi hanno espresso nelle schede.
2. La grande mole di lavoro da analizzare (questionari, schede, pre-test e post-test).

### **6.3 PROPOSTE PER IL FUTURO (RIFERITE AL TEAM DI RICERCATORI, DOCENTI UNIVERSITARI E INSEGNANTI DI SCUOLA SUPERIORE).**

1. Condividere maggiormente gli accorgimenti sperimentali che potrebbero sfuggire in prima battuta.

2. Inserire più giornate di attività pratica, in team, simulando il lavoro di classe, con tanto di pre-test e post-test, ovviamente non valutato.
3. Pensare ad altri esperimenti per rispondere ai quesiti posti dai ragazzi.
4. Avere un riscontro a breve, sulle analisi delle schede inviate dagli insegnanti tramite internet.
5. Osservare e descrivere la crescita culturale e professionale del team di docenti e ricercatori.
6. Prevedere percorsi didattici di apprendimento cooperativo, che si strutturino anche tramite le “tecniche di lavoro per gruppi efficaci”.

## 6.4 PARTECIPAZIONE, INTERESSE E MOTIVAZIONE

I miei ragazzi hanno apprezzato molto tutto il percorso con gli esperimenti, le schede, le registrazioni, i filmati e le foto. L'hanno comunicato in tanti modi. Il desiderio di essere partecipi e protagonisti, è stato, per loro, il motore principale che li ha guidati nello sviluppo delle attività. Hanno lavorato in classe con impegno, compilando assiduamente tutte le schede con i loro pareri; hanno partecipato agli esperimenti e alle discussioni cercando di capire e di contribuire al meglio. Solo pochi hanno studiato a casa. L'attitudine allo studio regolare non è migliorata di molto, ma nonostante ciò, anzi proprio per queste loro difficoltà di studio al di fuori dell'ambiente scolastico, l'esperienza è stata positiva. In classe, infatti, si sono attivati e hanno appreso.

## 6.5 CONTENUTI APPRESI

Durante le lezioni è passato il concetto d'*irraggiamento*, di *radiazione* che può essere “trattenuta” (tramite *assorbimento*) o “respinta”, di *temperatura massima* o di saturazione degli oggetti esposti a radiazione.

Quasi tutti hanno capito che *i corpi irradiano in base alla loro temperatura*. Tutti hanno compreso che i *corpi neri*, esposti a radiazioni, raggiungono temperature di equilibrio maggiori di corpi simili con colori diversi. Gli studenti inoltre hanno familiarizzato con il concetto di *velocità di salita della temperatura*, imparando a collegarlo con *l'andamento grafico*. Da alcuni è stato compreso bene *l'equilibrio dinamico* e la differenza tra *radiazione solare* e *radiazione termica Terrestre*, trattenuta nell'atmosfera dalla CO<sub>2</sub>. Ciò si è potuto verificare integrando domande orali al questionario finale.

Si deve tener conto che molti studenti hanno alcune difficoltà di espressione sia scritta sia orale, con l'unica differenza che in orale è possibile aiutarli a spiegarsi meglio e a riflettere, tramite domande mirate. In generale è migliorata la loro capacità di esprimersi in termini scientifici.

## 6.6 EVENTUALI MODIFICHE O PERSISTENZE DI ALCUNI PRECONCETTI

E' difficile valutare solo dal questionario finale i cambiamenti concettuali degli schemi mentali dei ragazzi. Bisogna considerare anche i tempi di assimilazione degli alunni e le loro difficoltà di espressione. Ho scoperto con le *chat* che i miei studenti, comunicano tra loro come fanno tanti giovani: in modo molto efficace, tramite un linguaggio scritto del tutto particolare e diverso da quello riconosciuto dalla scuola. Si possono comprendere le loro difficoltà nell'esprimersi utilizzando un linguaggio ufficiale che non sono abituati a usare, se non nel mondo formale degli adulti.

Nonostante nel post-test alcuni studenti hanno dato la responsabilità del riscaldamento globale al buco dell'ozono e altri hanno scritto di "radiazione intrappolata", sono sicura che i loro schemi mentali sull'argomento sono cambiati. Hanno osservato e descritto i vari esperimenti; da tutte le schede e dagli interventi orali emerge un radicale cambiamento delle loro interpretazioni fisiche. Per quanto riguarda l'espressione "radiazione intrappolata" ho compreso, dialogando con la classe, che non è utilizzato per descrivere una radiazione che "rimbalza", cioè è riflessa nello spazio tra la Terra e l'atmosfera. Gli studenti con il termine "intrappolata" intendono trattenuta dalla Terra, assorbita.

## 6.7 RINGRAZIAMENTI

Ringrazio i professori, i ricercatori universitari e le insegnanti di scuola superiore che hanno composto il gruppo di ricerca (di cui ho fatto parte anch'io), per la loro disponibilità alla condivisione, per il supporto agli approfondimenti teorici e per le tortine che sono occasionalmente apparse durante le interminabili riunioni.

Ringrazio tutti i ragazzi della classe 2<sup>nd</sup>A per il loro entusiasmo nei lavori, per la loro energia coinvolgente, per il miglioramento nel comportamento e per le frasi sincere (scritte, dette, e recentemente anche "chattate") di apprezzamento dell'attività didattica e educativa proposta. Ringrazio tutti i genitori che mi hanno concesso di scattare foto e video per documentare l'attività e in particolare i genitori che ho conosciuto, con i quali mi sembra che si sia instaurata una buona collaborazione di adulti-educatori.

Un sincero ringraziamento ai tecnici d'informatica e di laboratorio che mi hanno assistito per il recupero materiale e per varie necessità del progetto, e al personale ATA che, con la sua cordialità, mi ha reso il lavoro più gradevole.

Ringrazio il Dirigente Scolastico Meardi per le autorizzazioni all'attività all'aperto, per l'incoraggiamento e per avermi permesso di andare in gita con la 2<sup>nd</sup>A, dandomi così un'opportunità in più per conoscere i ragazzi e migliorare il clima di classe.

Un affettuoso "grazie" all'insegnante di sostegno Semira Jarussi con la quale ho potuto ragionare e discutere costruttivamente per affrontare e per sciogliere, con il dialogo, alcuni conflitti e tensioni all'interno della classe.

Note-bibliografia-materiale

(\*)NOTA.

Su quest'ultimo tema, che riguarda la natura della forza di Archimede sto scrivendo un'ampia argomentazione che spero di poter divulgare tramite una pubblicazione.

(\*\*) **Bibliografia**

U. Besson, A. De Ambrosis, L. Borghi, e P. Mascheretti, *Effetti termici della radiazione ed effetto serra*, Dipartimento di Fisica "A. Volta", Università di Pavia.

## 7. LINK

[VIDEO RAD-SERRA ULTIMO.AVI](#)

[REGISTRAZIONI](#)