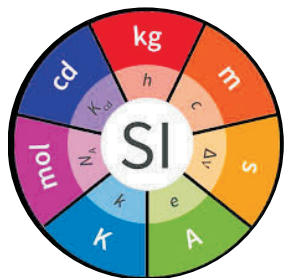


# Olimpiadi di Fisica 2019



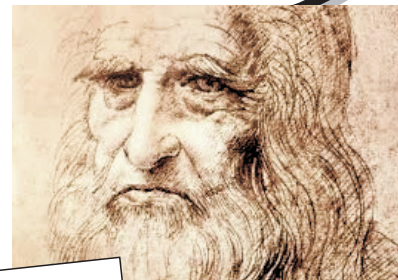
## Gara Nazionale Prova Sperimentale

Giovedì 11 Aprile 2019

Liceo Statale "Medi"  
Senigallia (AN)

1519-2019

Celebrazioni in onore di  
Leonardo da Vinci



**Non sfogliare il fascicolo !  
Aspetta che sia dato il via.**

## ISTRUZIONI:

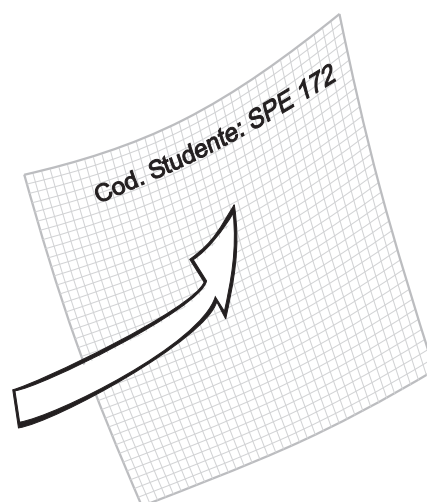
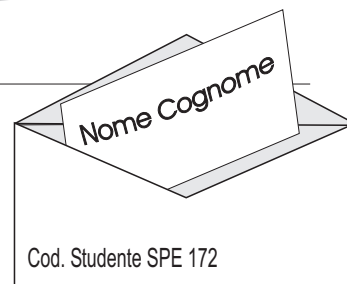
**Tempo: 4 ore**

1. Appena ti verrà dato il via, controlla che il **Codice Studente** riportato sulla busta grande, sulla busta piccola e sul cartoncino sia lo stesso.

Scrivi chiaro il tuo **NOME e COGNOME** sul cartoncino, poi inserisci il cartoncino nella busta piccola e chiudila **senza incollare il lembo**; metti subito la busta piccola chiusa in quella grande che userai alla fine per consegnare tutti i fogli.

**Successivamente, NON dovrai scrivere il tuo nome su nessun foglio, né sulle buste, ma dovrai usare solo il tuo Codice Studente !**

2. Su ogni facciata scrivi chiaramente, in alto a destra, solo il tuo **Codice Studente**.



*La Gara Nazionale è realizzata con il sostegno di*

Comune di  
Senigallia

Le Olimpiadi di Fisica  
sono organizzate dall'AIF  
su mandato del



Liceo Statale "Medi"  
Senigallia

**Istruzioni generali**

*Leggi attentamente tutto il testo seguente prima di iniziare a lavorare con i materiali a disposizione.*

*Non ti si chiede una relazione di laboratorio, ma solamente una serie di risposte da scrivere nei fogli appositi.*

*Ogni risposta deve avere una sua giustificazione sintetica e chiara, anche se non è chiesto esplicitamente nella domanda.*

*Se, per migliorare un procedimento, adotti accorgimenti significativi, registrati nel corrispondente foglio risposte.*

*Al termine della prova inserisci i fogli con le risposte e la minuta nell'apposita busta da consegnare.*

*L'effetto Joule e l'effetto Peltier sono due fenomeni fisici in cui un passaggio di corrente elettrica produce variazioni di temperatura nei corpi attraversati dalla corrente stessa.*

*La prova è divisa in due parti, la prima riguardante l'effetto Joule, la seconda l'effetto Peltier.*

*Non ti si richiede alcuna conoscenza pregressa circa l'effetto Peltier.*

*In questa prova non sono richieste le incertezze delle misure. Limitati a scrivere il loro valore con le sole cifre che ritieni significative.*

## Materiali

I simboli "J" e "P" nella tabella seguente indicano se il materiale nella stessa riga, è da usare nella prima parte, "Effetto Joule", oppure nella seconda, "Effetto Peltier", rispettivamente.

