

La costruzione di un problema di fisica

Prof Dennis Luigi Censi

Dirigente Scolastico Istituto Comprensivo di Arcevia AN
Responsabile del Gruppo Olimpiadi dell'AIF

A.I.F. - SEZIONE DI PAVIA

XXXVIII CORSO DI AGGIORNAMENTO IN FISICA - ANNO 2015
Uso dei problemi nell'insegnamento della fisica

Sommario

- Un "buon" problema
- Problema chiuso o problema "esperto"
- Struttura dell'enunciato
- Uno sguardo al processo di problem solving
- Genesi di un problema
- Esempi

Un "buon" problema

Un "buon" problema

- Con la tua scuola in viaggio di istruzione stai visitando una industria chimica. Nel laboratorio analisi di questa azienda un ricercatore sta utilizzando un alto cilindro riempito di un certo liquido trasparente. Accanto al cilindro ci sono due scatole contenenti delle piccole sfere di uguali dimensioni e colorate. Nella prima ci sono sfere di color rosso e sulla scatola c'è scritto: "sferette di densità ρ_1 " mentre nella seconda sono di color azzurro e sulla scatola c'è scritto: "sferette di densità ρ_2 ". In un momento di distrazione in cui nessuno ti osserva non resisti alla tentazione di prendere delle sfere e gettarle dentro il cilindro. Ciò che osservi è che quelle rosse affondano mentre le altre galleggiano. In particolare, prima che il tuo insegnante ti richiami all'ordine, riesci ad osservare che, nell'ipotesi che i tempi in cui le sfere sono accelerate siano trascurabili, il tempo necessario alle prime per raggiungere il fondo partendo dalla superficie del liquido è uguale al tempo che le seconde impiegano per raggiungere la superficie staccandosi dal fondo. Dopo un rapido calcolo condotto a memoria riesci a capire quanto vale la densità del liquido contenuto nel cilindro.

Un "buon" problema

P 3 – Tappeto elastico

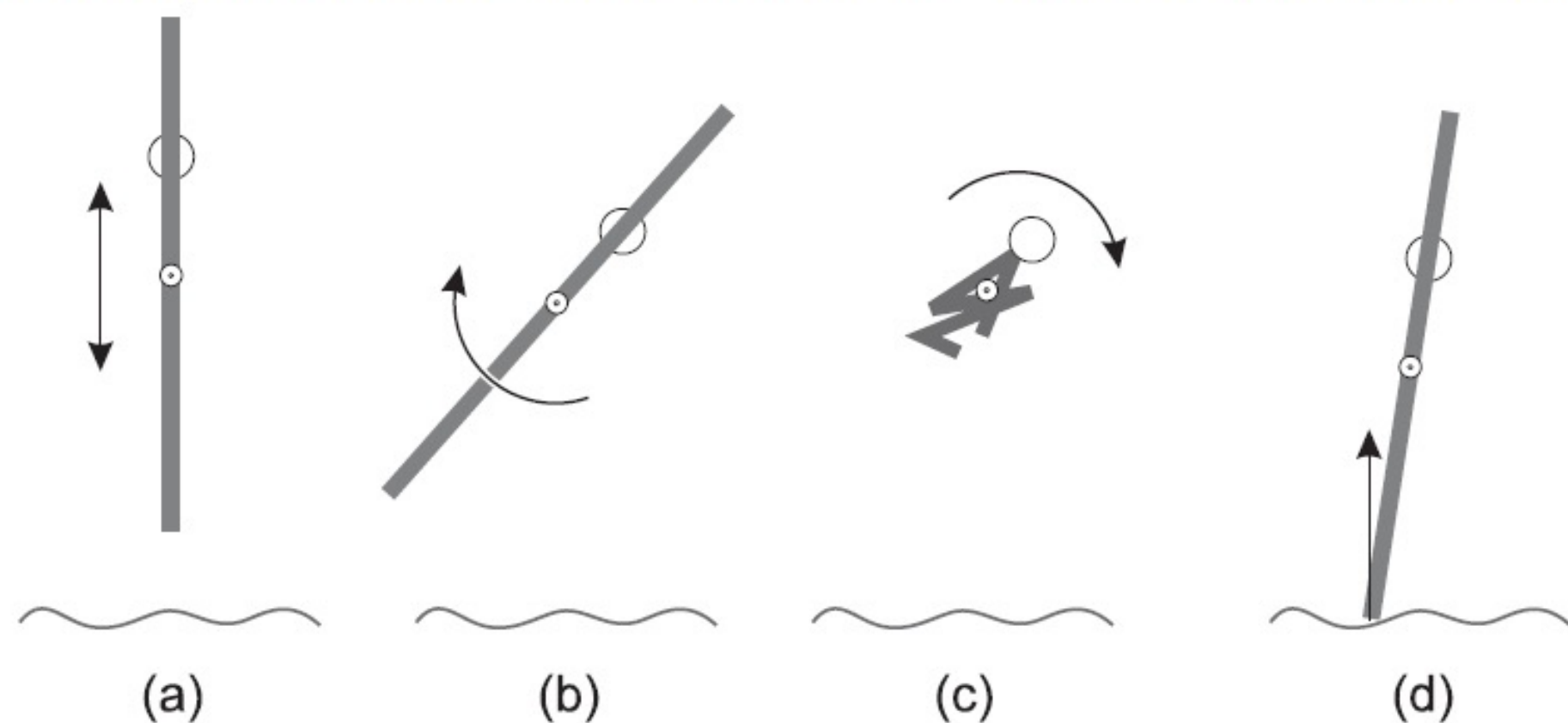
[Punti 20]

Valeria è una ragazzina che sta saltando sul tappeto elastico al parco giochi. Fa inizialmente alcuni semplici rimbalzi in verticale aumentando ad ogni rimbalzo l'altezza massima raggiunta.

Per studiarne il moto consideriamo il suo centro di massa (CdM) C . Fissiamo un sistema di riferimento con l'origine nel punto in cui si trova C all'istante del distacco dal tappeto elastico e l'asse y verticale e orientato verso l'alto.

1. Esprimere il tempo di volo t_0 (tra un rimbalzo e l'altro) e la velocità v_0 al momento del distacco dal tappeto in funzione dell'altezza h raggiunta, ovvero la variazione di quota del CdM. Calcolare i valori numerici di t_0 e v_0 per $h = 2$ m.

Nei suoi salti, Valeria si mantiene dritta verticalmente, e tiene le braccia tese verso l'alto. Molto grossolanamente, possiamo assimilarla ad un'asta rigida e uniforme di lunghezza ℓ e massa m , come mostrato in figura (a).



A un certo punto, quando giudica di aver raggiunto un'altezza massima sufficiente, Valeria vorrebbe fare una capriola (salto mortale) in aria, ma si rende conto che se resta rigida ciò non è possibile.

2. Perché?

Valeria allora fa in modo di ruotare (più avanti vedremo come), subito dopo un rimbalzo, attorno ad un asse orizzontale passante per il suo CdM, come mostrato in figura (b). Sia ω_0 la sua velocità angolare.

Valeria si rende però presto conto che sta ruotando troppo lentamente e non riuscirà a completare la capriola. Allora si rannicchia di scatto, come mostrato in figura (c) e in questo modo riesce a ridurre il proprio momento d'inerzia I di un fattore 4. La sua velocità angolare diventa ω_1 .

