

Olimpiadi di Fisica 2017



Nationaler Wettbewerb
Experimenteller Teil

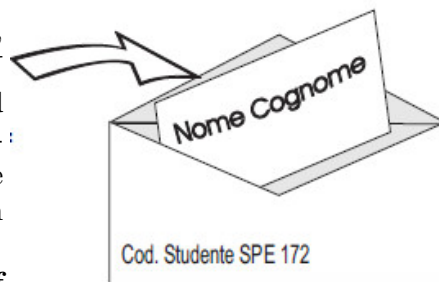
Donnerstag, den 20. April 2017
Liceo Statale "Medi"
Senigallia(An)

Bitte erst umblättern, wenn es
die Aufsichtsperson sagt!
Lies die Anweisungen GENAU durch!

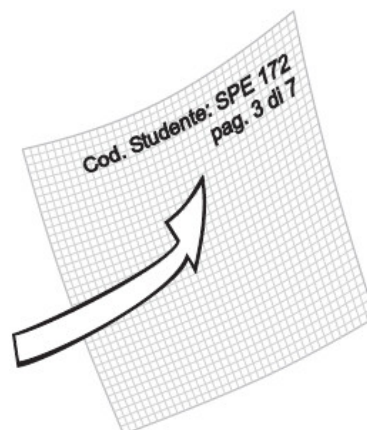
Anleitungen

Zeit: 4 Stunden

1. Sobald du die Erlaubnis hast, die Arbeit zu beginnen, schreibst du deinen **NAMEN und FAMILIENNAMEN auf das Kärtchen**, das du zusammen mit den Blättern und den Umschlägen (groß und klein) erhalten hast. Gib das beschriftete Kärtchen in den kleinen Umschlag und verschließe ihn gut! Lege den kleinen Umschlag sofort in den großen Umschlag, in 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.**



2. Lies den Text der Aufgaben genau durch!
3. Schreibe auf jede Seite oben rechts deutlich:
 - deinen Schüler-Kenncode
 - die Seitenzahl
 - die gesamte Anzahl der verwendeten Seiten



Beispiel: Seite 3 von 7

Der Nationale Wettbewerb wird unterstützt von

Comune di
Senigallia

Ministero dell' Istruzione
dell'Università e della Ricerca

Liceo Statale
"Medi" Senigallia

Allgemeine Anleitung

Lies den gesamten Text genau durch, bevor du mit dem Aufbau beginnst!

Du musst keinen Laborbericht verfassen; beantworte die gestellten Fragen!

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!

Einleitung

Behandle, wo es möglich ist, die Messunsicherheiten über die Abweichungen der Messwerte, wie zum Beispiel die Hälfte der Spannweite (also die Hälfte der Differenz von Maximum und Minimum) oder über die mittlere absolute Abweichung oder über andere Verfahren! Es ist aufgrund der vorgegebenen Zeit günstig, auf lange Berechnungen mittels Fehlerfortpflanzung zu verzichten.

Die Aufgabe ist zweigeteilt: Im ersten Teil soll die Bewegung einer Unterlegscheibe und eines Scheibenmagneten auf einer Aluminiumrutsche untersucht werden. Im zweiten Teil ist das Magnetfeld des unbewegten Scheibenmagneten zu untersuchen.

ACHTUNG! Der zu untersuchende Magnet ist sehr stark! Halte ihn fern von den beiden anderen roten Magneten und von ferromagnetischen Stoffen! Außer Prellungen auf dem Finger zu verursachen kann der Magnet auch splintern. Auf alle Fälle lässt er sich nur sehr schwer von angezogenen Objekten lösen. Falls es notwendig ist, den Magneten zu ersetzen, müssen die Messungen neu gemacht werden, da die Magnete unterschiedlich sind! Wenn du den Magneten nicht brauchst, dann gib ihn in die Aufbewahrungsbox und bring ihn am Ende der Arbeit zurück.

Schreibe in die entsprechenden Felder der Antwortblätter die Nummer der beiden roten Magneten und die Nummer auf der Aufbewahrungsbox des Scheibenmagneten.

