

Physik Praktikum

Versuch 6 „Reversionspendel“

Vorbereitung:

1. Welche Ursachen hat die Fallbeschleunigung auf der Erde? Wie hängt sie von der Breite ab?

→ Schwerkraft zum Erdmittelpunkt gerichtet

→ Geschwindigkeit wächst proportional zur Fallzeit rund $9,81 \text{ m/s}^2$

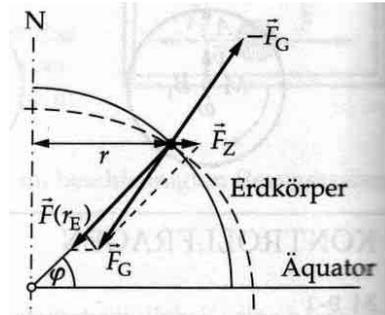
→ Weg proportional dem Quadrat der Fallzeit

→ im Luftleeren Raum mit rund $9,81$

→ auf Erde wächst Luftwiderstand mit steigender Geschwindigkeit, kann der Schwerkraft gleich werden

→ auf der Erde durch Erdanziehungskraft und Zentrifugalkraft infolge der Erdrotation hervorgerufen

→ wegen der Erdabplattung und der Änderung der Zentrifugalkraft mit der geographischen Breite ist die Fallbeschleunigung an den Polen $9,83$ und am Äquator mit $9,78 \text{ m/s}^2$



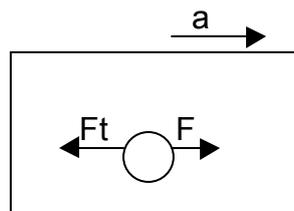
F_{RE} = Gravitationskraft zum Mittelpunkt der Erde

F_G = Gewichtskraft

F_Z = Zentrifugalkraft

2. Welche Trägheitskräfte beobachtet man in einem geradlinig beschleunigtem und in einem rotierenden Bezugssystem? Wie werden sie berechnet? Geben Sie Beispiele an, bei denen diese Kräfte in Erscheinung treten! Was ist ein Inertialsystem?

Geradlinig beschleunigtem System:



→ um einen Körper der Masse m in einem beschleunigten Bezugssystem relativ zu diesem in Ruhe zu halten, so ist die Kraft $F = ma$ erforderlich. Kräftegleichgewicht = $F + Ft = 0$

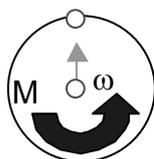
→ somit ergibt sich die Trägheitskraft $Ft = -ma$

Rotierendes System: → Zentrifugalkräfte

→ Coriolis Kraft

→ ruhender Körper hat die Radialbeschleunigung $ar = -\omega^2 r$, das Vorzeichen zeigt an, daß sie zur Drehachse gerichtet ist. Als Trägheitskraft tritt die von der Drehachse weggerichtete Zentrifugalkraft auf $Fz = m\omega^2 r$ als Vektorschreibweise $Fz = m(\omega \times r) \times \omega$ hierbei liegt der Ursprung des Ortsvektors auf der Drehachse

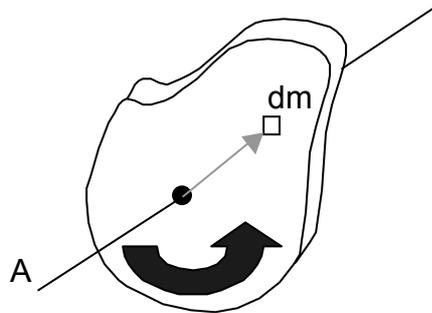
→ Coriolis-Kraft $Fc = 2m(v \times \omega)$



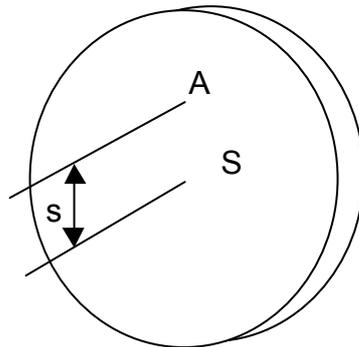
→ Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung

3. Wie lautet die Bewegungsgleichung für die Rotation um eine feste Achse? Wie sind die darin enthaltenen Größen definiert? Wie hängen die Lage der Drehachse und das zugehörige Trägheitsmoment bei einem beliebig gestaltetem Körper aus?

