M. PETER METTENLEITER
HELMUT J.M. ROTTLER

MECHANIK 3

ARBEITSHEFT

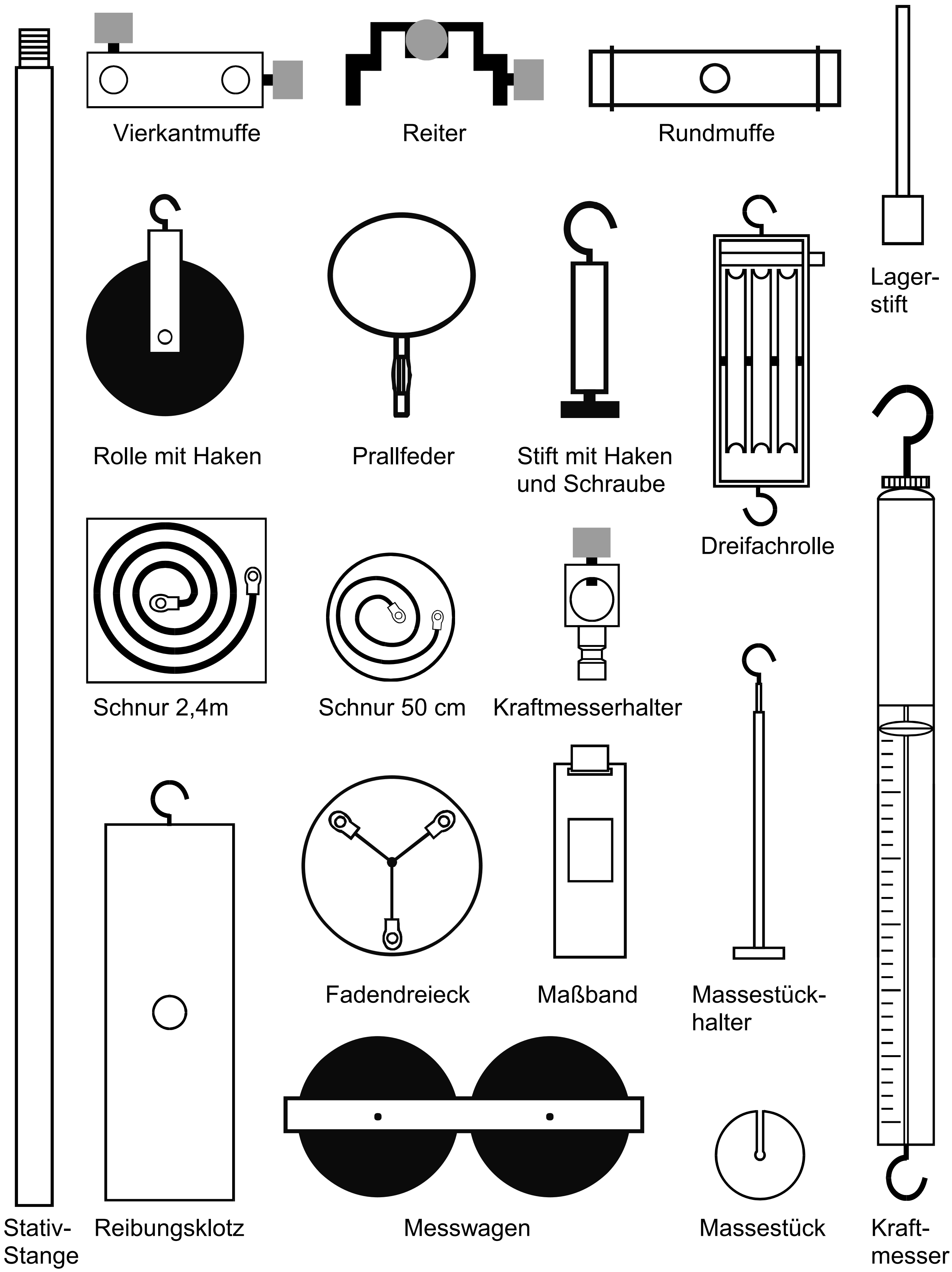
3., erweiterte Auflage

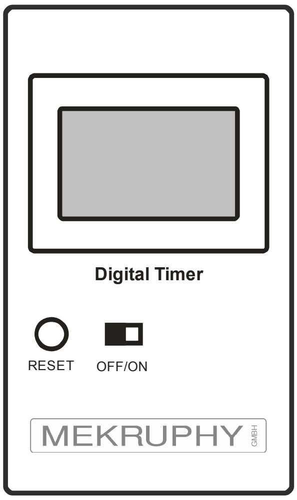
Verfasser:	M. Peter Mettenleiter 85276 Pfaffenhofen und Helmut J.M. Rottler 86633 Neuburg
Zeichnungen:	Marco Jurešić 85276 Pfaffenhofen

Gestaltung und Satz:	MEKRUPHY GMBH Schäfflerstraße 9 85276 Pfaffenhofen Tel.: 08441 / 50420-0 Fax: 08441 / 50420-29 E-Mail: info@mekruphy.com Internet: www.mekruphy.com © 2008 MEKRUPHY GMBH
Druck:	MDV Maristen Druck & Verlag GmbH Landshuter Straße 2 84095 Furth

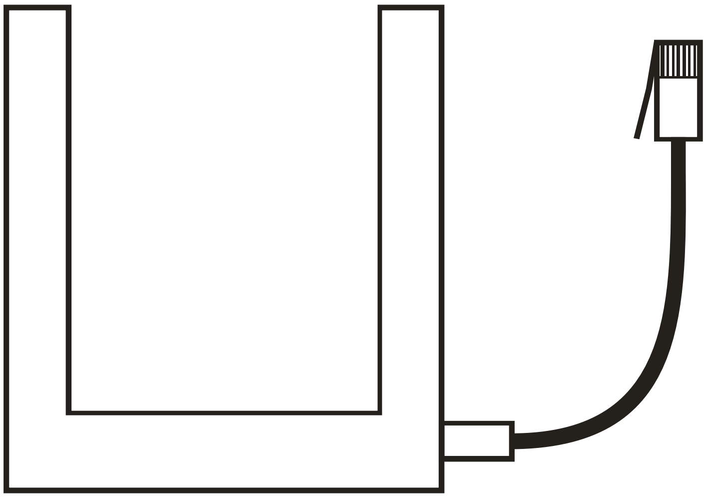
Die im vorliegenden Arbeitsheft enthaltenen Experimentieranleitungen wurden mit größter Sorgfalt für die Arbeit mit den entsprechenden Experimentiersätzen der MEKRUPHY GMBH entwickelt. Abweichungen von den Anleitungen können sowohl zur Beschädigung oder Zerstörung der Experimentiergeräte oder anderer Gegenstände als auch zu Personenschäden führen. Die MEKRUPHY GMBH haftet daher nicht für durch Abweichung von der Experimentieranleitung entstandene Schäden. Beim Experimentieren sind stets die jeweils geltenden Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht einzuhalten.

Geräteübersicht — MECHANIK 2



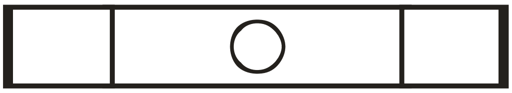


Digitalzeitmesser

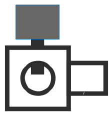


Lichtschranke

Schienenunterlage

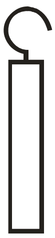


Fallbügel



Rollenhalter

Lagerstift

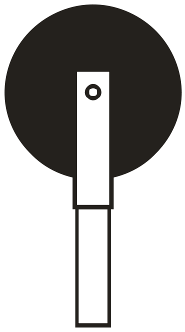


Stift mit Haken

Lichtschranken-halter

Schrauben-feder Ø 8mm

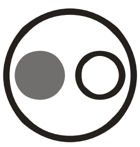
Mess-aufsatz



Rolle mit Stiel

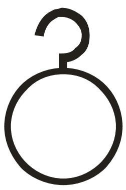
Schraubenfeder Ø 3cm

Schnur 100cm in Dose

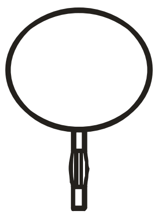


2 Kugeln in Dose

Lichtschrankenfuß



Pendelkugel



Prallfeder

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

der Experimentiersatz MECHANIK 3 will Dich in die faszinierende Welt der Bewegungen und ihrer Ursachen einführen, eines der interessantesten Gebiete der Physik. Außerdem werden Dich spannende Experimente zur Energie erwarten. Du wirst also wieder viel Neues und Unerwartetes entdecken und verstehen können.

Um bei Deinen Experimenten auch immer hinreichend gute Messergebnisse zu gewährleisten, haben wir für Dich Geräte entsprechend hoher Qualität entwickelt. Sie sind auf Seite 5 dieses Arbeitsheftes abgebildet und bezeichnet. Dabei wirst Du neben der Universalschiene, die Du schon kennst und die wir hier auch als „Fahrbahn" bezeichnen, oft auch Geräte aus dem Experimentiersatz MECHANIK 2 benötigen, die auf Seite 4 abgebildet und beschrieben sind.

Damit die Experimente nicht nur Dir, sondern auch Deinen Mitschülerinnen und Mitschülern, die nach Dir arbeiten, immer ohne Probleme gelingen, solltest Du die folgenden Hinweise stets genau beachten:

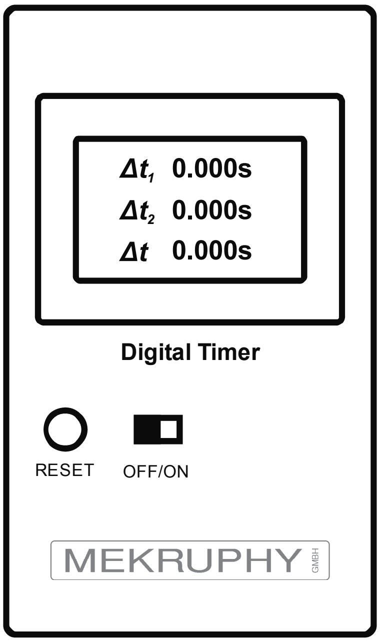
- Lies die betreffenden Versuchsanleitungen in jedem Fall genau durch.
- Arbeite immer nur mit denjenigen Geräten, die für den entsprechenden Versuch vorgesehen sind.
- Behandle die Lichtschranken und den Zeitmesser mit größter Sorgfalt. Es sind hochwertige Präzisionsinstrumente. Lass insbesondere den Messwagen, dessen Räder sehr reibungsarm gelagert sind, nicht fallen.
- Stelle die Lichtschranken immer so auf, dass sich die Kabelausgänge auf der gleichen Seite befinden, und achte darauf, dass kein intensives Fremdlicht auf die Dioden treffen kann.
- Lies die Bedienungsanleitung für den Zeitmesser auf Seite 7 sorgfältig durch und beachte sie bei jedem Versuch.