Material und Informationen

- u-förmige Aluminiumschiene mit einer Länge von ca. 1 m, der Stärke 2 mm und der Basis von 40 mm.
- Neodym-Magnet in Scheibenform, Durchmesser 18 mm, Dicke 3 mm, Nord- und Südpol jeweils auf den ebenen Seiten, Masse $5,6 \pm 0,1$ g. Schreibe die Nummer des Magneten auf das Antwortblatt!
- Unterlegscheibe aus Messing, äußerer Durchmesser 18 mm
- Winkelmesser
- Klebegummi
- durchsichtiges Klebeband
- zwei Schachteln Salz als Auflage und zum Abstützen für die Aluminiumschiene
- Handstoppuhr, die eine Zwischenzeit speichern kann. Von den drei Knöpfen werden nur der linke (S für sinistra) und der rechte (D für destra) betätigt. Falls du nur eine Zeit bestimmen willst und dann wieder auf 0 stellst, dann drückst du D-D-S. Falls du auch noch eine Zwischenzeit messen möchtest, dann drücke D-S-D. Es wird die erste Zeit angezeigt. Drücke S, um die zweite Zeit anzuzeigen. Mit S stellst du die Uhr wieder auf 0.
- dünner Stift, um Abschnitte gleicher Länge auf der Rutsche einzuzeichnen
- Millimeterpapier
- Metermaß aus Papier
- zwei rote Magnete. Schreibe die Nummer der Magnete auf das Antwortblatt!
- ca. 3 m Faden
- Wäscheklammer, um den Scheibenmagneten zu halten
- Bambusstäbchen zum Halten der roten Magnete
- Stuhl als Auflage für die Schiene
- Wattebausch mit Alkohol, um die Schiene zu putzen
- rechteckiger Karton, den man auf den Boden legt
- zwei Latexhandschuhe um mit dem Scheibenmagneten zu arbeiten
- zwei Schleifen aus plastifiziertem Eisendraht, um den Magneten aus der Schiene zu holen

BEWEGUNG EINER UNTERLEGSCHIEBE UND EINES SCHEIBENMAGNETEN AUF EINER ALUMINIUMRUTSCHE

Eine u-förmige Aluminiumschiene mit Öffnung nach oben dient bei geeigneter Neigung als Rutsche für eine Unterlegscheibe aus Messing und für einen Scheibenmagneten. Die beiden Seitenbegrenzungen verhindern ein Hinunterfallen. Eine Packung Salz dient zum Festhalten der Rutsche.

Putze den konkaven Teil der Schiene mit dem alkoholgetränkten Wattebausch um Schmutz und Staub zu entfernen!

Schneide vom Faden ein 15 bis 20 cm langes Stück ab, fädle es durch das Loch im Goniometer und fixiere mit Klebestreifen 2 bis 3 cm des Fadens an der Hinterseite des Goniometers. Hänge an das andere Ende des Fadens eine Büroklammer, so dass daraus ein Senkblei wird. Dieses Senkblei, das sich vor dem Goniometer befindet, dient als Anzeige, um die Neigung der Ebene zu bestimmen. Befestige das Goniometer mit Hilfe kleiner Mengen von Kleber an der Seite der Rutsche. Wir nehmen an, dass der Tisch waagrecht steht. Wenn die Rutsche auf dem Tisch liegt, dann ist der Neigungswinkel 0° und die Anzeige muss dabei 90° sein.

Für kleine Neigungswinkel bis ca. 30° oder 40° reicht als Unterstützung eine Packung Salz (wie in Abbildung 1a gezeigt). Für größere Neigungswinkel verwendest du den Stuhl, den du auf den Tisch stellst, als Unterstützung der Schiene (siehe Abbildung 1b).

Stelle die Rutsche in einer Neigung auf, die der Unterlegscheibe und dem Magneten erlauben, entlang der Schiene hinunterzugleiten. Wie du feststellen wirst, ist der Magnet langsamer als die Unterlegscheibe. Die Unterlegscheibe wird durch die Gleitreibungskraft gebremst, beim Magneten kommt zur Gleitreibungskraft noch zusätzlich eine Bremskraft F_f dazu, die eine Folge der elektromagnetischen Induktion ist.

Im Weiteren nehmen wir an, dass die Kraft F_f die gleiche Richtung wie die Geschwindigkeit \vec{v} des Magneten auf der Rutsche hat, aber entgegengesetzt. Außerdem soll die Kraft proportional zur Geschwindigkeit v sein, also $\vec{F}_f = -k\vec{v}$, wobei k eine positive Konstante ist. Wir nehmen an, dass der Teil von \vec{F}_f , der senkrecht zur Schiene ist, vernachlässigt werden kann.



