

**1. Aufgabe****(4 Punkte)**

Du wirfst einen leichten Ball senkrecht nach oben. Am Umkehrpunkt auf 30m Höhe erfasst ihn eine Windböe und er bekommt ab da eine seitliche Geschwindigkeitskomponente von 5m/s.

- Skizziere die Flugbahn des Balles ab dem Umkehrpunkt. Welche Form hat sie?
- Wie weit entfernt von dir schlägt der Ball auf den Boden auf?
- Wie schnell war der Ball, als du ihn hochgeworfen hast?

Zu a): Skizze lasse ich; die Form einer (Halb-)Parabel.

Zu b): Der Ball hat solange Zeit, an Weite zu gewinnen, solange er noch nach unten fallen kann. Daher brauchen wir erst einmal die Fallzeit. Die bekommen wir über $s=1/2gt^2$ mit $s=30m$ und $g=10m/s^2$. Dann ist $t=\sqrt{6}$ Sekunden, was etwa 2,4s entspricht. Während dieses Falls bewegt sich der Ball jetzt mit 5m/s von der Abwurfstelle weg. Nach 2,4s hat er 12m zurückgelegt.

Zu c): Das kann man bspw. über die Energieerhaltung ausrechnen; $W=mgh=0,5mv^2$. m hebt sich raus, also $gh=0,5v^2$ oder $v=\sqrt{600}$ m/s, was etwa 24,5m/s entspricht. Alternativ mit der Fallzeit (weil das Hochwerfzeit ist genauso groß wie die Fallzeit!) über $v=gt$.

2. Aufgabe**(4 Punkte)**

Ein 1,5t schwerer Schlitten steht auf einer 20° geneigten Rampe und ist mit einem Stahlseil (max. Zugkraft 10 kN) befestigt.

- Skizziere die Situation und erläutere an ihr den Begriff der Hangabtriebskraft.
- Kann man den Wagen mit 1t Last beladen, ohne dass das Seil reißt? Begründe!

Zu a): Skizze siehe Tafelbilder! Die Gewichtskraft kann man (wenn man möchte) in zwei Komponenten auftrennen; die Normalkraft und die Hangabtriebskraft. Die Normalkraft ist genau senkrecht auf die Oberfläche ausgerichtet, während die Hangabtriebskraft senkrecht dazu parallel zur Fahrbahn verläuft. Die Unterlage wirkt der Normalkraft entgegen und hebt diese auf (ansonsten würde bspw. ein Auto einfach in den Berg hineinfallen); übrig bleibt die Hangabtriebskraft. Sie ist dafür verantwortlich, dass ein Auto den Berg herunterrollt. Sie ist nur ein Teil der Erdanziehungskraft!

Zu b): Hier muss man etwas mit sinus/cosinus arbeiten. Die Hangabtriebskraft ist gerade $\sin(20^\circ)$ mal die Gewichtskraft, also das 0,34fache. Das Stahlseil hält 10kN, was einer 1t frei hängenden Last entspricht. Wegen der Schräge wirken von den 1,5t plus 1t weitere Last, also von 2,5t, „nur“ 34%, was 850kg frei hängender Last entspricht. Das Seil hält!

3. Aufgabe

(4 Punkte)

Die Spitze eines Minutenzeigers einer Turmuhr hat die Geschwindigkeit $v=1,5\text{mm/s}$.

- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit bei diesem Zeiger?
- Wie lang ist der Zeiger?

Zu a): Die Winkelgeschwindigkeit bekommen wir mit der Überlegung, dass ein Minutenzeiger in 1h insgesamt 360° überstreicht, oder besser, 2Pi . $1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$ und damit ist $w=2\text{Pi}/3600=0.00175\text{ Hz}$.

Zu b): Es gilt der Zusammenhang $v=wr$ und mit w aus Teil a) ergibt sich $r=v/w$ zu 859mm , was 86cm entspricht.

4. Aufgabe

(4 Punkte)

Alm-Heidi war bei Alm-Kuh Berta und ihre Milchkanne ist randvoll mit Milch gefüllt. Auf dem Heimweg schwenkt sie die Kanne auf einer vertikalen Kreisbahn, ohne dass Milch herausläuft.

