



UNIVERSITÄT REGENSBURG

Naturwissenschaftliche Fakultät II - **Physik**

Anleitung zum Grundlagenpraktikum **A**
für Bachelor of Nanoscience

Versuch a - Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

23. überarbeitete Auflage 2011

Dr. Stephan Giglberger

Inhaltsverzeichnis

1	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	3
1A	Freier Fall	3
1B	Schiefe Ebene	5
1C	Atwoodsche Fallmaschine	8

1 Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

Das Newtonsche Gesetz braucht man zur Beschreibung von Bewegungsabläufen. Der Spezialfall der konstanten Kraft führt zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung, die nicht notwendigerweise geradlinig sein muß (z.B. Wurfparabel).

Es werden drei verschiedene Experimente angeboten:

- A. Freier Fall
- B. Schiefe Ebene
- C. Atwoodsche Fallmaschine

Welche Versuche Sie im speziellen durchzuführen haben, entnehmen Sie der Gruppeneinteilung, die in den Praktikumsräumen aushängt. Sie müssen auf jeden Fall die Vorbereitungsaufgaben aller drei Versuche beantworten.

Vorbereitung für alle drei Versuche

- Fehlerrechnung, Anhang A
- Graphische Darstellung und Auswertung, Anhang B1, B2 und B5
- Versuchsprotokoll, Anhang C

1A Freier Fall – Vorbereitung

Grundlagen

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Kräftebilanz, Energiebilanz, Bewegungsgleichung und ihre Lösung (siehe z.B. Literatur I.10).

Aufgabe zur Vorbereitung

Leiten Sie die Bewegungsgleichung für den freien Fall aus der Kräftebilanz ab und lösen Sie sie.

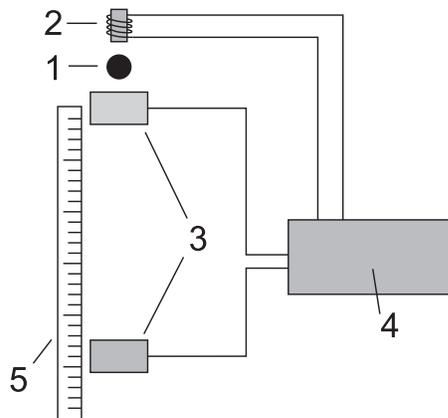
1A Freier Fall – Versuchsdurchführung

1) Problemstellung

Der freie Fall eines Körpers im Schwerfeld der Erde wird quantitativ untersucht. Das Ziel ist es, aus den gewonnenen Daten die örtliche Erdbeschleunigung g zu bestimmen.

2) Apparate und Aufbau

- 1) Fallende Kugel
- 2) Elektromagnet
- 3) Lichtschranken
- 4a) Taster
- 4b) Impulsgeber
- 4c) Elektronischer Zähler
- 5) Maßstab



Bei Betätigung des Tasters (4a) gibt der Elektromagnet (2) die Kugel (1) frei. Nach Durchfallen der ersten Lichtschranke (3) startet der Zähler (4c). Der Zähler zählt solange, bis die fallende Kugel die zweite Lichtschranke (3) durchfällt. Die Fallstrecke wird am Maßstab (5) abgelesen.

3) Meßaufgaben und Auswertung

Die Fallzeit t ist für einen möglichst großen Bereich von Fallstrecken x zu messen. Messen Sie die Fallzeit für jede Fallstrecke mindestens 4 mal. Schätzen Sie die Fehler Δt und Δx ab. Das Ergebnis ist graphisch darzustellen (geeignete Auftragung mit Fehlerbalken!). Sie sehen an der Darstellung leicht, für welche Fallstrecken evtl. noch zusätzliche Meßpunkte nützlich wären.

Überlegen Sie, bei welchen Fallstrecken die Meßgenauigkeit am größten ist und führen Sie für diese ggf. noch Zusatzmessungen aus.

Bestimmen Sie aus der graphischen Darstellung die Erdbeschleunigung g und geben Sie den statistischen Fehler an. Diskutieren Sie die systematischen Fehler: welche können Sie sich vorstellen?

