



Associazione per l'Insegnamento della Fisica



Olimpiadi di Fisica 2019

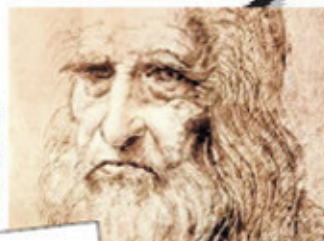


Nationaler Wettbewerb
Experimentalteil
Donnerstag, 11.04.2019

Liceo Statale "Medi"
Senigallia (AN)

1519-2019

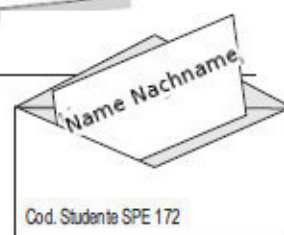
Celebrazioni in onore di
Leonardo da Vinci



Bitte noch nicht umblättern!
Warte auf den Start!

Anleitungen:

Zeit: 4 Stunden

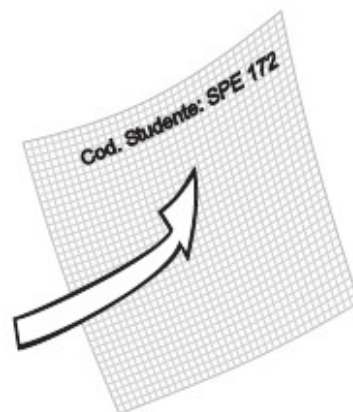


1. Sobald du die Erlaubnis hast, die Arbeit zu beginnen, kontrollierst du, dass der **Schüler-Kenncode** (Codice Studente) auf dem großen Umschlag, auf dem kleinen Umschlag und auf dem Kärtchen gleich sind.

Schreibe deinen **NAMEN** und **FAMILIENNAMEN** auf das **Kärtchen**. Gib das beschriftete Kärtchen in den kleinen Umschlag und verschließe ihn, **ohne ihn zuzukleben!** Lege den kleinen Umschlag sofort in den großen Umschlag, mit dem du am Schluss alle Blätter abgibst!

Anschließend darfst du KEINEN Namen mehr auf die Blätter und die Umschläge schreiben, sondern nur mehr deinen Schüler-Kenncode (Codice Studente).

2. Schreibe auf jede Seite oben rechts deutlich nur deinen **Schüler-Kenncode (Codice Studente)**



Der Nationale Wettbewerb wird unterstützt von

Comune di
Senigallia



Liceo Statale "Medi"
Senigallia

Allgemeine Anleitung

Lies den gesamten Text genau durch, bevor du mit dem Material, das dir zur Verfügung gestellt wird, zu arbeiten beginnst!

Du musst keinen Laborbericht verfassen; beantworte die gestellten Fragen auf den entsprechenden Blättern!

Jede Antwort ist synthetisch und klar zu begründen, auch wenn dies nicht explizit in der Fragestellung steht!

Falls du für die Verbesserung einer Messung wichtige Maßnahmen triffst, dann schreibe diese auf das entsprechende Antwortblatt!

Am Ende der Arbeit gibst du alle Antwortblätter und die Vorschrift in den dafür vorgesehenen Umschlag!

P Exp

Joulesche Wärme und Peltier-Effekt

200 Punkte

Die Joulesche Wärme und der Peltier-Effekt sind zwei physikalische Erscheinungen, bei denen durch den elektrischen Strom Änderungen der Temperatur in den stromdurchflossenen Körpern hervorgerufen wird.

Die Arbeit ist in zwei Teile aufgeteilt: Im ersten Teil wird die Joulesche Wärme untersucht, im zweiten der Peltier-Effekt.

Es sind keine Vorkenntnisse zum Peltier-Effekt notwendig.

Bei diesen Messungen sind keine Messungenauigkeiten anzugeben. Schreibe bei den Messwerten nur so viele Stellen an, wie viele du für signifikant erachtest.

Material

Die Symbole "J" und "P" in der nachfolgenden Tabelle geben an, ob das Material in der entsprechenden Zeile beim ersten Teil (Joulesche Wärme) oder beim zweiten Teil (Peltier-Effekt) zum Einsatz kommt. Die Symbole "(J)" und "(P)" geben Material an, das bei Bedarf auf dem Arbeitstisch ist.