I simboli "(J)" e "(P)" indicano materiali di uso facoltativo, a disposizione sul tavolo di servizio.

J		resistore a pellicola di carbone (cilindretto color nocciola) di resistenza $27\ \Omega$ nominali
J	P	batteria da 4.5 V nominali
J	P	cronometro
J	P	multimetro dotato di sonda termica da impiegare come termometro; risoluzione $1^\circ\text{C}$ .
J	P	base di polipropilene alveolare $12\text{ cm} \times 25\text{ cm}$
J	P	nastro isolante
J		2 cavetti di collegamento con morsetti a "coccodrillo"
	P	3 cavetti di collegamento con morsetti a "coccodrillo"
J	P	forbici
J		stuzzicadenti
J		foglio di carta A4
(J)	(P)	carta millimetrata
	P	resistore (parallelepipedo bianco) di resistenza $4.7\ \Omega$ nominali
	P	filo di rame smaltato di diametro 0.3 mm, lungo circa 15 cm
	P	filo di costantana di diametro 0.4 mm, lungo circa 15 cm
	P	carta vetrata
	P	pellicola per alimenti
	(P)	pinza

## 1. Effetto Joule

(120 punti)

Dovrai collegare il resistore da  $27\ \Omega$  ad una batteria, e prendere in esame la temperatura  $T$  in un punto della superficie esterna del resistore stesso, sia in fase di riscaldamento per effetto Joule a circuito chiuso, sia nel raffreddamento successivo all'apertura del circuito.

Il circuito sarà costituito semplicemente dal resistore collegato con due cavetti alla batteria.

Segui la procedura indicata dalle istruzioni seguenti e dalle figure.

Con lo stuzzicadenti, fora in due punti a distanza opportuna, la base di polipropilene alveolare. Inserisci nei due fori i reofori del resistore, cioè i due fili metallici alle sue estremità, falli sporgere di circa mezzo centimetro dalla faccia inferiore della base, ripiegali ad angolo retto (Fig.1a) e fissali con un po' di nastro isolante come nella figura Fig.1b (v. a pagina seguente).

I due morsetti a "coccodrillo", una volta stretti sui tratti verticali dei reofori, sopra la base, contribuiscono ulteriormente alla stabilità del resistore che rimane così circondato dall'aria.



Figura 1a



Figura 1b

Il multimetro è già predisposto per funzionare come termometro; controlla che il selettore del multimetro sia posizionato su “°C”. Devi solo accenderlo con il tasto ON (\*).

Con la sonda termica rileva e annota la temperatura dell’aria, da considerare come “temperatura ambiente” iniziale.

Successivamente appoggia l’estremità della sonda termica sulla superficie del resistore nel suo punto centrale (Fig.1c), quindi fissa il cavetto della sonda alla base di plastica con nastro isolante in modo che non si muova durante le misurazioni. La temperatura superficiale del resistore non rimarrà uniforme quando nel resistore circherà la corrente, ma sarà massima al centro e un po’ decrescente verso le estremità con i reofori.



Figura 1c

Comunque chiameremo per brevità “temperatura  $T$  del resistore” la temperatura misurata nel punto centrale.

Per evitare effetti indesiderati di eventuali improvvise correnti d’aria nell’aula, ritaglia dal foglio A4 una striscia rettangolare alta 5 cm nella direzione del lato più lungo del foglio e ripiega un bordo della striscia per circa 1 cm per rinforzarlo. Chiudi con nastro adesivo la striscia in modo da avere un anello di circa 9 cm di diametro. Infine pratica sul bordo non rinforzato tre aperture di circa 1 cm in posizione a T in modo da poter infilare il cavetto della sonda e i due morsetti all’interno dell’anello quando lo si appoggia sulla base azzurra attorno al resistore per ripararlo (Fig.1d).

La disposizione finale prima di iniziare le misure è illustrata in figura 1e.