3. Trovare la relazione tra ω_0 e ω_1 .

Dopo aver compiuto buona parte della rotazione, Valeria si distende di nuovo. È davvero brava, perché riesce a farlo nel momento esatto che le consente di completare la rotazione e atterrare sul tappeto in posizione verticale. Durante il suo salto, ha trascorso metà tempo in posizione rannicchiata.

4. Ricordando che il tempo di volo è t_0 , trovare la velocità angolare ω_0 in funzione dell'altezza massima h e calcolare il valore numerico di ω_0 per $h = 2$ m.

Come abbiamo detto sopra, per fare la capriola Valeria fa in modo di avere una velocità angolare già all'inizio del suo salto. Per ottenere questo, alla fine del salto precedente arriva sul tappeto con un piccolo angolo α rispetto alla verticale, perché in questo modo la spinta verticale che riceve dal tappeto le imprime un momento angolare rispetto al CdM, come mostrato in figura (d).

Si supponga che il modulo della velocità con cui Valeria arriva sul tappeto, e con cui ne riparte, sia in entrambi i casi v_0 , e che prima dell'urto sia $\omega = 0$. Si tratti l'urto col tappeto come istantaneo. Si ricordi che il momento d'inerzia I di un'asta rigida e uniforme rispetto ad un asse perpendicolare all'asta e passante per il suo centro vale $I = m\ell^2/12$.

5. Ricavare α in funzione di ℓ e di h . Si trascuri la piccola inclinazione α che la ragazzina ha in partenza e si consideri ancora una rotazione di 360° ; posto che sia ancora $h = 2$ m e che sia $\ell = 1.80$ m, calcolare il valore numerico di α .

Un "buon" problema per ...

RISPETTO AL SUO UTILIZZO

- ... una gara
- ... una prova di valutazione
- ... una esercitazione
- ... introdurre un nuovo argomento di studio
- ...

Un "buon" problema per ...

RISPETTO ALLA SUA STRUTTURA

- ... La sua corrispondenza con un nostro criterio estetico
- ... La sua coerenza interna
- ... La sua impostazione formale
- ...

Un "buon" problema per ...

RISPETTO ALLA DISCIPLINA

- ... la sua corrispondenza con la fisica trattata
- ... il modello fisico che viene adottato
- ... la sua capacità descrittiva di un fenomeno naturale
- ...

Un "buon" problema

- Gli elementi che distinguono un "buon" problema di fisica non presentano un carattere assoluto.
- Esistono diversi criteri di valutazione, oggettivi o soggettivi, ugualmente validi ed attendibili

tuttavia

- analizzando la struttura dei problemi si possono individuare alcuni criteri che ci aiutano nella definizione di "buon" problema di fisica

Caratteristiche di un "buon" problema

- È adatto al livello di conoscenze e abilità dello studente
- Non è banale
- È strutturato, progressivo nelle richieste
- È ben formulato
- Desto curiosità, interesse, crea atteggiamenti positivi verso l'approccio scientifico
- Motiva lo studente, dà fiducia in sé stesso

Problema chiuso o
problema "esperto"

Problema chiuso o problema "esperto"

- Un oggetto parte da fermo e scende lungo un piano inclinato alto 20 cm. Trovare la sua velocità quando arriva in fondo.

a) 0,50 m/s

b) 0,99 m/s

c) 1,98 m/s

d) 3,96 m/s

e) 7,92 m/s

Tutte le informazioni sono fornite nel testo e il modello fisico che risolve il problema (caduta in campo gravitazionale senza attrito) è predefinito e non esplicitato

$$mgh = mv^2/2$$

$$v = (2gh)^{1/2}$$

$$v = 1,98 \text{ m/s}$$

Problema chiuso o problema "esperto"

- Un piano inclinato si trova nel campo gravitazionale terrestre. Un oggetto parte da fermo e scende lungo il piano inclinato alto 20 cm. Trovare la sua velocità quando arriva in fondo, supponendo di poter trascurare ogni forma di attrito.

Tutte le informazioni sono fornite nel testo e il modello fisico che risolve il problema è predefinito. Vengono fornite delle condizioni che fanno comprendere quale modello fisico si intende utilizzare.

Problema chiuso o problema "esperto"

- Emma, la più brava studentessa di fisica della tua classe, è in laboratorio e si esercita a fare delle misure. Sopra al bancone si trova un piano inclinato di alluminio alto 20 cm e inclinato di 30 gradi, dove in fondo si trova un dispositivo elettronico per la misura dei tempi e delle velocità. Emma prende un carellino normalmente utilizzato in una rotaia a cuscinio d'aria, sulle cui specifiche tecniche è indicato che ha massa 150 g, e lo fa partire da fermo dalla cima del piano inclinato. Trovare il valore della velocità che Emma dovrebbe leggere nel display del dispositivo elettronico quando il carellino arriva in fondo, supponendo di poter trascurare ogni forma di attrito.

Problema chiuso o problema "esperto"

- Emma, la più brava studentessa di fisica della tua classe, è in laboratorio e si esercita a fare delle misure. Sopra al bancone si trova un piano inclinato di alluminio alto 20 cm e inclinato di 30 gradi, dove in fondo si trova un dispositivo elettronico che misura la velocità con una precisione dello 1%. Emma prende un carellino normalmente utilizzato in una rotaia a cuscino d'aria, sulle cui specifiche tecniche è indicato che ha massa 150 g, e lo fa partire da fermo dalla cima del piano inclinato. Dopo aver eseguito la misura, Emma annota nel suo quaderno il valore $v = 1,8 \text{ m/s}$. Secondo il tuo parere, Emma ha eseguito correttamente la misura?

Problema chiuso o problema "esperto"

- Per problema chiuso si intende un problema nella cui formulazione sono contenuti tutti gli elementi necessari per la sua risoluzione:
 - La richiesta
 - Le informazioni necessarie (a volte alcune informazioni non sono esplicitamente fornite nel testo, ma vanno ricavate da tabelle messe a disposizione)
 - La strategia risolutiva da applicare

Problema chiuso o problema "esperto"

- problema esperto:
 - problema in cui "al candidato è richiesto di formulare e verificare ipotesi. La traccia non deve indicare linee di intervento né passaggi da seguire. ... Lo studente deve suggerire varie ipotesi di lavoro e formulare anche possibili gradi di approssimazione."

(Rovigo, 29/30 settembre 2014 Convegno MIUR sulla seconda prova di fisica all'Esame di Stato)

Struttura dell'enunciato

Struttura dell'enunciato

- Elementi

- Livello di schematizzazione
- Informazioni del problema
- Progressività delle richieste
- Domande esplicite / domande implicite

Livello di schematizzazione

- Problema già schematizzato
 - Modello (e relative approssimazioni) scelto a priori. Utile per allenarsi sul modello, di meno per cogliere il rapporto tra fisica e mondo reale (e l'interpretazione finale del risultato matematico)
 - **Errori**: a volte il modello viene tacitamente sottinteso, ma i dati (soprattutto quelli "derivati") non sono compatibili con le approssimazioni del modello; oppure il problema è solo matematico, con scarso senso fisico

Livello di schematizzazione

- Problema realistico

- Schematizzazione ricavabile in maniera facile ed evidente dai dati in un contesto teorico predefinito. E' interessante il caso quando la schematizzazione non è nota a priori, ma dipende dai numeri del problema

Livello di schematizzazione

- Problema reale

- Di schematizzazione difficile e non ovvia. Il risultato ottenuto (anche incerto e impreciso) è legato al modello scelto. Richiede tempo; a volte il caso reale non è alla portata dello studente