→ Drehmoment ist Ursache für Winkelbeschleunigung $M = r \times F$
 → muß stets auf festen Drehpunkt bezogen werden
 → hängt nicht nur von Richtung der Kraft ab, sondern auch von Angriffspunkt $M_A = J_A \alpha$
 → J_A ist ein Maß für die Trägheit eines Körpers bei Drehzahländerung
 → bei der Translation ist die Trägheit allein durch die Maße m bestimmt
 → J_A ist aber auch abhängig von der Entfernung der Massen zum Drehpunkt $J_A = \int r^2 dm$



→ wenn Trägheitsmoment J_S bekannt ist um eine Achse S (durch den Schwerpunkt eines Körpers), so ist auch J_A bekannt, daß in einem Abstand s um eine Achse A wirkt $J_A = J_S + ms^2$



→ ändert ein starrer Körper während der Drehung sein Trägheitsmoment, so muß die Bewegungsgleichung als $M_A = \frac{d}{dt} (J_A \omega) = \frac{d}{dt} L_A = L_A'$

geschrieben werden

→ $L_A = J_A \omega$ ist der Drehimpuls eines Körpers der um die Achse A rotiert (ist Vektor)

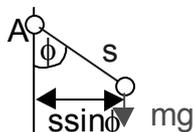
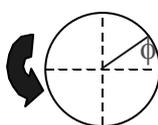
4. Leiten Sie die Formeln für die Schwingungsdauer eines mathematischen und eines physischen Pendels her! Wie hängen sie von der Amplitude der Schwingung ab? Welche speziellen Eigenschaften besitzen Reversionspendel, Ausgleichspendel und Pendel mit geneigter Achse?

→ bei der Torsionsschwingung schwingt das System um eine Stabachse, die Torsionsfederkonstante bestimmt man aus $M = c_t \varphi$

→ die Periodendauer bestimmt man aus $T = 2\pi \sqrt{J/c_t}$

→ $M = mgs \sin \varphi$ für kleine Ausschläge kann $\sin \varphi = \varphi$ gesetzt werden, $c_t = M/\varphi$ somit $c_t = mgs$

→ daraus ergibt sich die Periodendauer des Pendels mit: $T = 2\pi \sqrt{J_A/mgs}$



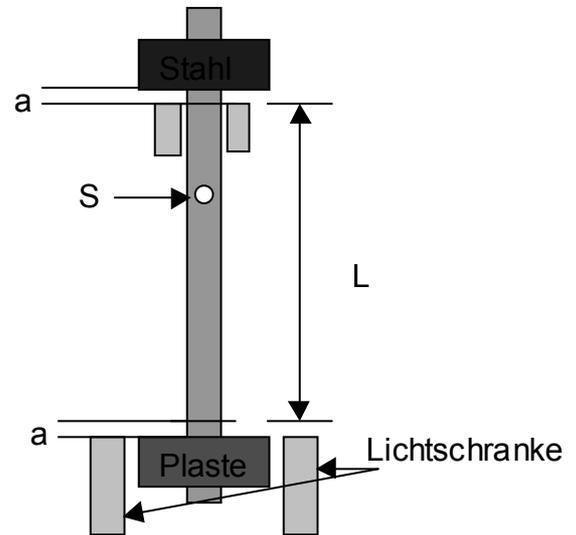
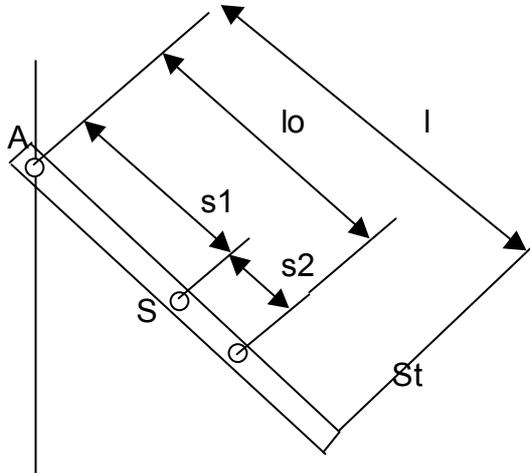
→ bei einem mathematischem Pendel mit der punktförmigen Masse m ist $J_A = ml^2$ $l = s$

$$\rightarrow T = 2\pi \sqrt{ml^2/mgl} \rightarrow 2\pi \sqrt{l/g}$$

→ die Schwingungsdauer eines Pendels bleibt unverändert, wenn man Aufhängepunkt und Stoßmittelpunkt miteinander vertauscht (Reversionspendel)