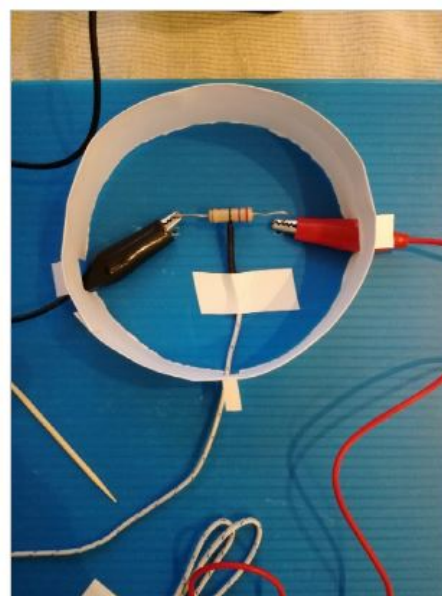


Figura 1d

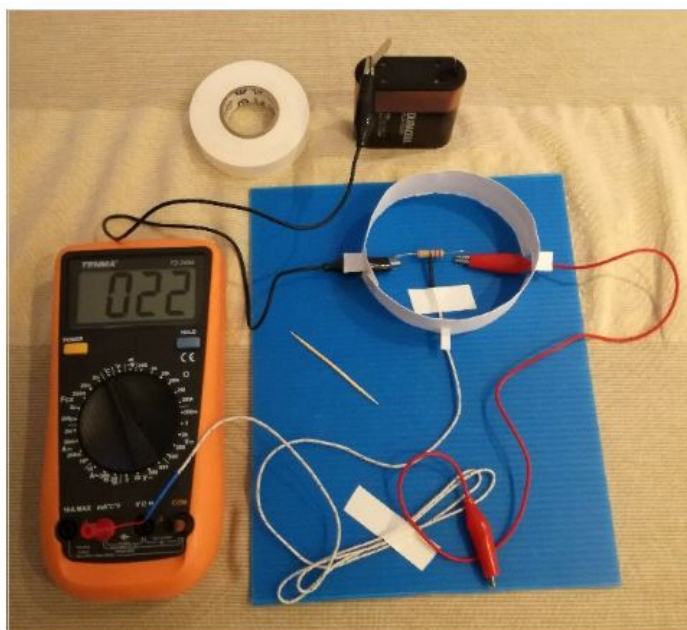


Figura 1e

Collega ora i due cavetti alla batteria, e contemporaneamente aziona il cronometro.

(\*) Se il multimetro si spegne spontaneamente, riaccendolo premendo due volte ON. Non modificare il collegamento della sonda al multimetro. Se compare stabilmente la scritta OL (sovraccarico), avverti l’assistente.

**A circuito chiuso:**

Leggi e annota l'indicazione  $T$  del termometro. Consigliamo di farlo ogni 5 secondi, nei primi 30 s del riscaldamento, e poi ogni 10 s, per una decina di minuti complessivi. Dopo i primi 30 s, se lo ritieni opportuno, puoi variare l'intervallo di tempo tra due letture consecutive, e/o variare il tempo complessivo delle rilevazioni. Quando il valore indicato sul visore oscilla tra due interi consecutivi, cioè il valore della temperatura appare instabile, stima il mezzo grado. Per esempio, quando compare  $22^{\circ}\text{C}$  alternato a  $23^{\circ}\text{C}$ , leggi  $22.5^{\circ}\text{C}$ .

Quindi apri il circuito, staccando un cavetto dalla batteria.

**A circuito aperto:**

A partire dall'istante di apertura del circuito, prosegui con le rilevazioni. Leggi e annota l'indicazione  $T$  del termometro ogni 5 secondi, nei primi 30 s del raffreddamento, e poi ogni 10 s, per una decina di minuti complessivi. Anche in questa fase, dopo i primi 30 s, se lo ritieni opportuno, puoi variare l'intervallo di tempo tra due letture consecutive, e/o variare il tempo complessivo delle rilevazioni.

1. – Riporta i dati in una tabella. Descrivi sinteticamente a parole, o con un grafico, l'andamento della temperatura durante le due fasi: a circuito chiuso e a circuito aperto. (30 p.)

Analizza per prima cosa, l'andamento della temperatura durante la seconda fase, quella a circuito aperto.

Per spiegare l'andamento nel tempo  $t$  della temperatura  $T$ , si suppone che la potenza dissipata dal resistore nell'ambiente sia proporzionale alla differenza tra la sua temperatura e quella dell'ambiente  $T_a$ . Supponiamo inoltre che la capacità termica media  $C$  del sistema “resistore + sonda termica” sia costante.

L'ipotesi sulla dipendenza della temperatura  $T$  dal tempo  $t$  e dalla temperatura ambiente  $T_a$  può essere rappresentata con buona approssimazione dalla relazione:

$$\Delta T / \Delta t = -\beta (T_m - T_a) \quad (1)$$

dove  $\Delta T$  è l'intervallo di temperatura corrispondente all'intervallo di tempo  $\Delta t$ ,  $T_m$  è il suo valore medio nell'intervallo  $\Delta T$  e  $\beta$  è un parametro positivo. L'approssimazione della (1) all'ipotesi è tanto migliore quanto più brevi sono gli intervalli di tempo  $\Delta t$  considerati. Ora l'obiettivo è determinare, dai tuoi risultati sperimentali, il valore del parametro  $\beta$  definito dalla (1) in due diversi intervalli di temperatura.