J		Kohleschichtwiderstand (zylindrisch, hellbraun), 27Ω
J	P	Batterie, 4,5 V
J	P	Stoppuhr
J	P	Multimeter mit thermischer Sonde, Auflösung 1°C
J	P	Platte aus Polypropylen 12cm x 25cm
J	P	Isolierband
J		zwei Kabel mit Krokodilklemmen
	P	drei Kabel mit Krokodilklemmen
J	P	Schere
J		Zahnstocher
J		DIN A4-Blatt
(J)	(P)	Millimeterpapier
	P	Widerstand (quaderförmig, weiß) $4,7 \Omega$
	P	abisolierter Kupferdraht mit Durchmesser 0,3 mm und Länge ca. 15 cm
	P	Konstantendraht mit Durchmesser 0,4 mm, Länge ca. 15 cm
	P	Schmirgelpapier
	P	Folie
	(P)	Zange

1. Joulesche Wärme

(120 Punkte)

Du verbindest den Widerstand von 27Ω mit der Batterie und untersuchst die Temperatur T in einem Punkt der äußeren Oberfläche dieses Widerstandes. Dabei untersuchst du die Phase der Aufheizung durch die Joulesche Wärme bei geschlossenem Stromkreis und die Phase der nachfolgenden Abkühlung nach der Unterbrechung des Stromkreises.

Der Stromkreis besteht aus dem Widerstand, der mit zwei Kabeln an die Batterie angeschlossen wird. Folge den Anweisungen und beachte die Bilder!

Stich mit dem Zahnstocher zwei Löcher in geeignetem Abstand in die Polypropylenplatte! Füge die Kontaktdrähte (Metalldrähte an den Enden des Widerstandes) in diese Löcher, sodass sie unten ca. 0,5 cm überstehen, biege sie rechtwinklig ab (Abbildung 1a) und fixiere sie mit etwas Isolierband (Abbildung 1b auf der nächsten Seite)!

Die beiden Krokodilklemmen, die an den vertikalen Teilen der Kontaktdrähte oberhalb der Platte angebracht werden, tragen zusätzlich zur Stabilität des Widerstandes, der dabei von der Luft umgeben bleibt, bei.



Abbildung 1a



Abbildung 1b

Das Multimeter ist schon auf die Temperaturfunktion eingestellt. Kontrolliere, ob die Einstellung bei $^{\circ}\text{C}$ steht. Du musst es nun nur noch mit **ON** einschalten¹.

Mit der thermischen Sonde bestimmst du die Temperatur der Luft und schreibst sie auf. Dies ist die anfängliche "Umgebungstemperatur".

Anschließend legst du das Ende der thermischen Sonde auf die Mitte der Oberfläche des Widerstandes (Abbildung 1c). Fixiere den Kabel der Sonde an seinem Gummiteil mit einem Isolierband, sodass sich die Sonde während der Messung nicht bewegt. Die Temperatur der Oberfläche des Widerstandes wird nicht homogen bleiben, wenn Strom durch ihn fließt. Sie wird in der Mitte maximal sein und in Richtung der Kontaktdrähte ein bisschen abnehmen.

Wir nennen der Kürze halber die in der Mitte gemessene Temperatur die "Temperatur des Widerstandes".

Um unerwünschte Effekte wie einen plötzlichen Windzug im Klassenraum auszuschließen schneidest du ein rechteckiges Band (Höhe 5cm) von einem DIN A4-Blatt entlang der breiteren Seite ab und faltest einen 1cm breiten Bereich, um das Band stabiler zu machen. Klebe den Streifen mit einem Klebeband zu einem Ring, der einen Durchmesser von ca. 9cm hat! Mache auf der unverstärkten Seite des Ringes drei Öffnungen von ca. 1cm Größe, die auf dem Ring in etwa T-förmig angeordnet sind. Hier passen der Kabel der Messsonde und die beiden Kokodrillklemmen durch (siehe Abbildung 1d).

Die endgültige Messanordnung wird in Abbildung 1e dargestellt.