Wir wünschen Dir nun viel Freude und Erfolg beim Experimentieren.

An dieser Stelle bedanken wir uns sehr herzlich bei allen Damen und Herren sowie allen Schülerinnen und Schülern, die bei der Erprobung des Experimentiersatzes und der Versuche mitgewirkt haben.

M. Peter Mettenleiter
Helmut J. M. Rottler

Dreiteilige Anzeige



Nach dem Einschalten des Zeitmessers erscheinen im Display drei Zeilen für Zeitangaben in Millisekunden. Die oberste Zeile gibt die „Verdunklungszeit“ der ersten Lichtschranke an, d.h. die Zeit Δt_1, die ein Gegenstand benötigt, um den Lichtstrahl der ersten Lichtschranke zu durchqueren. Entsprechend zeigt die mittlere Zeile die Verdunklungszeit Δt_2 der zweiten Lichtschranke an.
Die Zeit Δt in der untersten Displayzeile ist die Zeit „von Flanke zu Flanke“ der beiden Lichtschranken, d.h. die Zeit von Beginn der Verdunklung des Lichtwegs an der ersten Lichtschranke bis zum Beginn der Verdunklung an der zweiten Lichtschranke.

Reset

Nach dem Messvorgang bleiben die Zeitangaben im Display noch eine Minute lang stehen, damit Du genügend Zeit hast, sie abzuschreiben. Dann schaltet das Display von selbst ab. Es kann durch Drücken der Reset-Taste zu jedem Zeitpunkt wieder für eine neue Messung aktiviert werden, also auch vor dem automatischen Abschalten.
Stelle am Schluss den Geräteschalter in jedem Fall auf „OFF“, auch wenn die Anzeige sich schon von selbst abgeschaltet hat.

Batteriewechsel

Wenn die Ziffern nicht mehr in voller Deutlichkeit angezeigt werden, ist die Batterie zu schwach. Wechsle sie dann bei ausgeschaltetem (!) Gerät durch eine funktionstüchtige aus und entsorge die verbrauchte vorschriftsmäßig. Das Batteriefach befindet sich auf der Unterseite des Gehäuses.

USB-Ausgang

Der Digitalzeitmesser besitzt einen USB-Ausgang für die Auswertung der Versuche mit dem Computer.

Das Bezugssystem M3 - 1

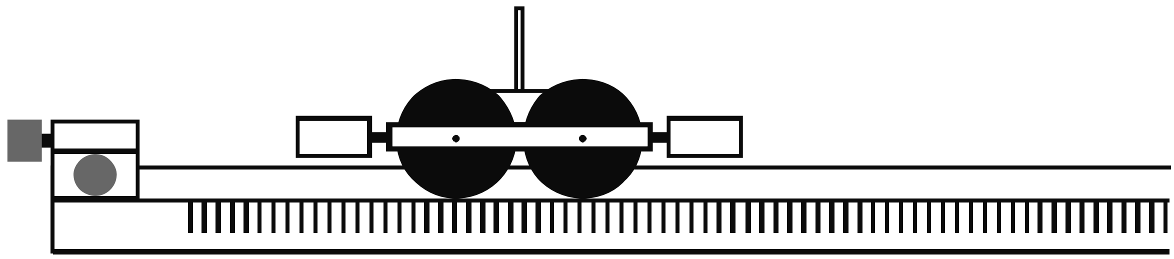
Einführung:

Die Frage, ob sich ein Körper im Zustand der Bewegung oder der Ruhe befindet, lässt sich einfach beantworten: Ändert der Körper während eines bestimmten Zeitintervalls seinen Ort, so bewegt er sich, andernfalls bleibt er in Ruhe. Mit dem folgenden Versuch kannst Du diese Aussage experimentell hinterfragen.

Geräte:

1 Messwagen	1 Lagerstift
1 Prallfeder	2 Reiter (aus M2)
1 Massestück 50 g (aus M2)	1 Prallfeder (aus M2)
zusätzlich:	1 Universalschiene

Aufbau und Durchführung:



- Montiere je einen Reiter an die Enden der Fahrbahn.
- Stecke in beide Stirnseiten des Messwagens je eine Prallfeder und stelle den Wagen auf das eine Ende der Fahrbahn.
- Stecke den Lagerstift in die Mittelbohrung des Messwagens und lege dann das Massestück darauf.
- Stoße den Wagen an und beobachte den Wagen und das Massestück.
- Wiederhole den Versuch. Beantworte dann die folgende Frage durch Ankreuzen und begründe: Bewegt sich das Massestück während des Versuchs?

☐ Ja, Begründung: ______________________________

____

☐ Nein, Begründung: ______________________________

____

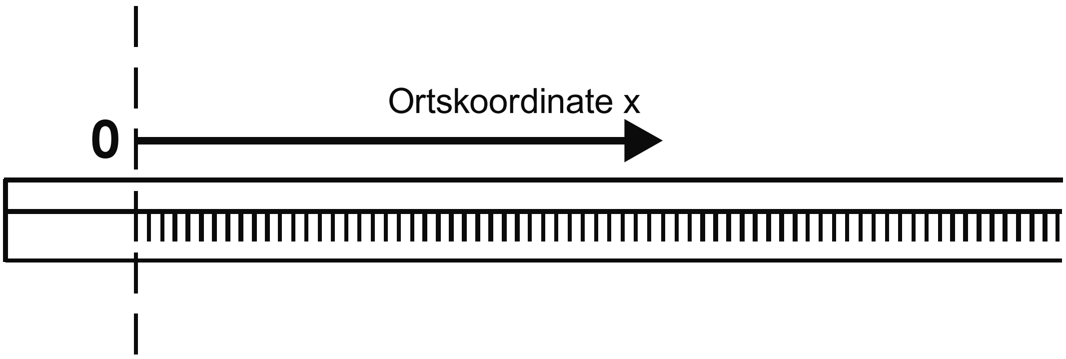
Auswertung:

(1) Lautet Deine Antwort „Ja“, so hast Du recht, denn in Bezug auf die Fahrbahn ändert das Massestück seinen Ort. Während des Experiments befindet es sich fortlaufend über einer anderen Marke der Fahrbahn.

(2) Lautet Deine Antwort „Nein“, so hast Du ebenfalls recht, wenn Du den Ort des Massestücks auf den Messwagen beziehst. Während des Versuchs ändert das Massestück seine Lage auf dem Wagen nicht.

(3) Folgerung: „Ruhe“ und „Bewegung“ sind relative Begriffe. Will man sie eindeutig verstanden wissen, muss man angeben, auf welche Umgebung sie sich beziehen. Diese „Umgebung“ nennt man dann *Bezugssystem*. Zweckmäßigerweise wählt man für die Untersuchung von Bewegungen solche Bezugssysteme, in denen die Beschreibung der Bewegung möglichst einfach erfolgen kann. Vom Standpunkt der Mathematik aus gesehen steht hinter einem Bezugssystem ein Koordinatensystem.

Für alle Fahrbahnversuche, die in diesem Arbeitsheft beschrieben sind, wählen wir folgendes eindimensionales Bezugssystem:



Du kannst dann die Ortskoordinate des Messwagens bzw. des Lagerstifts bequem an der Skala der Fahrbahn ablesen.

Für Spezialisten:

In der speziellen Relativitätstheorie kann gezeigt werden, dass auch die Größen Länge, Zeit, Geschwindigkeit, Masse, Impuls und Energie „relativ“ sind. Dies macht sich allerdings erst bei Geschwindigkeiten, die 10 Prozent der Lichtgeschwindigkeit übersteigen, deutlich bemerkbar.

Die gleichförmige Bewegung M3 - 2

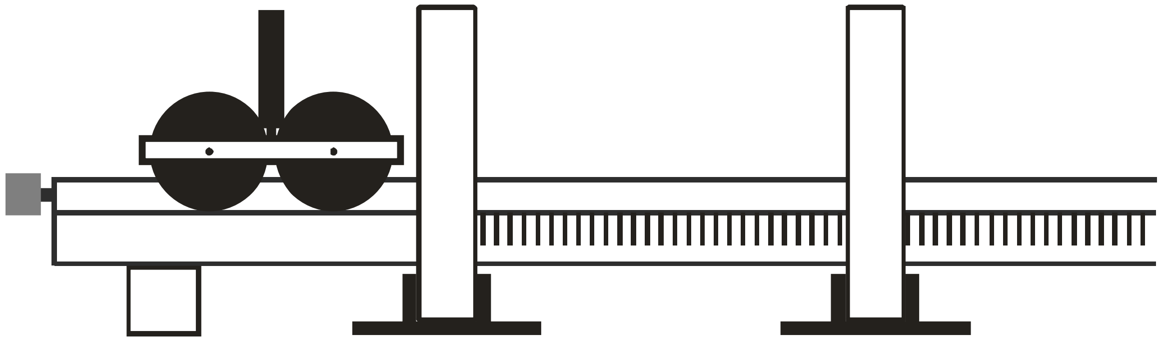
Einführung:

Mit dem Experimentiersatz MECHANIK 3 kannst Du sehr unterschiedliche Arten von Bewegungen kennenlernen. Die einfachste davon ist die *gleichförmige* Bewegung. Ihr erstes, grundlegendes Erkennungsmerkmal ist die Geradlinigkeit der Bahn. Das bedeutet, dass beispielsweise die Kreisbewegung, auch wenn sie mit konstanter Drehzahl abläuft, keine gleichförmige Bewegung ist. Ein weiteres Merkmal der gleichförmigen Bewegung kannst Du mit dem folgenden Experiment selbst herausfinden.

