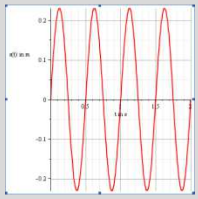
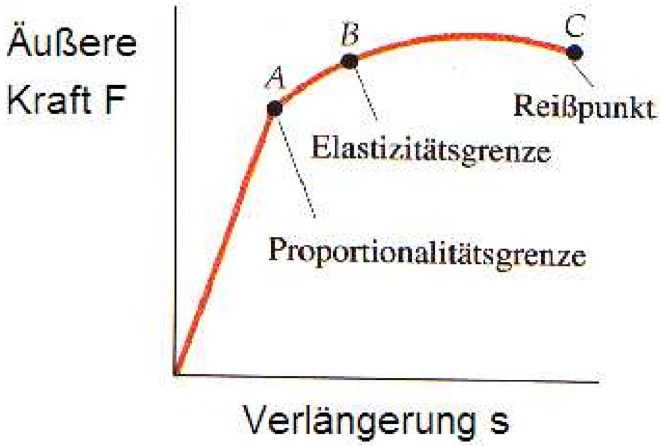
EI K1PH-4 2012-13	PHYSIK 1. Probeklausur - Lösung	

1. Aufgabe **(3 Punkte)**

Das rechts abgebildete Diagramm zeigt die Wirkung einer äußeren Kraft F auf eine Feder mit Federhärte D.



a) Erläutere anhand des Diagramms, was mit den Punkten A, B und C gemeint ist.
b) Angenommen, dir würden alle genauen Werte des Diagramms vorliegen – würdest du den gesamten Messbereich zum Bestimmen der Federhärte D verwenden? Begründe deine Antwort.

Zu a): bis Punkt A verhält sich die Feder wie beim Hookeschen Gesetz; die rückstellende Federkraft ist ihrer Auslenkung proportional. Von Punkt A an reagiert die Feder nicht mehr linear; sie dehnt sich zwar weiter, aber nicht mehr so „schnell" wie aus dem vorherigen linearen Zuwachs erwartet. Die Federhärte D ändert sich hier ständig! Daher macht der Begriff ab jetzt auch wenig Sinn. Wenn die äußere Kraft weiter ansteigt, wird die Elastizitätsgrenze B überschritten; die Feder wird nicht mehr in ihre Ausgangsform zurückkehren können. Erhöht sich F noch weiter, wird sie schließlich zerstört. Dabei markiert C den Reißpunkt.

Zu b): Man darf nur die Messpunkte vom Ursprung ab bis Punkt A berücksichtigen, denn danach verhält sich die Feder nicht mehr linear.

2. Aufgabe **(5 Punkte)**

Nenne und erläutere die drei Axiome der Mechanik von I. Newton. Gib jeweils ein Alltagsbeispiel! Wie lautet das „vierte Newton'sche Axiom"?

Siehe Aufzeichnungen. Das vierte Axiom ist das Superpositionsprinzip, in dem noch einmal klar formuliert wird, das Kräfte durch Vektoren beschrieben werden.

3. Aufgabe **(3 Punkte)**

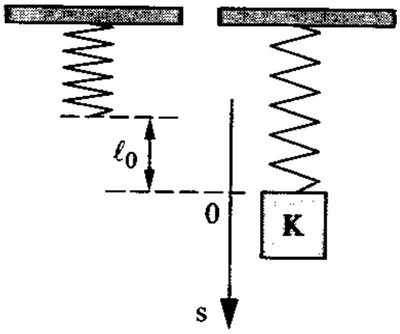
a) Wieso setzt sich ein Wagen der Masse m, der auf einer abschüssigen Straße steht, machmal von selbst in Bewegung? Verdeutliche deine Begründung mit einer ausführlichen Skizze.
b) Wenn die Straße nicht sehr steil ist, bleibt ein geparktes Auto ohne angezogene Bremse (bitte nicht ausprobieren! Oder Gang einlegen!) trotzdem stehen. Begründe, wieso.

Siehe Aufzeichnungen zur schiefen Ebene; die Normalkraft der Fahrbahn hebt nicht mehr die gesamte Gewichtskraft auf, da sie nicht mehr in die gleiche Richtung zeigen. Die „Restkraft", die sog. Hangabtriebskraft, setzt nach F=ma den Wagen in

Bewegung. Allerdings können die Reibungskräfte größer als die Hangabtriebskraft sein wie bspw. in b).