Livello di schematizzazione

- Problema matematico
 - Con scarso senso fisico

Informazioni del problema

- **Dirette** - Sotto forma di simboli (anche non esplicitamente forniti) o numeri
- **Indirette** - Da altre grandezze attraverso leggi fisiche, oppure da caratteristiche della situazione fisica, o anche implicite in frasi dell'enunciato
- **Mancanti** - Da ricavarsi da tabelle
- **Superflue o insolite** - In sede di valutazione è meglio evitarle, cattiveria inutile
- **Utilizzo dei numeri** - Aiuta a prendere confidenza con unità di misura, ordini di grandezza, scelta approssimazioni e schematizzazioni, confronto con la realtà

Progressività delle richieste

- Porre domande intermedie aiuta e guida lo studente nella soluzione
- Invece di porre richieste del tipo **on/off**, **"trova la relazione che lega le due variabili ..."**, si possono trovare formulazioni alternative tipo **"dimostra che vale la seguente relazione tra le due variabili ..."**

Domande esplicite domande implicite

- Se nella soluzione lo studente si sofferma su aspetti ovvi ed omette dimostrazioni importanti allora vuol dire che probabilmente il testo è mal formulato

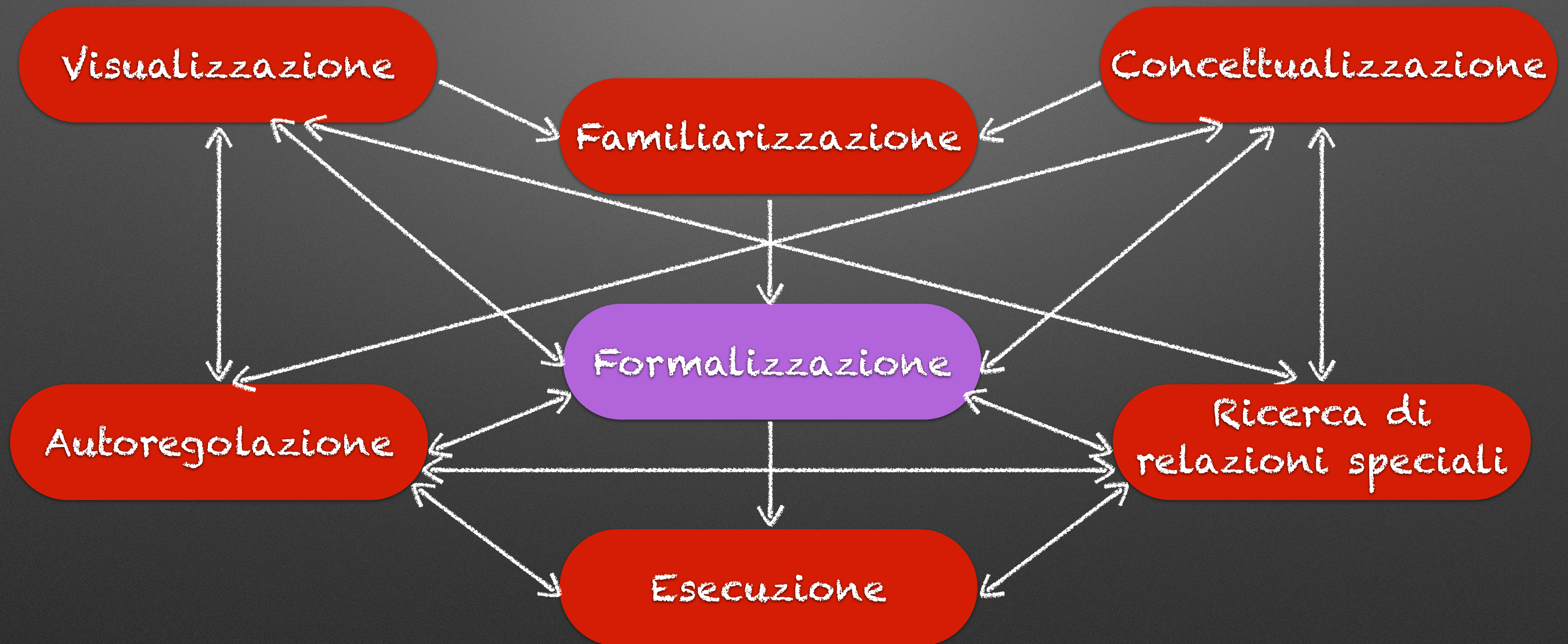
Uno sguardo al processo di problem solving



George Pólya (1887 - 1985)

- Nel 1945 pubblicò uno dei più famosi libri: **How to solve it**
- Sebbene l'attenzione di Polya si sia concentrata sulla soluzione dei problemi di matematica, le strategie sono molto generali e sono applicabili in maniera più estesa.
- Il ragionamento induttivo è la base della maggior parte dei processi creativi nel mondo reale. La Fisica in generale e la Meccanica più in particolare costituiscono un laboratorio perfetto per sviluppare abilità nel ragionamento induttivo e nella scoperta.
- Traccia dello schema di Polya:
 1. **Comprendere il Problema [Identificare l'obiettivo]**
 2. **Progettare una Strategia risolutiva**
 3. **Applicare la Strategia**
 4. **Controllare il lavoro svolto**

Processo di problem solving



Genesis di un problema

Esempio:

