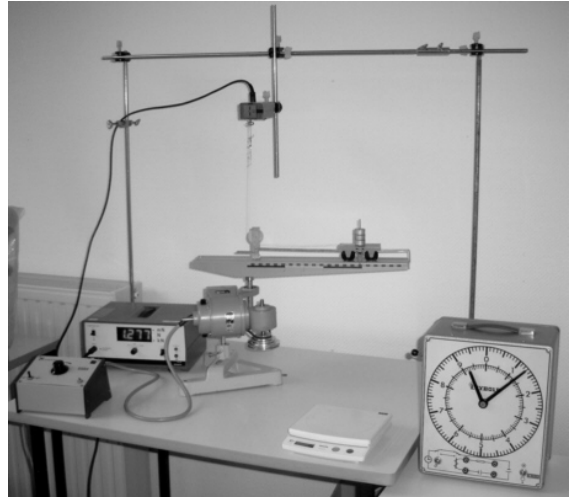


1 Mit dem Zentralkraftgerät wird die Kraft F in Abhängigkeit vom Radius r der Kreisbahn des Wagens gemessen. Die Masse des Wagens ist konstant (aber unbekannt), für 10 Umdrehungen benötigt der Dreharm 10,95 Sekunden.

a) Werten Sie diesen Versuch zeichnerisch und rechnerisch aus (dazu gehört die Verwendung aller Messwerte!).

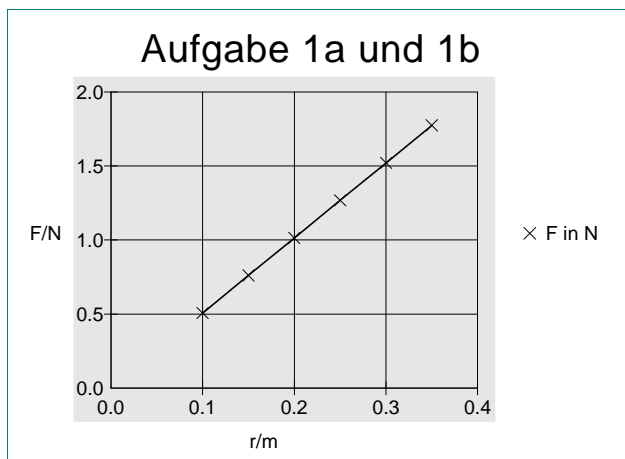
| | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| r/cm | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| F/N | 0,507 | 0,761 | 1,014 | 1,268 | 1,521 | 1,775 |

b) Aus dem Unterricht ist die Formel $F = m \cdot \frac{v^2}{r}$ bekannt. Zeigen Sie, dass der Versuch mit dieser Formel übereinstimmt und berechnen Sie unter Berücksichtigung des ganzen Versuchs die Masse des Wagens.



Zentralkraftgerät: Die zu sehenden Einstellungen gehören nicht zu dem auszuwertenden Versuch!

| r in m | F in N | F/r in N/m | T in s | $m = F \cdot T^2 / (4 \cdot \pi^2 \cdot r)$ in kg |
|----------|--------|------------|--------|---|
| 0,10 | 0,507 | 5,07000 | 1,095 | 0,15398431 |
| 0,15 | 0,761 | 5,07333 | 1,095 | 0,15408555 |
| 0,20 | 1,014 | 5,07000 | 1,095 | 0,15398431 |
| 0,25 | 1,268 | 5,07200 | 1,095 | 0,15404505 |
| 0,30 | 1,521 | 5,07000 | 1,095 | 0,15398431 |
| 0,35 | 1,775 | 5,07143 | 1,095 | 0,15402769 |
| Schnitt: | | 5,07113 | | 0,154019 |



benutzte Formel:

$$F = m \cdot v^2 / r = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

zu a):

In der Tabelle sind der Radius r in Meter und die Kraft F in Newton eingetragen. Der Graph mit r auf der waagrechten und F auf der senkrechten Achse ergibt eine Gerade, d.h. die Kraft ist proportional zum Radius, also $F \sim r$. Das zeigt auch die rechnerische Überprüfung in der 3. Spalte (da $F \sim r$, gilt $F = c \cdot r$ und $c = F/r$ mit konstantem c)

zu b): Zunächst scheint ein Widerspruch vorzuliegen, da in der aus dem Unterricht bekannten Formel $F=m \cdot v^2/r$ der Radius im Nenner auftritt und man somit eine umgekehrte Proportionalität vermuten könnte.