Abbildung 1c

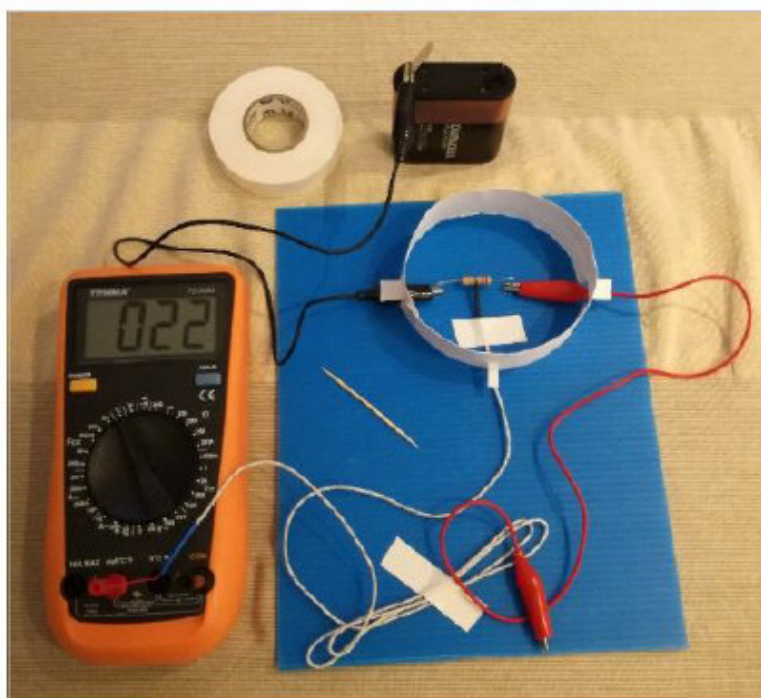


Abbildung 1e

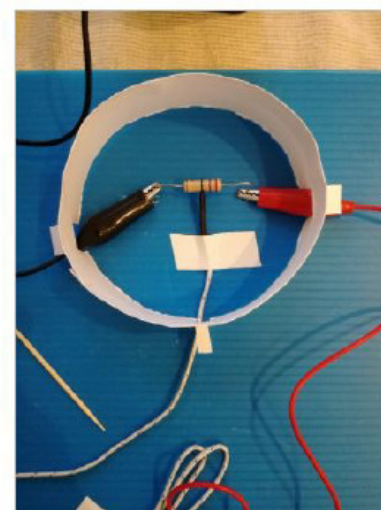


Abbildung 1d

¹Wenn sich das Multimeter selbst ausschaltet, dann musst du zwei Mal ON drücken. Ändere nicht die Verbindung von der Sonde zum Multimeter! Wenn dauerhaft **OL** (Überlast) aufleuchtet, dann rufe die Aufsichtsperson!

Schließe nun die beiden Klemmen an die Batterie an und betätige gleichzeitig die Stoppuhr!

Bei geschlossenem Stromkreis

Lies den Wert der Temperatur vom Thermometer ab und schreibe den Wert auf! Es wird empfohlen, alle 5 Sekunden während der ersten 30 Sekunden des Aufheizens zu messen, dann alle 10s, insgesamt über eine Zeitdauer von ca. 10 Minuten. Nach den ersten 30 Sekunden kannst du, wenn du es für angebracht hältst, das Zeitintervall zwischen zwei Messungen und/oder die gesamte Messzeit variieren. Falls der Anzeigewert zwischen zwei aufeinanderfolgenden Werten oszilliert, also der Anzeigewert instabil ist, schreibe das halbe Grad auf! Beispielsweise schreibst du bei einer Anzeige, die zwischen 22°C und 23°C pendelt, den Wert $22,5^\circ\text{C}$ auf.

Danach öffnest du den Stromkreis, indem du ein Kabel von der Batterie abklemmst!

Bei offenem Stromkreis

Ab dem Zeitpunkt, zu dem du den Stromkreis öffnest, setzt du die Messungen fort. Lies den Wert der Temperatur alle 5 s während der ersten 30 Sekunden des Abkühlens vom Thermometer ab und schreibe den Wert auf, dann alle 10s, insgesamt über eine Zeitdauer von ca. 10 Minuten. Auch in diesem Fall kannst du nach den ersten 30 Sekunden, falls du es für angebracht hältst, das Zeitintervall zwischen zwei Messungen und/oder die gesamte Messzeit variieren.

1. - **Übertrage die Daten in eine Tabelle! Beschreibe synthetisch in Worten oder mit einem Graphen den Verlauf der Temperatur während der beiden Phasen: bei geschlossenem und bei offenem Stromkreis!** (30p.)

Untersuche zunächst den Verlauf der Temperatur in der zweiten Phase, wenn der Stromkreis offen ist! Um diesen Verlauf der Temperatur T in Funktion der Zeit t zu erklären nehmen wir an, dass die an die Umgebung abgegebene Wärmeleistung des Widerstandes proportional zur Differenz seiner Temperatur und der Umgebungstemperatur T_a sei. Wir nehmen weiters an, dass die Wärmekapazität C des Systems "Widerstand + thermische Sonde" konstant sei.

