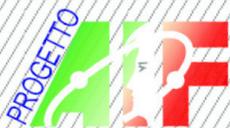


Associazione per l'Insegnamento della Fisica

Olimpiadi di FISICA

36^a edizione

2022



Nationaler Wettbewerb
Experimentalteil

Senigallia (AN)
Donnerstag, 21. April 2022

Anleitung

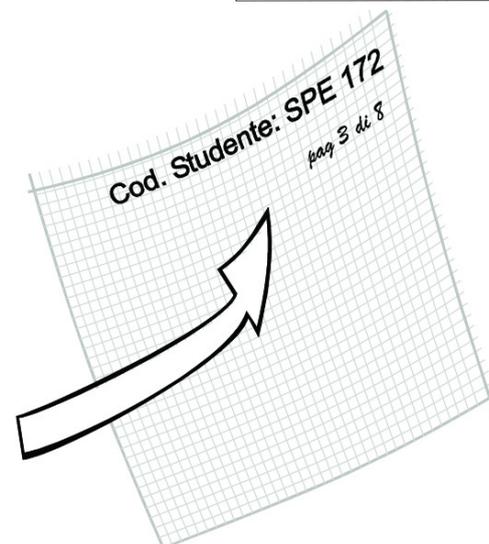
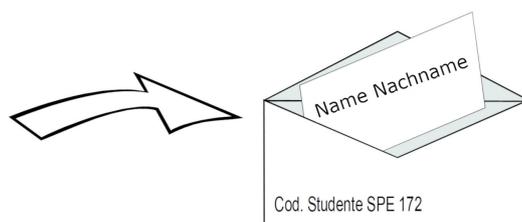
Zeit: 4 Stunden

Bitte nicht umblättern!
Warte auf den Start!

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)
3. Schreibe die Seitennummer und die gesamte Seitenzahl auf (pag. 3 di 8)



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



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

La Gara Nazionale ha il sostegno di

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!

Ausarbeitung:

	<p>PROGETTO OLIMPIADI <i>Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica</i> e-mail: segreteria@olifis.it WEB: www.olifis.it</p>	
---	--	---

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

Übersetzung: Klaus Überbacher, Realgymnasium Meran

P Exp

Eine spezielle Feder

200 Punkte

Einführung: - In diesem Experiment wird eine Feder verwendet, die durch eine Masse M und eine Federkonstante k charakterisiert wird. Dabei ist k genügend klein, sodass die senkrecht aufgehängte Feder unter dem eigenen Gewicht elastisch verlängert wird und schwingen kann, auch ohne dass an einem Ende eine Last angehängt wird.

Mit diesen Eigenschaften ist das Verhalten der Feder anders als das, welches für die harmonische Schwingung angenommen wird, wenn die Masse auf einen Punkt konzentriert ist. Dies gilt auch, wenn die Feder mit einem auf einer Seite angehängten Gewicht zum Schwingen gebracht wird. Ziel dieses Experimentes ist die Untersuchung der Bewegung des Systems Feder-Objekt der gegebenen Feder und verschiedener Beilagscheiben.

Im Besonderen nützt man die hohe Präzision der Periodenmessung aus, um die Größen zu bestimmen, welche die Bewegung des Systems charakterisieren. Dies ist für das Experiment entscheidend!

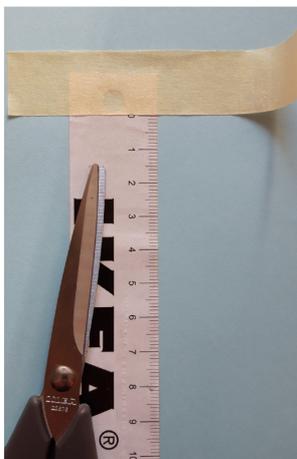
Die sich bewegende Feder, mit oder ohne angehängte Last, bildet ein komplexes System mit mehreren Freiheitsgraden. In diesem Experiment verwendet man ein Modell, das die vertikalen Schwingungen beschreibt, wobei die Dämpfung durch Reibung und andere Bewegungsvorgänge vernachlässigt werden.