Abbildung 1a



Abbildung 1b

- 1 - Gib die Unterlegscheibe auf die geneigte Rutsche und beschreibe qualitativ die Bewegung! Führe eine angemessene Zahl an Messungen durch, die dir erlauben, den Gleitreibungskoeffizienten μ_r zwischen der flachen Seite der Unterlegscheibe und der Oberfläche der Rutsche zu bestimmen! Beschreibe und begründe die experimentelle Vorgangsweise und die Formeln, die du zur Bestimmung von μ_r verwendet hast! (25 Punkte)

- 2 - Gib den Magneten mit der flachen Seite auf die geneigte Rutsche!
- Beobachte und beschreibe die Bewegung des Magneten!
 - Miss die zurückgelegten Strecken des Magneten auf der Rutsche während des Hinabrutschens und die Zeitintervalle, die er hierfür benötigt! Verwende dabei mindestens sechs verschiedene Neigungen. Das Neigungsintervall soll möglichst groß sein. Trage die Werte in eine Tabelle ein!
 - Bestimme den Gleitreibungskoeffizienten μ_m zwischen der flachen Seite des Magneten und der Oberfläche der Rutsche und die Konstante in der Gleichung $\vec{F}_f = -k\vec{v}$
 - Beschreibe und begründe die experimentelle Vorgangsweise und die Formeln, die du zur Bestimmung von μ_m und k verwendet hast! (75 Punkte)

MAGNETFELD DES UNBEWEGTEN SCHEIBENMAGNETEN

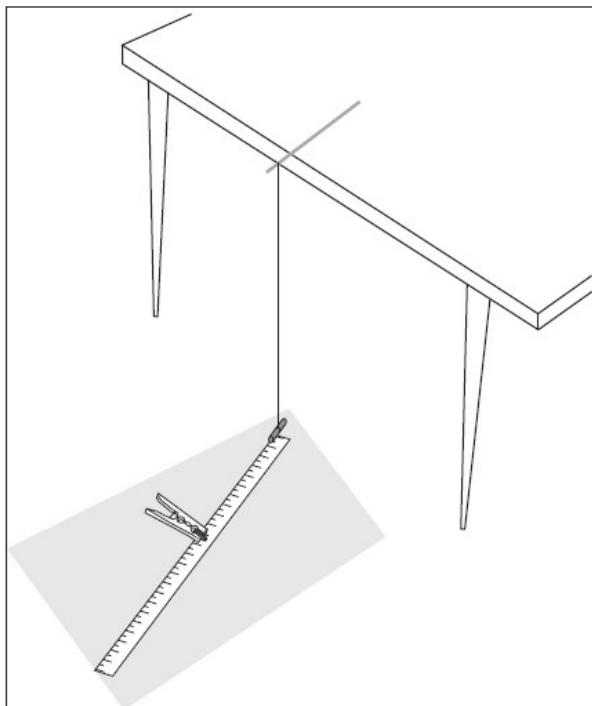


Abbildung 2

Wenn dieses Magnetpaar etwas aus der Gleichgewichtslage gedreht wird (maximal 10°), dann oszilliert es um diese Gleichgewichtslage mit einer Periode T gleich

$$T = 2\pi\sqrt{I/(MB)} \quad (1)$$

In der Gleichung (1) ist I das Trägheitsmoment des roten Magnetepaares bezüglich der Achse vom Aufhängepunkt zum Zentrum des Magneten. M ist das magnetische Moment; es ist charakteristisch für den Magneten, der aus den beiden roten Magneten gebildet wird. B ist der horizontale Anteil des Magnetfeldes, in dem sich der Magnet befindet. Dieser Anteil ist parallel zur Ebene, in der die Schwingung stattfindet.

Gib den Scheibenmagneten auf den Karton. Die beiden flachen Seiten sollen senkrecht stehen. Hierzu klemmst du den Magneten in die Wäscheklammer. Stelle die Länge des Fadens ein, indem du ihn um

das Bambusstäbchen wickelst. Das Magnetenpaar soll auf gleicher Höhe wie das Zentrum des Scheibenmagneten sein!