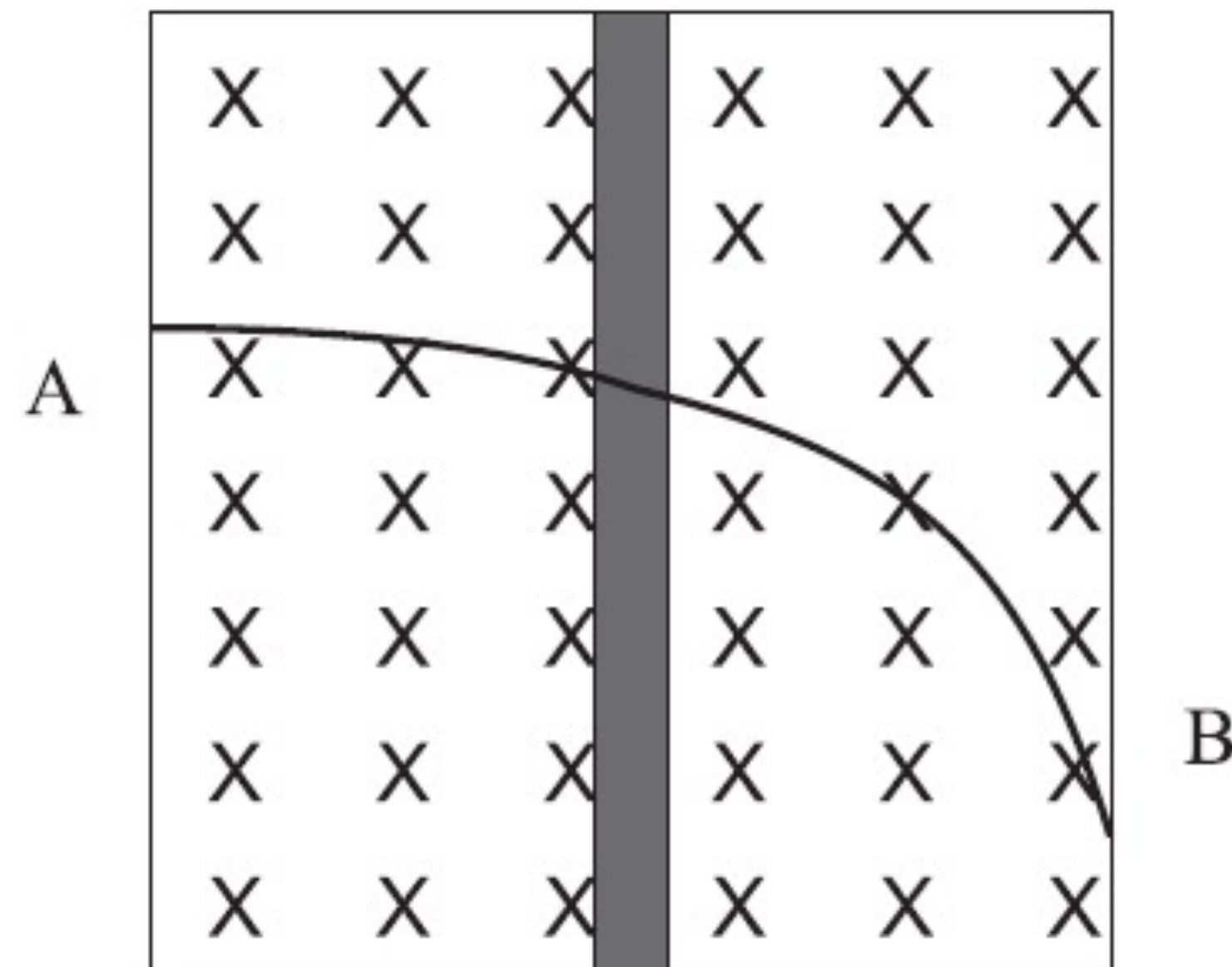
quesito a partire da una legge nota

- La Forza di Lorentz $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$
- La traiettoria circolare $r = mv / qB$
- Si può pensare di fornire una traiettoria in un campo magnetico e chiedere il segno della particella carica
- Con queste condizioni il problema è però indeterminato: la risposta può essere una carica positiva che viaggia in un senso oppure negativa che viaggia in senso opposto

QUESITO n. 4 [DC04/15 - Radiazione in un campo magnetico]

Una sorgente radioattiva emette della radiazione che attraversa una regione vuota di spazio dove c'è un campo magnetico uniforme diretto perpendicolarmente al foglio. La regione vuota è divisa in due parti da un foglio di alluminio di spessore pari a circa 1 mm.

La figura seguente mostra il percorso curvo e orizzontale seguito dalla radiazione.



- Spiegare se la radiazione è di tipo α oppure di tipo β e se entra in A ed esce in B oppure viceversa.

Esempio: quesito a partire da una legge nota

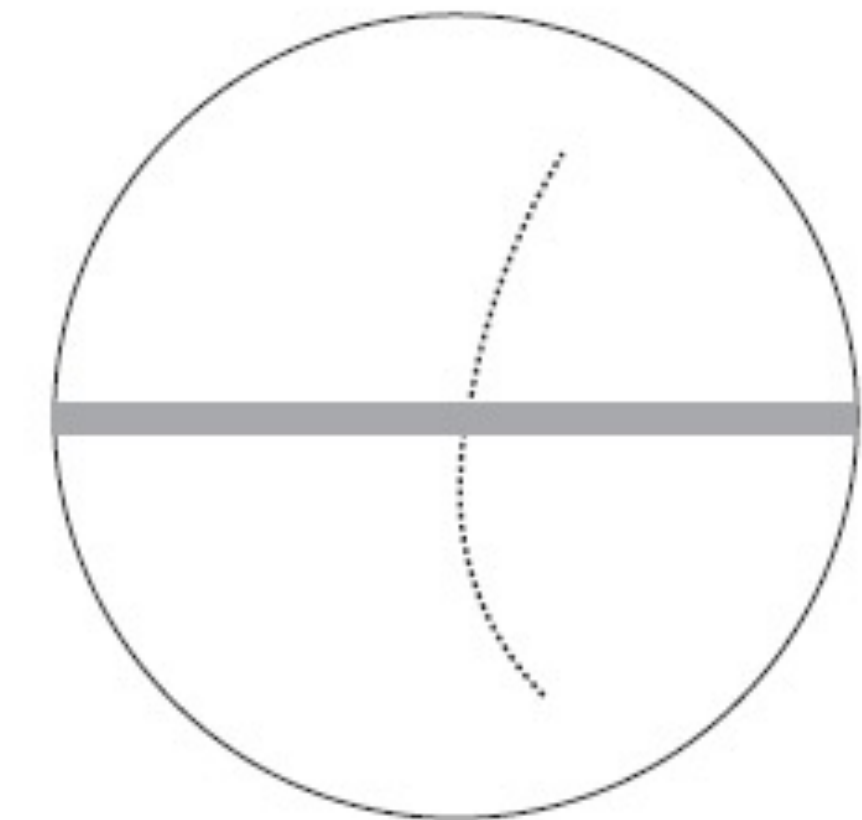
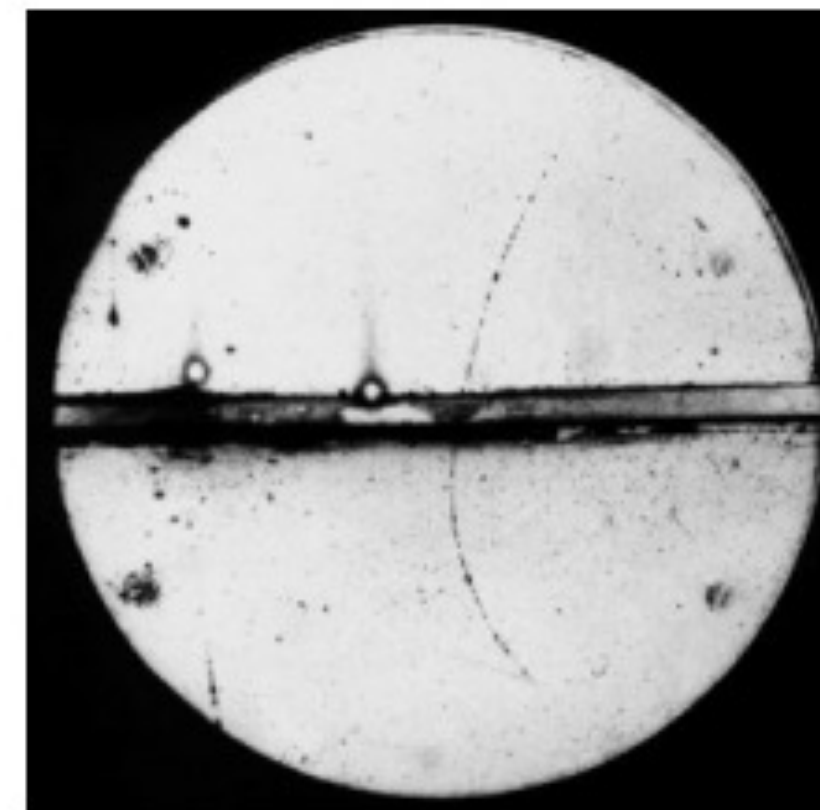
- **Conoscenze e abilità richieste:**
 - Forza di Lorentz
 - Traiettoria circolare prodotta dalla forza di Lorentz
 - Composizione della radiazione ionizzante
 - Simbolo per rappresentare un campo magnetico in un disegno
 - Saper trarre informazioni da un disegno (raggio di curvatura diverso)
 - Sapere che ad un raggio più piccolo corrisponde una traiettoria più curvata
 - La radiazione ionizzante quando interagisce con la materia perde energia
- **Comprensione:**
 - La perdita di energia fa variare il raggio di curvatura della traiettoria

Quesito n. 8 - Gara 2LIV2015

Q

8

Nel 1932 Anderson scoprì una nuova particella, denominata *positrone*, osservando la traccia da essa lasciata in un rivelatore (camera a nebbia). Come indica il suo nome, il positrone ha una carica elettrica positiva. La foto a sinistra è quella originale e mostra chiaramente la traccia di un positrone che si sta muovendo nella camera a nebbia e attraversa una lastra di piombo orizzontale, spessa 6 mm, che la divide in due.



