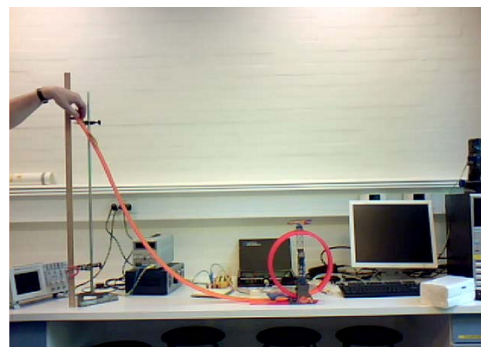
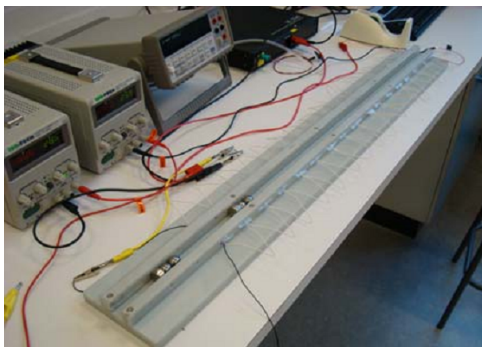

Mekanik Legestue I - Gaussriffel og bil på trillebane



Øvelsesvejledning til brug i Nanoteket
Udarbejdet i Nanoteket, Institut for Fysik, DTU
Rettelser sendes til Ole.Trinhammer@fysik.dtu.dk

September 2012

Indhold

Formål	1
1 Gaussriffel	1
1.1 Udstyr	1
1.2 Udførelse	1
1.3 Teori	2
2 Bil på trillebane	3
2.1 Udstyr	3
2.2 Udførelse	3
2.3 Teori	4
C-niveau	4
A-niveau	4

Formål

Denne øvelse er delt op i to, der begge beskæftiger sig med klassisk mekanik. Øvelserne laves på skift, og de kan begge laves uden kendskab til den anden.

Øvelsen på C-niveau forudsætter kendskab til kinetisk og potentiel energi.

Øvelsen på A-niveau forudsætter desuden kendskab til cirkelbevægelse.

1 Gaussriffel

En gaussriffel, eller på engelsk "railgun", fungerer ved, at projektiler af magnetiserbart materiale accelereres op ved brug af kraftige magnetfelter. Denne konstruktion har såvel militære som civile aspekter. De første gaussrifler er allerede blevet testet af den amerikanske flåde, og de formåede at accelerere 3.2 kg-projektiler op til en hastighed på 2.4 km/s (hvor en typisk riffel sender almindelige kugler med en vægt på omkring 5 g af sted med hastigheder i omegnen af 1 km/s). Derudover er det blevet foreslået at bruge gaussrifler til at sende fartøjer ud i rummet. Grundet den stærke acceleration vil dette dog, hvis det kan realiseres, højst sandsynligt blive begrænset til ubemandede fartøjer.

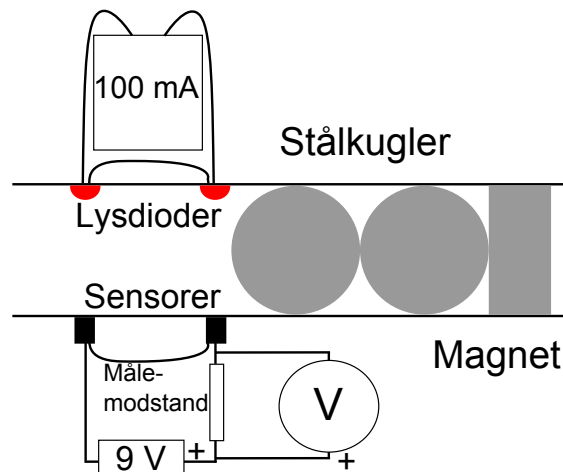
Formålet med denne øvelse er at bygge en gaussriffel vha. kraftige magneter og bruge disse til at accelerere stålkugler, samt at undersøge, hvordan mundingshastigheden afhænger af antallet af magneter.

1.1 Udstyr

- Kraftige magneter (OBS: Magneterne, der bruges her til forsøget, er sarte og må ikke smække sammen).
- Stålkugler.
- Trillebane.
- Fotoporte.
- Dataopsamlingsudstyr.

1.2 Udførelse

En magnet med to kugler på hver side sættes på trillebanen lige før den første fotoport, således at den yderste kugle ikke blokerer fotoporten. Magneten skal være omviklet med gaffatape for at forhindre, at den rykker sig under stødet. En strømforsyning med en strøm på højst 100 mA sluttes til lysdioderne. Et 9 V-batteri sættes til banens fotomodstande i serie med en målemodstand. Et voltmeter



Figur 1: Principskitse af opstillingen, der skal bruges til forsøget med gaus-sriflen.

tilkobles i parallel over målemodstanden. Opstillingen kan ses på figur 1. En tredje kugle sættes nu forsigtigt i gang, så den triller ind og rammer magneten på siden uden kugler, hvorefter hastigheden kan aflæses på computeren.

