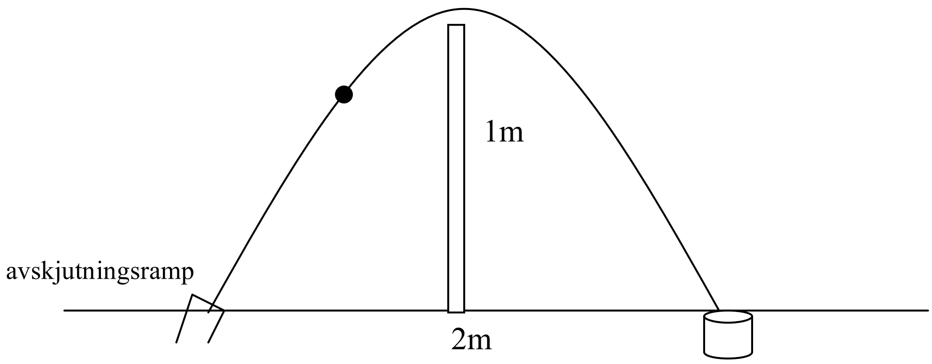
Stationer för Gymnasiecentrum-Work Shop Fysik
30-31/1 2008
Jonn Lantz

1. Kastmaskin
2. Ballonger
3. Kraft & acceleration
4. Accelerometer
5. PET-bil
6. Rörelsedetektor
7. Småexperiment
- **snurrstol**
- **trådrulle**
- **vagn+svänghlul**
- **liten boll/stor boll**
- **egen accelerometer**
- **fjädrar**

Station 1 | Kastmaskinen

Handledning

Er uppgift är att bestämma begynnelsevärden för att kunna pricka en mugg (ca 10cm tvärs över) med en liten stålkula från andra sidan ett 1m högt staket (se figur). Avståndet från där kulan lämnar rampen till muggens centrum är 2m. Dessa punkter befinner sig även på samma höjd. **Närmast muggen vinner!**
Till er hjälp har ni en avskjutningsramp (fjäderdriven katapult), stålkula, våg, dynamometrar, linjal, mm.



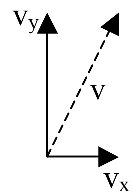
Den här uppgiften kan lösas med det du lärt dig i Fysik A(!) Men, som hjälp på vägen finns ett förslag till arbetsgång nedan. Notera att detta är en ”räkna först, prova sen”-uppgift, vilket dock inte hindrar er från att provskjuta några gånger…

OBS: var noga med era anteckningar under arbetets gång!

Ledning
Steg 1. Kulan skall upp minst en meter från utgångsläget. Hur snabbt måste vi skicka iväg den (uppåt)?
Beräkna utgångshastigheten uppåt (i y-led) som kulan måste ha. Var noga med marginalen: stor marginal leder till mer osäkerhet vid landningen, men också en säkrare flykt över hindret.

Steg 2. Hur länge flyger kulan?
Beräkna den tid som fallrörelsen kommer att ta. P denna tid skall kulan inte bara fara över en viss höjd, på samma tid måste den även nå målet i sidled. Vilken hastighet motsvarar detta i sidled (x-led)?

Steg 3. Ni har nu information nog för att bestämma hur kulan skall skickas ivägför kulan: en hastighet i y-led och en hastighet i x-led. Sätt samman dessa till en vektor. Detta är hastighetsvektorn som vi måste skicka iväg kulan med! Vilken fart skall kulan skickas iväg med?



Steg 4. Bestäm katapultens fjäderkonstant och kulans massa experimentellt. Noggrant. Be gärna handledaren om hjälp! Notera era resultat så andra också kan ha nytta av dem! Här får vi samarbeta för att få ett bra resultat…