2. – Suddividi l'intervallo complessivo delle temperature nel raffreddamento in due parti circa uguali corrispondenti alle alte (A) e basse (B) temperature. Indica gli estremi delle due parti che hai scelto. Per mezzo di calcoli e/o di un opportuno grafico, determina i due valori medi  $\beta_A$  e  $\beta_B$  del parametro  $\beta$  in esame, che meglio si accordino col maggior numero possibile dei tuoi risultati sperimentali, rispettivamente nella parte A e nella parte B. (50 p.)

Analizza ora la prima fase, quella a circuito chiuso. In questa fase, per effetto Joule, l'energia “pompa” nel circuito dalla pila che fornisce la potenza elettrica  $W$ , si trasforma in energia interna nel resistore. Nello stesso tempo, però, fluisce calore dal resistore all'ambiente circostante. Come nella fase a circuito aperto, si assume che l'energia ceduta all'ambiente dal resistore nell'unità di tempo, sia proporzionale al salto di temperatura tra il resistore e l'ambiente, e che la capacità termica media  $C$  del resistore sia costante.

3. – Scrivi, in funzione della potenza  $W$  e della capacità termica  $C$ , l'espressione di  $\Delta T / \Delta t$ , analoga alla (1) relativa al circuito aperto, che rappresenti, per il circuito chiuso, la dipendenza della temperatura  $T$  dal tempo  $t$  e dalla temperatura ambiente  $T_a$ . (10 p.)
4. – Scegli due diverse temperature  $T_i$  e  $T_f$ , rispettivamente in prossimità dell'inizio e della fine della fase di chiusura del circuito. La potenza fornita dalla pila a  $T_i$  e  $T_f$ , o nei loro immediati intorno  $\Delta T_i$  e  $\Delta T_f$ , è rimasta la stessa, oppure è variata significativamente? Se è variata, qual è lo scarto percentuale fra i due valori? (30 p.)

## 2. Effetto Peltier

(80 punti)

Dovrai misurare la temperatura della giunzione realizzata con il filo di rame e con quello di costantana quando è attraversata da corrente elettrica. La corrente, passando nella giunzione, vi produce un riscaldamento o un raffreddamento, a seconda del suo verso, e in ciò consiste l'aspetto che ci interessa dell'effetto Peltier. Per “verso” della corrente si intende quello convenzionale, dal polo “+” al polo “-” nella parte di circuito esterna alla pila. Tieni presente che la giunzione subisce anche l'effetto Joule, e che scambia energia con l'ambiente con lo stesso meccanismo indicato nella prima parte di questa scheda.

Preparazione.

Rileva e annota la temperatura ambiente  $T_a$ .

Strofina con carta vetrata entrambe le estremità del filo di rame in modo da toglierne lo smalto isolante. Dove lo smalto è assente il filo appare di colore più chiaro. Per realizzare la giunzione, avvolgi strettamente l'estremo del filo di rame su un estremo di quello di costantana, per una lunghezza non superiore a 1 cm.

Puoi eventualmente aiutarti con la pinza disponibile sul tavolo di servizio.

La giunzione è la piccolissima zona di contatto che sarà percorsa da corrente (Fig. 2a).

Le Fig. 2a, Fig. 2b e Fig. 2c hanno come sfondo un foglio quadrettato, che ha il solo scopo di dare un'indicazione approssimativa sulle dimensioni della giunzione da realizzare. I lati dei quadratini sono lunghi 4 mm. Appoggerai invece la giunzione direttamente sulla base di polipropilene.