Nella regione è presente un campo magnetico uniforme perpendicolare al piano della foto. Nella figura a destra la situazione è schematizzata per chiarezza. Si supponga che il moto avvenga nel piano della foto.

- Motivando adeguatamente la risposta, dire se il positrone attraversa la lastra di piombo dall'alto al basso o viceversa, e il verso del campo magnetico.

Genesi di un problema

- Da idee e spunti che vengono improvvisamente in mente
- Dalla lettura di un articolo di fisica
- A partire da una legge nota di fisica o che tratta un "capitolo" di fisica
- Rielaborazione di un problema vecchio o di difficoltà superiore
- A partire da fenomeni reali (modellizzazione di un fenomeno)

Strumenti per costruire problemi

- Elenco delle conoscenze di fisica
- Elenco delle tecniche di problem solving
- Elenco delle abilità e dei procedimenti matematici
- Elenco dei nodi concettuali e costruzione della mappa concettuale
- Stesura della soluzione
- Stesura della griglia di valutazione
- Simulazione del processo di problem solving

Esempi

Esempio

- Problema su argomenti non studiati o studiati solo superficialmente

L'aria si dice satura di vapor acqueo quando è in equilibrio termodinamico con l'acqua nella fase liquida.

Si definisce *umidità relativa* (o grado di umidità) il rapporto tra la massa di vapor acqueo presente in un dato volume d'aria atmosferica e la massa di vapor acqueo necessaria per saturarlo. Convenzionalmente l'*umidità relativa* si esprime in percentuale.

Il *punto di rugiada* è il valore della temperatura al di sotto del quale il vapor acqueo presente nell'aria diventa saturo e si condensa sotto forma di goccioline. Il *punto di rugiada* dipende, quindi, dalla quantità di vapor acqueo presente nell'aria.

Alcuni valori della densità di vapor saturo sono forniti in funzione della temperatura nella tabella accanto.

Temperatura (°C)	Densità del vapore saturo (g m ⁻³)
0	4.85
2	5.53
4	6.33
6	7.23
8	8.21
10	9.40
12	10.6
14	12.0
16	13.5
18	15.3
20	17.3
22	19.3
24	21.5

1. Un appartamento viene arieggiato aprendo le finestre mentre l'aria esterna ha una temperatura di 2°C e un'*umidità relativa* del 25%. Dopo che si è stabilito l'equilibrio con l'ambiente esterno, le finestre sono chiuse e la temperatura dei locali viene innalzata fino a 22°C. Calcolare l'*umidità relativa* interna all'abitazione.
2. Tale livello di *umidità relativa* risulta sgradevolmente secco. Se si suppone costante la pressione dell'aria nell'appartamento, che ha un volume $V = 270 \text{ m}^3$, quant'acqua si dovrebbe far evaporare all'interno dell'abitazione per portare l'*umidità relativa* ad un valore del 52%, che risulta molto più gradevole?
3. Un bicchiere *freddo*, contenente una bevanda, viene tolto dal frigorifero e posto nell'appartamento umidificato al 52%. Se sulla parete esterna del bicchiere si osserva una condensazione di vapor acqueo, determinare la massima temperatura T che la bevanda può aver raggiunto.

Esempio: problema sulla umidità relativa

- Argomento probabilmente non trattato a scuola o solo superficialmente: sono forniti concetti e dati
- **Conoscenze e abilità richieste:**
 - densità
 - equilibrio termodinamico
 - equazione di stato dei gas perfetti
 - saper leggere i dati da una tabella
 - sapere interpolare
- **Capacità di analisi e sintesi:**
 - saper comprendere le definizioni fornite e le loro relazioni
 - saper costruire collegamenti e inferenze tra le informazioni fornite dal problema

Problema 4 - Gara 2LIV2015

AIF - Olimpiadi di Fisica 2015

Gara di 2° Livello - 13 Febbraio 2015

P 4 - Radiazione termica

[Punti 20]

Il termine *radiazione termica* viene usato per quelle onde elettromagnetiche il cui spettro è continuo e dipende soprattutto dalla temperatura del corpo che le emette, a differenza di quel che avviene per altri tipi di onde elettromagnetiche, come le onde radio o quelle del telefono cellulare, che sono caratterizzate da frequenze discrete e ben definite, riconducibili alle caratteristiche dei dispositivi che le emettono.

Una grandezza utile per caratterizzare la radiazione termica emessa da un corpo è l'*intensità* della radiazione^(*). Detta ΔE la quantità di energia emessa da una piccola porzione della superficie del corpo di area ΔA , in un piccolo intervallo di tempo Δt , l'intensità I è il rapporto $\Delta E / (\Delta A \Delta t)$. La sua unità di misura nel SI è quindi quella di una potenza per unità di superficie: W m^{-2} .

Per caratterizzare in dettaglio i fenomeni di emissione della radiazione la grandezza più utile è l'*intensità spettrale*, $I_s(\lambda)$, intesa come il rapporto tra l'intensità della radiazione compresa in un piccolo intervallo di lunghezza d'onda $\Delta\lambda$ (centrato su un particolare valore di λ) e l'ampiezza dell'intervallo stesso: $I_s = \Delta I / \Delta\lambda$; ovviamente, I_s è funzione della lunghezza d'onda.

In generale, l'intensità spettrale della radiazione termica emessa da un corpo dipende dalle proprietà del corpo, oltre che dalla sua temperatura, tuttavia in certi casi essa ha un andamento prossimo a quello di una funzione universale, che si calcola teoricamente sulla base della sola temperatura del corpo ed è appunto indipendente dalle sue proprietà: tale funzione è chiamata *spettro di corpo nero*.

ATTENZIONE: In un foglio a parte vengono forniti i grafici dell'intensità spettrale di corpo nero a due diverse temperature $T_1 = 2000 \text{ K}$ e $T_2 = 1300 \text{ K}$.

1. Utilizzando questi due grafici determinare il rapporto tra le intensità spettrali delle radiazioni emesse, alla lunghezza d'onda di $4 \mu\text{m}$, da due corpi alle temperature $T_1 = 2000 \text{ K}$ e $T_2 = 1300 \text{ K}$.

Una legge importante legata allo spettro di corpo nero fu derivata nel 1893 da Wilhelm Wien: egli dimostrò che, per un corpo nero, la lunghezza d'onda λ_m alla quale corrisponde il massimo dell'intensità spettrale è legata alla temperatura T dalla relazione $\lambda_m = bT^n$, dove n è un numero intero e b è una costante universale, chiamata appunto *costante di Wien*.

