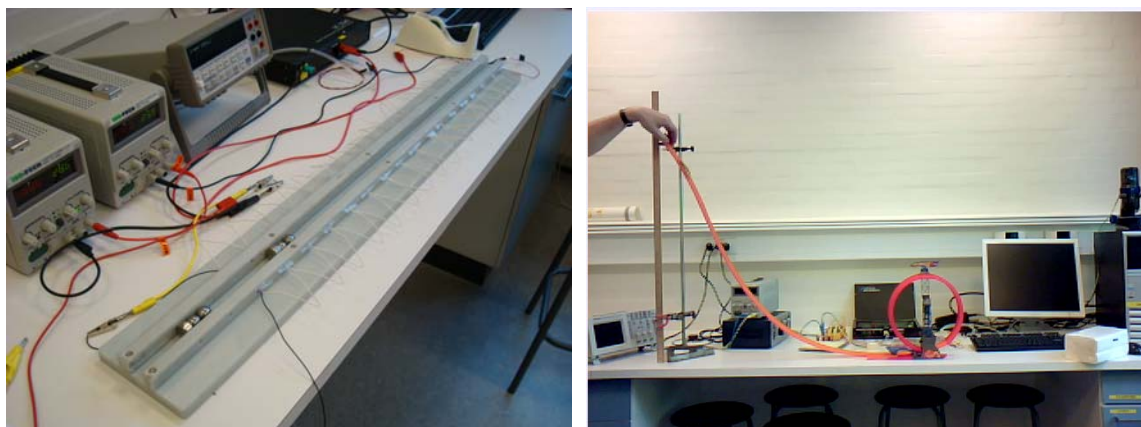


MEKANIK LEGESTUE I - Gaussriffel og bil på trillebane

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



Figur 1 og 2

Gaussriffel

Formålet er at opnå høj hastighed af en udskudt stålkugle.

Udstyr: Rende med kraftige magneter, stålkugler, fotoporte, dataopsamlingsudstyr.

Udførelse:

En magnet placeres nær starten af renden (tv). 2 kugler placeres efter magneten og en tredje kugle trilles forsigtigt ind mod bagsiden af magneten.. Eksperimentér med flere kugler efter magneten. Eksperimentér med flere magneter hen gennem renden, så I opnår en ”kædereaktion”.

Forslag til systematisk undersøgelse: Find mundingshastigheden som funktion af antal trin i kæden.

OBS: Magneterne er sarte og må ikke smække sammen.

Bil på trillebane

Formålet er at analysere bevægelse i 2 dimensioner af en trillende bil.

Udstyr: Trillebane, legetøjsbiler, Webcam, Tracker (freeware). Bagskærm og baneskabeloner.
Evt. Maple til simulering.

Udførelse:

C-niveau. Video optages med webcam og analyseres i Tracker. Højde og hastighed aflæses til forskellige tidspunkter og indtastes i regneark. Bilen vejes. Energiforhold undersøges. Gå på jagt efter tabskilder for mekanisk energi.

A-niveau. Acceleration, fart og radius aflæses i toppen af et loop. Opstillingen tilrettes, så bilen lige netop kan nå rundt i loopet uden at slippe.

I øvrigt gennemføres energiundersøgelsen omtalt i C-niveau. Evt. modelleres bevægelsen.

Gaussriffel Teori

Lad os indføre følgende symboler:

Tilvækst i kinetisk energi efter 1 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 magnettrinet	A_{gnid}

Energibevarelse giver så:

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

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

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

Ses bort fra gnidning mellem magnettrinnene fås efter n stød

Tilvækst i kinetisk energi efter n stød	$E_n = n \cdot E_1$
---	---------------------

Hastighed efter første stød kaldes	v_1
------------------------------------	-------

Fra formlen for kinetisk energi fås

$$v_1 = \sqrt{\frac{2E_1}{m}} \quad \text{og} \quad v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot E_n}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot n \cdot E_1}{m}} = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\frac{2E_1}{m}}$$

Dvs hastighedsudviklingen gennem en riffel med n trin er

$$v_n = \sqrt{n} \cdot v_1$$

Trillebane teori

C-niveau:

I får brug for formlerne for potentiel og kinetisk energi samt definitionen på mekanisk energi

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{\text{mek}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$$

Her er m bilens masse, h dens højde over et valgt nulniveau og v dens hastighed.

Opgave 2. Tegn skitser af den forventede opførsel af hhv. den potentielle, den kinetiske og den mekaniske energi som funktion af tiden for en bil, der starter fra hvile på en bane som i figur 1.

A-niveau: I får brug for Newtons 2. lov og accelerationen i en cirkelbevægelse

$$a = \frac{F_{\text{res}}}{m}$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

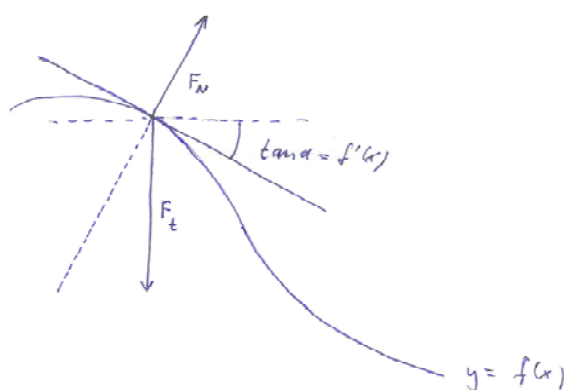
Her er F_{res} kraftresultanten på bilen, mens r er den lokale cirkelbues radius.

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

Opgave 4. Hvor stor er centripetalaccelerationen i toppen af loopet i opgave 2?

Opgave 5. Opstil evt. en model for bevægelsen. Figur 3 kan benyttes som hjælp.

Opgave 6. Simuler evt. bevægelsen med passende software. (Maple er til rådighed).



Figur 3. Øjeblikbillede af normalkraft og tyngdekraft på krum bane. Den lokale krumning er givet

$$\text{ved } \frac{1}{r} = \frac{f''(x)}{(1+(f'(x))^2)^{3/2}}.$$