Material

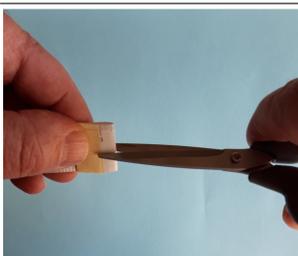
Spiralfeder mit Masse $M=(8,87 \pm 0,01)\text{g}$	3 unterschiedliche Beilagscheiben
Stoppuhr	Klebeband aus Plastilin(Patafix)
Papiermeterband	große Büroklammer
Bleistift um die Feder aufzuhängen	DINA4-Blatt
Klebestreifen zur Befestigung	Schere
Bleistift am Arbeitsplatz	Material zum Zeichnen von Graphen

Erster TeilAnleitung zum Aufbau
des Meterstreifens und der Feder

Notwendiges Material: Papier-Meterstreifen, Bleistift, Klebestreifen, Schere, Klebeband von Patafix



1. Befestige ein Stück Klebestreifen am Ende des Papier-Meterstreifens (siehe Bild)! Der Rand des Klebestreifens muss die Linie 0 cm auf dem Meterstreifen berühren. Da wir dies zur Verstärkung des Papier-Meterstreifens machen, muss der Klebestreifen auch den Rückteil umschließen, den das Foto nicht zeigt.



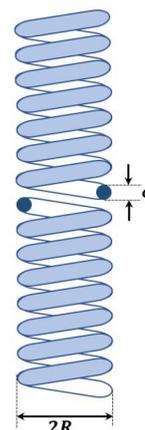
2. Falte den Papier-Meterstreifen wie im Foto! Mit der Schere kannst du dann ein Loch machen, in das du den Bleistift gibst (siehe drittes Foto)!

3. Stecke den Bleistift in das Loch und befestige ihn mit Klebestreifen auf dem Stuhlsitz (der Stuhl befindet sich auf der Bank). So kann der Meterstreifen frei nach unten hängen. Bei der Befestigung der Feder am Bleistift musst du die Position der Aufhängung mit Patafix fixieren.



Eine Fehlerberechnung wird nur durchgeführt, wenn dies explizit verlangt wird!

Die Feder - Die Feder ist aufgrund ihrer Geometrie und der entsprechenden Stahlsorte so gebaut, dass sie für unsere Messungen gut geeignet ist. Als geometrische Größen haben wir die Länge ℓ und den Durchmesser ϕ des verwendeten Drahtes sowie den Radius R der Spiralen (siehe nebenstehende Skizze).



Q.0

[11 p.]

Miss die drei Größen ℓ , ϕ und R !

Federkonstante - Hänge die Feder an den Bleistift, ohne eine Zusatzlast zu befestigen. Versetze sie in Schwingungen, indem du sie senkrecht nach unten ziehst! Kontrolliere, dass sie regelmäßig schwingt und die senkrechte Richtung beibehält. Im verwendeten Modell zeigt man, dass die Periodendauer T_M der Schwingungen mit der Federkonstanten k und der Masse M wie folgt zusammenhängt:

$$T_M = 4\sqrt{M/k} \quad (1)$$

Q.1

[36 p.]

Verwende die Gleichung (1) um die Federkonstante zu bestimmen! Schätze die Messunsicherheit für k ab! Plane deine Veruche so, dass die prozentuelle Messunsicherheit für k kleiner als 1% ist!

Masse - Bei bekannter Federkonstante könnte man die Massen der Beilagscheiben einfach über die Verlängerung der Feder bestimmen (Hookesches Gesetz). Zwar ist diese Methode sehr einfach, aber die erzielte Genauigkeit wäre nicht geeignet, um die weiteren Schritte in unserem Experiment durchzuführen. Um die notwendige Genauigkeit zu erzielen muss eine zeitbasierte Messung durchgeführt werden. Dazu Folgendes: Hänge an die Feder einige Beilagscheiben und versetze das System in vertikale Schwingung. Die Periodendauer T der Schwingungen hängt von der angehängten Masse und auch von der Masse der Feder ab. Im verwendeten Modell gilt:

$$m = \frac{M}{\alpha \tan(\alpha)} \text{ mit } \alpha = \frac{\pi T_M}{2T} \quad (2)$$

Q.2

[34 p.]

Berechne die zugehörige Masse m für alle Kombinationen von Beilagscheiben! Es ist keine Fehlerabschätzung für die Masse m notwendig. Trotzdem ist es für unsere zukünftigen Messungen wichtig, dass du die Schwingungsdauer mit einer prozentuellen Genauigkeit von $\Delta T\% \ll 1\%$ ermittelst!