Geräte:

1 Digitalzeitmesser	2 Lichtschranken
2 Schienenunterlagen	4 Füße für Lichtschranken
1 Messwagen	1 Lagerstift
1 Messaufsatz	
zusätzlich:	1 Universalschiene

Aufbau und Durchführung:



- Baue den Versuch wie abgebildet auf. Stelle die erste Lichtschranke genau unter die Fahrbahnmarke „0“, die andere genau unter die Marke „20“. Achte dabei darauf, dass sich die Kabelausgänge auf der gleichen Seite der Fahrbahn befinden.
- Schließe die Lichtschranken an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.
- Stecke den Lagerstift auf den Messwagen und darüber den Messaufsatz.

Vorversuch

- Stelle den Messwagen in der Fahrbahnmitte auf. Sollte er sich von selbst in Bewegung setzen, so ist die Fahrbahn nicht genau waagrecht. Versuche dann, durch geeignetes Unterlegen von Papier, die Fahrbahn exakt zu justieren.

Hauptversuch

- Stelle den Messwagen am linken Fahrbahnende auf und schalte den Zeitmesser ein.
- Gib dem Messwagen einen leichten Stoß, so dass er die beiden Lichtschranken passieren kann.
- Notiere die angezeigten Messwerte in der Tabelle, addiere jedoch zum Wert von Δt_2 den Wert von Δt.
- Stelle die Zeitangaben mit der Reset-Taste auf null und wiederhole den Versuch mit einer höheren und anschließend mit einer noch höheren Geschwindigkeit des Wagens.
- Vergiss am Schluss nicht, den Zeitmesser auszuschalten.

Tabelle:

Zeit t in ms	Δt_1	Δt	$\Delta t + \Delta t_2$
1. Bewegung			
2. Bewegung			
3. Bewegung			
Ortskoordinate x in cm	1,0	20,0	21,0

Auswertung:

Wir betrachten die drei Bewegungen des Messwagens jeweils von der Fahrbahnmarke „0“ aus und lassen die Zeitrechnung bei null beginnen, wenn die Vorderkante des Messaufsatzes die Fahrbahnmarke „0“ passiert. Nach der Zeit Δt_1 hat sie dann die Ortskoordinate 1,0 (Durchmesser des Messaufsatzes), nach der Zeit Δt die Ortskoordinate 20,0 und nach der Zeit $\Delta t + \Delta t_2$ die Ortskoordinate 21,0.

Die gleichförmige Bewegung M3 - 2

(1) Trage die Messwerte für die 2. Bewegung in ein *x* - *t* - Koordinatensystem ein und verbinde sie zu einem sinnvollen Graph. Wähle günstige Einheiten, vor allem für die Zeitachse, um auch die Graphen für die beiden anderen Bewegungen vollständig aufnehmen zu können.

(2) Welchen mathematischen Zusammenhang zwischen der Ortskoordinate *x* und der Zeit *t* folgerst Du aus dem Graph? Gib eine Gleichung an.

Gleichung:

Die gleichförmige Bewegung M3 - 2

(3) Den Zusammenhang zwischen *x* und *t* kann man auch durch Rechnung erhalten. Berechne dazu die Quotienten *x : t* für die 2. Bewegung auf zwei geltende Ziffern und trage sie in die unterste Zeile der Tabelle ein.

(4) Welche physikalische Bedeutung hat Deiner Meinung nach der Quotient *x : t* ?
(Falls Du mit dieser Frage nichts anfangen kannst, betrachte die Einheit dieses Quotienten!)

____

(5) Wähle im Koordinatensystem willkürlich drei Wegabschnitte von 1 cm und ermittle aus dem Graph die entsprechenden Zeitabschnitte. Statt „Abschnitt" sagt man in der Physik auch „Intervall". Was fällt Dir auf?

____

____

(6) Zeichne jetzt auch die Graphen für die beiden anderen Bewegungen des Wagens in das Koordinatensystem ein, überlege aber zuvor, ob sie steiler oder flacher verlaufen als der Graph für die 2. Bewegung.

(7) Fasse Deine Ergebnisse zusammen, indem Du den folgenden Text ergänzt. Gehe dabei auf die gleichen Wegintervalle ein sowie auf den Graph und seine Steigung.

Eine Bewegung heißt *gleichförmig*, wenn sie geradlinig verläuft und __________

____

____

____

____

____

Die Momentangeschwindigkeit M3 - 3

Einführung:

Die wenigsten Bewegungen in der Natur oder im Alltag sind gleichförmig. Die meisten Bewegungen verlaufen unterschiedlich schnell. Das bedeutet aber für uns, dass wir die Definition für die Geschwindigkeit als Quotient von zurückgelegtem Weg und dazu benötigter Zeit nicht ohne Weiteres beibehalten können. Wie man hier vorgehen muss, kannst Du im folgenden Experiment herausfinden.

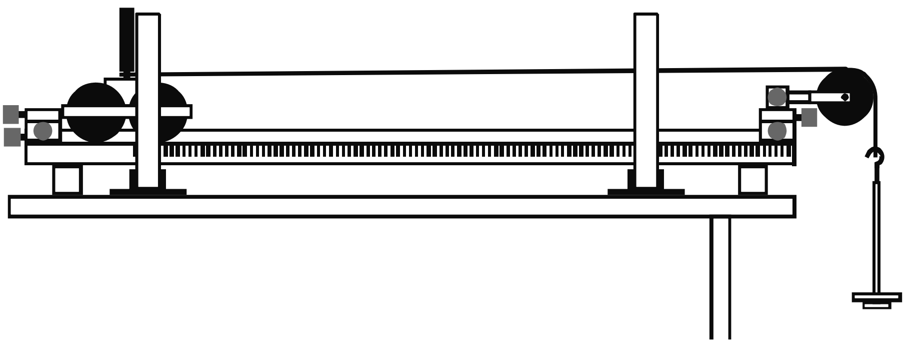
Geräte:

1 Digitalzeitmesser	2 Lichtschranken
2 Schienenunterlagen	4 Füße für Lichtschranken
1 Messwagen	1 Lagerstift
1 Messaufsatz	1 Rollenhalter
1 Rolle mit Stiel	1 Schnur 1 m in Dose

zusätzlich:

1 Universalschiene		1 Massestückhalter	(aus M2)
1 Massestück 50 g	(aus M2)	2 Reiter	(aus M2)
1 Massestück 10 g	(aus M2)		

Aufbau:



- Baue den Versuch wie abgebildet auf, hänge jedoch den Massestückhalter noch nicht an die Schnur. Der linke Reiter dient als Startblock für den Messwagen, der rechte nimmt den Rollenhalter mit der Rolle auf.
- Stelle die erste Lichtschranke genau unter die Marke „0“, die zweite genau unter die Marke „80“ und achte darauf, dass sich die Kabelausgänge auf der gleichen Seite befinden.
- Schließe die Lichtschranken an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.
- Sorge dafür, dass sich der Massestückhalter mit dem Massestück 10 g ungehindert nach unten bewegen kann, wenn der Wagen die ganze Fahrbahn durchläuft.

Durchführung:

Wenn Du den Massestückhalter an die Schnur hängst und den Wagen loslässt, wirst Du beobachten, dass dieser immer schneller wird. Ziel des Versuchs ist es, die Geschwindigkeit zu ermitteln, die der Wagen beim Durchfahren der Marke „40“ hat.

- Stelle den Messwagen an den Startblock und halte ihn dort fest. Hänge den Massestückhalter an die Schnur und schalte den Zeitmesser ein.
- Lass den Wagen los und lies die Zeitdauer Δt ab, die er für den Weg zwischen den Marken „0“ und „80“ benötigt. Trage diesen Wert für die Wegstrecke Δs = 80 cm in die Tabelle ein. Die Angaben für Δt_1 und Δt_2 benötigen wir hier nicht.
- Platziere jetzt die erste Lichtschranke unter die Marke „10“, die zweite unter die Marke „70“ und wiederhole den Versuch für diese neue Distanz.
- Rücke für die weiteren Wiederholungen des Versuchs die erste Lichtschranke in Schritten von 10 cm nach rechts, die zweite in gleichen Schritten nach links.
- Stelle am Schluss nur die erste Lichtschranke unter die Marke „40“ und lies die Zeit Δt_1 ab, die zweite Lichtschranke und die übrigen Zeitangaben sind hier überflüssig.
- Vergiss bei Beendigung des Versuchs nicht, den Zeitmesser auszuschalten.

Tabelle:

Δs in cm	80	60	40	20	„1“
Δt in ms					

Auswertung:

Jede Geschwindigkeitsmessung beruht im Prinzip auf der Messung der Länge Δs eines zurückgelegten Weges und der dazu benötigten Zeitdauer Δt. Das setzt aber streng genommen voraus, dass die Bewegung gleichförmig ist. Ist sie das nicht, so bezeichnet man den Quotienten $\Delta s : \Delta t$ als *mittlere Geschwindigkeit* v_m. Die Frage ist nun, wie wir von der mittleren zur tatsächlichen (momentanen) Geschwindigkeit in einem bestimmten Zeitpunkt oder an einem bestimmten Bahnpunkt kommen können.

(1) Berechne für jede Weglänge Δs die mittlere Geschwindigkeit v_m auf zwei geltende Ziffern und trage Deine Ergebnisse in die dritte Zeile der Tabelle ein.

(2) Trage die mittleren Geschwindigkeiten in einem v_m - Δs - Koordinatensystem graphisch auf. Wähle hierzu auf den Achsen geeignete Einheiten.

(3) Ermittle graphisch die *Momentangeschwindigkeit*, die der Messwagen beim Durchlaufen der Marke „40" hat, als Grenzwert für den Fall $\Delta s \rightarrow 0$.

Ergebnis: v_{40} = __________

(4) In der Praxis lässt sich Δs nicht bis auf null verkleinern. Wir werden daher im weiteren Verlauf der Experimente für die Momentangeschwindigkeit immer den Durchmesser des Messaufsatzes (1,0 cm) als Δs wählen. Vergleiche Dein Ergebnis von Teilaufgabe (3) mit dem Wert für Δs = „1" in der Tabelle und kommentiere den Vergleich:

Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung M3 - 4

Einführung:

Im Versuch M3 - 3 hast Du gesehen, dass der Messwagen immer schneller wird, wenn man ihn durch die Gewichtskraft angehängter Körper antreibt. Im folgenden Experiment kannst Du nicht nur herausfinden, nach welcher Gesetzmäßigkeit bei solchen Bewegungen die Ortskoordinate von der Zeit abhängt, sondern auch, wie sich hier die Momentangeschwindigkeit mit der Zeit ändert.

