



# Effetti Termici della Radiazione Elettromagnetica

**Materia** – Fisica

**Livello Scolare** – Futuri Insegnanti della Scuola Secondaria

**Tempo Previsto** – 8 ore (lezioni e attività all'aperto)

**Autori** – U. Besson, A. De Ambrosis, L. Borghi, e P. Mascheretti

## Sommario

---

Questo è il primo di due moduli dedicati agli effetti della radiazione solare sulla Terra. Le attività presentate sono state organizzate nelle seguenti quattro fasi:

- richiamare alcuni concetti e leggi inerenti ai fenomeni termici
- osservare che cosa succede quando differenti oggetti sono esposti alla radiazione solare
- studiare la radiazione emessa da corpi a diverse temperature
- esaminare le condizioni di equilibrio di oggetti esposti alla radiazione solare

**Istituto:** Dipartimento di Fisica “A. Volta”, Università di Pavia  
**Paese:** Italia



## Effetti Termici della Radiazione Elettromagnetica

### 1. Introduzione

Questo modulo, insieme ad un altro sull'effetto serra, vuole creare un collegamento tra due aree disciplinari (l'ottica e i fenomeni termici) strettamente connesse dal punto di vista concettuale, scientifico e tecnologico, ma spesso separate o collegate solo sporadicamente nell'insegnamento scolastico tradizionale.

Il problema da cui si parte e che dovrebbe motivare tutta l'indagine (*driving issue*) è il seguente:

Qual è il ruolo della radiazione elettromagnetica (visibile e infrarossa) nel determinare la temperatura di un oggetto? Come può essere raggiunto l'equilibrio termico quando un oggetto è esposto alla radiazione solare?

Si studia quindi il comportamento termico di oggetti esposti alla radiazione del Sole con la finalità di individuare i parametri che influenzano sia l'assorbimento sia l'emissione di radiazione elettromagnetica da parte di corpi a diverse temperature.

Questo modulo si caratterizza anche per il suo intento di proporre attività sperimentali da eseguire all'aperto, in contesti diversi da quello scolastico, per le quali saranno impiegati data logger portatili connessi a opportuni sensori, di facile utilizzo da parte degli studenti.

### 2. Quadro teorico di riferimento

Negli ultimi anni, si è particolarmente approfondito il dibattito sulla progettazione di sequenze d'insegnamento e apprendimento (Teaching learning sequences: TLS), basate sui risultati ottenuti dalla ricerca sulle concezioni di senso comune e sui processi di apprendimento di specifici contenuti scientifici (Méheut & Psillos 2004, Viennot 2002). Sono stati proposti diversi approcci, come ad esempio il modello della ricostruzione didattica (*didactical reconstruction*, Kattmann et al., 1997), che correla l'analisi dei contenuti disciplinari con la ricerca sui processi di apprendimento. Si è inoltre studiato il problema della disseminazione su larga scala delle sequenze d'insegnamento sperimentate nella ricerca didattica (Leach et al 2005), e quindi della realizzazione di TLS utilizzabili effettivamente in ambienti scolastici ordinari, che tengano conto dei vincoli posti dai contesti scolastici istituzionali di riferimento. Quest'ultimo tema, in particolare, è legato al ruolo dell'insegnante ed evidenzia l'importanza della formazione degli insegnanti (Hirn & Viennot 2000, Pinto 2005, Psillos *et al.* 2005, Tytler 2005) e la necessità di sperimentare le TLS prima di tutto con futuri insegnanti.

La sequenza didattica è stata costruita secondo un “*approccio tridimensionale*” che tiene conto di tre aspetti (Besson et al 2007): un’analisi approfondita del contenuto disciplinare (con le sue applicazioni pratiche) in vista della sua ricostruzione ai fini dell’insegnamento; un esame degli approcci tradizionali (libri di testo, insegnamento abituale dell’argomento); un’analisi delle ricerche esistenti sulle concezioni degli studenti e sulle sequenze didattiche sull’argomento.