Periodendauer der Schwingung - Bei einem empirischen Modell, das die Periodendauer der Schwingung in Funktion der Federmasse M mit der eventuell angehängten Masse m beschreibt, geht man von der bekannten Beziehung der Periodendauer, der Federkonstante und der Gesamtmasse m_{tot} des schwingenden Systems, also $T = 2\pi\sqrt{m_{tot}/k}$, aus. Diese Gleichung gilt nur für starre schwingende Körper. Da in unserem Fall die Feder kein starrer Körper ist, darf man nicht einfach m_{tot} durch $m + M$ ersetzen. Man dividiert zur Korrektur den Wert von M durch einen Koeffizienten c , der vom Wert der angehängten Masse m abhängt.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m + M/c}{k}} \quad (3)$$

Q.3

[34 p.]

Zeichne den Graph, der den Verlauf von c in Funktion des Verhältnisses m/M darstellt, einschließlich $m = 0$.

Für kleine Werte von M/m gilt die empirische Gleichung

$$c = a \cdot e^{b(M/m)} \quad (4)$$

welche die Messwerte der Periodendauer sehr gut annähern.

Q.4

[35 p.]

Zeichne den Graphen, um zu zeigen, dass die empirische Gleichung (4) mit den experimentellen Messpunkten gut übereinstimmt! Bestimme das Intervall der Werte von M/m , für das du eine gute Übereinstimmung findest und berechne die Konstanten a und b . Erläutere die Bedeutung der Konstante a !

In deinem Experiment zeigt die Feder Eigenschaften, die weit entfernt sind vom Verhalten einer Feder, deren Masse vernachlässigt werden kann.

Um die Masse M der Feder bei der Berechnung der Schwingungsdauer vernachlässigen zu können, muss die gemessene Schwingungsdauer für eine bestimmte Last aus Beilagscheiben der Masse m und die berechnete Schwingungsdauer

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5)$$

innerhalb der Messgenauigkeit übereinstimmen.

Q.5

[20 p.]

Schätze den Wert der Masse m ab, über dem du glaubst, dass der Effekt der Federmasse für die Voraussage der Schwingungsdauer vernachlässigbar ist!

Zweiter Teil

Im abschließenden Teil des Experimentes untersuchst du die Umformungen der mechanischen Energien während der ersten Halbschwingung des Systems Feder-Objekt. Dazu musst du die Versuchsanordnung wie folgt ändern:

Anleitung zum Bau und zum Anbringen einer Papierfahne, die sich entlang des Papierstreifens verschieben lässt.

Material: Beilagscheibe, große Büroklammer (Nr. 6, 60mm), Blatt (15cm mal 8cm), Papierklebestreifen.



1. Um den Papier-Meterstreifen zu spannen, befestigst du unten mit dem Klebestreifen eine Beilagscheibe (siehe Foto). Diese Beilagscheibe benötigst du später auch für andere Messungen. Hierfür musst du sie durch eine andere ersetzen.

2. Um die bewegliche Papierfahne zu bauen, knickst du das Blatt in der Mitte vier Mal (Foto A) sodass du ein Resultat wie in Foto B erhältst.