4. Aufgabe **(14 Punkte)**

Ein Körper K der Masse M=190g wird vorsichtig an eine Feder mit einer Federhärte von 30 N/m gehängt. Dabei verlängert sich die zunächst entspannte (und idealisiert masselose) Feder um l_0 bis zur Gleichgewichtslage.



a) Berechne die Verlängerung l_0 der Feder.

Die beteiligten Kräfte sind F_G=mg und F_{Feder}=Dl_0. Sie wirken exakt entgegen, vom Betrag her heben sie sich auf. Also ist F_G=F_{Feder}:

Nach l_0 aufgelöst findet sich

K wird nun aus seiner Gleichgewichtslage nach unten ausgelenkt und anschließend losgelassen. Zum Zeitpunkt t_0=0s (hier beginnt die Zeitmessung) passiert K die Gleichgewichtslage mit einer Geschwindigkeit v_0=2m/s.

b) Ermittle die Amplitude s der Schwingung.

Vom Prinzip läuft es so wie auf dem Arbeitsblatt, als wir bei bekanntem s die Geschwindigkeit v_{max} bestimmt haben. Nur ist dieses Mal s unbekannt, dafür ist v_{max} bekannt. Für eine weitere Aufgabe (wieder mit bekanntem s) gehst du auf

http://www.leifiphysik.de/web_ph10_g8/musteraufgaben/04lin_bew/federpendel/federpendel.htm

Wir setzen die Nulllage der potentiellen Energie wieder auf den untersten Punkt, also s unterhalb der Gleichgewichtslage.

Damit ist die der Schwingung zur Verfügung stehende Energie die Differenz aus der gesamten Spannenergie zur vorher in der Gleichgewichtslage gespeicherten Energie:

Diese Energie ist in der Gleichgewichtslage die Bewegungsenergie E_{Kin}=0.5mv² mit bekanntem v=2m/s. ΔE ist damit 0,38J. Also:

$$0{,}38\,J = \underbrace{\tfrac{1}{2} D (l_0+s)^2} - \tfrac{1}{2} D l_0^2 - mgs$$

$$= \underbrace{\tfrac{1}{2} \cancel{D l_0^2} + D l_0 s + \tfrac{1}{2} D s^2} - \tfrac{1}{2} \cancel{D l_0^2} - mgs$$

$$0{,}38\,J = D \cdot l_0 \cdot s + \tfrac{1}{2} D s^2 - mgs$$

Wir setzen $D = 30\,\frac{N}{m}$, $l_0 = 0{,}062\,m$, $g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$ und $m = 0{,}19\,kg$ ein und verzichten auf Einheiten:

$$0{,}38 = 30 \cdot 0{,}062 \cdot s + \tfrac{1}{2} \cdot 30 \cdot s^2 - 0{,}19 \cdot 9{,}81 \cdot s$$

$$0{,}38 = 1{,}86 \cdot s + 15 s^2 - 1{,}8639\, s$$

$$= 15 s^2 - 0{,}0039\, s \qquad \mid -0{,}38$$

$$0 = 15 s^2 - 0{,}0039\, s - 0{,}38$$

Nun ist nach s aufzulösen, was der GTR übernimmt. Zum Beispiel kann man die rechte Seite in Y1 eingeben und dann die Nullstellen im Graphen ablesen. Es findet sich s≈0,159m.

Zur Überprüfung: Die Energiedifferenz muss 0,38J betragen, was man durch Einsetzen von s=0,159m (in etwa) bestätigt. Wir rechnen ab nun mit s=0,16m.

c) Ermittle die maximale Beschleunigung a, die der Pendelkörper K erfährt.

Die rückstellende Federkraft beträgt nach der Montagsstunde an jeder Position x F=-Dx. Sie ist in den Umkehrpunkten maximal, also für x=s. Nach F = ma ist F=ma=-Ds und nach a aufgelöst findet sich a≈-36m/s². Das Minuszeichen gibt nur die Richtung der Beschleunigung an.

Für die Schwingungsdauer am Feder-Schwere-Pendel T gilt allgemein

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

d) Berechne T für den Pendelkörper K. Weise nach, dass die rechte Seite der Gleichung auch die Dimension „Sekunde“ besitzt!

Man setzt m=0,19kg und D=30N/m und erhält so T≈0,5s.

e) Wie ändert sich T, wenn man die angehängte Masse M verneunfacht?

T hängt ja von Wurzel(m) ab, also ist die neue Schwingungsdauer T‘=3T bzw. 1,5s. Man kann natürlich neu rechnen.

f) Wie ändert sich das ursprüngliche T, wenn man die Feder gegen eine mit einer Federhärte D* = 120 N/m tauscht?