Das Modell der Abhängigkeit der Temperatur von der Zeit t und der Umgebungstemperatur T_a kann in guter Näherung durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

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

wobei ΔT das Temperaturintervall im Zeitintervall Δt ist, T_m der Mittelwert der Temperatur im Intervall ΔT und β ein positiver Parameter. Die Näherung der Gleichung (1) ist umso besser, je kleiner die betrachteten Zeitintervalle Δt sind. Nun ist es dein Ziel, aus deinen Messungen den Wert des Parameters β , der durch die Gleichung (1) festgelegt wird, für zwei verschiedene Temperaturintervalle zu bestimmen.

2. - **Teile das gesamte Temperaturintervall beim Abkühlen in zwei etwa gleich große Teile. (A) sind dann die höheren Temperaturen, (B) die tieferen. Gib die Ränder der beiden Teile an, die du gewählt hast! Bestimme durch Berechnung und/oder durch einen geeigneten Graphen die beiden Mittelwerte β_A und β_B des untersuchten Parameters β , die am besten mit so vielen Messwerten wie möglich übereinstimmen, respektive beim Teil A und beim Teil B.** (50p.)

Untersuche nun die erste Phase, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Bei diesem Vorgang wird durch die Joulesche Wärme Energie von der Batterie, die eine Leistung W liefert, in den Stromkreis "gepumpt". Die Energie wird in Innere Energie des Widerstandes umgewandelt. Gleichzeitig wird aber auch Wärme vom Widerstand an die Umgebung abgegeben. Wie beim offenen Stromkreis nehmen wir an, dass die vom Widerstand an die Umgebung abgegebene Energie in einer Zeiteinheit proportional zur Differenz der Temperatur des Widerstandes und der Umgebung ist und die Wärmekapazität C des Widerstandes konstant bleibt.

3. - **Schreibe in Funktion der Leistung W und der Wärmekapazität C den Ausdruck $\Delta T / \Delta t$ analog zur Gleichung (1) beim offenen Stromkreis an, der die Abhängigkeit**

der Temperatur T von der Zeit t und von der Umgebungstemperatur T_a bei geschlossenem Stromkreis angibt! (10p)

4. - Wähle zwei verschiedene Temperaturen T_i und T_f , die respektive in der Nähe des Anfangs und des Endes der Phase bei geschlossenem Stromkreis auftreten! Ist die Leistung, die die Batterie bei T_i und T_f oder in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft ΔT_i und ΔT_a liefert, gleich geblieben oder variiert sie signifikant? Wenn sie sich ändert, wie groß ist dann die prozentuelle Differenz der beiden Werte? (30p)

2. Peltier-Effekt

(80 Punkte)

Du musst die Temperatur bei der Verbindung von einem Kupfer- und einem Konstantandraht messen, wenn sie von einem elektrischen Strom durchflossen werden. Der Strom erzeugt beim Durchgang durch die Verbindung eine Erwärmung oder eine Abkühlung, abhängig vom der Richtung des Stromes. Dieser Aspekt interessiert uns beim Peltier-Effekt. Bei der Stromrichtung verstehen wir die technische Stromrichtung, also vom +Pol zum -Pol im Außenbereich der Batterie. Beachte auch dass die Verbindung durch Joulesche Wärme aufgeheizt wird. und dass sie mit der Umgebung Energie austauscht, wie im ersten Teil angegeben.

Vorbereitung

Bestimme und notiere die Umgebungstemperatur T_a !

Entferne mit Schmirgelpapier an beiden Enden des Kupferdrahtes den Isolierlack! Wo der Lack fehlt, erscheint der Draht heller. Um die Verbindung zu realisieren wickelst du ein Ende des Kupferdrahtes mit einem Ende des Konstantandrahtes eng zusammen, aber nicht länger als 1 cm. Du kannst eventuell die Zange auf dem Arbeitstisch dazu verwenden.

Die Verbindung ist die kleine Kontaktzone, durch die der Strom fließen wird (siehe Abbildung 2a).

Die Abbildungen 2a, 2b und 2c haben als Hintergrund ein kariertes Blatt, das nur dazu da ist, eine ungefähre Größe der zu realisierenden Verbindung aufzuzeigen. Die Länge der Quadrate beträgt 4mm. Du legst die Verbindung direkt auf die Propylenplatte.