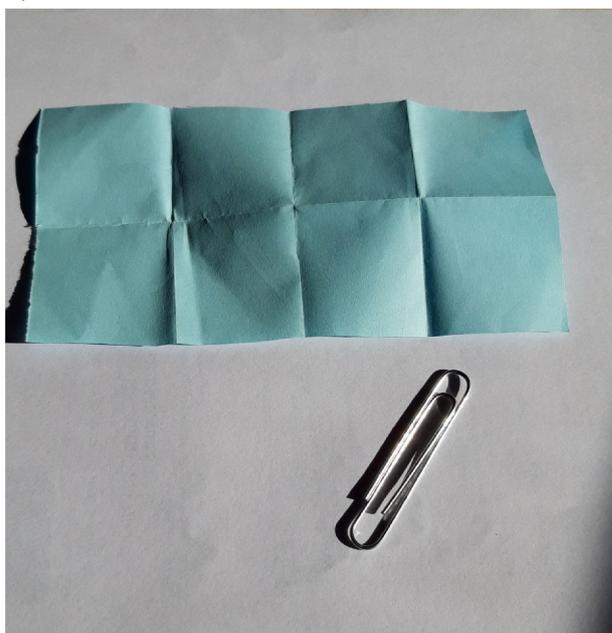


Foto A

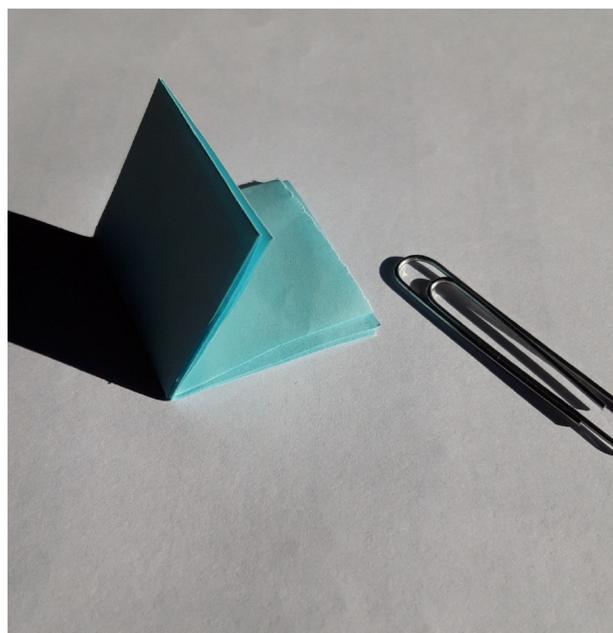


Foto B

Dann verwendest du den Klebestreifen, um die Papierteile zusammenzukleben, welche die Kontaktfläche der beweglichen Fahne bilden (siehe Foto C)

Zum Schluss befestigst du mit der Büroklammer die Papierfahne am Papier-Meterstreifen (siehe Foto D). Durch Verschieben der Büroklammer am Meterstreifen kannst du die Papierfahne nach oben oder nach unten bewegen.

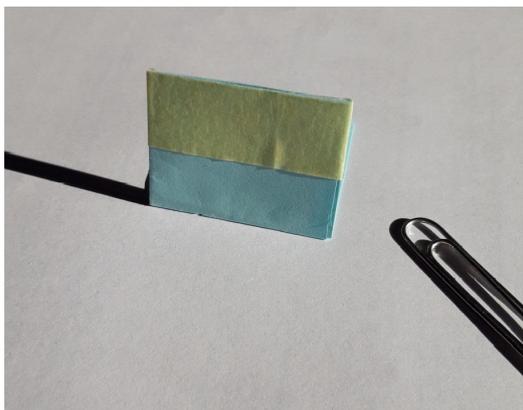


Foto C



Foto D

Energie - Hänge an die Feder einige Beilagscheiben. Hebe das Gewicht an, indem du auf die letzte Schleife der Feder so einwirkst, dass die Schleifen alle aneinander sind. Vermeide es, den Haken der Aufhängung beim Heben zu deformieren!

Miss in dieser Situation die Position x_0 des untersten Teiles der Last, indem du das gebaute Papierfähnchen verwendest!

Dann lass das System frei schwingen. Indem du öfter probierst, kannst du die Position des untersten Teiles der Last bestimmen, wobei du das Papierfähnchen so positionierst, dass es nach einer halben Schwingung von der Last berührt wird. Diese Position ist x_f .¹

Führe die Messungen mit den vier Kombinationen der Beilagen durch, die am schwersten sind!

Q.6

[30 p.]

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Werte am Ende der ersten halben Schwingung. Die Resultate der verschiedenen Lasten werden in einer einzigen Tabelle eingetragen, in der Folgendes steht:

- die Messerte von Δx
- die Änderungen der elastischen potentiellen Energie ΔU_{el}
- die Änderung der potentiellen Gravitationsenergie des aufgehängten Körpers ΔU_g
- die Berechnung der Verschiebung Δx_{CdM} des Schwerpunktes der Feder

Gib die verwendeten Annahmen und Formeln an!

■

¹Es ist nicht gesagt, dass im Moment der größten Auslenkung alle Schleifen gleichzeitig anhalten, daher ist die kinetische Energie der Feder in diesem Augenblick nicht notwendigerweise null. Wir vernachlässigen diesen Effekt aber!