

Associazione delle Olimpiadi
Scientifiche Svizzere

SwissPhO 2010 Swiss Physics Olympiad



Olimpiadi Svizzere di Fisica



Aarau, 27/28 marzo 2010

Esperimento 1

Determinazione della "banda proibita" di una resistenza NTC

Nome Punti.....

Durata: 90 Minuti
Valutazione : 16 Punti

Materiale autorizzato:
Calcolatrice tascabile senza raccolta di dati.
Materiale per scrivere e disegnare

- Supported by:
-  ALPIQ Holding AG
 -  Staatssekretariat für Bildung und Forschung
 -  BASF (Basel)
 -  Deutschschweizerische Physikkommission VSMP / DPK
 -  Materials Science & Technology
 -  École Polytechnique Fédérale de Lausanne
 -  ETH Zurich Department of Physics
 -  Fondation Claude & Giuliana
 -  Ernst Göhner Stiftung, Zug
 -  Hasler Stiftung Bern
 -  Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (KKG)
 -  Merck Serono S.A. (Genf)
 -  Metrohm Stiftung, Herisau
 -  Rudolf Hug, MPL AG Elektronik, Dättwil
 -  Novartis International AG (Basel)
 -  F. Hoffmann-La Roche AG (Basel)
 -  Schnelli Thermographie, Schaffhausen
 -  Swiss Academy of Engineering Sciences SATW
 -  Swiss Academy of Sciences
 -  Swiss Physical Society
 -  Syngenta AG
 -  Universität Bern FB Physik/Astronomie
 -  Universität Zürich FB Physik Mathematik

Buona fortuna!

Osservazioni:

- **Scrivete le risposte direttamente sui fogli di istruzione. I calcoli necessari devono essere eseguiti su fogli separati. Tutti i calcoli devono essere corretti, chiari e verificabili per poter conseguire il punteggio massimo.**
- **Tutte le unità devono essere specificate correttamente. Il calcolo degli errori deve essere fatto solo quando richiesto esplicitamente.**

Determinazione della "banda proibita" di una resistenza NTC

I. Introduzione:

Le resistenze NTC hanno un coefficiente di temperatura negativo: cioè, la loro resistenza ohmica diminuisce al crescere della temperatura. Questo comportamento si può spiegare con le proprietà del semiconduttore impiegato. In genere, sono responsabili della conducibilità elettrica del materiale gli elettroni di valenza. Se essi si trovano nel semiconduttore nello stato di energia minima che possono occupare, allora sono legati fortemente agli atomi e non si possono spostare facilmente nel materiale. A tale scopo, si devono prima trasferire ad un livello più alto per mezzo di un assorbimento di energia. Questo livello è la "banda di conduzione", comune a tutti gli atomi del semiconduttore. La differenza di energia ΔE fra banda di valenza e banda di conduzione nei semiconduttori si chiama banda proibita ¹.

Un elettrone ha varie possibilità di assorbire l'energia necessaria per "saltare" la banda proibita. Tali sono, per esempio, l'assorbimento di un quanto di luce (effetto fotoelettrico) oppure – come per le resistenze NTC – l'assorbimento di energia termica. Il numero di elettroni liberi nella banda

di conduzione cresce al crescere della temperatura ed è proporzionale al fattore $e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$ in cui $k=1.38065 \cdot 10^{-23}$ J/K è la costante di Boltzmann e T la temperatura in Kelvin. Perciò anche la corrente I che scorre attraverso la resistenza NTC è proporzionale a questo fattore. Questo dà per la resistenza ohmica

$$R = \frac{U}{I} \propto \frac{1}{e^{-\frac{\Delta E}{kT}}} = e^{\frac{\Delta E}{kT}}$$

Introducendo la costante di proporzionalità R_0 , questa relazione può essere riformulata come:

$$R = R_0 \cdot e^{\frac{\Delta E}{kT}} \quad (1)$$

II. Scopi dell'esperimento

Gli scopi dell' esperimento sono:

- Misura di una resistenza NTC in funzione della temperatura.
- Rappresentazione grafica di tale relazione.
- Stima della banda proibita ΔE dalla rappresentazione grafica e della resistenza R a temperature molto alte.