Geräte:

1 Digitalzeitmesser
2 Schienenunterlagen
1 Messwagen
1 Messaufsatz
1 Rolle mit Stiel

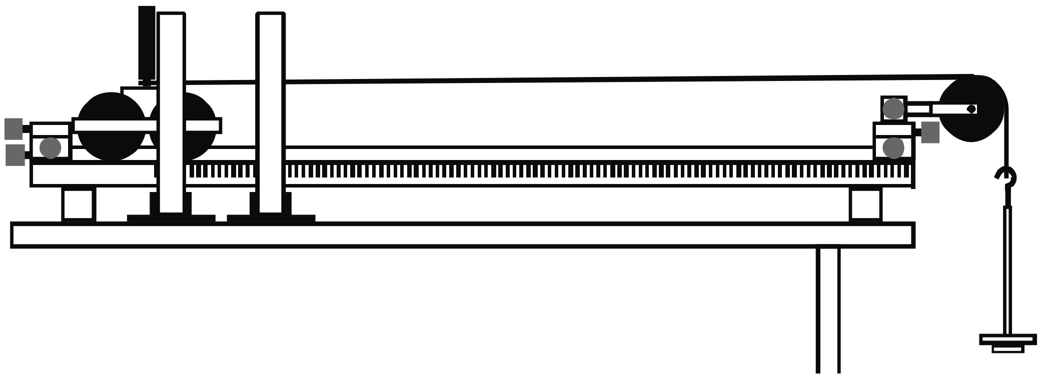
2 Lichtschranken
4 Füße für Lichtschranken
1 Lagerstift
1 Rollenhalter
1 Schnur 1 m in Dose

zusätzlich:

1 Universalschiene
1 Massestück 50 g (aus M2)
1 Massestück 10 g (aus M2)

1 Massestückhalter (aus M2)
2 Reiter (aus M2)

Aufbau:



- Baue die Fahrbahn mit Schienenunterlagen, Lichtschranken, Zeitmesser und Umlenkrolle wie abgebildet auf. Stelle die erste Lichtschranke genau unter die Marke „0", die zweite genau unter die Marke „10" der Fahrbahn.
- Stecke den Lagerstift mit dem Massestück 50 g und dem Messaufsatz in die Mittelbohrung des Wagens und stelle diesen an den Startblock auf die Fahrbahn.
- Löse die Befestigungsschraube des Startblocks, schalte den Zeitmesser ein und schiebe den Reiter mit Wagen langsam so weit in Richtung der ersten Lichtschranke, bis die Zeitangaben *gerade noch nicht* zu laufen beginnen. Drehe in dieser Position die Befestigungsschraube des Startblocks fest.

- Führe die Schnur bei ausgeschaltetem Zeitmesser vom Lagerstift über die Umlenkrolle und hänge den Massestückhalter mit dem Massestück 10 g an. Halte dabei den Wagen am Startblock fest.

Durchführung:

- Lass für den gesamten Versuch die erste Lichtschranke unter der Marke „0" stehen und überprüfe diese Position vor jedem Teilversuch.
- Schalte den Zeitmesser ein und lass den Wagen los. Trage die angezeigten Messwerte für Δt_1, Δt_2 und Δt in die Tabelle ein.
- Wiederhole den Versuch für die Positionen „20", „30", …, „70" der zweiten Lichtschranke.

Tabelle:

Ortskoordinate x in cm	0	10	20	30	40	50	60	70
Δt_1 in ms	---							
Δt_2 in ms	---							
Δt in ms (Zeit t in ms)	0							

Auswertung:

I

(1) Trage zunächst die Werte der ersten und vierten Zeile in einem x - t - Koordinatensystem auf. Wähle geeignete Einheiten auf den Achsen und beachte, dass die t - Werte nach rechts, die x - Werte nach oben abgetragen werden.

(2) Beschreibe die Form des Graphen: ____

(3) Die Form des Graphen und seine mathematische Beschreibung lassen vermuten, dass Ort und Zeit nicht proportional zueinander sind, sondern in einem quadratischen Zusammenhang stehen, den Du mathematisch überprüfen kannst: Berechne für jedes x - t - Wertepaar den Quotienten $x : t^2$ auf zwei geltende Ziffern und trage die Ergebnisse in die fünfte Zeile der Tabelle ein.

Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung M3 - 4

(4) Fasse das Resultat von Teilaufgabe (3) in Worte und versuche, den Zusammenhang zwischen der Ortskoordinate und der Zeit in Form einer Gleichung anzugeben:

____

____

____

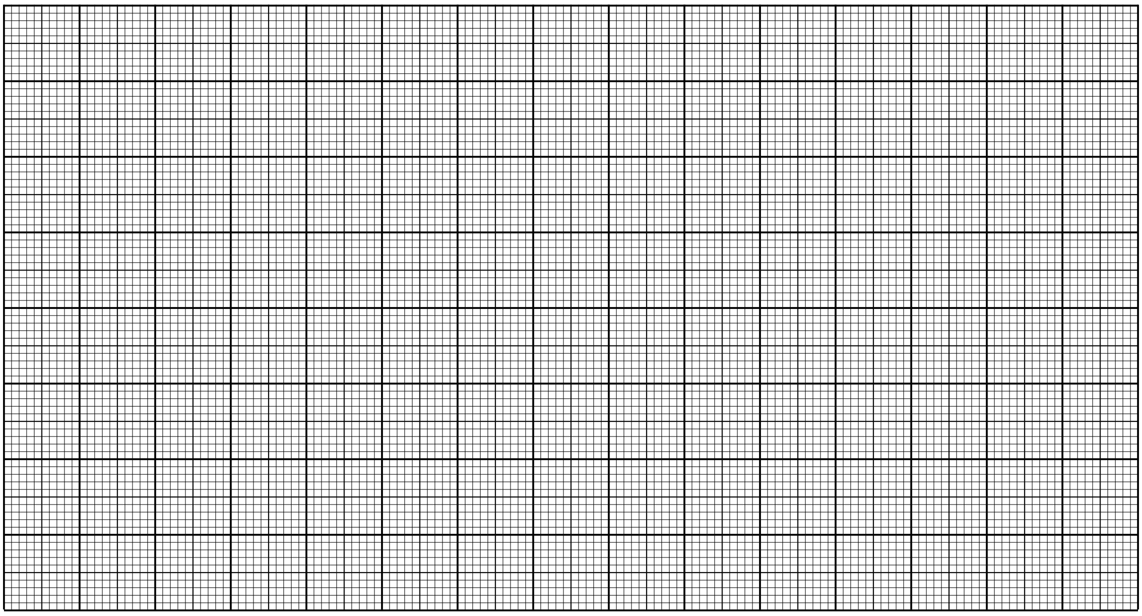
Gleichung: ____________________

Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung M3 - 4

II

(5) Die Messstrecken Δs für die Zeiten Δt_1 und Δt_2 sind immer gleich groß und gleich dem Durchmesser des Messaufsatzes. Er beträgt 1,0 cm. Berechne für die Ortskoordinaten 10 bis 70 jeweils die Momentangeschwindigkeit $\Delta s : \Delta t_2$ auf zwei geltende Ziffern und trage die Ergebnisse in die sechste Zeile der Tabelle ein.

(6) Trage die berechneten Momentangeschwindigkeiten von Teilaufgabe (5) in einem v - t - Koordinatensystem graphisch auf.



(7) Der Graph gibt Dir einen Anhaltspunkt für den möglichen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Zeit. Überprüfe Deine Vermutung, indem Du zugehörige Quotienten berechnest. Trage Deine Ergebnisse auf zwei geltende Ziffern in die letzte Zeile der Tabelle ein.

(8) Fasse Dein Resultat in Worte und gib den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Zeit in einer Gleichung an:

Gleichung:

Der freie Fall M3 - 5

Einführung:

Zur Bewegung eines fallenden Körpers hat es in der Geschichte der Physik viele falsche Vermutungen gegeben. Selbst Galileo GALILEI (1564 – 1642), dem wir die heutigen Erkenntnisse über die Fallbewegung verdanken, hat sich bei seinen anfänglichen Versuchen am schiefen Turm von Pisa noch geirrt. Im folgenden Experiment kannst Du herausfinden, ob es sich beim freien Fall um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt, gegebenenfalls den Betrag der Beschleunigung bestimmen und untersuchen, wovon dieser Wert abhängt.

Geräte:

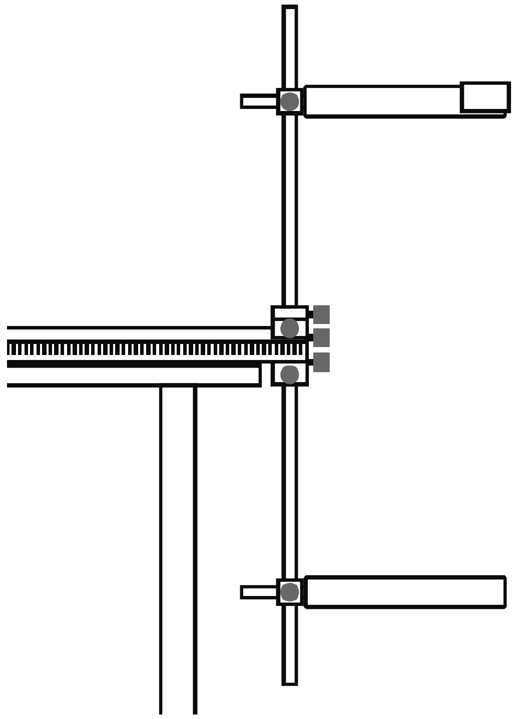
1 Digitalzeitmesser
2 Lichtschrankenhalter
1 Stahlkugel und eine Holzkugel in Dose
2 Lichtschranken
1 Fallbügel
1 Schnur 100 cm in Dose

zusätzlich:

1 Universalschiene	
1 Massestück 50 g	(aus M2)
2 Reiter	(aus M2)
2 Vierkantmuffen	(aus M2)
1 Massestückhalter	(aus M2)
1 Maßband	(aus M2)
4 Stativstangen	(aus M2)

Aufbau:

- Schraube die vier Stativstangen zusammen und montiere sie mit Hilfe der beiden Reiter in die Bohrung der Schiene, wie es die Abbildung zeigt.
- Schiebe die Anordnung möglichst nahe an die Tischkante.
- Schraube die Lichtschrankenhalter in die zugehörigen Bohrungen der Lichtschranken und befestige diese am oberen und unteren Ende der Stativstangenkombination.
- Achte darauf, dass sich beide Kabelausgänge der Lichtschranken auf der gleichen Seite befinden und schließe sie an den Zeitmesser an. Schalte diesen aber noch nicht ein.