Vergleichen Sie Ihren gemessenen Wert von g mit dem Literaturwert für Regensburg $9,8088 \pm 0,0001 \text{ m/s}^2$. Ist die Übereinstimmung gut?

1B Schiefe Ebene – Vorbereitung

Grundlagen

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Kräftebilanz, Energiebilanz, Bewegungsgleichung und ihre Lösung (siehe z.B. Literatur I.10).

Aufgaben zur Vorbereitung

- 1) Von einem geradlinig gleichmäßig beschleunigten Körper werden in gleichen Zeitabständen Markierungspunkte auf dem Bezugssystem angebracht. Wieviele Punkte sind zur Berechnung der Geschwindigkeit bzw. der Beschleunigung notwendig.
- 2) Leiten Sie die Bewegungsgleichung für die schiefe Ebene aus der Kräftebilanz ab und lösen Sie diese.

Schiefe Ebene – Versuchsdurchführung

1) Problemstellung

Die geführte Bewegung einer Masse im Schwerfeld der Erde wird an einer fast reibungsfreien schiefen Ebene quantitativ untersucht.

Der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit v und Zeit t wird bei der reibungsfreien Bewegung im Erdfeld gemessen. Damit soll einerseits die Erdbeschleunigung g bestimmt, andererseits das Gesetz der schiefen Ebene verifiziert werden.

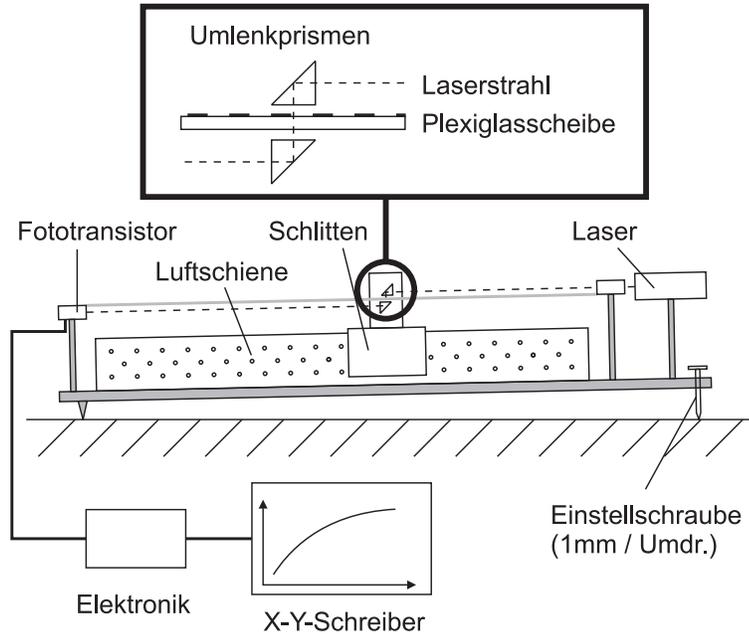
2) Apparate und Aufbau

Komponenten: Luftkissenschiene
Schlitten
Laser
Auswertelektronik
X-Y-Schreiber

Aufbau:

Die Luftschiene (siehe Abb.) besteht aus einer Dreikantschiene mit vielen kleinen Bohrungen durch die Preßluft ausströmt. So entsteht zwischen Schiene und Schlitten ein Luftkissen. Die Luftschiene ist horizontal justiert, wenn sich der Schlitten nicht mehr bewegt.

Luftschiene mit optischer Geschwindigkeitsmessung



VORSICHT!

Nie in Richtung des Laserstrahls blicken!

Laser kann Augenschäden hervorrufen!

Die aufgebaute Schiene nicht bewegen!

Die Halterung des Lasers und sonstiger optischer Elemente nicht berühren!

Beim Bewegen des Schlittens per Hand darauf achten, daß weder die Plexiglasschiene noch die Optik berührt wird!

Beim Verstellen der Neigung der Luftschiene darauf achten, daß die Justierung des Lasers nicht verstellt wird!