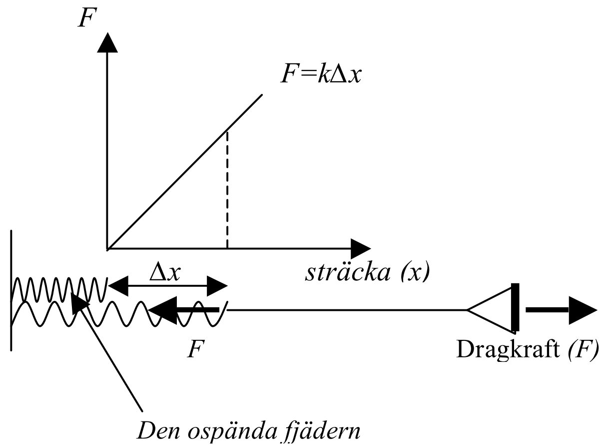
Steg 5. Bestäm hur långt fjädern måste spännas för att ge kulan rätt utgångshastighet, beroende av dess fjäderkonstant och kulans massa (**Se baksidan!**). Avskjutningsrampen kan lätt justeras så den passar er vinkel.
OBS: Det enklaste sättet att justera rampen efter er hastighetsvektor är om ni ritar vektorn på ett rutat A4 (så att den blir minst 10cm lång på pappret). På rampen finns ett lod och en skiva att fästa pappret på.
Kan något mer göras för att mer exakt förbereda experimentet? Vilka felmarginaler har ni?

Steg 6. Prova!

Snabbteori – Energi i fjädrar

Elastisk energi

Vi kan lagra elastisk energi i en fjäder, genom att dra ut den eller trycka ihop den från sin jämviktslängd. Fjädrar har egenskapen att kraften ökar ju mer vi trycker ihop dem (eller drar isär dem). Om vi inte drar eller trycker för mycket (*då töjs fjädern ut och inte kan återta sin ursprungliga form*) så ökar normala fjädrars kraft linjärt med sträckan, $F = k\Delta x$, där k är *fjäderkonstanten* (vilken måste mätas, tex genom att man drar ut fjädern en bestämd sträcka Δx och mäter kraften F som detta orsakar). Formeln kallas för Hooke's lag.



Arbetet som krävs för att töja ut eller trycka ihop fjädern
sträckan Δx är relativt enkelt att beräkna även om kraften ökar med sträckan. Bestämmer vi *medelkraften* under sträckan Δx och multiplicerar denna med sträckan så får vi arbetet,

$$W = F_{medel}\Delta x = \frac{k\Delta x}{2}\Delta x = \frac{k\Delta x^2}{2}.$$

Alltså är även denna formel ganska enkel - och lätt att använda. *Notera även att arbetet (dvs energin) är arean under grafen ovan (tringeln under linjen F=kΔx, fram till x=Δx på x-axeln).*

Elastisk energi fungerar även som namn på potentiell energi i tex studsmattor, bollar som trycks ihop när de studsar, gummiband eller elastiska tyger, elastiska fasta material (bindningarna mellan atomerna funkar som fjädrar), etc., dvs det mesta som är elastiskt. En otroligt användbar liten modell!

Station 2 | Ballonger

Handledning
Er uppgift är att med hjälp av det ni lärt er i Fysik A uppskatta vikten av en ballong när den är tom, uppblåst, respektive uppblåst och nedfryst mha. flytande kväve.

Denna station är alltså en ”räkna först, prova sen”-uppgift. Tänk noga igenom problemet innan ni försöker, och fråga gärna en handledare! När ni väl känner er klara att prova så får ni hjälp (*flytande kväve kan vara en smula farligt*).

Rätt ordning belönas med **ära** och berömmelse, fel ordning med **missljud**.

Hur kan den uppblåsta ballongen väga annorlunda än den ouppblåsta?

Slutligen: hur skiljer sig ballongens **massa** åt i de tre fallen?

Praktiska tips:
Använd den lilla tejpade krokodilklämman istället för att knyta ballongen, då förstör ni den inte. Den är lättare om samma ballong kan vägas i alla tre fallen så mätosäkerheten minskas.

Flytande kväve kommer att förvandla luften (ca 70% kväve) till vätska. Vad händer då med ballongen? Glöm inte att ev. is måste skakas bort innan ballongen vägs.

Kom ihåg att Arkimedes är er kompis.

Tipstack till Sven Hörbeck

Station 3 | Kraft, acceleration & friktion

Handledning
Här skall vi praktisera formeln $F=ma$! Till er hjälp har ni en vagn kopplad till en vikt som kan släppas mot golvet. Olika massor på vagnen eller olika vikter ger naturligtvis olika acceleration. Prova några olika kombinationer.