- Verschiebe die obere Lichtschranke so weit, dass ihre Entfernung zur unteren Lichtschranke genau 80 cm beträgt. Miss dabei am besten von Unterkante zu Unterkante.
- Verwende zur Ausrichtung der beiden Lichtschranken ein Lot. Hänge dazu den Massestückhalter mit dem Massestück an die Schnur und halte sie so, dass sie den Lichtweg der oberen Lichtschranke kreuzt. Sie muss dies dann auch bei der unteren Lichtschranke tun. Unterlege andernfalls die Schiene an einem Ende geeignet mit Papier.
- Überlege, *bevor* Du im Experiment die Kugeln fallen lässt, wie Du sie auffangen oder am Wegrollen auf dem Boden hindern kannst. Treffe entsprechende Vorkehrungen!

Durchführung:

- Miss nochmals den Abstand der beiden Lichtschranken und trage ihn als Fallhöhe in beide Tabellen ein.
- Lege den Fallbügel bis zum Anschlag auf die obere Lichtschranke und schalte den Digital Timer ein.
- Lege die Stahlkugel in die Rinne des Fallbügels und schiebe sie langsam zur Mitte, bis sie durch die runde Öffnung fällt.
- Trage die Fallzeit $t = \Delta t$ in die Tabelle 1 ein. Die beiden Verdunklungszeiten Δt_1 und Δt_2 benötigen wir hier nicht.
- Wiederhole den Versuchsschritt mit der Holzkugel und trage ihre Fallzeit in die Tabelle 2 ein.
- Wähle für den weiteren Verlauf Fallhöhen von 90 und 100 cm und bestimme jeweils die Fallzeit für beide Kugeln.

Tabelle 1: Stahlkugel (m = 4,3 g)

Fallhöhe s in m			
Fallzeit t in s			

Tabelle 2: Holzkugel (m = 0,8 g)

Fallhöhe s in m			
Fallzeit t in s			

Auswertung:

(1) Berechne jeweils für beide Kugeln und jede Fallhöhe den Quotienten $s : t^2$ auf zwei geltende Ziffern und trage die Ergebnisse in die Tabellen ein. Welche Folgerungen kannst Du ziehen?

____

____

____

(2) Nach dem Weg-Zeit-Gesetz für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist der Quotient $s : t^2$ gleich dem halben Beschleunigungswert. Verdopple daher alle Werte in den dritten Zeilen der Tabellen und trage die Ergebnisse in die vierten Zeilen ein.

(3) Der Tabellenwert für die Fallbeschleunigung ist 9,8 m/s^2. Warum fallen Deine Werte größer aus?

____

____

____

(4) Von welchen Größen hängt Deiner Ansicht nach die Fallbeschleunigung ab?

____

____

____

Kraft und Beschleunigung M3 - 6

Einführung:

Erinnerst Du Dich noch an den Trägheitssatz von Isaac NEWTON (1643 – 1727)? Er sagt aus, dass zur Beschleunigung eines Körpers eine Kraft erforderlich ist. Im folgenden Experiment kannst Du den Zusammenhang zwischen der Kraft und der von ihr bewirkten Beschleunigung herausfinden, wenn die Masse des beschleunigten Körpers unverändert bleibt.
Als antreibende Kraft dient wieder die Gewichtskraft des Massestückhalters und der aufgelegten Massestücke. Beachte: Zur beschleunigten Masse zählt nicht nur die des Wagens, des Lagerstiftes und der aufgelegten Massestücke, sondern auch die Masse des angehängten Massestückhalters und der darauf liegenden Massestücke. Mit der Masse des Wagens einschließlich Lagerstift (141 g) berechnet sich die gesamte beschleunigte Masse zu 0,231 kg. Dieser Wert bleibt bei allen Teilversuchen unverändert.

Geräte:

1 Digitalzeitmesser
2 Schienenunterlagen
1 Messwagen
1 Messaufsatz
1 Rolle mit Stiel

2 Lichtschranken
4 Füße für Lichtschranken
1 Lagerstift
1 Rollenhalter
1 Schnur 1 m in Dose

zusätzlich:

1 Universalschiene		1 Massestückhalter	(aus M2)
1 Massestück 50 g	(aus M2)	2 Reiter	(aus M2)
3 Massestücke 10 g	(aus M2)		

Aufbau: wie in Versuch M3 - 4

Durchführung:

- Stecke die beiden restlichen Massestücke 10 g auf den Lagerstift und stelle die zweite Lichtschranke genau unter die Marke „70“, während die erste genau unter der Marke „0“ steht.
- Führe den Wagen an den Startblock, schalte den Zeitmesser ein und lass den Wagen los. Trage den Wert der gemessenen Zeit t (= Δt) in die Tabelle ein. Die beiden Verdunklungszeiten Δt_1 und Δt_2 benötigen wir hier nicht.
- Nimm ein Massestück vom Wagen und stecke es auf den Massestückhalter. Überprüfe die Positionen der Lichtschranken und wiederhole den Versuch für die neue Antriebskraft 0,29 N. (Wir rechnen mit dem Ortsfaktor 9,8 N/kg).
- Nimm ein weiteres Massestück vom Wagen und wiederhole den Versuch für die Antriebskraft 0,39 N.

Kraft und Beschleunigung M3 - 6

Tabelle:

Kraft F in N	0,20	0,29	0,39
Weg s in m			
Zeit t in s			

Auswertung:

(1) Berechne für jeden Teilversuch nach der Gleichung $a = 2\,s : t^2$ die Beschleunigung auf zwei geltende Ziffern und trage Deine Ergebnisse in die vierte Zeile der Tabelle ein.

(2) Überprüfe durch Rechnung, ob bei Deinem Versuch die antreibende Kraft zur Beschleunigung proportional ist. Trage die entsprechenden Ergebnisse in die letzte Zeile der Tabelle ein und schreibe Dein Resultat in einem Satz nieder:

____

____

____

(3) Vergleiche Deine „Proportionalitätskonstante“ mit der beschleunigten Masse. Welchen Zusammenhang vermutest Du?

____

____

(4) Dieser Versuch liefert relativ ungenaue Ergebnisse. Worin siehst Du die größte Fehlerquelle?

____

____

____

Masse und Beschleunigung M3 - 7

Einführung:

Es ist leicht einzusehen, dass die Beschleunigung eines Körpers nicht nur von der Größe der antreibenden Kraft, sondern auch von seiner Masse abhängt. Im folgenden Experiment kannst Du herausfinden, wie die Beschleunigung von der Masse abhängt, wenn die beschleunigende Kraft konstant bleibt.
Der Wagen hat mit dem Lagerstift zusammen die Masse 141 g. Durch Auflegen von Massestücken der Masse 50 g kannst Du den Wagen schrittweise so schwer machen, bis er eine Gesamtmasse von 341 g erreicht.

Geräte:

1 Digitalzeitmesser
2 Schienenunterlagen
1 Messwagen
1 Messaufsatz
1 Rolle mit Stiel
2 Lichtschranken
4 Füße für Lichtschranken
1 Lagerstift
1 Rollenhalter
1 Schnur 1 m in Dose

zusätzlich:

1 Universalschiene
4 Massestücke 50 g (aus M2)
1 Massestück 10 g (aus M2)
1 Massestückhalter (aus M2)
2 Reiter (aus M2)

Aufbau: wie in Versuch M3 - 4

Durchführung:

- Stelle die zweite Lichtschranke genau unter die Marke „70“.
- Führe den Wagen an den Startblock, schalte den Zeitmesser ein und lass den Wagen los. Trage den Wert der gemessenen Zeit t (= Δt) unter m = 191 g in die Tabelle ein. Die beiden Verdunklungszeiten Δt_1 und Δt_2 benötigen wir hier nicht.
- Wiederhole den Versuch, indem Du der Reihe nach je ein weiteres Massestück der Masse 50 g auf den Lagerstift steckst.

Tabelle:

Masse m in g	191	241	291	341
Weg s in m				
Zeit t in s				

Masse und Beschleunigung M3 - 7

Auswertung:

(1) Berechne für jede der vier Massen die Beschleunigung nach der Gleichung $a = 2\,s : t^2$ auf zwei geltende Ziffern und trage Deine Ergebnisse in die vierte Zeile der Tabelle ein.

(2) Trage die vier Beschleunigungswerte in einem *a* - *m* - Koordinatensystem graphisch auf. Wähle hierzu geeignete Einheiten.

(3) Die Form des Graphen lässt einen einfachen Zusammenhang zwischen der Beschleunigung und der Masse erkennen. Überprüfe Deine Vermutung durch Rechnung und trage Deine Ergebnisse in die fünfte Zeile der Tabelle ein.

(4) Fasse Dein Versuchsergebnis in Worte, wobei Du erwähnen solltest, dass die Kraft konstant gehalten worden ist:

Das Fadenpendel M3 - 8

Einführung:

Das Pendel wurde schon im 12. Jahrhundert zur Zeitmessung verwendet, aber erst Galileo GALILEI (1564 – 1642) hat den physikalischen Nachweis für die Zuverlässigkeit dieser Messmethode erbracht. Lenkt man einen Pendelkörper aus und lässt ihn dann los, so spricht man von einer *Vollschwingung*, wenn er einen beliebigen Punkt seiner Bahn ein weiteres Mal wieder in der gleichen Richtung durchläuft. Beim Experimentieren wählen wir für einen solchen Bahnpunkt zweckmäßig den Punkt, bei dem der Pendelkörper losgelassen wird. Die Zeit zum Durchlaufen einer Vollschwingung nennt man *Schwingungsdauer T*. Im folgenden Experiment kannst Du herausfinden, von welchen Größen die Schwingungsdauer beim Fadenpendel abhängt, und dabei einige Überraschungen erleben.