Per quanto riguarda le concezioni degli studenti sugli argomenti trattati in questo modulo, sono disponibili risultati di ricerca sulle idee spontanee circa il calore e la temperatura, i passaggi di stato e la conduzione termica, e anche sulla loro evoluzione dopo l’insegnamento (Stavy & Berkovitz 1980, Shayer & Wylam 1981, Erickson & Tiberghien 1985). Anche sulle concezioni riguardanti la luce, la visione e i colori sono state condotte numerose ricerche e prodotte sequenze di apprendimento (Guesne 1985, Andersson & Kärrqvist 1983, Kaminski 1989, Chauvet 1993 and 1996). Sono invece poche le ricerche disponibili sulle idee degli studenti sugli effetti termici della radiazione e quelle esistenti si concentrano soltanto su alcuni aspetti. Il nostro obiettivo, come già detto, è quello di collegare i fenomeni ottici e i fenomeni termici che sono strettamente connessi da un punto di vista concettuale, scientifico e tecnologico, ma spesso separati, o messi in relazione sporadicamente, nell’insegnamento tradizionale della scuola secondaria.

Redfors (2001) ha studiato i ragionamenti degli studenti universitari per spiegare l’interazione tra radiazione e metalli mediante l’uso di modelli atomici e della teoria quantistica, mentre altri ricercatori hanno studiato la comprensione da parte degli studenti dei fenomeni riguardanti i raggi X e la radioattività concentrando l’attenzione sull’interazione della radiazione con gli organismi viventi e sui rischi per l’uomo e per l’ambiente (Lijnse et al. 1990, Millar *et al.* 1990, Millar 1994, Klaassen 1995, Lijnse & Klaassen 2004, Rego & Peralta 2006).

Altre ricerche si sono occupate di come gli studenti interpretano l’effetto serra in relazione al problema dell’aumento della temperatura del nostro Pianeta (Anderson & Wallin 2000, Boyes et al. 1993, Rye et al. 1997, Österlind 2005, Lester et al. 2006).

Queste ricerche forniscono indicazioni importanti, manca tuttavia uno studio più specifico sulla comprensione dei fenomeni, delle spiegazioni e dei concetti fisici legati all’interazione fra radiazione e materia a livello di scuola secondaria. La nostra sperimentazione vuole fornire un nuovo corpus di dati per uno studio di questo tipo.

È opinione diffusa che le attività sperimentali svolte all’aperto possano accrescere la motivazione all’apprendimento scientifico, favorire il collegamento tra scuola ed esperienza

quotidiana, e promuovere creatività, immaginazione e consapevolezza circa le relazioni tra scienza, tecnologia e società. Tuttavia, manca l'evidenza del fatto che di per sé questa modalità di lavoro porti ad un sostanziale miglioramento cognitivo (Koosimile, 2004).

Questa è la ragione per la quale, nel modulo da noi proposto, l'attività al di fuori della classe è inserita in un percorso che richiede un'interazione cognitiva e metodologica tra esperienze all'aperto, riflessioni in classe e attività in laboratorio.

In questa prospettiva, il modulo propone una sequenza di lavoro in-out-in-out, con un'attività all'aperto conclusiva al fine di verificare i modelli esplicativi individuati. Quest'approccio può dare un'idea della scienza come un'attività in continua evoluzione e suggerire una concezione dinamica di modelli e teorie, così da guidare gli alunni a non identificare o confondere i modelli con la realtà. Gli studenti dovrebbero aver chiaro che i modelli offrono solo delle spiegazioni parziali e limitate e che è sempre possibile un'analisi ulteriore più approfondita.

Ciò significa che la costruzione di un modello porta ad innalzare il livello delle domande e dei problemi e ad aprire nuove prospettive d'indagine. A questo proposito, Popper afferma: "È questo, a mio avviso, il modo in cui la scienza progredisce. E il modo migliore di valutare il progresso conseguito consiste nel confrontare i vecchi problemi con quelli nuovi. Se il passo avanti compiuto è stato grande, allora i nuovi problemi saranno di un tipo del tutto impreveduto. Si porranno problemi più profondi e in numero maggiore." (Popper 1973-1994, p. 4).