Gegenüber dem alten Wert D=30N/m hat sich die Federhärte nun vervierfacht. Da T von 1/Wurzel(D) abhängt, wird sich die Schwingungsdauer nun halbieren, also T‘‘=0,25s. Man kann natürlich neu rechnen.

g) Wie ändert sich das ursprüngliche T, wenn man die Amplitude s halbiert?

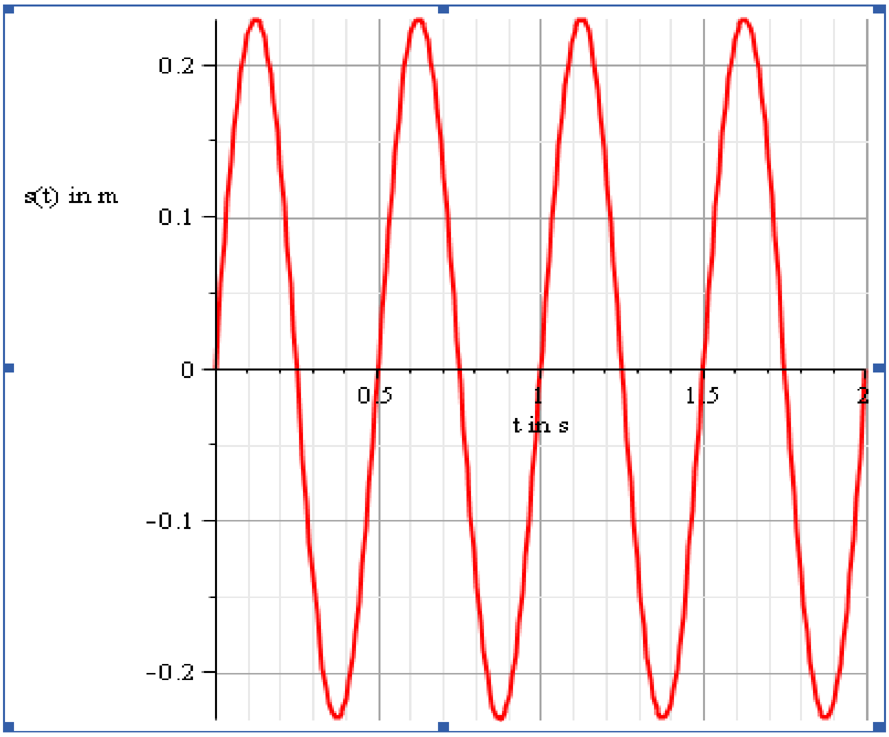
Gar nicht!

h) Beschreibe für eine vollständige Schwingung die Umwandlung der drei beteiligten Energieformen.

Siehe Aufzeichnungen! Im unteren Umkehrpunkt ist die potentielle Energie minimal, die kinetische Energie Null. Dafür ist die Spannenergie maximal. Im oberen Umkehrpunkt ist die Lageenergie maximal, die Spannenergie minimal. Die Bewegungsenergie wieder Null. Im Durchgang durch die Gleichgewichtslage ist die kinetische Energie maximal, die anderen beiden Energieformen sind beide vorhanden. Hier eine Veranschaulichung bei leifi:

http://www.leifiphysik.de/web_ph08_g8/simulationen/01fedpendel/federpendel.htm

Der (idealisiert reibungsfreie) Schwingvorgang wird gefilmt und in ein s(t)-Diagramm umgesetzt:



i) Gib eine Funktionsgleichung für s(t) an, die den obigen Graphen korrekt beschreibt.

Hier wurde offensichtlich eine andere Amplitude verwendet als in der obigen Aufgabe. Mit s≈0,23m und T=0,5s findet sich s(t)=0,23·sin(12,57t), wobei s in Metern und t in Sekunden eingesetzt wird. Die Größe 12,57 ist $2\pi/T$, denn man muss ja die „normale" Periode von 2π auf 0,5 „anpassen". Entweder macht das der GTR mit einer Regression (dazu trägt man mehrere Datenpunkte in die Listen L1 und L2 ein) oder man rechnet per Hand.

j) An welcher Position befindet sich der Pendelkörper K nach 1min?

Mit der obigen Formel für s(t) wird das ganz einfach: Wir berechnen s(60s), da 60s=1min ist. Wobei hier unsere Rundung von $2\pi/T$ sich immer mehr bemerkbar macht… s(60)≈0.05m. Der Pendelkörper K befindet sich etwa 5cm oberhalb der Gleichgewichtslage.