Väg vagnen (inkl. ev. extra last) och den påhängda vikten.
Beräkna den accelererande kraften. Hur stor acceleration förväntar du dig?
Tag upp en graf med rörelsedetektorn. Tag sedan fram grafen för accelerationen och läs av.

För in värdena efter hand i tabellen

Vagnens massa:				
Påhängd vikt:				
Accelererande kraft:				
Förväntad acceleration:				
Uppmätt acceleration:				

Kan du hitta en formel gäller för vagnens acceleration? För in de beräknade värdena på den tomma raden.

Tipstack till Ann-Marie Pendrill

Friktion
Det finns även möjlighet att lägga på friktion. Hur ser vagnens acceleration ut som funktion av den påhängda vikten nu?
Ett intressant specialfall är när dragkraften är precis så stor så att agnen rör sig med konstant hastighet. Kan ni få fram denna situation genom att välja rätt massor?

Om ni åstadkommit detta så rör sig vagnen enbart med konstant hastighet, men vad är det som bestämmer denna hastighet?? Använd kraftmätaren för att studera detta fall. Vad krävs för att uppnå en viss hastighet?

Station 4 | Hobby-accelerometern

Handledning
Syftet med denna station är att ni skall få prova er egen accelerationsmätare samt kalibrera denna. Slutligen kan ni även använda en ultraljudscensor (PASCO) för att kontrollera er accelerometer!

Till er hjälp har ni en vagn samt två små anordningar, en pendel och en fjäder och en liten vikt. Dessa prylar kan ni använda som accelerationsmätare.

1. Testa först hur pendeln och fjädern reagerar på acceleration. Notera att pendeln även kan mäta acceleration i sidled! *(vad innebär detta?)*

2. Pendeln är lite lurig att kalibrera (eftersom vi måste veta exakt hur mycket vi accelererar för att ställa in skalan), men med fjäderanordningen är det lättare. Använd vår kära gravitation; om ni reser anordningen upp så beter den sig exakt som om den accelererade (uppåt) med $9.81 m/s^2$. *Eller hur!?*

3. Gör en skala på pappret under fjädern. Prova mätaren några gånger med vagnen och koppla sedan på PASCO-apparaten med ultraljudscensorn. Accelerera mot censorn med konstant acceleration (så gott ni kan!), läs av er egen accelerometer och jämför sedan med den acceleration som PASCO-enheten registrerat!
Skillnader? Likheter?

Station 5 | PET-raketbilen

Handledning
Er uppgift är att bestämma verkningsgraden för en reaktionsmotor. Detta är ett mycket ”öppet” problem, men vi koncentrerar oss på verkningsgraden.

Du har följande utrustning:
En bil med PET-flaska monterad på taket och ett sluttande plan att köra på.
En cykelpump.

PET-flaskan har fått en ballong instoppad i sig för att vi skall kunna bestämma trycket. Dessutom har flaskan en kork med cykelventil och liten kran längst ned, denna fungerar som raketmotor. OBS: en välpumpad flaska är hyfsat farlig! Var försiktig och pumpa inte hårdare än 2-3bar!

Vi skall nu omvandla den tillförda energin – arbetet att pumpa upp flaskan – till rörelseenergi/lägesenergi när vi kör upp för backen. Det finns naturligtvis flera sätt att bestämma energin som krävs för att pumpa flaskan, men ett enkelt sätt är att försöka uppskatta trycket i den.
Detta kan vi göra med hjälp av ballongen! Notera hur den krymper när vi pumpar. Hur förhåller sig ballongen storlek till trycket i flaskan?

Notera trycket, sätt ekipaget på det sluttande planet och öppna kranen. Hur mycket energi lyckades vi få ur motorn? Vad var verkningsgraden?

Teori
Energin som lagras i den pumpade flaskan är månne inte helt lätt att räkna ut, men resultatet (*om man integrerar kraften, som beror av trycket, på en kolv över sträckan som kolven trycks in – se bifogat teoripapper för den intresserade)* blir:

$$E_{flaska} = pV \ln\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

där p är trycket i flaskan och p_0 lufttrycket utanför samt V flaskans volym.

OBS: du behöver inte förstå denna formel för att kunna göra försöket!