### **3. Organizzazione della sequenza didattica**

Le *attività* sono organizzate nelle quattro fasi seguenti:

- richiamare alcuni concetti e leggi inerenti ai fenomeni termici
- osservare che cosa succede quando differenti oggetti sono esposti alla radiazione solare
- studiare la radiazione emessa da corpi a diverse temperature
- esaminare le condizioni di equilibrio di oggetti esposti alla radiazione solare

Il modulo è dedicato alla formazione iniziale o in servizio di insegnanti di Scuola Secondaria. L'attuazione del modulo richiede 8 sessioni di un'ora organizzate nel modo seguente: fase preparatoria (in aula): 2 ore; lavoro all'aperto: 3 ore; riflessione in classe: 2 ore; ulteriori attività all'aperto: 1 ora.

Il *contesto* per queste attività include l'aula, il laboratorio e un ambiente naturale. Le attività all'aperto dovrebbero essere scelte tenendo conto di due criteri: l'uso di aree significative dal punto di vista della cultura locale e l'opportunità di osservare concretamente l'effetto serra.

I *materiali* suggeriti per le attività sperimentali sono: data-logger portatile (Xplorer GLX: [www.pasco.com/GLX](http://www.pasco.com/GLX)) con sensori di temperatura e software Data Studio; un sensore di radiazione infrarossa (IR); un multimetro digitale; piccoli cilindri di metallo di uguale massa colorati rispettivamente di bianco, di nero, di altri colori (blu, rosso, giallo), uno con superficie lucida e uno di materiale trasparente; bottiglie con superfici opache colorate.

#### **4. La sequenza didattica**

##### **4.1. Fase preparatoria (in classe)**

All'inizio delle attività può essere assegnato agli studenti un pre-test per raccogliere le loro idee sugli argomenti che saranno trattati all'interno dei due moduli. Un esempio è fornito nell'Appendice 1.

##### 4.1.1. Come usare un sensore di temperatura

Si effettuano misure della temperatura di oggetti riscaldati o raffreddati in diversi modi. Sono prese in considerazione la sensibilità e la prontezza del sensore utilizzato.

##### 4.1.2. Messa a fuoco dei concetti base relativi ai fenomeni termici

La temperatura  $T$  di un oggetto (sistema) è legata in modo complesso alla sua *energia interna*. Soltanto una parte di questa è strettamente legata (è proporzionale) alla temperatura, e tale parte è spesso chiamata *energia termica*.

E' possibile aumentare la temperatura di un sistema aumentando la sua energia interna. Ciò può essere realizzato sia *compiendo lavoro su di esso* ("scaldare" senza calore) sia fornendo *calore* ("scaldare" per contatto con un sistema a temperatura maggiore, questa modalità corrisponde al termine "scaldare" del linguaggio comune).

Si discute la seguente relazione:

$$\text{energia (entrante nel sistema)} = m \cdot c \cdot \Delta T + \text{energia (ceduta all'ambiente)},$$

dove  $m$  è la massa del sistema e  $c$  è il suo calore specifico.

E' inoltre possibile incrementare l'energia interna di un sistema senza aumentarne la temperatura, per esempio in un cambiamento di stato. D'altra parte, in alcuni processi, la temperatura di un sistema può aumentare senza che il sistema riceva energia dall'esterno (come in certe reazioni chimiche).

Si analizzano due casi di riscaldamento senza calore:

- scaldare compiendo lavoro meccanico (utilizzando le forze d'attrito, con osservazioni qualitative);

- scaldare utilizzando corrente elettrica (ad esempio il filamento di una lampadina o la serpentina di un riscaldatore elettrico).