Aber in der Bahngeschwindigkeit v ist der Radius enthalten ($v=\omega \cdot r$) und damit gilt:

$$F=m \cdot v^2/r=m \cdot (\omega \cdot r)^2/r=m \cdot \omega^2 \cdot r=m \cdot (2 \cdot \pi/T)^2 \cdot r=m \cdot 4\pi^2 \cdot r/T^2$$

In $\omega=2 \cdot \pi/T$ ist der Radius nicht enthalten, so dass tatsächlich $F \sim r$ gilt.

Stellt man die Formel $F=m \cdot 4\pi^2 \cdot r/T^2$ nach m um, so erhält man $m=F \cdot T^2/(4\pi^2 \cdot r)$ und kann damit die Masse des Wagens zu $m=154g$ berechnen (s.Tabelle)

2 Ein leichtgewichtiger Sohn ($m_S=25kg$) versucht seinem schwergewichtigen Vater ($m_V=100kg$) das Schlittschuhlaufen beizubringen.

Auf gerader Strecke fährt der Vater mit konstanter Geschwindigkeit $v_V=2m/s$ geradeaus.

Der Sohn kommt ihm mit $v_S=-4m/s$ direkt entgegen.

Sie prallen ungebremst aufeinander, umklammern sich in Panik, fallen aber dennoch nicht hin, sondern fahren ungebremst gemeinsam weiter.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit nach dem Zusammenstoß und geben Sie die Richtung an, in der sich beide zusammen weiter bewegen.

Sehen wir von Reibungs- und Übergangseffekten einmal ab, können wir hier den Impulserhaltungssatz in der Form für den inelastischen Stoß anwenden: $m_V \cdot v_V + m_S \cdot v_S = (m_V + m_S) \cdot v'$, also

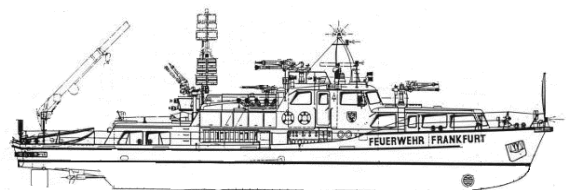
$$100kg \cdot 2m/s + 25kg \cdot (-4m/s) = 125kg \cdot v' \Rightarrow 100 \cdot 2 - 25 \cdot 4 = 125 \cdot v' \Rightarrow 200 - 100 = 125 \cdot v' \Rightarrow$$

$$100 = 125 \cdot v' \Rightarrow v' = 100/125 = 4/5 = 0,8$$

d.h. die beiden fahren mit $0,8m/s$ zusammen weiter und zwar wegen des positiven Ergebnisses in die Richtung, in die sich vor dem Stoß der Vater bewegt hat.

Übrigens wird die gemeinsame Fahrtrichtung nicht nur von der Masse des Vaters festgelegt, sondern auch von der Geschwindigkeit der beiden.

3 Das Feuerlöschboot „Frankfurt“ kann mit seinem größten Feuerlöschrohr 10000 Liter Wasser in einer Minute etwa 100 Meter weit schleudern. Das Wasser hat beim Austritt aus dem Rohr etwa die Geschwindigkeit $30m/s$.



- a) Berechnen Sie die Rückstoßkraft, die auf das Schiff in horizontaler Richtung wirkt, wenn man annimmt, dass das Rohr zu Testzwecken das Wasser parallel zur Wasseroberfläche austreten lässt.

Die Rückstoßkraft ergibt sich (wie bei der Rakete im Unterricht) daraus, dass ein bestimmter Massenverlust pro Zeiteinheit auftritt, wobei die Masse die feste Geschwindigkeit v besitzt.

Bei der Rechnung ist zu berücksichtigen, dass die Dichte des Wassers $1g/cm^3=1kg/dm^3=1kg/l$ beträgt und dass $1Minute = 60Sekunden$.

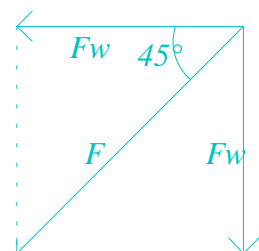
Hier gilt also: $F=\Delta p/\Delta t=\Delta(m \cdot v)/\Delta t=\Delta m/\Delta t \cdot v=10000kg/60s \cdot 30m/s=5000N$

- b) Beschreiben Sie, welche Auswirkung es auf das Boot hat, wenn das Rohr stattdessen unter einem Winkel von 45° zur Wasseroberfläche das Wasser austreten lässt.