In der Realität verliert jede Schwingung nach und nach ihre Energie.

k) Ist diese Energie einfach verschwunden?

Natürlich nicht, in geschlossenen Systemen gilt Energieerhaltung. Bspw. wird die innere Energie der Feder durch Reibungsvorgänge erhöht (es entsteht „Wärme").

l) Wann wäre die Amplitude s erstmals unter 1mm, wenn nach jeder Schwingung (also ca. alle 0,5s) genau 10% der Gesamtenergie verloren gehen würde?

Wir gehen von der ersten Schwingung mit v_{max}=2m/s aus (natürlich könnte man auch den zweiten Fall mit s=0,23m wählen; hier war ich leider mißverständlich).

Die Gesamtenergie der Schwingung hatten wir zu 0,38J berechnet. Diese sinkt je Zeitschritt (T=0,5s) um 10%. Man kann nun probieren oder mit $0,9^t$ rechnen!

Ist die Schwingungsamplitude nur noch s=0,001m, so steckt $1/2Ds^2 \approx 0,000015$ J an Energie in der Schwingung. Für welches x ist $0,38J \cdot 0,9^x = 0,000015J$?

$$0,38 \cdot 0,9^x = 0,000015$$

Man teilt durch 0,38:

$$0,9^x = \frac{0,000015}{0,38} \approx 0.0000395$$

und logarithmiert:

$$\log(0,9^x) = \log(0,0000395)$$

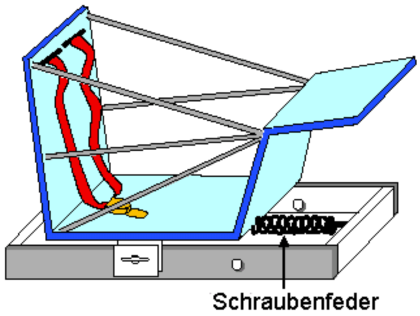
Nun kann man x vor den log ziehen:

$$x \cdot \log(0,9) = \log(0,0000395)$$

Man teilt durch log(0,9), berechnet die beiden logs mit dem GTR und erhält gerundet x≈10.5. Also wird bei der 11. Schwingung die Amplitude bereits kleiner als 1mm sein, was nach knapp 6s eintritt.

5. Aufgabe **(4 Punkte)**

Mit dem rechts abgebildeten Gerät bestimmen Astronauten im Space Shuttle ihre Körpermasse. Der Astronaut schnallt sich dabei mit dem roten Gurt fest. Die Feder wird etwas gespannt und losgelassen. Dabei handelt es sich um eine Schraubenfeder, die sowohl auf Druck wie auf Zug dem Hookeschen Gesetz genügt. Der blaue Schlitten ist praktisch reibungsfrei gelagert.



a) Warum verwendet man keine normale Bodenwaage?
b) Beschreibe, wie sich mit dieser Astronautenwaage die Masse des Astronauten bestimmen lässt.
c) Welche Federhärte D würdest du hier verwenden, wenn die Schwingungsdauer T ungefähr 0,5s betragen soll. Schätze unter Verwendung der Formel für T aus der vorherigen Aufgabe ab. Begründe dabei jeden Schritt deiner Abschätzung.

Zu a): Man nimmt keine Bodenwaage, da g nicht mehr 9,81m/s² ist und der Astronaut zwar noch seine Masse, aber praktisch kein Gewicht mehr besitzt!

Zu b): Wie wir in Experimenten gesehen haben, hängt die Schwingungsdauer einer Feder von der Masse und der Federhärte ab. Bei bekannter Federhärte kann man somit auf die unbekannte Astronautenmasse schließen!

Zu c): Der Astronaut wiegt wohl ca. 80kg. Mit Ausrüstung wohl eher 100kg, aber wir gehen mal davon aus, dass die Waage ohne Ausrüstung betreten wird.

Dann ist nach der obigen Gleichung für die Schwingungsdauer

$$0,5s = T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi\sqrt{\frac{80kg}{D}}$$

nach D aufzulösen:

$$0,5s = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{80kg}{D}} \quad \Big| :2\pi$$

$$\Leftrightarrow \frac{0,5s}{2\pi} = \sqrt{\frac{80kg}{D}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{0,25s}{\pi} = \sqrt{\frac{80kg}{D}} \quad \Big| (\ldots)^2$$

$$\Rightarrow \left(\frac{0,25s}{\pi}\right)^2 = \frac{80kg}{D} \quad \Big| \cdot D$$

$$D = \frac{80kg}{(\ldots)^2} \approx 12633 \frac{N}{m}$$