¹ In relazione alle resistenze NTC, viene anche chiamata energia di attivazione.

III. Dispositivo dell'esperimento

Per l'esperimento sono a disposizione:

- Miscelatore con riscaldamento
- Un bicchiere con acqua distillata ed un magnete per mescolare
- Un termometro
- Un multimetro (tester)
- Una resistenza NTC (attenzione: la parte nera non deve essere immersa completamente!)
- Materiale di fissaggio (per tenere la resistenza NTC alla profondità permessa)
- Nastro adesivo (per fermare il termometro e la resistenza NTC)
- Carta millimetrata

IV. Operazioni da eseguire

Compito 1:

- a) [4 P] La resistenza ohmica del resistore NTC deve essere misurata in funzione della temperatura. Immergete la resistenza nel bicchiere (attenzione: non immergete completamente la parte nera!) ed aumentate lentamente la temperatura con la piastra riscaldata. Per ottenere una temperatura omogenea nel bicchiere viene attivato il miscelatore. Per evitare rumore inutile, il bicchiere deve essere centrato sulla piastra. La temperatura viene misurata con il termometro e la resistenza ohmica con il tester. Devono venire eseguite 15 misurazioni su un intervallo di temperatura più ampio possibile.

Nr.	Resistenza R in Ω	Temperatura ϑ in $^{\circ}\text{C}$	Temperatura T in K
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

- b) [1.5 P] Gli errori assoluti delle grandezze misurate devono essere stimati in modo ragionevole:

errore assoluto m_R in Ω	errore assoluto m_{ϑ} in $^{\circ}\text{C}$	errore assoluto m_T in K

Compito 2:

- a) [1 P] Mostrate che la legge (1) può venire descritta da una funzione lineare con l'introduzione delle variabili:

$$y = \ln(R) \quad \text{e} \quad x = \frac{1}{kT}$$

usando i parametri a e b :

$$y = a \cdot x + b \quad (2)$$

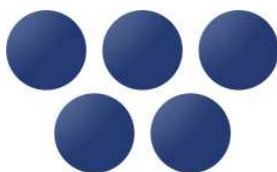
- b) [4.5 P] Calcolate i valori di misura del compito 1 assegnandoli alle variabili x ed y e rappresentateli graficamente sulla carta millimetrata a parte (scegliere le unità di scala in modo appropriato e marcare gli assi con simboli adatti).

Nr.	$y = \ln(R)$	$x = \frac{1}{kT}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Compito 3:

- a) [2.5 P] Stimate la banda proibita ΔE della resistenza NTC dal grafico ottenuto nel compito2. Documentate la procedura. Esprimete l' energia in J ed in eV.

- a) [2.5 P] Stimate il valore della resistenza NTC per $T \rightarrow \infty$. Documentate la procedura.



Associazione delle Olimpiadi
Scientifiche Svizzere

SwissPhO 2010 Swiss Physics Olympiad



Olimpiadi Svizzere di Fisica



Aarau, 27/28 marzo 2010

Esperimento 2

Contenuto di zucchero in una soluzione

Nome Punti.....

Durata: 90 Minuti

Valutazione : 16 Punti

Materiale autorizzato:

Calcolatrice tascabile senza raccolta di dati.

Materiale per scrivere e disegnare

Supported by:

-  Alpiq Holding AG
-  Staatssekretariat für Bildung und Forschung
-  BASF (Basel)
-  Deutschschweizerische Physikkommission VSMP / DPK
-  Materials Science & Technology
-  École Polytechnique Fédérale de Lausanne
-  ETH Zurich Department of Physics
-  Fondation Claude & Giuliana
-  Ernst Göhner Stiftung, Zug
-  Hasler Stiftung Bern
-  Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (KKG)
-  Merck Serono S.A. (Genf)
-  Metrohm Stiftung, Herisau
-  Rudolf Hug, MPL AG Elektronik, Dättwil
-  Novartis International AG (Basel)
-  F. Hoffmann-La Roche AG (Basel)
-  Schnelli Thermographie, Schaffhausen
-  Swiss Academy of Engineering Sciences SATW
-  Swiss Academy of Sciences
-  Swiss Physical Society
-  Syngenta AG
-  Universität Bern FB Physik/Astronomie
-  Universität Zürich FB Physik Mathematik

Buona fortuna!