Das Boot würde nicht nur eine Kraft parallel zur Wasseroberfläche erfahren, sondern auch eine Kraft senkrecht zur Wasseroberfläche nach unten.

Es gilt $\cos 45^\circ=F_w/F$, und $\sin 45^\circ=F_s/F$ also

$$F_w=F_s=F \cdot \cos 45^\circ=5000N/\sqrt{2}=3535,5N$$



- 4 a) Berechnen Sie, wie groß die Knautschzone in einem Auto sein müsste, d.h. auf welcher Weglänge das Auto bremsen müsste, damit die Insassen eine Beschleunigung von nicht mehr als der 4-fachen Erdbeschleunigung spüren, wenn das Auto bei Tempo 90km/h zentral an eine stabile Betonsäule fährt.

Es liegt eine (idealisiert) konstant beschleunigte Bewegung vor, also dürfen die Formeln $s=1/2 \cdot a \cdot t^2$ und $v=a \cdot t$ benutzt werden.

Entsprechend dem Aufgabentext wird $a=4 \cdot g=40\text{N/kg}$ gesetzt.

Aus $v=a \cdot t$ folgt $t=v/a$. Eingesetzt in $s=1/2 \cdot a \cdot t^2$ ergibt das $s=1/2 \cdot a \cdot (v/a)^2=1/2 \cdot v^2/a$.

Es gilt $90\text{km/h} = 90/3,6 \text{ m/s} = 25 \text{ m/s}$.

Einsetzen: $s=1/2 \cdot 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 / (40\text{N/kg}) = 625/(2 \cdot 40)\text{m} = 7,8125 \text{ m}$.

Da kein Auto über eine solche Knautschzone verfügt, kann man sich ausmalen, was ein entsprechender Unfall für den Fahrer und die Mitfahrer bedeutet.

- b) Berechnen Sie, wie groß bei dieser Maximalbelastung die Kraft auf einen Sicherheitsgurt wäre, der einen Menschen der Masse 80kg halten müsste.

Mit der Newtonschen Bewegungsgleichung gilt $F = m \cdot a = 80\text{kg} \cdot 40\text{N/kg} = 3200\text{N}$. Das ist aber ein geschöner Wert, denn er gilt nur, wenn auf einer Strecke von 7,8m abgebremst wird.

- 5 Eine an einem Faden befestigte Stahlkugel bewegt sich auf einer Kreisbahn. Der Winkel zwischen dem Haltefaden und der Senkrechten beträgt dabei 45° . Die Kugel benötigt für eine Umdrehung genau 1 Sekunde.

Berechnen Sie die Länge des Fadens.

An der Kugel wirkt senkrecht die Gewichtskraft $F_G=m \cdot g$ und

waagrecht die Zentralkraft $F_Z=m \cdot \omega^2 \cdot r$.

Es gilt $\tan 45^\circ = F_G/F_Z = 1$, also $F_G = F_Z$,

also $m \cdot g = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot r/T^2$.

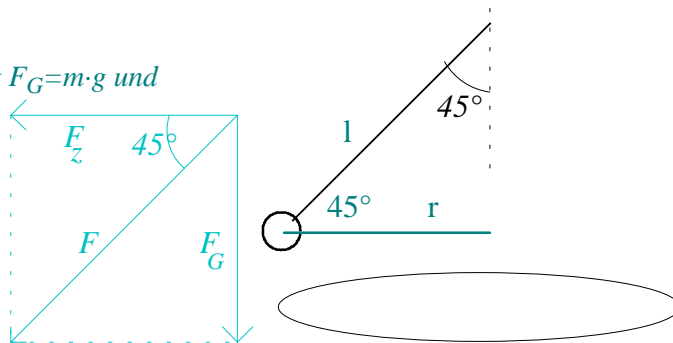
Daraus folgt: $r=g \cdot T^2/(4 \cdot \pi^2)$ und mit $T=1\text{s}$

$r=0,2533\text{m}$.

Wegen $\cos 45^\circ = r/l$, d.h. $l = r/\cos 45^\circ$ ergibt

sich $l = 0,2533\text{m} \cdot \sqrt{2} = 0,3582\text{m}$, also

$l=36\text{cm}$.



Formeln:

$$s = v \cdot t \quad s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad v = a \cdot t \quad F = m \cdot a \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad p = m \cdot v \quad a_z = \frac{v^2}{r} \quad v = \omega \cdot r \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

Für alle Aufgaben gilt: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Diese Formeln dürfen Sie ohne Beweis benutzen. Alle anderen Formeln müssen Sie herleiten.

Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben !!!