Positioniere jetzt den Scheibenmagneten auf dem Metermaß so, wie es die Abbildung 2 zeigt. Der Abstand zum Magnetenpaar sollte ca. 30 cm betragen. Nähere nun den Magneten ein wenig, indem du ihn entlang seiner Achse verschiebst. Beobachte, wie sich die Periodendauer der Schwingung verändert! Jetzt befindet sich das Magnetenpaar auch im Magnetfeld \vec{B}_m des Scheibenmagneten, dessen Richtung entlang der Achse der Scheibe ist. Dieses Magnetfeld addiert sich vektoriell mit der Horizontalkomponente \vec{B}_T der Erde. Das resultierende horizontale Magnetfeld ist also $\vec{B} = \vec{B}_m + \vec{B}_T$.

ACHTUNG

- Wenn der Scheibenmagnet sehr nahe bei den zwei roten Magneten ist (weniger als 15 cm), werden die beiden außer durch ein Kräftepaar auch durch eine Kraft \vec{F} beeinflusst, die die roten Magneten entlang des Magnetfeldes \vec{B} in Richtung größeres Magnetfeld verschiebt. Versichere dich bei deinen Messungen, dass diese Kraft vernachlässigt werden kann.
- Die beiden roten Magneten bilden auch ein Fadenpendel. Seine Schwingungen in einer vertikalen Ebene können deine Messungen stören. Du musst nämlich die horizontale Schwingung untersuchen. Schwebungen und Resonanz zwischen den beiden Schwingungsarten müssen vermieden werden!

Entferne jetzt so weit wie möglich den Scheibenmagneten von dem roten Magnetenpaar, so dass wir annehmen können, dass es sich nur mehr im irdischen Magnetfeld befindet.

- 3 - Wie groß ist nun die Schwingungsdauer T_0 des Magnetenpaares? Wie lang müsste ein Fadenpendel sein, um die gleiche Schwingungsdauer zu haben? (15 Punkte)

Gib den Scheibenmagneten in die Wäscheklammer und stelle ihn so auf, dass seine Achse waagrecht und parallel zu \vec{B}_T ist. Damit ist das Magnetfeld \vec{B}_T , das entlang der Achse des Scheibenmagneten auch die Richtung dieser Achse hat, parallel oder antiparallel zur horizontalen Komponente \vec{B}_T des irdischen Magnetfeldes.

Du wirst die entsprechende Schwingungsdauer T für verschiedene Werte des Abstandes z zwischen dem Zentrum des Scheibenmagneten und dem Zentrum des roten Magnetenpaares bestimmen.

Wenn du deine Messungen machst, musst du so arbeiten, dass der Einfluss der Kraft \vec{F} auf das Magnetenpaar vernachlässigbar ist!

Nachfolgend untersuchst du nur das Verhältnis B_m/B_T . Dies bedeutet, dass du als Einheit zur Messung von \vec{B}_m den Betrag der horizontalen Komponente \vec{B}_T des Erdmagnetfeldes verwendest.

- 4 - Beschreibe mit einer Formel die Beziehung zwischen B_m/B_T und den Perioden T_0 und T für den Fall, dass die Vektoren \vec{B}_m und \vec{B}_T in die gleiche Richtung bzw. in entgegengesetzte Richtung zeigen! (15 Punkte)

In Analogie zum Magnetfeld, das eine kreisförmige Leiterschleife erzeugt, die von einem Strom durchflossen wird, nehmen wir an, dass das Verhältnis B_m/B_T in verschiedenen Punkten auf der Achse des Magneten vom Abstand zum Rand der Scheibe abhängt, und zwar nach folgender Formel:

$$B_m/B_T = A \left(\sqrt{R^2 + z^2} \right)^x \quad (2)$$

In der Formel ist R der Radius des Scheibenmagneten, z der Abstand vom Zentrum des Magneten, A ist eine Konstante, unabhängig von z .

5 - Führe nun Folgendes aus:

- Miss die Schwingungsperiode in Abhängigkeit von der Distanz z ! Trage die Messwerte in einer Tabelle ein!
- Berechne den Wert des Exponenten x , mit dem sich die Formel (2) am besten den experimentellen Werten von B_m/B_T annähert!
- Beschreibe und begründe deine Vorgangsweise!
- Erkläre im hierfür vorgesehenen Bereich des Antwortblattes, wie du verifiziert hast, dass der Effekt der Kraft \vec{F} vernachlässigt werden kann! (70 Punkte)

— ■ —
Ausarbeitung:



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

Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, Realgymnasium Meran