2. Determinare i valori di b ed n utilizzando esclusivamente i due grafici forniti.

Un'altra legge importante venne derivata, circa nello stesso periodo, da Joseph Stefan e, indipendentemente, da Ludwig Boltzmann: la legge afferma che l'intensità della radiazione emessa da un corpo nero, cioè l'intensità spettrale integrata su tutte le lunghezze d'onda (sommando i contributi di radiazione delle varie lunghezze d'onda), è legata alla temperatura dalla relazione $I = \sigma T^m$, dove m è un numero intero e σ è una costante universale, chiamata appunto *costante di Stefan-Boltzmann*.

3. Determinare il valore di m e dare una stima di quello di σ attraverso i due grafici forniti, illustrando adeguatamente come si sono utilizzati: misure e calcoli eseguiti.

L'intensità spettrale della radiazione emessa dal Sole è approssimabile alla radiazione di corpo nero con $\lambda_m = 0.48 \mu\text{m}$.

4. Stimare il tempo necessario al Sole per perdere l'1% della sua massa a causa della radiazione termica.

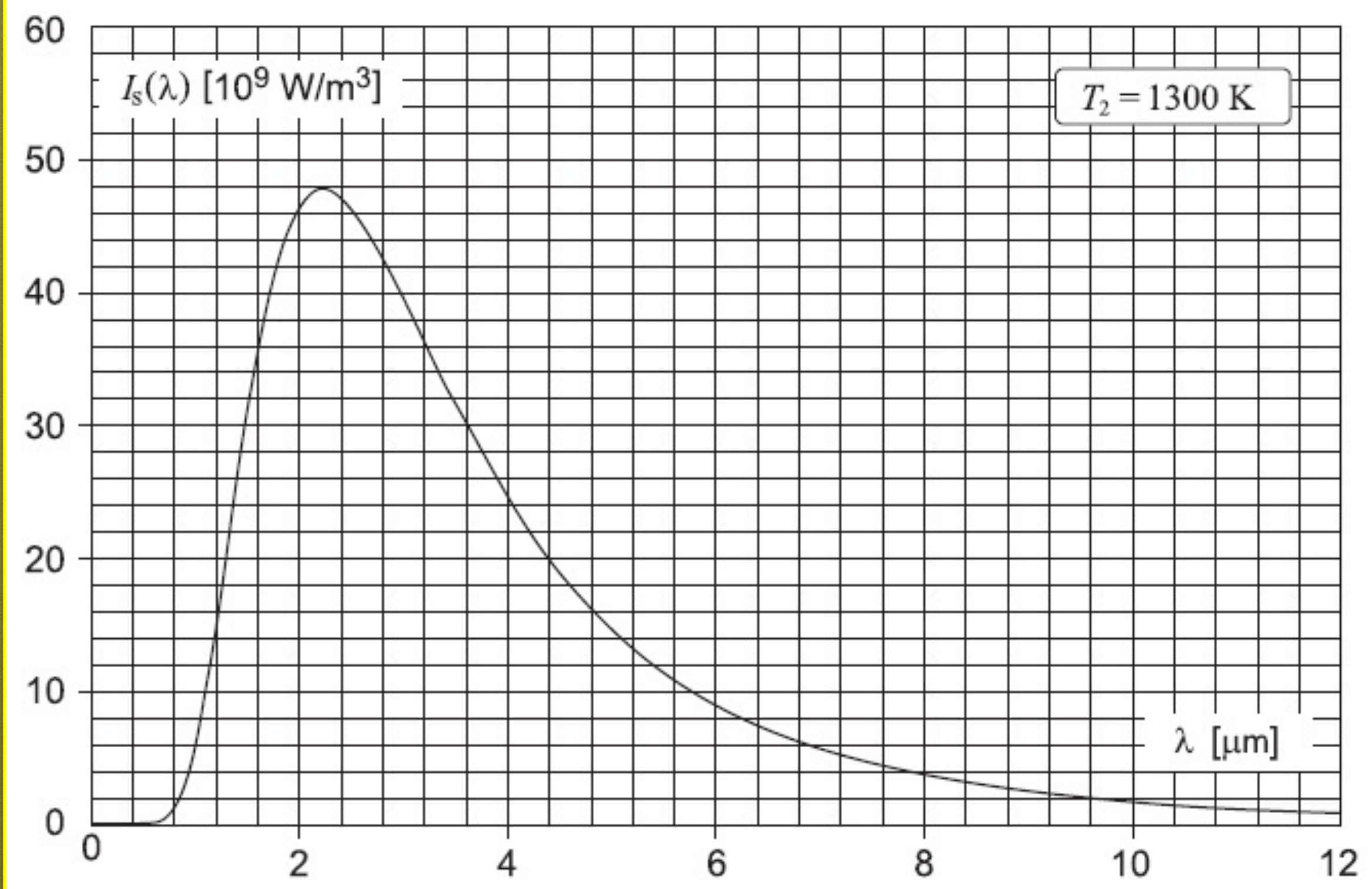
La massa del Sole vale $M_\odot = 2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ ed il suo raggio è $R_\odot = 7.0 \times 10^8 \text{ m}$.

(*) In questo problema useremo il termine "Intensità" come riferito, in senso generico, al valore di una certa grandezza. La grandezza in questione si dovrebbe chiamare propriamente **Emettonza radiante** (unità nel SI: W/m^2), mentre si definisce **Intensità radiante** il flusso di energia per unità di tempo e di angolo solido in una certa direzione (unità di misura nel SI: W/sr).

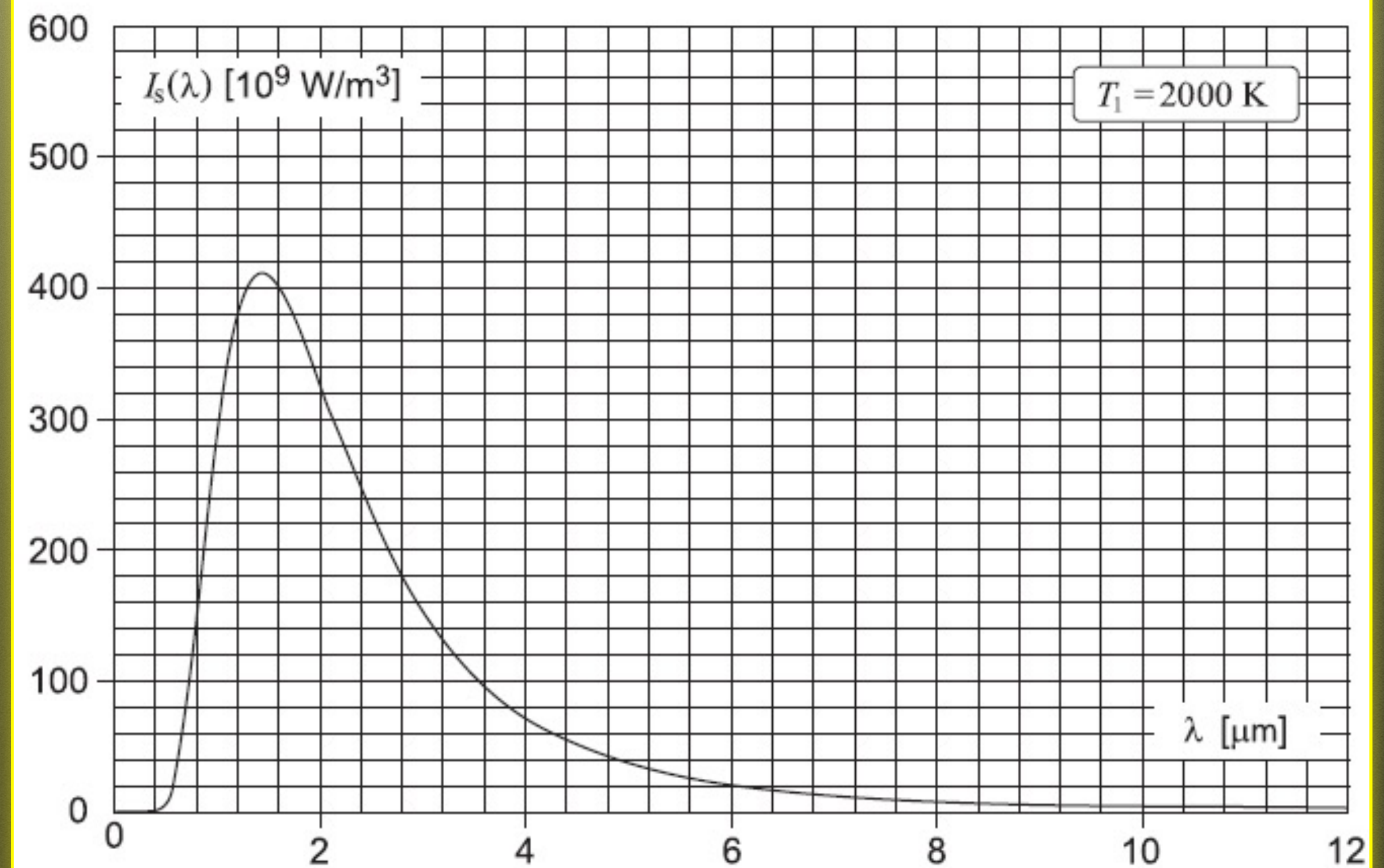
Analogamente per le grandezze riferite all'unità di lunghezza d'onda nella distribuzione spettrale: **Emettonza spettrale radiante** (che si misura quindi in W/m^3) ed **Intensità spettrale radiante** (unità: $\text{W}/(\text{m sr})$).