Verkningsgraden ges av: $\eta = \frac{E_{\text{uträttat arbete}}}{E_{\text{tillförd}}} = \frac{mgh}{E_{flaska}}$

där h är höjdskillnaden som bilen lyckas ta sig uppåt i backen. E_{flaska} är energin vi lagrat i flaskan när vi pumpade denna.

Fråga:

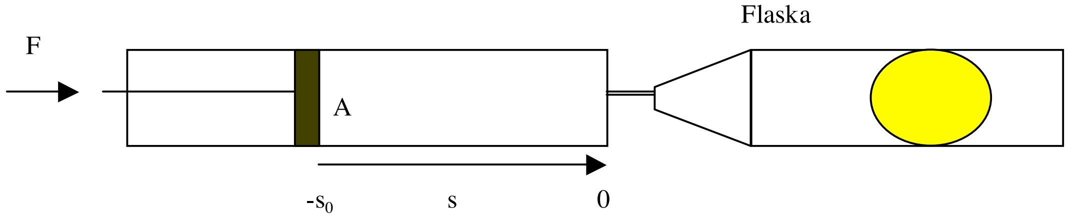
Varför blir verkningsgraden så låg?

(Jämför om du tar fart på en skateboard genom att stampa ifrån mot marken (jorden=tung!) ,och med om du stampra ifrån mot vatten eller luft (sämst…))

Energin i flaskan och den teoretiska verkningsgraden för PET-motorn

Detta papper innehåller teorin bakom PET-bilen. Läs om du törs!

Antag att vi vill trycka ihop volymen V_1, mycket större än flaskans volym, så att den får plats i flaskan. Vi gör detta mha en kolv:



Kraften vi måste trycka in kolven med kommer hela tiden att ges av trycket p i flaskan $F=Ap$, där A är kolvens area. När kolven trycks ihop kommer naturligtvis detta tryck att öka. (*Helt intryckt är volymen på luften samma som flaskans volym, V. Helt utdragen är volymen* $V=V+As_0$).

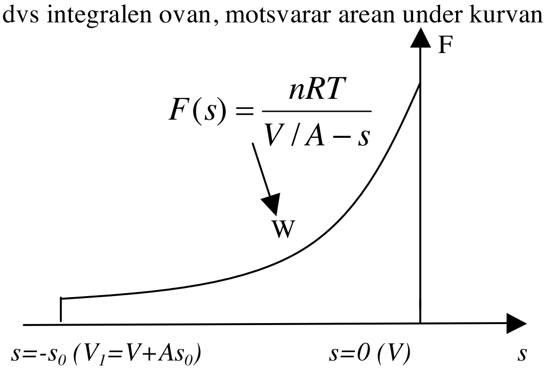
Arbetet att trycka in kolven en liten bit är $\Delta W=F\Delta s$, där Δs är en kort sträcka i förhållande till kolvens längd (så kort att trycket inte hinner ändras), $\Delta s \ll L$. Arbetet, dvs integralen av F(s), är helt enkelt summan av energierna ΔW för alla korta *delintervall* mellan cylinderlängden $s=-s_0$ och $s=0$:

$$W=\int_{-s_0}^{0} F(s)ds,$$

Vi kan bestämma kraften som funktion av sträckan s som:

$$F(s)=p(s)A=\frac{nRTA}{V(s)}=\frac{nRT}{V/A-s},$$

där vi har använt att nRT är konstant och formeln för volymen $V(s)=V-sA$ (notera att s är negativ!).
W, dvs integralen ovan, motsvarar arean under kurvan F(s),



Analytiskt kan vi beräkna denna area som (*kräver att du kan integrera*!):

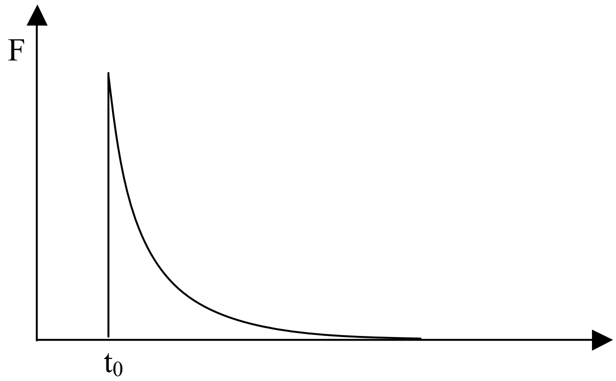
$$W=\int_{-s_0}^{0} F(s)ds=\int_{-s_0}^{0}\frac{nRT}{V/A-s}ds=\left[-nRT\ln(V/A-s)\right]_{-s_0}^{0}=nRT\ln\left(\frac{V+s_0A}{V}\right)$$