#### 4.1.3 Come usare un sensore di radiazione: che cosa e come si misura?

Si misura l'intensità relativa della radiazione infrarossa ("termica") emessa da diversi oggetti (ferro caldo, mani, *etc.*). Il sensore deve essere posto vicinissimo alla superficie dell'oggetto in modo da ricevere solo la radiazione emessa dal corpo e non radiazioni provenienti da altri oggetti o riflesse dal corpo stesso.

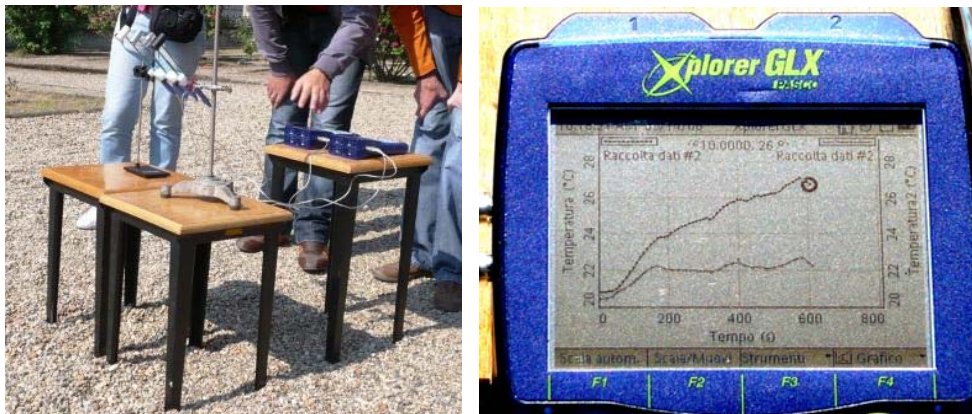
#### 4.1.4. Che cosa succede ad un oggetto esposto alla radiazione solare?

Si propone una discussione sugli effetti della radiazione solare su organismi viventi e su oggetti (abbronzatura della pelle, fotosintesi clorofilliana, reazioni chimiche nelle pellicole fotografiche, aumento della temperatura, *etc.*). L'ultimo effetto sarà studiato con le attività all'aperto.

### **4.2. Lavoro all'aperto: effetti termici della radiazione elettromagnetica**

#### 4.2.1 Riflessione e assorbimento della luce

Vengono esposti alla luce solare il cilindro di metallo bianco, quello nero, e quello lucido. Ogni cilindro è posizionato su un sensore di temperatura (inserito in un foro del cilindro come mostrato in figura), mentre un altro sensore misura la temperatura dell'ambiente.



Si registrano i grafici di temperatura-tempo per ogni cilindro fino al raggiungimento delle condizioni di equilibrio.

Si discute una prima spiegazione degli andamenti ottenuti, articolata nei passi seguenti:

- Confrontando la parte iniziale dei grafici (prima che venga raggiunto l'equilibrio), è possibile riconoscere che il cilindro nero assorbe, in un tempo fissato, più energia degli altri.

- Il cilindro bianco e quello lucido assorbono meno energia di quello nero perché riflettono parte della radiazione incidente.

La prova con cilindri colorati mostra comportamenti intermedi: riflettono infatti solo la radiazione corrispondente ad un dato colore.

#### 4.2.2 Oggetti trasparenti e non trasparenti

Il cilindro di metallo nero e quello trasparente vengono esposti alla radiazione solare e si tracciano i grafici di temperatura-tempo utilizzando i sensori di temperatura.

I grafici permettono di confrontare la quantità di energia assorbita dai due cilindretti nello stesso tempo. Si possono effettuare misure anche introducendo i sensori di temperatura in una bottiglia trasparente contenente acqua, e in bottiglie riempite con acqua molto torbida.