Geräte:

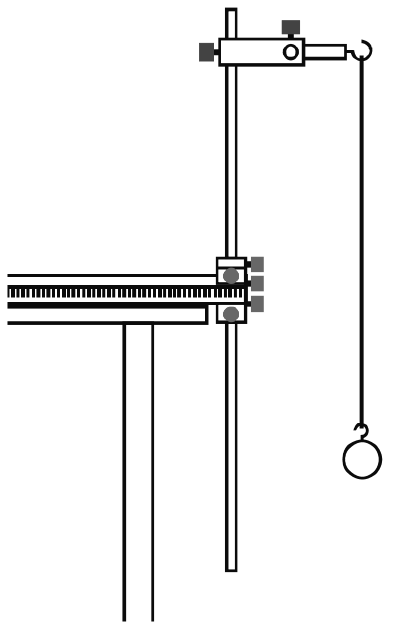
1 Digitalzeitmesser
1 Stift mit Haken 7 cm
1 Schnur 1 m in Dose
1 Pendelkugel Holz
2 Lichtschranken
4 Lichtschrankenfüße
1 Pendelkugel Stahl

zusätzlich:

4 Stativstangen	(aus M2)
1 Lagerstift	(aus M2)
1 Maßband	(aus M2)
1 Universalschiene	
1 Vierkantmuffe	(aus M2)
2 Reiter	(aus M2)
1 Geodreieck	

Aufbau und Durchführung:

- Schraube die vier Stativstangen zusammen und montiere sie mit den Reitern in die Bohrung der Schiene, wie es die Abbildung zeigt.
- Schiebe die Anordnung möglichst nahe an die Tischkante.
- Befestige am oberen Ende der Stativstangen die Vierkantmuffe und darin den Stift mit Haken.
- Hänge die Stahlkugel an das untere Ende der Schnur und diese an den Haken.



Das Fadenpendel M3 - 8

- Achte im Folgenden stets darauf, dass Du das Pendel immer parallel zur Tischkante auslenkst, damit es während des Schwingungsvorganges nicht an die Stativstangen stößt.
- Stelle die Lichtschranken auf, schließe sie an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.

  Um die Schwingungsdauer T möglichst genau zu bestimmen, messen wir die Zeit für zehn Vollschwingungen und dividieren diesen Wert anschließend durch zehn. Der Zeitmesser wird durch die erste Lichtschranke gestartet und durch die zweite gestoppt, wobei die Impulse der Lichtschranken mit Hilfe des Lagerstiftes ausgelöst werden. Mache am besten immer einen „Count-down", lass das Pendel bei „null" los und starte gleichzeitig den Zeitmesser. Zähle dann bei jeder Vollschwingung weiter.

I

- Hängt Deiner Meinung nach die Schwingungsdauer von der Größe der Auslenkung ab? Wenn ja, wie? Schreibe Deine Vermutung hier nieder, auch wenn Du Dir nicht sicher bist:

  ____

- Lenke das Pendel um 10° aus und bestimme die Zeit *t* für 10 Vollschwingungen. Trage den Wert in die Tabelle 1 ein.
- Wiederhole den Versuch für die Auslenkwinkel 20°, 30° und 40°.

Tabelle 1:

Auslenkwinkel α	10°	20°	30°	40°
Zeit *t* für 10 Vollschwingungen in s				
Schwingungsdauer *T* in s				

- Berechne für jeden der vier Auslenkwinkel die Schwingungsdauer *T,* trage die Ergebnisse in die Tabelle 1 ein und fasse Deine Beobachtungen in einem Satz zusammen:

  ____

  ____

  ____

II

- Die Stahlkugel hat mit Haken eine Masse von 65 g, die Holzkugel mit Haken eine Masse von 7 g. Bevor Du das nächste Teilexperiment durchführst: Hängt Deiner Meinung nach die Schwingungsdauer von der Masse des Pendelkörpers ab? Wenn ja, welche Schwingungsdauer erwartest Du für die Holzkugel? Schreibe Deine Vermutung hier nieder, auch wenn Du Dir nicht sicher bist.

____

____

- Bilde aus den vier Werten für die Schwingungsdauer *T* in der dritten Zeile der Tabelle 1 den Mittelwert und trage ihn in die Tabelle 2 ein.

- Hänge anstelle der Stahlkugel die Holzkugel an die Schnur und bestimme für sie die Schwingungsdauer bei einem beliebigen Auslenkwinkel. Trage diesen Wert in die Tabelle 2 ein.

Tabelle 2:

	Stahlkugel	Holzkugel
Schwingungsdauer *T* in s		

- Fasse Deine Beobachtungen in einem Satz zusammen:

____

III

- Hänge anstelle der Holzkugel wieder die Stahlkugel an die Schnur und miss die *Pendellänge l* vom Haken bis zur Kugelmitte. Trage den Wert in die erste Spalte der Tabelle 3 ein, ebenso den Mittelwert der zugehörigen Schwingungsdauer aus Teilversuch **I** (vgl. Tabelle 2)

- Verkürze die Pendellänge dadurch, dass Du beide Schnurenden in den Haken einhängst. Hänge die Stahlkugel wieder an und miss die neue Pendellänge. Trage den Wert in die Tabelle 3 ein.

- Bestimme die Schwingungsdauer für die neue Pendellänge und trage ihren Wert in die Tabelle ein.

- Verkürze die Pendellänge noch einmal, indem Du die Schnur ein weiteres Mal „faltest“. Miss die Pendellänge und bestimme die zugehörige Schwingungsdauer.

Tabelle 3:

Pendellänge l in m			
Schwingungsdauer T in s			

Auswertung:

(1) Der Vergleich Deiner Messwerte in Tabelle 3 lässt Dich leicht erkennen, dass Schwingungsdauer und Pendellänge weder direkt noch indirekt proportional zueinander sind. Versuche einen quadratischen Ansatz: Dividiere jeweils das Quadrat der Schwingungsdauer durch die zugehörige Pendellänge und trage die Quotienten auf drei geltende Ziffern in die dritte Zeile der Tabelle ein.

(2) Fasse Dein Ergebnis von Teilaufgabe (1) in Worte:

____

____

(3) *Für Spezialisten*:

Von welcher weiteren Größe könnte die Schwingungsdauer des Fadenpendels noch abhängen, was wir hier allerdings nicht nachweisen können? Begründe Deine Antwort.

____

____

____

____

____

Einführung:

In der Regel laufen Vorgänge in der Natur so ab, dass ein Körper „versucht“, die tiefstmögliche Lage einzunehmen. Demnach müsste aber beim Fadenpendel die Kugel nach dem Loslassen im tiefsten Punkt stehen bleiben. Im folgenden Experiment kannst Du die Frage klären, warum sich die Pendelkugel anders verhält.

Geräte:

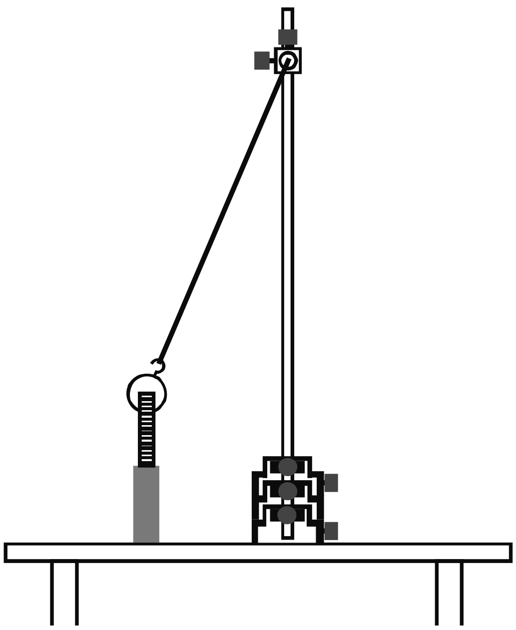
1 Stift mit Haken 7 cm	1 Pendelkugel Stahl
1 Prallfeder	1 Messwagen

zusätzlich:

4 Stativstangen	(aus M2)	1 Vierkantmuffe	(aus M2)
1 Schnur 50 cm in Dose	(aus M2)	2 Reiter	(aus M2)
1 Maßband	(aus M2)	1 Prallfeder	(aus M2)
1 Universalschiene			

Aufbau und Durchführung:

I



- Baue den Versuch mit 3 (!) Stativstangen wie abgebildet auf.
- Lenke die Kugel aus und halte sie zunächst fest. Stelle dort das Maßband auf, ziehe es soweit heraus, dass sich sein oberes Ende auf der Höhe der Kugelmitte befindet.
- Halte das Maßband fest, lass die Kugel los und beobachte ihre Bewegung. Was fällt Dir auf?

- Wiederhole den Versuch, nimm jedoch, *bevor* Du die Kugel loslässt, die vierte Stativstange und halte sie waagrecht gegen den Stativaufbau, so dass die Schnur dagegenstößt, wenn die Kugel den tiefsten Punkt passiert.

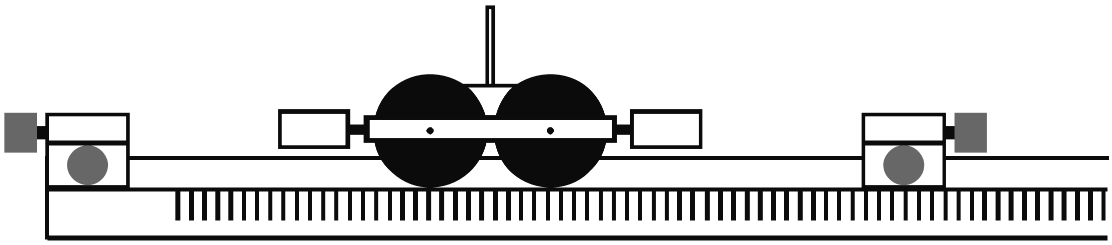
➷ Wiederhole diesen Teilversuch, indem Du die Eingreifhöhe der waagrechten Stativstange veränderst. Schreibe Deine Beobachtungen kurz auf:

____

____

II

➷ Baue den Versuch wie abgebildet auf. Wähle als Abstand zwischen den Reitern etwa 60 cm und stecke je eine Prallfeder in die Bohrungen an den Stirnseiten des Messwagens.



➷ Stoße den Wagen an und beobachte seine Bewegung. Was fällt Dir auf?