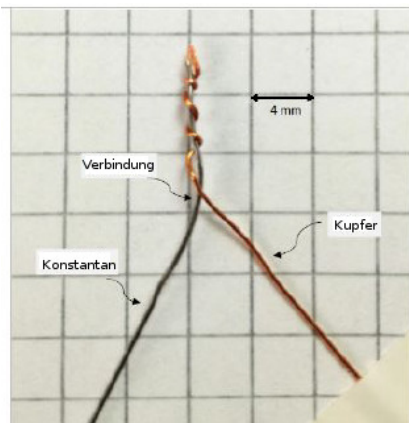


Abbildung 2a

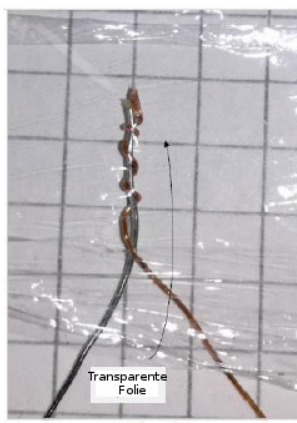


Abbildung 2b

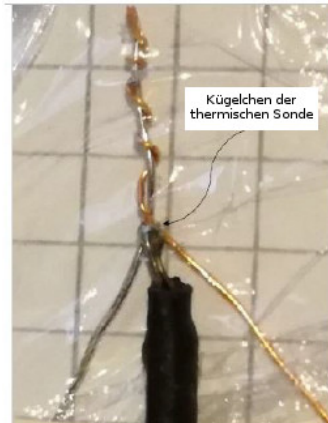


Abbildung 2c

Bedecke die Verbindung mit einer rechteckigen Folie. Gib darauf den thermischen Sensor des Multimeters, wie du es in Abbildung 2b und 2c siehst und zwar genau über der Basis des V, das die beiden Drähte aus Kupfer und Konstantan formen. Die einschichtige Folie sichert die elektrische Isolierung zwischen Sonde und Verbindung, ohne den thermischen Kontakt zu unterbinden. Biege dann den Teil der Folie über der Sonde so um, dass sie oben bedeckt wird.



Abbildung 2d

Um den bestmöglichen thermischen Kontakt zu haben, klebe das ganze mit zwei Stücken Isolierband in T-Form eng an die Platte, wie es Abbildung 2d zeigt. Dies ist auch der endgültige Aufbau. Verbinde den freien Teil des Konstantandrahtes mit dem negativen Pol der Batterie und den freien Teil des Kupferdrahtes mit dem Schutzwiderstand von $4,7\ \Omega$, der wie ein weißer Quader aussieht. Verbinde dann mit einem anderen Kabel den freien Draht des Widerstandes mit dem positiven Pol der Batterie, wenn du den Stromkreis schließen möchtest (siehe Abbildung 3).

Danach arbeitest du in folgenden drei Schritten:

Schritt 1: Schließe den Stromkreis und lies die Thermometeranzeige alle 10s für mindestens 5 Minuten ab.

Schritt 2: Vertausche schnell die Anschlüsse der beiden Pole der Batterie! Miss gleich die Temperaturwerte T alle 10 s für mindestens weitere 5 Minuten!

Schritt 3: Öffne den Stromkreis und miss weiterhin die Temperaturwerte alle 10s für mindestens weitere 5 Minuten!

5. - Übertrage die Messwerte in eine Tabelle!

Beschreibe den Verlauf der Temperatur T der Verbindung in den drei Phasen in Funktion der Zeit! Interpretiere qualitativ diesen Verlauf durch Umwandlung und Austausch von Energie im System Batterie, Verbindung, Sensor, Umgebungsluft. (50p.)

Wir bezeichnen mit W_J die Menge an Energie, die pro Sekunde in der Verbindung während der Phase 1 und 2 durch die Joulesche Wärme zwischen Verbindung und Sensor verteilt wird. Wir bezeichnen mit W_P den Betrag der Energie, der in der Verbindung pro Sekunde durch den Peltier-Effekt umgewandelt wird und zwar in den Phasen 1 und 2 und wieder zwischen Verbindung und Sensor aufgeteilt wird.

Wir nehmen an, dass W_P und W_J konstant sind. Der Austausch von Energie mit der Umgebung soll nach den gleichen Modalitäten erfolgen wie beim Widerstand, mit einem konstanten Parameter β während der beiden Phasen.

6. - Betrachte die Intervalle der Phase 1 und 2, bei denen die Temperatur konstant bleibt. Bestimme dort das Verhältnis W_P/W_J . (30p.)

Ausarbeitung:



Diese Unterlagen können unter Angabe der Quelle weiterverwendet werden, außer für kommerzielle Zwecke.

Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, Realgymnasium Meran