Die Messung der Geschwindigkeit des Schlittens erfolgt mit Hilfe eines Lasers. Dazu ist parallel zur Luftschiene eine Schiene aus durchsichtigem Plexiglas angebracht, die periodisch mit undurchsichtigen Metallstreifen versehen ist. Der Laserstrahl verläuft parallel zur Luftschiene und wird durch das obere Glasprisma am Aufbau des Schlittens nach unten durch die Plexiglasschiene gelenkt. Ein weiteres Prisma lenkt den Strahl wieder parallel zur Luftschiene um, so daß er am Ende der Luftschiene auf einen Phototransistor trifft. Ein Phototransistor ist nur dann elektrisch leitend, wenn Licht auf ihn fällt.

Bewegt sich der Schlitten, wird der Laserstrahl periodisch durch die undurchsichtigen Metallstreifen unterbrochen. Der Phototransistor setzt diese periodischen Lichtblitze in Spannungspulse um, deren zeitlicher Abstand sich mit der Geschwindigkeit v des Schlittens ändert. Dieses Spannungssignal wird elektronisch umgewandelt und auf die Y-Ablenkung eines X-Y-Schreiber ausgegeben. Die Y-Ablenkung ist also proportional zur Geschwindigkeit v des Schlittens.

3) Meßaufgaben und Auswertung

- a) Justieren Sie die Luftschiene horizontal und schätzen die Genauigkeit ab, mit der dies möglich ist. Messen Sie mindestens 4 mal bei festem Neigungswinkel α der Luftschiene das dazugehörige $v-t$ -Diagramm und bestimmen Sie daraus die Beschleunigung a des Schlittens. Errechnen Sie aus dem erhaltenen Wert und dem gemessenen Neigungswinkel α die Erdbeschleunigung g . Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch. Bestimmen Sie dazu die Fehler Δa , $\Delta \alpha$ und Δg . Vergleichen Sie Ihren gemessenen Wert von g mit dem Literaturwert für Regensburg (siehe Versuch 1A). Ist die Übereinstimmung gut?
- b) Messen Sie die Beschleunigung a für verschiedene Neigungswinkel α und tragen Sie die Meßwerte in geeigneter Form graphisch auf. Tragen Sie Fehlerbalken ein und bestimmen Sie die Erdbeschleunigung mit Fehler aus der graphischen Darstellung.

1C Atwoodsche Fallmaschine – Vorbereitung

Grundlagen

Geschwindigkeit, Beschleunigung, geführte Bewegung, Kraft und ihre Zerlegung in Komponenten, Energiebilanz, Bewegungsgleichung und ihre Lösung (siehe z.B. Literatur I.3, I.10).

Aufgabe zur Vorbereitung

- 1) Bestimmen Sie zum Versuchsaufbau (siehe Abb.) die Beschleunigung a der Massen aus der Kräftebilanz. Lassen Sie das Trägheitsmoment der Rolle unberücksichtigt; dies wird in Versuch 4 ausführlich behandelt.
- 2) Berechnen Sie aus der Beschleunigung a den Ort x als Funktion der Zeit t und geben Sie die Proportionalitätskonstante C in der Beziehung $x = Ct^2$ an. Bestimmen Sie aus C die Erdbeschleunigung g .
- 3) In Aufgabe 1 und im Versuch wird die Reibung und das Trägheitsmoment der Umlenkrolle vernachlässigt. Erklären Sie, wie sich diese beiden Effekte auf die Konstante C auswirken.

Atwoodsche Fallmaschine – Versuchsdurchführung

1) Problemstellung

Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung im Schwerfeld der Erde wird mit der Atwoodschen Maschine soweit verlangsamt, daß sie bequem meßbar ist.

2) Apparate und Aufbau

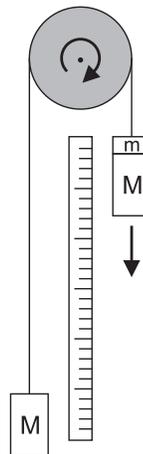
M : große Masse (ca. 0,7 kg
(siehe Prägung)

m : Zusatzmasse

M = große Masse

(ca. 0,7 kg, siehe Prägung)

m = Zusatzmasse



Über einer leicht drehbaren Rolle hängt ein Faden, an dessen Enden zwei gleiche Massen M befestigt sind. Unter dem Einfluß der Zusatzmasse m setzt sich das System in Bewegung. Die Zeiten werden mit einer Stoppuhr gemessen, die Wege an dem Maßstab abgelesen.