- Der Radius der Kreisbahn sei $r=1\text{m}$. Wie viele Loopings muss Alm-Heidi in der Minute ausführen, damit die Milch gerade nicht herausläuft?
- Wieviel Haltekraft muss Alm-Heidi im tiefsten Punkt aufbringen, damit ihr die Kanne nicht entgleitet, wenn diese 2 kg wiegt?

Zu a): Zuerst einmal sollte die Milch wegen der Erdanziehung herauskommen. Tut sie aber nicht. Das liegt an der entgegengerichteten Zentripetalkraft. Im Grenzfall heben sich beide genau auf, die Milch wird schwerelos. Im realen Fall wird es eher so sein, dass man zu schnell dreht und sich die Milch an den Kannenboden gedrückt fühlt... Unser Ansatz ist also $mg=mw^2r$ (oder $=mv^2/r$, aber wir suchen am Ende f und da ist der Ansatz leichter). m hebt sich sofort heraus und wir sehen, dass sich abhängig vom Radius r sofort ein w ergibt: $w = \text{wurzel}(g/r)$, was etwa 3.16 Hz entspricht. w ist aber 2Pi mal f , also müssen wir noch durch 2Pi teilen und finden $f=0,5\text{Hz}$ entspricht. Also eine halbe Umdrehung pro Sekunde bzw. $30\text{U}/\text{min}$.

Zu b): Wie oben beschrieben muss die Zentripetalkraft im Auf-dem-Kopf-steh-Fall der Milchkanne die Gewichtskraft aufheben. Daher drehen wir dauerhaft mit $30\text{U}/\text{min}$. Wenn die Milchkanne in normaler Ausrichtung durch den niedrigsten Punkt rauscht, wirken immer noch beide Kräfte. Dieses Mal aber in die gleiche Richtung und so addieren sie sich zur doppelten Gewichtskraft 40N , was 4kg entspricht. Dreht Heidi zu schnell, wird es noch mehr. Daher reißt bei diesem Versuch manchmal der Henkel!

5. Aufgabe

(4 Punkte)

Ein Torwart ($69,6\text{kg}$) springt senkrecht empor und bekommt einen waagrecht mit 126 km/h heranfliegenden Ball (400g) in den Bauch und hält diesen fest („unelastischer Stoß“).

- Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich der Torwart rückwärts?
- Weise nach, dass bei diesem Vorgang Bewegungsenergie „verloren geht“.

Zu a): Es gilt Impulserhaltung. Der Impuls vor dem Stoß errechnet sich mit $v=126\text{km/h}=35\text{m/s}$ und $m=0,4\text{kg}$ zu 14 kgm/s . Nach dem Stoß ist $m=70\text{kg}$, also müssen wir $14/70=1/5=0.2\text{ m/s}$ für v ansetzen. Das ist nicht wenig!

Zu b): Wir vergleichen die Gesamtenergie $0.5mv^2$ vor dem Stoß mit der nach dem Stoß (da ist dann $m=70\text{kg}$): $0.5*0.4*35^2=245\text{J}$ vorher und $0.5*70*0.2^2=1.4\text{J}$, was

viel weniger ist! Der Torwart hat Energie aufgenommen (dadurch bekommt er ggf. Bauchschmerzen ;-).

Zusatzaufgabe

(+2 Punkte)

Zwei Kinder sitzen sich auf einer Wippe im Gleichgewicht gegenüber. Eines ist 25kg schwer und 1,80 Meter von der Drehachse entfernt. Das andere ist 1,50 Meter von der Drehachse entfernt.

- a) Wie schwer ist das zweite Kind?
- b) Während die beiden Kinder unverändert auf der Wippe sitzen, wird diese um 10° geneigt. Ist die Wippe noch im Gleichgewicht oder setzt sie sich in Bewegung? Begründe!

Zu a): Mit der Drehimpulserhaltung $F \cdot r = F \cdot r$ ergibt sich $25 \cdot 1,8 = x \cdot 1,5 \rightarrow x = 30\text{kg}$.

Zu b): Die Wippe bleibt im Gleichgewicht, denn die Drehimpulse heben sich ja immer noch auf. In der Praxis wird das anders aussehen, weil ja die Oberkörper sich anders neigen usw.