La discussione dei risultati dovrebbe focalizzarsi sul fatto che la radiazione produce effetti termici quando viene “catturata” dal materiale. Un oggetto è trasparente se parte dell’energia entrante passa attraverso ad esso senza produrre effetti termici. La natura del materiale non è il solo fattore che determina la trasparenza o l’opacità di un corpo: un altro fattore è lo



spessore che la radiazione deve attraversare. Mediante il radiometro si può ottenere una valutazione della trasmissione di radiazione attraverso strati trasparenti di diverso spessore.

La figura mostra un esperimento in cui è stato utilizzato un certo numero di vetrini da microscopio. Aumentando il numero di vetrini, l’intensità misurata dal sensore diminuisce. Si analizza la dipendenza dell’intensità trasmessa dal numero di vetrini.

### 4.3. *Riflessione in classe*

#### 4.3.1 Analisi ed interpretazione dei dati

I grafici temperatura-tempo ottenuti all’aperto sono analizzati in due fasi. Si considera la prima parte di ogni grafico, che mostra un andamento pressoché lineare: tale andamento è compatibile con l’ipotesi che la maggior parte della radiazione entrante nel sistema produca un aumento dell’energia “termica” interna, espressa dalla relazione:  $E = m \cdot c \cdot \Delta T$ .

In seguito si osserva la parte di curva che porta alla condizione stazionaria. Ogni oggetto ha una diversa temperatura di equilibrio e ciascuna è maggiore della temperatura ambiente.



4.3.2 La discussione di questo risultato mette in luce il fatto che una condizione stazionaria può essere raggiunta solo se sussiste un equilibrio tra l'energia assorbita dagli oggetti e l'energia ceduta all'ambiente. L'intero range temporale delle curve sperimentali è poi analizzato tentando di individuare un fit con una funzione esponenziale.

4.3.3 In questa fase del lavoro in classe si studia l'emissione di radiazione da parte di corpi a temperature intorno alla temperatura ambiente.

Per mezzo del radiometro IR è infatti possibile verificare se un corpo, ad una data temperatura, emette radiazioni. In particolare si misura quanto irradia un oggetto a diverse temperature (si considerano anche oggetti a temperature inferiori a quella dell'ambiente). Si studia inoltre la dipendenza della potenza (energia per unità di tempo) della radiazione emessa da un oggetto dalla sua temperatura.

#### **4.4 Ulteriori attività all'aperto**

Usando un sensore di temperatura e il radiometro IR, si misurano le temperature di diversi "oggetti" e la radiazione infrarossa emessa da ciascuno di essi.

Gli oggetti dovrebbero comprendere sassi, tronchi d'albero, metalli, erba e foglie; alcuni di essi devono essere esposti al sole, altri essere in ombra. Per fornire un'interpretazione corretta dei risultati ottenuti, tutti i fattori che influenzano il valore della temperatura degli oggetti devono essere tenuti in conto.

L'ambiente esterno è un esempio di situazione complessa, dove tutti i contributi, che nelle precedenti esperienze di laboratorio erano separati, agiscono contemporaneamente (per esempio: l'orientamento delle superfici rispetto alla radiazione solare, le caratteristiche delle superfici, l'assorbimento e l'emissione di radiazione infrarossa, ecc.).



#### **5. Suggerimenti per l'implementazione da parte dell'insegnante**

Lo sviluppo di questa proposta con una classe richiede che l'insegnante costruisca un suo percorso facendo particolare attenzione al contesto didattico-cognitivo nel quale il percorso si inserisce.

Alcune domande possono aiutare gli insegnanti a focalizzare l'attenzione sui diversi aspetti di cui tenere conto.



*1. Collocazione del progetto nel programma:*

- Iniziare quando gli studenti sono già a conoscenza dei fenomeni termici oppure prevedere che i concetti di base siano introdotti durante lo sviluppo del progetto stesso?
- Gli alunni hanno già studiato ottica? Hanno familiarità con l'idea di luce intesa come radiazione elettromagnetica? In caso negativo, sembra possibile integrare questo modulo con la presentazione dei concetti di base di ottica?