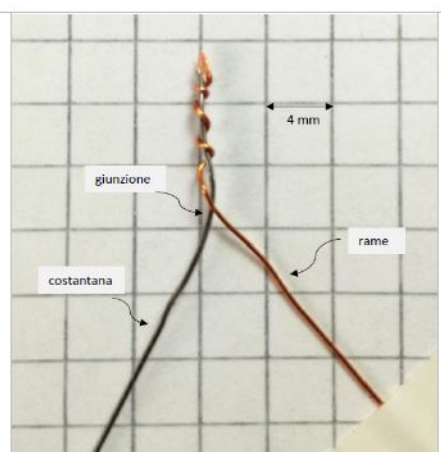


Figura 2a

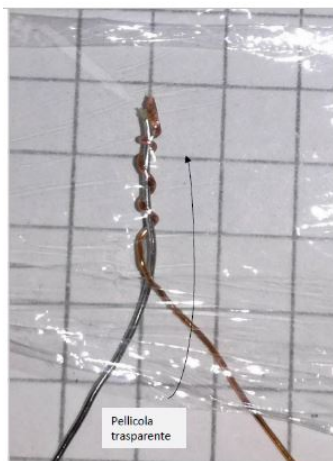


Figura 2b



Figura 2c

Copri la giunzione con un rettangolino di pellicola e su questo poni il sensore del multimetro, come mostrato nelle figure 2b e 2c, esattamente sopra la base della V formata dai due fili di rame e costantana. La pellicola, in un unico strato, assicura l'isolamento elettrico tra la sonda e la giunzione, senza però ostacolare il contatto termico. Ripiega poi lo strato di pellicola sopra la sonda in modo da coprirla superiormente.



Figura 2d

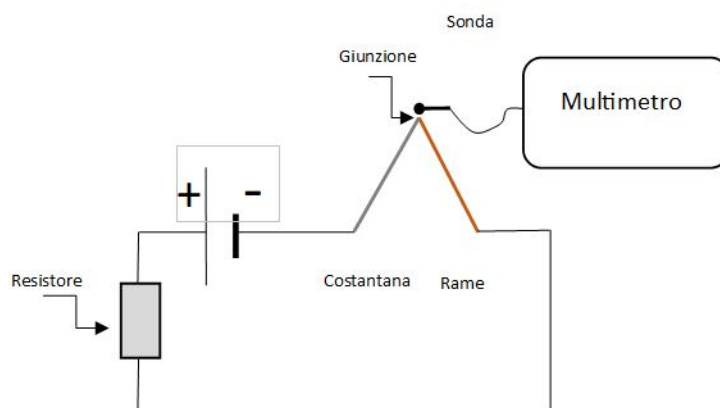


Figura 3



Per avere il miglior contatto termico possibile, blocca il tutto strettamente alla base di plastica azzurra con due tratti a T di nastro isolante come mostrato nella Fig. 2d che presenta la disposizione finale. Con i cavetti, collega l'estremo libero del filo di costantana al polo negativo della pila e l'estremo libero del filo di rame al resistore di protezione di  $4.7\Omega$ , che si presenta come un parallelepipedo bianco. Collega poi con un cavetto l'altro reoforo del resistore al polo positivo della batteria, quando decidi di chiudere il circuito come indicato nella Fig. 3.

Opera poi secondo la procedura seguente che consiste di tre fasi.

Fase 1. Chiudi il circuito, e leggi l'indicazione del termometro ogni 10 s per almeno 5 minuti.

Fase 2. Inverti rapidamente il collegamento ai due poli della batteria. Rileva subito i valori di temperatura  $T$  ogni 10 s per almeno altri 5 minuti.

Fase 3. Apri il circuito e continua a rilevare i valori di temperatura  $T$  ogni 10 s per almeno altri 5 minuti

5. – Riporta le misure in una tabella. Descrivi l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura  $T$  della giunzione nelle tre fasi. Interpreta qualitativamente questo andamento attraverso trasformazioni e scambi di energia, nel sistema batteria, giunzione, sensore, aria circostante. (50 p.)

Indichiamo con  $W_J$  la quantità di energia trasformata in ogni secondo nella giunzione, nelle fasi 1 e 2 per effetto Joule e spartita tra giunzione e sensore. Indichiamo con  $W_P$  il modulo di quella trasformata nella giunzione in ogni secondo per effetto Peltier nelle stesse fasi e analogamente spartita tra giunzione e sensore. Supponiamo costanti  $W_P$  e  $W_J$  e supponiamo che lo scambio di energia con l'ambiente avvenga nelle stesse modalità considerate per il resistore, con un parametro  $\beta$  costante nelle due fasi.

6. – Considerando gli intervalli delle fasi 1 e 2 in cui la temperatura rimane costante, calcola il rapporto  $W_P/W_J$ . (30 p.)

————— • —————

*Materiale elaborato dal Gruppo*



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*  
e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)  
WEB: [www.olifis.it](http://www.olifis.it)



### NOTA BENE

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.