Testfragen:

1. Skizzieren Sie den Aufbau des in diesem Versuch betrachteten Reversionspendel und benennen Sie alle für Versuchsdurchführung und Auswertung nötigen Größen mit den zugehörigen Maßeinheiten.



l_0 in mm (Abstand der Masse zur Achse A)

$s_1 = l/2$ in mm

m in Gramm

l = Gesamtlänge

bei reduzierter Pendellänge $J_A = ms$

2. Zwei Gruppen messen mit der im Praktikum verwendeten Meßanordnung die Fallbeschleunigung und erhalten dabei die folgenden Werte, Gruppe A = $9,82 \pm 0,03 \text{ m/s}^2$, Gruppe B = $9,79 \pm 0,06 \text{ m/s}^2$, der wahre Wert also ohne Fehler sei $9,80$. Welche der beiden Gruppen hat besser gemessen?

Gruppe A hat besser bemessen, da sie einen kleineren relativen Fehler haben, bei Gruppe B wäre demnach der systematische Fehler größer.

3. Was ist die Ursache für die Fallbeschleunigung auf der Erde? Wie hängt sie qualitativ von der geographischen Breite ab?

Ursachen sind die Gravitationskraft, welche zum Mittelpunkt der Erde wirkt und die Zentrifugalkraft. Diese beiden Kräfte ergeben als Resultierende die Gewichtskraft, welche treibend für die Fallbeschleunigung ist. Der Unterschied der Fallbeschleunigung in den Breiten resultiert aus der unterschiedlichen Geschwindigkeiten, desto näher man den Polen kommt, desto größer werden die Geschwindigkeiten und somit die Zentrifugalkraft, was eine Vergrößerung der Gewichtskraft mit sich bringt.

4. Welche Trägheitskräfte werden in einem ruhenden, einem geradlinig gleichförmig bewegten und einem geradlinig beschleunigten Bezugssystem beobachtet.

G_b Bezsys.: $F_t = ma$

G_g Bewsys.:

5. Leiten Sie die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels her!

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

6. Erläutern Sie die Begriffe „labiles“, „stabiles“ und indifferentes Gleichgewicht“.

Die Gleichgewichtslage eines Körpers hängt vom Verhalten seines Schwerpunktes bei einer Bewegung des Körpers ab.

→ stabil – hebt sich, wenn Extremwert der potentiellen Energie ein Minimum erreicht, bei kleiner Störung geht das System von selbst wieder in's Gleichgewicht

→ labil - senkt sich, Maximum an potentieller Energie, bei kleiner Störung Zerstörung des Gleichgewichtes

→ indifferent – bleibt in gleicher Höhe

Körper im Gleichgewicht, wenn Summe aller Kräfte gleich Null

Als Stabilitätskriterium muß die zweite Ableitung der potentiellen Energie nach x untersucht werden

$$\frac{d^2 E_p}{dx^2}$$

7. Für die genaue Bestimmung der Fallbeschleunigung wird in der Versuchsanleitung ein Korrekturterm der Form $(1+p_1/p)$ anstelle von 1 zur Berücksichtigung des hydrostatischen Auftriebs eingeführt, wobei p_1 und p die Dichten der Luft respektive des Pendelmateriale (Stahl) seien. Schätzen Sie die Größenordnung ab, um die der Wert von g (absolut oder relativ) durch diese Korrektur verändert wird. Erfahrungsgemäß beträgt die statistische Genauigkeit des hier durchgeführten Versuches für $\Delta g/g = 0,1\%$. Diskutieren Sie vor diesem Hintergrund kurz, ob die oben angesprochene Korrektur notwendig oder vernachlässigbar ist. Schlagen Sie eine Veränderung des Experimentes vor, mit der Sie bestimmen können, inwieweit Sie einen Einfluß der Auftriebskorrektur messen können.

8. Geben Sie die Bewegungsgleichung für ein mathematisches Pendel und ihre Lösung an.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

Beide zusammengefasst $\omega = \sqrt{g/l}$

9. Geben Sie die Bewegungsgleichung für ein physikalisches Pendel und ihre Lösung an.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad T = 2\pi \sqrt{J_A/mgs}$$

$$\omega = \frac{mgs}{J_A}$$

10. Erläutern Sie die Begriffe: → Massenschwerpunkt
→ Trägheitsmoment
→ Erdbeschleunigung.