*2. L'uso di un data-logger portatile con sensori e relativo software:*

- Gli studenti hanno mai utilizzato un data-logger portatile connesso con diversi sensori nelle loro esperienze di laboratorio?
- Gli studenti hanno mai partecipato a esperienze di laboratorio all'aperto? Questo percorso può essere l'occasione per introdurre l'uso di questi strumenti e metodologie?

*3. Difficoltà degli studenti*

- Con riferimento ai risultati della ricerca in didattica della fisica, che tipo di difficoltà è prevedibile che gli studenti possano incontrare relativamente agli argomenti trattati in questo modulo?
- Quali strumenti possono essere utilizzati per verificare se gli studenti hanno compreso gli aspetti essenziali del tema?

*4. Progettare una sequenza d'insegnamento:*

- Quali criteri consideri abitualmente quando progetti una sequenza d'insegnamento/apprendimento?
- Credi che questo modulo possa aiutare a progettare un percorso d'insegnamento adatto agli studenti della scuola secondaria?
- Prepara un tuo personale percorso d'insegnamento sul tema proposto dal modulo.

## **6. Valutazione**

La valutazione degli esiti della proposta si può basare sull'analisi dei materiali prodotti dai futuri insegnanti:

- Pre-test (un esempio è fornito nell'Appendice)
- Fogli di lavoro compilati durante e dopo le attività all'aperto
- Fogli di lavoro compilati durante le attività in classe (fase preparatoria e di riflessione)
- Relazioni dei futuri insegnanti sulle attività svolte
- Colloqui orali.

## **7. Bibliografia**

- Andersson B. & Kärrqvist C. (1983) How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- Anderson B. & Wallin A. (2000) Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO<sub>2</sub> emissions and problem of ozone layer depletion. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1096-1111.
- Besson U., Borghi L., De Ambrosis A. & Mascheretti P. (2007) Aspects multiples dans l'élaboration et l'expérimentation d'une séquence d'enseignement sur le frottement : analyse historique du contenu, parcours conceptuels, modèles explicatifs, formation des enseignants. *Actes des 5èmes rencontres de l'ARDIST*, AVL Diffusion, Montpellier, France, <http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/actes/2007/actes.pdf>, pp. 41-48
- Boyes E. & Stanisstreet M. (1993) The greenhouse effect: Children's perception of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531-552.
- Chauvet, F. 1993, Conception et premiers essais d'une séquence sur la couleur, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 750, pp 1-28.
- Chauvet, F. (1996). Teaching colour: designing and evaluation of a sequence, *European Journal of Teacher Education*, vol.19, n°2, pp 119-134.
- Erickson G. & Tiberghien A. (1985) Heat and temperature. In Driver R., Guesne E. & Tiberghien A. (Eds) *Children's ideas in science*, Open University Press, pp. 52-84.
- Guesne E. (1985) Light. In Driver R., Guesne E. & Tiberghien A. (Eds) *Children's ideas in science*, Open University Press, pp.10-32.
- Hirn C. & Viennot L. (2000) Transformation of Didactic Intention by Teachers: the case of Geometrical Optics in Grade 8 in France. *International Journal of Science Education*, 22 (4), 357-384.
- Kaminski, W. 1989. Conceptions des enfants et des autres sur la lumière, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, pp. 973-996.
- Kattmann U., Duit R., Gropengießer H. & Komorek M. (1997) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3–18.
- Klaassen C.W.J.M. (1995) *A problem posing approach to teaching the topic of radioactivity*, Utrecht: CD-β Press. [www.library.uu.nl/digiarchief/dip/diss/01873016/inhoud.htm](http://www.library.uu.nl/digiarchief/dip/diss/01873016/inhoud.htm)
- Koosimile A.T. (2004) Out-of-school experiences in science classes: problems, issues and challenges in Botswana. *International Journal of Science Education*, 26 (4), 483-496.