Osservazioni:

- **Scrivete le risposte ed i calcoli corrispondenti su fogli separati. Tutti i calcoli devono essere scritti correttamente e in modo comprensibile per poter ottenere il massimo dei punti.**
- **Tutte le unità devono venire espresse correttamente. Il calcolo degli errori deve venire eseguito solo quando venga richiesto espressamente.**

Contenuto di zucchero in una soluzione

I. Introduzione

La luce può essere descritta come un'onda elettromagnetica trasversale: ovvero, la direzione di oscillazione dell'onda (più precisamente la componente del campo elettrico $\vec{E}(\vec{x}, t)$) è in ogni punto dello spazio perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda. La direzione della componente $\vec{E}(\vec{x}, t)$ viene chiamata *direzione di polarizzazione*.

La luce del sole o di una lampada alogena non è polarizzata. Questo significa che tutte le direzioni di polarizzazione intervengono nel piano perpendicolare alla direzione di propagazione. Il motivo sta nella molteplicità degli atomi della sorgente luminosa, i quali emettono indipendentemente l'uno dall'altro radiazione con direzione di polarizzazione casuale. Luce non polarizzata consiste quindi nella sovrapposizione di onde parziali polarizzate diversamente.

Invece la luce di un laser (come quello utilizzato qui) è polarizzata a causa del modo in cui il diodo laser è costruito: cioè, esiste solo una direzione di polarizzazione.

I *filtri di polarizzazione* sono fogli che permettono il passaggio di luce polarizzata in una determinata direzione. Questa si chiama *direzione permessa* del filtro. Se una luce laser polarizzata di intensità J_0 cade su un tale filtro, l'intensità dopo il filtro si riduce a

$$J(\alpha) = J_0 \cdot \cos^2(\alpha)$$

in cui α è l'angolo fra la direzione di polarizzazione del laser e la direzione permessa del filtro. Inoltre, se la luce laser passa attraverso un filtro polarizzatore, la sua direzione di polarizzazione viene ruotata. Essa si trova, al di là del filtro, orientata nella direzione permessa dal filtro stesso. Allo stesso modo, alcune sostanze otticamente attive come lo zucchero, causano una rotazione della direzione di polarizzazione. In questo esperimento si studia questo fenomeno.

II. Scopo dell'esperimento

Gli obiettivi dell'esperimento sono:

- Studio dell'angolo di rotazione di luce polarizzata nell'attraversamento di una soluzione zuccherina in funzione di vari fattori.
- Misura della concentrazione zuccherina di una soluzione.

o **Materiale**

Per l' esperimento sono a disposizione:

- 2 recipienti aperti di plexiglas
- 3 soluzioni zuccherine di calibrazione con le concentrazioni 10 g /dl, 20 g/dl e 30 g/dl.
- 1 recipiente chiuso di plexiglas con la soluzione da studiare (non aprire!)
- 1 metro
- 1 laser
- 1 filtro di polarizzazione
- cornici di cartone, goniometro, gomma per cancellare, nastro adesivo
- blocco di legno per schermare
- carta millimetrata

Attenzione: non guardare direttamente il raggio laser! Pericolo di danni agli occhi.



o **Operazioni**

Compito 1

- a) [6 P] Studiate sperimentalmente l'angolo di rotazione della luce laser nell' attraversamento di una soluzione zuccherina. Deducete da quali fattori dipende l'angolo, registrate le corrispondenti serie di misura e riportatele in una tabella.
- b) [2 P] Documentate le misure eseguite. Sono richiesti schizzi e descrizioni dell'organizzazione dell'esperimento e del metodo di misura (esecuzione dell'esperimento).
- c) [4 P] Stabilite una legge (formulata in modo matematico) per descrivere la dipendenza dell'angolo di rotazione in funzione dei fattori studiati in a). Verificate la legge proposta con i dati di misura. Il metodo usato deve essere documentato in modo comprensibile.

Compito 2

[4 P] Determinate la concentrazione zuccherina della soluzione contenuta nel recipiente chiuso (che non deve essere aperto!). Documentate i metodi usati, le misure ed i calcoli.