3) Meßaufgaben und Auswertung

- a) Messen Sie mit einer Zusatzmasse $m = 20\text{ g}$ für sechs verschiedene Fallhöhen x die Fallzeit t mit einer normalen Stoppuhr. Bestimmen Sie die Fallzeit für jede Fallhöhe mindestens 5 mal.
- b) Stellen Sie die Meßwerte in geeigneter Weise graphisch dar und bestimmen Sie die Proportionalitätskonstante C_{exp} in der Beziehung $x = C_{exp} t^2$. Geben Sie die Fehler Δx , Δt und ΔC_{exp} an. Da die Werte für M , m und die Erdbeschleunigung bekannt sind, läßt sich die Proportionalitätskonstante C_{th} auch berechnen. Vergleichen Sie diese mit dem Ergebnis Ihrer Messung. Berechnen Sie aus C_{exp} die Erdbeschleunigung g_{exp} und vergleichen Sie diese mit dem Wert für Regensburg $g = 9,8088 \pm 0,0001\text{ m/s}^2$. Diskutieren Sie die Übereinstimmung bzw. die Abweichung.
- c) Wiederholen Sie die Messaufgaben (a) und (b) mit der elektronischen Stoppuhr. Messen Sie für dieselben sechs Fallhöhen die Fallzeit nur jeweils einmal. Führen Sie bei den Messungen mit der elektronischen Stoppuhr aus Zeitgründen keine Fehlerbetrachtung durch. Verwenden Sie bei diesen Messungen einen Fehler von $\pm 1\%$ für C_{exp} .
- d) Messen Sie die Beschleunigung a in Abhängigkeit von m (verwenden Sie nur Massen von $20 \leq m \leq 50\text{ g!}$). Verwenden Sie nur die elektronische Stoppuhr. Es genügt, die Zeiten einmal für eine bestimmte Fallhöhe zu messen. Überlegen Sie welche Fallhöhe sinnvoll ist. Tragen Sie a gegen m auf. Bestimmen Sie die Steigung S_{exp} und den Achsenabschnitt Δa auf der a -Achse. Nehmen Sie für S_{exp} einen Fehler von 2% und für Δa einen Fehler von 10% an. Der Achsenabschnitt Δa wird in Aufgabe (e) verwendet. Vergleichen Sie das Ergebnis für die Steigung mit dem berechneten Wert S_{th} . Beachten Sie dabei, daß $m \ll M$ ist.
- e) Berücksichtigung der Reibung.

Das Auf- und Abrollen des Fadens auf der Umlenkrolle bremst wie mechanische Reibung mit dem Koeffizienten μ . Außerdem hat man die Reibung im Kugellager. Die Reibung wirkt sich sowohl auf die Bestimmung der Erdbeschleunigung (Aufgabe (a) bis (c)) als auch auf den Zusammenhang zwischen der Beschleunigung a und der Masse m (Aufgabe (d)) aus. Die unten angegebenen Gleichungen werden in Versuch 4 hergeleitet.

Messaufgabe (d): Man kann zeigen, dass für den Achsenabschnitt folgendes gilt: $\Delta a = -\mu g$. Die Reibung wirkt sich aber nicht auf die Steigung S_{exp} aus. Berechnen Sie den Reibungskoeffizienten μ aus dem gemessenen Achsenabschnitt Δa .

Messaufgabe (c): Unter Berücksichtigung der Reibung kann die Erdbeschleunigung g_{exp} aus dem Wert von C_{exp} folgendermaßen berechnet werden:

$$g_{\text{exp}} = \frac{2C_{\text{exp}}}{\frac{m}{2M+m} - \mu}.$$

Verwenden Sie für die Berechnung den Wert des Reibungskoeffizienten μ , den Sie aus Achsenabschnitt Δa bestimmt haben. Berechnen Sie die Erdbeschleunigung unter Berücksichtigung der Reibung und vergleichen Sie sowohl mit dem in (c) bestimmten Wert ohne Reibung als auch mit dem Wert für Regensburg. Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.