____

____

Auswertung:

In der Mechanik unterscheidet man drei Formen der Energie:

- die *Lage-*, *Höhen-* oder *potentielle Energie*,
- die *Bewegungs-* oder *kinetische Energie,*
- die *Spannenergie* einer Feder.

(1) Kann es sein, dass bei Deinen Versuchen mehrere Energieformen gleichzeitig auftraten, gegebenenfalls welche und an welcher Stelle?

____

____

____

(2) Die beiden Teilversuche ergeben etwas unterschiedliche Ergebnisse. Vor allem verliert der Messwagen immer mehr an Geschwindigkeit. Es muss demnach noch eine weitere Energieform auftreten, die sich nicht ohne weiteres in eine mechanische Energieform zurückverwandeln lässt. Wie nennt man sie?

____

(3) Durch das Auslenken der Kugel führen wir ihr einmalig Energie zu, ebenso dem Messwagen durch das Anstoßen. Was lässt sich über den Gesamtbetrag dieser Energie während des entsprechenden Versuchs aussagen? Berücksichtige bei Deiner Antwort auch das in Teilaufgabe (2) angesprochene Phänomen.

____

____

____

____

Die kinetische Energie M3 - 10

Einführung:

Die kinetische Energie eines Körpers hängt mit seiner Geschwindigkeit zusammen. Allerdings bedeutet doppelte Geschwindigkeit des Körpers nicht auch doppelte kinetische Energie. Mit dem folgenden Experiment kannst Du nicht nur herausfinden, wie die kinetische Energie von der Geschwindigkeit abhängt, sondern auch, welche weitere Größe des Körpers ebenfalls seine kinetische Energie bestimmt.

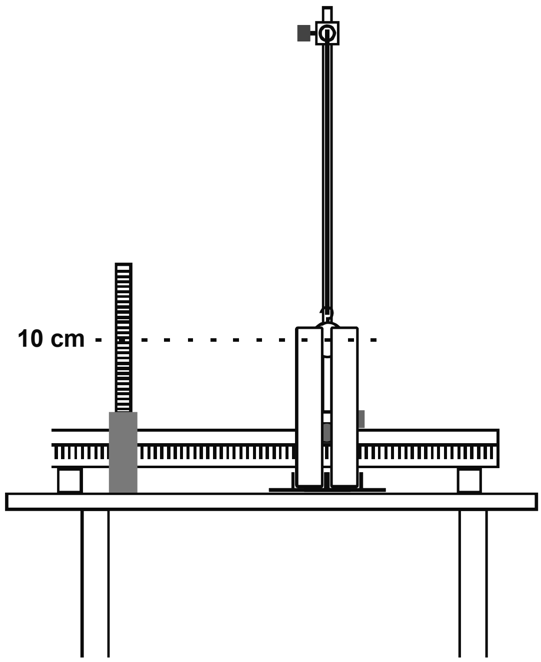
Geräte:

1 Digitalzeitmesser	2 Lichtschranken
1 Stift mit Haken 7 cm	1 Pendelkugel Stahl
4 Lichtschrankenfüße	2 Schienenunterlagen

zusätzlich:

3 Stativstangen	(aus M2)	1 Vierkantmuffe	(aus M2)
1 Schnur 50 cm in Dose	(aus M2)	1 Reiter	(aus M2)
1 Maßband	(aus M2)	1 Universalschiene	

Aufbau und Durchführung:



- Baue den Versuch wie abgebildet auf.
- Bringe die beiden Lichtschranken so nahe wie möglich zusammen. Stelle sie symmetrisch zu den verschraubten Stativstangen an der Schiene auf und achte darauf, dass sie mit dieser einen rechten Winkel bilden.
- Verschiebe die Vierkantmuffe so weit, dass sich die Kugelmitte jeweils durch den Lichtweg der Lichtschranken bewegt, wenn Du das Pendel schwingen lässt.
- Schließe die Lichtschranken an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.
- Miss die Entfernung Δs der beiden Lichtschranken und trage sie in die Tabelle ein.
- Ziehe das Maßband so weit heraus, dass sich die Kugelmitte auf Höhe der Marke „10“ befindet, wenn das Pendel in der Ruhelage ist.

Die kinetische Energie M3 - 10

- Lenke das Pendel so weit aus, dass die Kugelmitte genau die Höhenmarke „8“ einnimmt. Schalte den Zeitmesser ein, lass die Kugel los und lies die Zeit Δt ab, die sie zum Durchlaufen der Strecke Δs benötigt. Trage den Wert in die Tabelle ein.
- Wiederhole den Versuch für die Höhenmarken „6“, „4“ und „2“.

Tabelle: Δs = _______ m m = 0,065 kg

Höhendifferenz Δh in m	0,020	0,040	0,060	0,080
Zeit Δt in s				

Auswertung:

(1) Berechne die potentielle Energie, die Du der Kugel durch den Auslenkvorgang zugeführt hast, nach der Gleichung $\Delta E_{pot} = m \cdot g \cdot \Delta h$. Ihr Wert ist nach dem Energieerhaltungssatz gleich dem der kinetischen Energie im tiefsten Punkt der Bahn. Verwende für g den Wert 9,8 m/s^2 und trage Deine Ergebnisse in die dritte Zeile der Tabelle ein.

(2) Berechne die Geschwindigkeit der Kugel im tiefsten Punkt der Bahn nach der Gleichung $v = \Delta s : \Delta t$ und trage die Werte in die vierte Zeile der Tabelle ein.

(3) Offensichtlich ist die kinetische Energie nicht zur Geschwindigkeit proportional. Versuche daher einen quadratischen Ansatz, dividiere ΔE_{pot} durch v^2 und trage die Quotienten in die letzte Zeile der Tabelle ein.

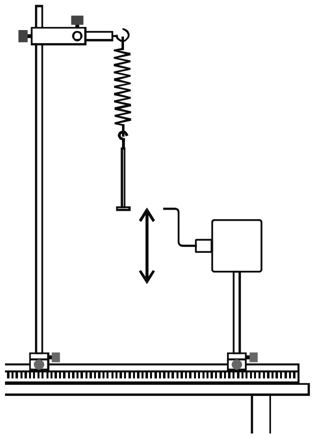
(4) Aus der Einheit der Quotienten $\Delta E_{pot} : v^2$ kannst Du schließen, welche Größe außer der Geschwindigkeit die kinetische Energie beeinflusst. Vergleiche diese Quotienten mit der Masse der Kugel und gib einen endgültigen Ansatz für die kinetische Energie in Gleichungsform an:

E_{kin} = _______________

Das Schraubenfederpendel 1 — M3 - 11

Einführung:

Setzt man einen zweifach rechtwinklig gebogenen Draht auf die Achse eines Experimentiermotors und lässt daneben ein Schraubenfederpendel schwingen, so kann man durch geeignete Wahl der Pendelauslenkung und der Drehzahl des Motors erreichen, dass sich Drahtende und Pendelkörper in der Seitenansicht synchron bewegen. Schwingungen mit dieser Eigenschaft nennt man *harmonisch*. Sie lassen sich relativ einfach mathematisch beschreiben. Im folgenden Experiment kannst Du erste Eigenschaften der Schraubenfederschwingung herausfinden.



Geräte:

1 Digitalzeitmesser
1 Stift mit Haken 7 cm
4 Lichtschrankenfüße

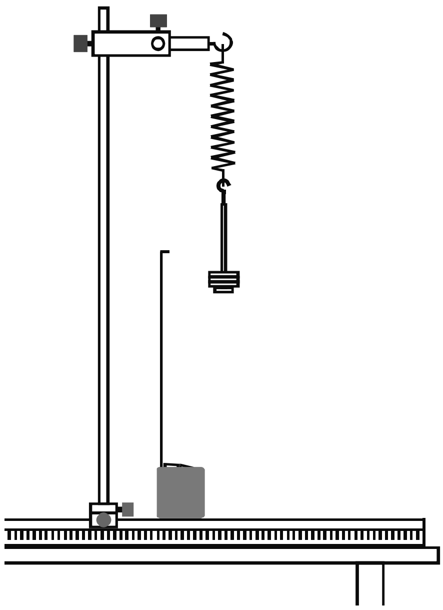
2 Lichtschranken
1 Schraubenfeder Ø 3 cm
1 Lagerstift

zusätzlich:

3 Stativstangen	(aus M2)	1 Vierkantmuffe	(aus M2)
1 Massestückhalter	(aus M2)	1 Maßband	(aus M2)
1 Massestück 50 g	(aus M2)	4 Massestücke 10 g	(aus M2)
1 Reiter	(aus M2)	1 Universalschiene	

Aufbau:

- Schraube die drei Stativstangen zusammen und montiere sie in einem Reiter auf die Schiene. Befestige am oberen Ende die Vierkantmuffe und darin den Stift mit Haken.
- Hänge die Schraubenfeder an den Haken und daran den Massestückhalter (10 g) mit 3 Massestücken 10 g, so dass die gesamte angehängte Masse 40 g beträgt.
- Ziehe das Maßband etwa 30 cm heraus, stelle es neben die Pendelanordnung und verschiebe die Vierkantmuffe so weit, bis das untere Ende des Massestückhalters eine „günstige“ Ablesung am Maßband ermöglicht.



Das Schraubenfederpendel 1 M3 - 11

- Stelle die Lichtschranken auf, schließe sie an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.

  Um die Schwingungsdauer T möglichst genau zu bestimmen, messen wir die Zeit für zehn Vollschwingungen und dividieren diesen Wert dann durch zehn. Der Zeitmesser wird durch die erste Lichtschranke gestartet und durch die zweite gestoppt, wobei die Impulse der Lichtschranken mit Hilfe des Lagerstiftes ausgelöst werden. Mache am besten immer einen „Count-down", lass das Pendel bei „null" los und starte gleichzeitig den Zeitmesser. Zähle dann bei jeder Vollschwingung weiter.

Durchführung:

I

- Hängt Deiner Meinung nach die Schwingungsdauer von der Größe der Auslenkung ab? Wenn ja, wie? Schreibe Deine Vermutung hier nieder, auch wenn Du Dir nicht sicher bist:

  ____

- Lenke das Pendel genau senkrecht 2,0 cm nach unten aus und bestimme die Zeit Δt für 10 Vollschwingungen. Trage den Wert in die Tabelle 1 ein.
- Wiederhole den Versuch für die Auslenkungen 4,0 cm; 6,0 cm und 8,0 cm. Was fällt Dir auf?