- Leach J., Ametller J., Hind A., Lewis J. & Scott P. (2005) Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. In Boersma K. et al. (Eds) *Research and the Quality of Science Education*, Springer, Dordrecht NL, p. 209-220.
- Lester B.T., Ma Li, Lee O. & Lambert J. (2006) Social Activism in Elementary Science Education: A science; technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education*, 28(4), 315-339.
- Lijnse P. & Klaassen K. (2004) Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26 (5), 537-554.
- Lijnse P. L., Eijkelhof H., Klaassen C. & Scholte R. (1990) Pupils' and mass-media ideas about radioactivity, *International Journal of Science Education*, 12 (1), 67 – 78.
- Méheut M. & Psillos D. (2004) Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 515-535.
- Millar R. (1994) School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. *Public Understanding of Science*, 3(1).
- Millar R., Klaassen K. & Eijkelhof H. (1990) Teaching about radioactivity and ionising radiation: an alternative approach. *Physics Education*, 25, 338-342.
- Österlind K. (2005) Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. *International Journal of Science Education*, 27(8), 891-908.
- Pinto, R. (2005). Introducing Curriculum Innovations in Science: Identifying Teachers' Transformations and the Design of Related Teacher Education. *Science Education*, 89, 1-12.
- Popper K. (1973) The rationality of scientific revolutions. Republished in *The myth of the framework*, Routledge, London, 1994, pp. 1-32. Ed. It. *Il mito della cornice*, Il Mulino, 1995, pp.17-55.
- Psillos D., Spyrtou A. & Kariotoglou P. (2005) Science teacher education: issues and proposals. In Boersma K. et al. (Eds) *Research and the Quality of Science Education*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 119-128.
- Redfors A. (2001) University physics students' use of models in explanations of phenomena involving interaction between metals and electromagnetic radiation. *International Journal of Science Education*, 23 (21), 1283-1301.
- Rego F. & Peralta L. (2006) Portuguese students' knowledge of radiation physics, *Physics Education*, 41(3), 259-262.
- Rye J.A., Rubba P.A. & Wiesenmayer R.L. (1997) An investigation of middle school students' alternative conception of global warning. *International Journal of Science Education*, 19(5), 527-551.
- Shayer M. & Wylam H. (1981) The Development of the Concepts of Heat and Temperature in 10-13 years-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 419-434.

Stavy R. & Berkovitz B. (1980) Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64 (5), 679-692.

Tytler R. (2005) School Innovation in Science: change, culture, complexity. In Boersma K. et al. (Eds) *Research and the Quality of Science Education*, Dordrecht: Springer, p.89-106.

## **APPENDICE**

### **PRE-TEST**

- 1) Un oggetto opaco A (per esempio un blocco di legno o una pietra) e un oggetto trasparente (per esempio vetro) aventi la stessa capacità termica e la stessa temperatura iniziale di 15°C, sono esposti alla luce solare per 30 minuti. Le temperature  $T_A$  e  $T_B$  dei due oggetti al termine dell'intervallo di tempo saranno:

a)  $T_A = T_B$

b)  $T_A > T_B$

c)  $T_A < T_B$

Spiega il motivo della tua risposta.

- 2) Un oggetto nero e opaco è esposto al sole per molto tempo.
- L'oggetto raggiungerà o no una temperatura di equilibrio?
  - In caso affermativo, stima un possibile valore della temperatura di equilibrio.
  - Se il corpo è bianco, le tue risposte cambiano? In caso affermativo, spiega perché.
  - Se il corpo è trasparente, anziché opaco, le risposte precedenti cambiano in qualche modo? In caso affermativo, spiega il motivo.
- Per ogni domanda, giustifica dettagliatamente la risposta.
- 3) Spiega come mai la temperatura all'interno di una serra è maggiore di quella all'esterno.  
Quali concetti fisici devono essere acquisiti dagli studenti per comprendere l'effetto serra?
- 4) Da qualche anno si discute molto del rischio di un riscaldamento globale dovuto all'attività dell'uomo. Quali attività umane potrebbero causare un riscaldamento globale?