Herefter kan der eksperimenteres med flere kugler efter magneten samt flere magneter med mellemrum, så der opstår en kædereaktion. Noter hastigheder og plot disse i et regneark (Excel eller lignende), sammen med det respektive antal magneter.

1.3 Teori

Ved brug af energibevarelse vil nu kigge på, hvordan den kinetiske energi ændrer sig ved stødene. Til dette indføres følgende størrelser:

Tilvækst i kinetisk energi efter ét stød	E_1
Tab i potentiel energi, kugle 1 ind	$E_{\text{pot,ind}}$
Tilvækst i potentiel energi, kugle 2 ud	$E_{\text{pot,ud}}$
Gnidningsarbejde gennem magnettrinnet	A_{gnid}
Hastighed efter første stød	v_1

Energibevarelse giver da

$$E_1 = E_{\text{pot,ind}} - E_{\text{pot,ud}} - A_{\text{gnid}}$$

Disse størrelser vil være ens ved hvert stød, hvis magneterne er ens og ladet med lige mange (ens) kugler.

Opgave 1. For at riflen kan virke, skal $E_{\text{pot,ind}} > E_{\text{pot,ud}}$. Hvordan kan det lade sig gøre?

Ses der bort fra gnidningen mellem magnettrinnene fås efter n stød

Tilvækst i kinetisk energi efter n stød $E_n = nE_1$

Fra formelen for kinetisk energi fås nu

$$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \Leftrightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2E_1}{m}}$$
$$v_n = \sqrt{\frac{2E_n}{m}} = \sqrt{\frac{2nE_1}{m}} = \sqrt{n}\sqrt{\frac{2E_1}{m}} = \sqrt{n}v_1$$

Vi forventer altså, at hastigheden af stålkuglen stiger med en faktor \sqrt{n} for n stød i gaussriffen.

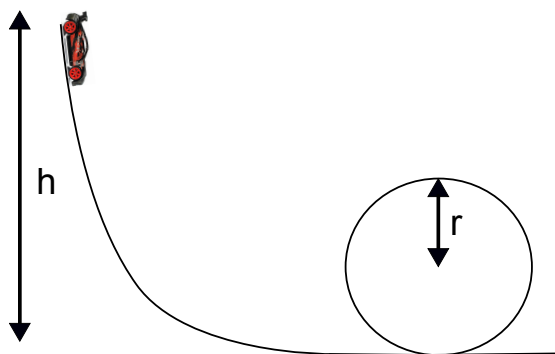
2 Bil på trillebane

Formålet med denne øvelse er at bygge en bilbane med et loop og analysere bilens bevægelse ved at optage denne med et webkamera. Derved kan bilens kinetiske og potentielle energi i forskellige punkter på bevægelsen bestemmes.

2.1 Udstyr

- Trillebane.
- Bil.
- Webkamera.
- LoggerPro.

2.2 Udførelse



Figur 2: Principskitse af banen, bilen skal køre på.

En bane laves således, at bilen opnår tilstrækkelig høj fart til at komme gennem loopet. Bilens bevægelse optages med webkamera, og videoen importeres efterfølgende til LoggerPro, hvor bevægelsen analyseres.

2.3 Teori

C-niveau

Til analysen af bilens bevægelse skal I bruge formlerne for potentiel og kinetisk energi samt definitionen på mekanisk energi

$$\begin{aligned}E_{\text{pot}} &= mgh \\E_{\text{kin}} &= \frac{1}{2}mv^2 \\E_{\text{mek}} &= E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}},\end{aligned}$$

hvor m er bilens masse, h er bilens højde over et valgt nulpunkt, og v er bilens hastighed.

Opgave 2. Tegn skitser af hhv. den potentielle, den kinetiske og den mekaniske energi som funktion af tiden for bilen, der starter fra hvile på en bane som vist på figur 2.

A-niveau

I får til analysen af bilens bevægelse i loopet brug for Newtons 2. lov og accelerationen i en cirkelbevægelse

$$ma = F_{\text{res}} \quad (1)$$

$$a = \frac{v^2}{r}, \quad (2)$$

hvor F_{res} er den resulterende kraft på bilen, og r er radius af loopet.

Opgave 3. Hvor stor er normalkraften fra banen på bilen i toppen af loopet, hvis bilen lige netop kan nå rundt?

Opgave 4. Hvor stor er centripetalaccelerationen i toppen af loopet i opgave 3?

Opgave 5. Hvor højt oppe skal bilen starte, hvis den lige præcis skal kunne nå rundt i loopet? Vi søger her h udtrykt ved r .