$$=nRT\ln\left(\frac{p}{p_0}\right)=pV\ln\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

där vi har använt att pV=nRT (när kolven är intryckt) och $p_0(V+As_0)=nRT$ (kolven helt ute). Den primitiva funktionen, dvs lösningen till integralen, ges av formelsamlingen $\int(1/s)ds=\ln(s)$.

Teoretisk bestämning av verkningsgraden

Antag att vi pumpar upp ett tryck i vår flaska, sätter den på en vagn eller monterar den på en kraftmätare. Släpper vi ut luften ur hålet bak på flaskan skapas en kraft på denna när luften far ut. Denna kraft avtar snabbt när trycket i flaskan sjunker och är efter en kort tid helt borta. Mäter vi kraften ser den ungefär ut så här,



där vi börjar släppa ut luften vid tiden t_0.

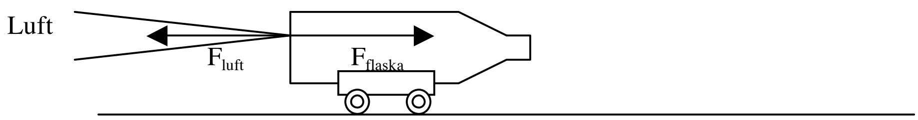
Monterar vi flaskan på en vagn så är naturligtvis frågan vilken hastighet denna får, och hur mycket av energin i flaskan som blir rörelseenergi hos flaskan. Till detta använder vi Newtons lag:

$$F = ma \qquad (1)$$

Om vi multiplicerar denna ekvation med tiden kraften är aktiv får vi

$$F\Delta t = ma\Delta t = m\frac{\Delta v}{\Delta t}\Delta t = m\Delta v \quad \Leftrightarrow \quad F\Delta t = m\Delta v \qquad (2)$$

Formeln längst till höger betyder att om vi puttar på ett föremål med massan m med en konstant[1] (netto)kraft F under tiden Δt så får föremålet hastighetsändringen Δv. Detta, $F\Delta t$, kallas vanligen för impuls. *Jämför med arbete (kraft gånger sträcka). Impuls ger ändrad rörelsemängd. Arbete ger på motsvarande sätt ändrad rörelesenergi.*



Notera att kraften på flaskan och kraften på luften (orsakad av trycket i flaskan) alltid måste vara lika stora! Det är alltså samma kraft (under samma tid) som accelererar luften ut ur flaskan. Det enda som skiljer är massan (luften jämfört med flaskan) och riktningen. Alltså gäller både att $F\Delta t = m_{flaska}\Delta v_{flaska}$ och $-F\Delta t = -m_{luft}\Delta v_{luft}$, varpå vi får att

$$m_{flaska}v_{flaska} = m_{luft}v_{luft}\,, \qquad (3)$$

där vi även antagit att både luften och flaskan stod still[2] innan luften släpptes ut. Detta är en mycket användbar liten formel – rörelsemängden bevaras alltid! Summan av rörelsemängderna (vagnens och luftens) måste vara noll, före och efter vi släppte ut luften.

Jämför nu rörelsemängden, ekvation (3), med rörelseenergin för flaskan och luften. Den totala energin i flaskan blir rörelseenergi för *både* flaska och luft.

---

[1] Nu är ju inte kraften på flaskan konstant, eftersom den snabbt avtar. Impulsen motsvaras då av arean under kraftkurvan i figuren ovan, alltså *integralen* av kraften över tiden. Resultatet, att det blir samma rörelsemängd åt båda håll, är dock oberoende av denna förenkling.