Problema 4 - Gara 2LIV2015

Problema 4: Radiazione termica - Grafico dello spettro di corpo nero a 1300 K



Problema 4: Radiazione termica - Grafico dello spettro di corpo nero a 2000 K



Problema 4 - Gara 2LIV/2015

• INFORMAZIONI FORNITE NEL TESTO

- Definizione di radiazione termica
- Definizione di intensità della radiazione
- Definizione di intensità spettrale e di spettro di corpo nero
- Legge di Wien
- Legge di Stefan-Boltzmann
- Leggere i dati da un grafico

• CONOSCENZE E ABILITÀ RICHIESTE

- Utilizzare i logaritmi
- Contare i quadretti sotto la curva per determinare I
- $E = mc^2$ e formula della potenza

Le onde elettromagnetiche emesse da oggetti riscaldati sono chiamate *radiazione termica*. La radiazione termica è caratterizzata dalla luminosità totale e dalla luminosità spettrale.

La Luminosità totale R è l'energia totale della radiazione emessa per unità di area e nell'unità di tempo. La luminosità spettrale r_λ in un piccolo intervallo di lunghezza d'onda tra λ e $\lambda + \Delta\lambda$ è il rapporto tra la Luminosità in questo intervallo ΔR diviso l'ampiezza dell'intervallo $\Delta\lambda$,

$$r_\lambda = \frac{\Delta R}{\Delta\lambda}.$$

Entrambe le luminosità dipendono dalle proprietà dell'oggetto che emette e dalla sua temperatura. In termini generali la luminosità dipende dalla capacità degli oggetti di assorbire radiazione; quanto meglio un oggetto assorbe radiazione, tanto meglio esso emette quando viene riscaldato. Un corpo che assorbe tutta la radiazione incidente su di esso viene detto *corpo nero*.

La distribuzione della radiazione di corpo nero (cioè la sua luminosità spettrale) è stata ampiamente studiata sia teoricamente che sperimentalmente. I grafici di figura 1 e figura 2 mostrano l'andamento della luminosità spettrale due due corpi neri a due diverse temperature $T_1 = 2000$ K (figura 1) e $T_2 = 1300$ K (figura 2).