  ____

  ____

Tabelle 1:

Auslenkung Δs in cm	2,0	4,0	6,0	8,0
Zeit Δt für 10 Vollschwingungen in s				
Schwingungsdauer T in s				

II

- Bilde nun den Mittelwert aus den vier Werten für die Schwingungsdauer T aus Tabelle 1 und trage ihn in die erste Spalte der Tabelle 2 ein.

➪ Der Pendelkörper hatte im Teilversuch **I** eine Masse von 40 g. Wir werden ihn jetzt schrittweise schwerer machen. Hängt Deiner Meinung nach die Schwingungsdauer von der Masse des Pendelkörpers ab? Wenn ja, welche Schwingungsdauer erwartest Du für 80 g? Schreibe Deine Vermutung hier nieder, auch wenn Du Dir nicht sicher bist:

____

____

➪ Bestimme die Schwingungsdauern für die angehängten Massen 60 g, 80 g und 100 g. Beachte dabei, dass der Massestückhalter die Masse 10 g hat, und trage die Zeiten in die Tabelle 2 ein.

Tabelle 2:

Masse m in g	40	60	80	100
Zeit Δt für 10 Vollschwingungen in s				
Schwingungsdauer T in s				

Auswertung:

(1) Wie Du leicht erkennen kannst, ist die Schwingungsdauer nicht zur Masse des schwingenden Körpers proportional. Versuche daher wieder einen quadratischen Ansatz: Dividiere das Quadrat der Schwingungsdauer durch die zugehörige Masse und trage die Quotienten auf zwei geltende Ziffern in die dritte Zeile der Tabelle ein.

(2) Formuliere Dein Ergebnis in einem Satz:

____

____

____

(3) *Für Spezialisten:*
Woher kommen Deiner Meinung nach die Ungenauigkeiten in den Ergebnissen? Dabei sind systematische Fehler gemeint, keine Messfehler!

____

____

Das Schraubenfederpendel 2 M3 - 12

Einführung:

Im Versuch M3 – 11 konntest Du herausfinden, dass die Schwingungsdauer eines Schraubenfederpendels von der Masse des Pendelkörpers abhängt und in welcher Weise dies der Fall ist. Es ist naheliegend zu untersuchen, ob die Schwingungsdauer auch von der Federhärte beeinflusst wird. Das folgende Experiment gibt Dir hierzu Gelegenheit.

Geräte:

1 Digitalzeitmesser
1 Stift mit Haken 7 cm
4 Lichtschrankenfüße
1 Lagerstift
2 Lichtschranken
1 Schraubenfeder Ø 3 cm
1 Schraubenfeder Ø 8 mm

zusätzlich:

3 Stativstangen	(aus M2)
1 Massestückhalter	(aus M2)
1 Massestück 50 g	(aus M2)
1 Vierkantmuffe	(aus M2)
1 Maßband	(aus M2)
4 Massestücke 10 g	(aus M2)

Aufbau:

wie in Versuch M3 - 11

Durchführung:

I

↳ Bestimme die Schwingungsdauer für die Schraubenfeder mit dem kleineren Durchmesser wie in Versuch M3 – 11. Hänge hierzu der Reihe nach Massen von 40 g, 60 g und 80 g an die Feder und trage die Werte in die Tabelle 1 ein.

Tabelle 1:

Masse m in g	40	60	80
Zeit Δt für 10 Vollschwingungen in s			
Schwingungsdauer T in s			

II

Offensichtlich hat die Federhärte einen beträchtlichen Einfluss auf die Schwingungsdauer des Pendels. Um diesen Einfluss genauer untersuchen zu können, müssen wir die Härten der beiden Federn kennen. Hierzu bestimmen wir jeweils das Verhältnis aus der Zugkraft und der durch sie bewirkten Verlängerung der Feder.

Das Schraubenfederpendel 2 — M3 - 12

- Ziehe das Maßband etwa 50 cm heraus und stelle es unmittelbar neben die Feder.
- Verschiebe die Vierkantmuffe so weit, bis das untere Ende der Schraubenfeder eine „günstige“ Ablesung am Maßband ermöglicht.
- Hänge der Reihe nach Massen von 20 g, 40 g, 60 g und 80 g an die Feder und bestimme jeweils die Verlängerung Δs (von der Ausgangsposition gerechnet). Trage die Werte in die Tabelle 2 ein.
- Wiederhole den Versuch für die Schraubenfeder mit dem größeren Durchmesser und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle 3 ein.

Tabelle 2:

Ø = 8 mm

Masse m in kg	0,020	0,040	0,060	0,080
Verlängerung Δs in m				

Tabelle 3:

Ø = 30 mm

Masse m in kg	0,020	0,040	0,060	0,080
Verlängerung Δs in m				

Auswertung:

(1) Berechne mit Hilfe des Ortsfaktors g die Gewichtskräfte der angehängten Massen und trage die Werte in die dritten Zeilen der Tabellen 2 und 3 ein. Rechne dabei mit g = 9,8 N/kg.

(2) Berechne aus den Gewichtskräften und den zugehörigen Verlängerungen die Federhärten D der beiden Schraubenfedern auf zwei geltende Ziffern. Trage die Werte in die vierten Zeilen der Tabellen ein.

(3) Bilde für jede Schraubenfeder den Mittelwert für die Federhärte und trage diese Werte in die Tabelle 4 ein.

(4) Übertrage für jede der beiden Federn die Schwingungsdauer für m = 80 g in die Tabelle 4.

Tabelle 4:

	Ø = 8 mm	Ø = 30 mm
Federhärte *D* in N/m		
Schwingungsdauer T_{80g} in s		

(5) Die Schwingungsdauer einer Schraubenfeder ist offensichtlich umso kleiner, je größer ihre Federhärte ist. Allerdings sind diese beiden Größen *nicht* indirekt proportional, wie Du leicht erkennen kannst. Versuche daher wieder einen quadratischen Ansatz: Multipliziere das Quadrat der Schwingungsdauer T_{80g} mit der zugehörigen Federhärte und trage die Produkte in die Tabelle 4 ein.

(6) Fasse Dein Ergebnis von Teilaufgabe (5) in Worte:

____

____

____

____

(7) Du hast nun einen Zusammenhang zwischen dem Quadrat der Schwingungsdauer und der Federhärte gefunden, in Versuch M3 – 11 ist Dir dies für das Quadrat der Schwingungsdauer und der schwingenden Masse gelungen. Versuche beide Zusammenhänge in einem einzigen Ansatz zusammenzufassen, möglichst in Form einer Gleichung:

____

____

____

____

(8) *Für Spezialisten:*

Welche Einheit und welchen Zahlenwert hat die Proportionalitätskonstante von Teilaufgabe (7)?

Einheit: __________ Zahlenwert: ____________

Eine nichtharmonische Schwingung — M3 - 13

Einführung:

Beim Schraubenfederpendel ist nach dem Hookeschen Gesetz die rücktreibende Kraft F zur Auslenkung y aus der Ruhelage proportional. Alle Bewegungen, die diesem Kraftgesetz folgen, nennt man *harmonische Schwingungen*. Der Graph einer harmonischen Schwingung im y - t - Koordinatensystem ist eine Sinuslinie. Im folgenden Experiment kannst Du eine Bewegung kennen lernen, die auf den ersten Blick mit einer harmonischen Schwingung verwechselt werden könnte, tatsächlich aber einem anderen Kraftgesetz folgt.

Geräte:

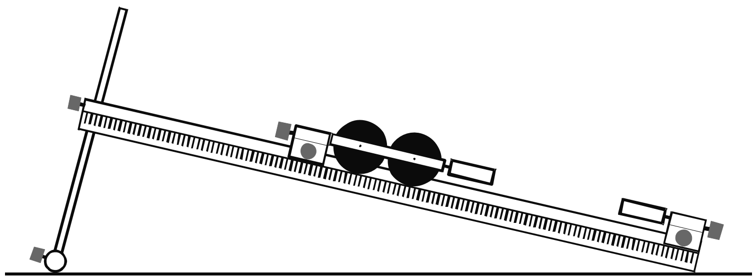
1 Digitalzeitmesser	2 Lichtschranken
4 Lichtschrankenfüße	1 Prallfeder
1 Messwagen	1 Lagerstift

zusätzlich:

1 Stativstange	(aus M2)	1 Rundmuffe	(aus M2)
2 Reiter	(aus M2)	1 Prallfeder	(aus M2)
1 Universalschiene			

Aufbau:

- Baue mit der Schiene, der Stativstange und der Rundmuffe eine schiefe Ebene. Achte aber darauf, dass die Unterseite der Schiene nicht höher als 13 cm über der Tischebene liegt.



- Stecke eine Prallfeder in einen Reiter und montiere diesen so an das untere Ende der Schiene, dass die Feder den Wagen auffangen kann.
- Befestige den zweiten Reiter als Startblock etwa in der Mitte der Schiene.
- Stecke die zweite Prallfeder in die nach unten zeigende Buchse des Wagens.
- Stelle die Lichtschranken auf, schließe sie an den Zeitmesser an, schalte diesen aber noch nicht ein.

Durchführung:

- Halte den Wagen am Startblock fest und schalte den Zeitmesser ein.

Eine nichtharmonische Schwingung M3 - 13

- Lass den Wagen los und miss die Zeit für 5 „Vollschwingungen“. Trage diesen Wert in die Tabelle ein.
- Wiederhole den Versuch für 10, 15 und 20 „Vollschwingungen“. Trage auch diese Zeitwerte in die Tabelle ein.

Tabelle:

Anzahl der „Vollschwingungen“	5	10	15	20
Zeit *t* in s				

Auswertung:

(1) Gib jeweils an, um welche Bewegungsart es sich handelt:

Abwärtsbewegung: ______________________________

Aufwärtsbewegung: ______________________________

(2) Skizziere in einem y - t - Koordinatensystem (nicht maßstabsgetreu) den zeitlichen Verlauf der Bewegung des Wagens während drei „Vollschwingungen“.

(3) Nenne mindestens zwei Gründe, warum der Wagen keine harmonische Schwingung ausführt.

____

____

____