[2] Notera att molekylerna i luften kan röra sig hur som helst med ganska hög hastighet även om luftvolymen som helhet står still. Det är rörelsen hos luftmängdens tyngdpunkt som avses, alltså medelhastigheten för luftmolekylerna i luftmängden.

$$W_{tot} = \frac{m_{flaska} v_{flaska}^2}{2} + \frac{m_{luft} v_{luft}^2}{2}.$$

Den nyttiga energin är endast rörelseenergin hos flaskan,

$$W_{nyttig} = \frac{m_{flaska} v_{flaska}^2}{2}.$$

Verkningsgraden blir då

$$\eta = \frac{W_{nyttig}}{W_{tot}} = \frac{\frac{m_{flaska} v_{flaska}^2}{2}}{\frac{m_{flaska} v_{flaska}^2}{2} + \frac{m_{luft} v_{luft}^2}{2}} = \frac{m_{flaska} v_{flaska}^2}{m_{flaska} v_{flaska}^2 + m_{luft} v_{luft}^2}.$$

Nu kan vi använda ekvationen för rörelsemängden, ekvation (3): vi vet att $m_{flaska} v_{flaska} = m_{luft} v_{luft}$. Sätter vi in detta i formeln ovan får vi (*gör detta själv!!!*)

$$\eta = \frac{m_{flaska}}{m_{flaska} + \frac{m_{flaska}^2}{m_{luft}}} = \frac{m_{luft}}{m_{flaska} + m_{luft}} \approx \frac{m_{luft}}{m_{flaska}},$$

där det sista steget bara gäller i detta fall, om luften i flaskan väger mycket mindre än flaskan. Vad händer om vi byter luften mot vatten?

Station 6 | Rörelsedetektor

Rörelsedetektorn mäter avståndet till ett föremål genom att skicka iväg ultraljudspulser och sedan vänta på ekot. Försök, genom att gå mot ultraljudsgivaren så att du åstadkommer följande:

1. Gå så att grafen av **avståndet mot tiden** blir en rät linje
2. Försök att gå så att grafen av **avståndet** blir ett "V".
3. Ett upp och nedvänt V.
4. Ett U? Ett upp och nedvänt U.
5. Gå så att grafen av **hastigheten** blir en rät linje
6. Gå så att grafen av hastigheten blir ett V

Anteckna hur ni gått och visa för en handledare!

Tipstack Pendrill

Station 7 | Småexperiment

1. Snurrstol och vikter. Vad händer när man snurrar och sedan drar in händerna? Använd det du lärt dig om rörelsemängd för att försöka förklara!

2. "Trådrulle" - åt vilket håll rullar trådrullen när man drar i tråden? Spelar det någon roll vilken vinkel man drar i? Finns det något läge där trådrullen bara glider? Rita figur och försök förklara!

3. Vagn och svänghjul. Sätt fart på svänghjulet och håll det framför dig med båda händerna, sätt dig på vagnen och be någon köra dig framåt. Vad händer om den som puttar på försöker svänga?

4. Liten boll och stor boll. Placera den lilla bollen ovanpå den stora bollen och släpp. Vad händer? Förklara!

5. Prova din inbyggda accelerometer. Be någon köra dig i sicksack med rullstolen samtidigt som du blundar. Försök sedan beskriva rörelsen utifrån vad du kände under färden! (enklast om föraren och passageraren ritar sin version av rörelsen på var sitt papper, vilka sedan jämförs.)

6. Fjädrar som kommunicerar. På bordet finns en liten anordning med uppstående fjädrande stålpinnar. Testa att sätta fart på en av dessa genom att dra spetsen åt sidan. Vad händer med de andra när den svänger? Diskutera varför! Försök att använda ett energiresonemang.

(AM Pendrill, J. Lantz)

Station 7 | LASER & Hår

Ert uppdrag är att mäta tjockleken på ett hårstrå med hjälp av laser. Fenomenet som vi använder kallas Diffraktion, och kommer lite senare i B-kursen.

Till er hjälp har ni en laser (*titta inte in i strålen, och rikta inte lasern mot någon!!*), ett mikroskop och en optisk fiber som är ganska så exakt 125µm i diameter. Jämför ditt eget hårstrå med fibern i mikroskopet. Hur väl stämmer din uppskattning av hårstråets diameter mha. lasern med verkligheten?

Alt. mikroskrift på sedel – kolla storlek.

Här krävs en kort bra förklaring av diffraktion och interferens…

Tipstack Sheila Galt