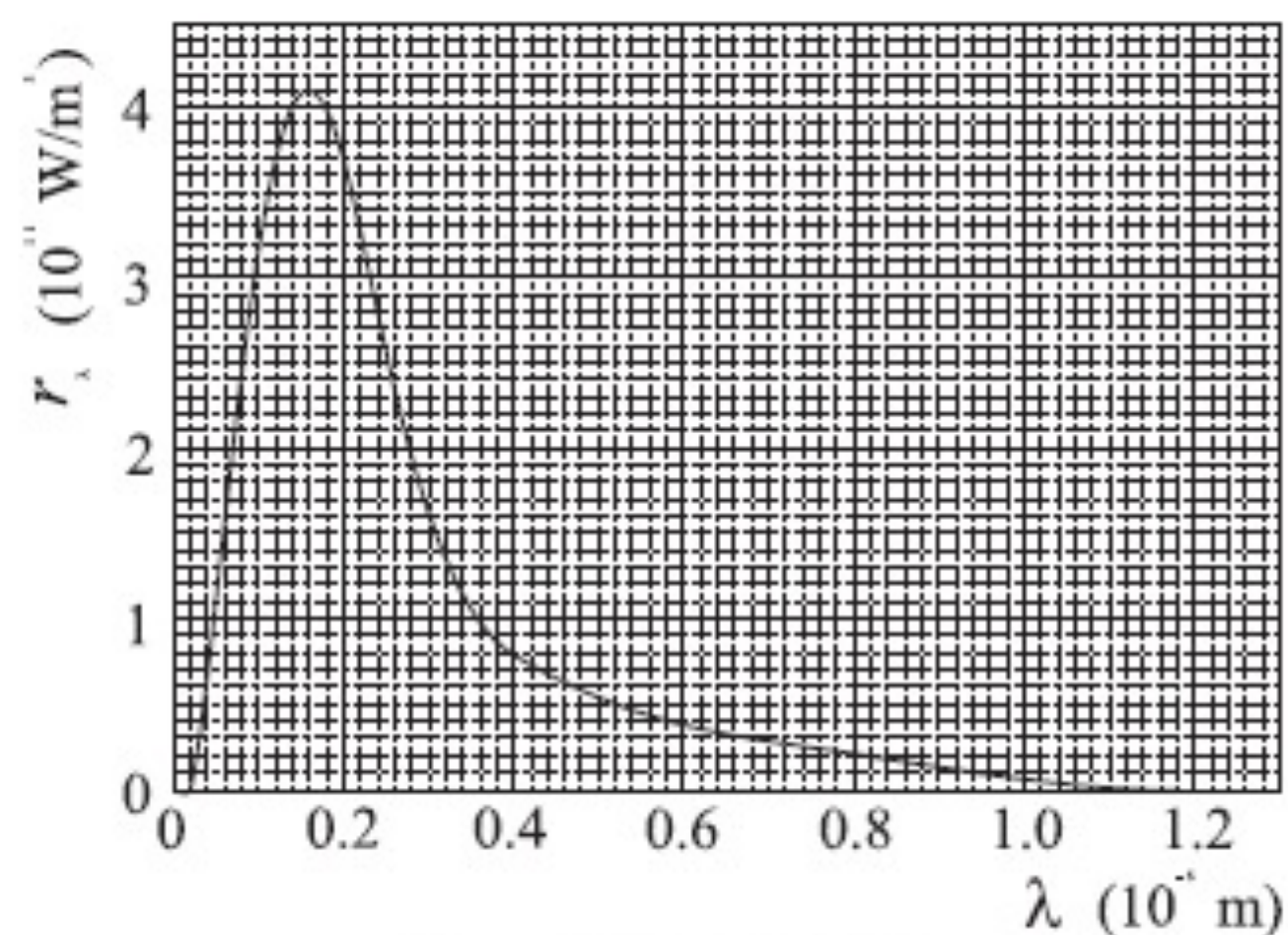
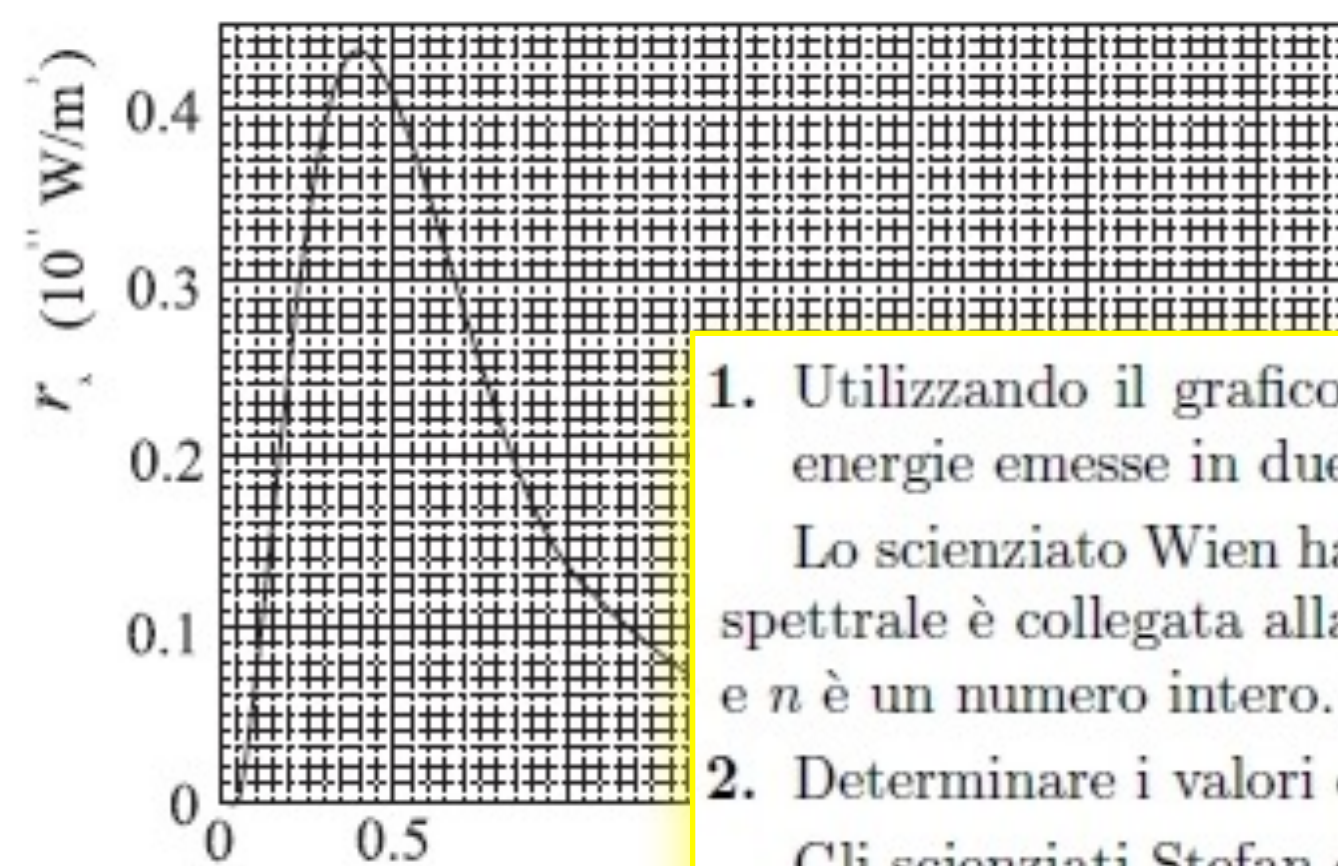


figura 1 ($T = 2000$ K)



figura

1. Utilizzando il grafico di figura 1 della luminosità spettrale a $T_1 = 2000$ K, determinare il rapporto tra le energie emesse in due diverse regioni spettrali $\lambda_1 = 2 \times 10^{-6}$ m, $\lambda_2 = 4 \times 10^{-6}$ m, $\Delta\lambda = 0,5 \times 10^{-6}$ m.

Lo scienziato Wien ha stabilito che la lunghezza d'onda λ_m alla quale corrisponde il massimo della luminosità spettrale è collegata alla temperatura del corpo dalla relazione $\lambda_m = bT^n$, dove b è chiamata costante di Wien e n è un numero intero.

2. Determinare i valori di b ed n utilizzando i due grafici forniti.

Gli scienziati Stefan e Boltzmann hanno stabilito che la luminosità totale dei corpi neri è collegata alla loro temperatura dalla relazione $R = \sigma T^m$, dove σ è la costante di Stefan-Boltzmann ed m un numero intero.

3. Determinare i valori di σ e m usando i grafici forniti.

La luminosità spettrale del Sole è approssimabile alla radiazione di corpo nero con $\lambda_m = 0,48 \times 10^{-6}$ m.

4. Stimare il tempo necessario al Sole per perdere lo 1% della sua massa.

La massa del Sole vale $M = 2 \times 10^{30}$ kg ed il suo raggio $L = 7 \times 10^8$ m.

Esempio: Problema per esercitare il problem solving

- La sonda spaziale Voyager 1 è stata una delle prime esploratrici del sistema solare esterno ed è ancora in attività. Fu lanciata nell'ambito del Programma Voyager della NASA il 5 settembre 1977 a Cape Canaveral, a bordo di un razzo Titan-Centaur, poco dopo la Voyager 2, la sua sonda sorella, in un'orbita che le avrebbe permesso di raggiungere Giove per prima. Le due sonde Voyager sono identiche. L'orbita in cui fu immessa la sonda la portò a sfiorare i due pianeti giganti, Giove e Saturno, per poi proseguire indisturbata verso l'esterno del sistema solare. I segnali radio della sonda spaziale Voyager 1 hanno continuato ad essere ricevuti sulla Terra anche quando la sonda era ben oltre l'orbita di Nettuno. La potenza della trasmittente è $P = 23 \text{ W}$. Supponendo che l'antenna direzionale emetta la radiazione in un cono equivalente a 10^{-4} di semisfera, e considerando una distanza sonda-Terra $d = 50 \text{ UA}$ (*), calcolare la potenza ricevuta sulla Terra da un'antenna parabolica avente diametro $D = 40 \text{ m}$.

Nota: 1 UA vale all'incirca $1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$

(*) Attualmente, secondo delle stime elaborate dalla NASA, la sonda potrebbe trovarsi ad una distanza dalla Terra di circa 130 UA.

Esempio: Problema per esercitare il problem solving

• CARATTERISTICHE

- Contiene molte parole non essenziali per la risoluzione
- Descrive un caso reale

• CONOSCENZE E ABILITÀ

- Angolo solido
- Emissione su 4π steradiani
- Rapporto tra superfici

Grazie per l'attenzione!