

# WALLENBERGS FYSIKPRIS 2013

## Tävlingsuppgifter (Finaltävlingen)

Riv loss detta blad och lägg det överst tillsammans med de lösta tävlingsuppgifterna i plast-mappen. Resten av detta uppgiftshäfte får du behålla.

Fyll i uppgifterna nedan. Texta!

Namn: \_\_\_\_\_

Skola och ort: \_\_\_\_\_

Markera med ett kryss i respektive ruta de uppgifter du lämnat lösningar till. Även en påbörjad men ej slutförd lösning kan ge poäng.

| Uppgift        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|---|---|---|---|---|
| Lösning lämnad |   |   |   |   |   |

**Endast markerade uppgifter kommer att bedömas!**

---

Skrivtid: 4 timmar (den 4 maj 2013)

Tillåtna hjälpmedel: Räknare (ej programmerbar, grafritande eller symbolhanterande), linjal (alltså ej formelsamling)

- Motivera dina resonemang ordentligt!
  - Dåligt motiverade lösningar ger lägre poäng. En lösning som endast består av ett antal rader med ekvationer utan kommentarer betraktas som dåligt motiverad.
  - Rita tydliga figurer och ange vad dina beteckningar betyder!
  - Bemöda dig om att göra dina lösningar lätta att följa!
- 

| Uppgift  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\Sigma$ |
|----------|---|---|---|---|---|----------|
| Poäng    |   |   |   |   |   |          |
| Signatur |   |   |   |   |   |          |

Skriv inget i denna tabell!



# WALLENBERGS FYSIKPRIS

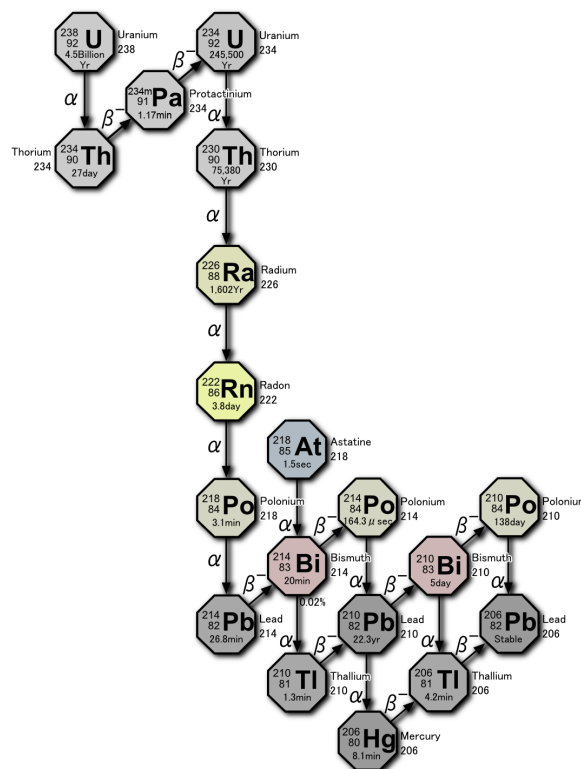
## FINALTÄVLING

4 maj 2013

## SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

- Radon är en radioaktiv gas som finns i marken och i vissa byggmaterial. Radon läcker in i bostäder som är byggda med blå lättbetong, eller som har markkontakt och är byggda i områden med hög radonhalt i marken.

Radon-isotopen  $^{222}\text{Rn}$  sönderfaller med  $\alpha$ -strålning till en mycket kortlivad isotop av polonium och genom ett antal andra snabba steg vidare till bly. Halveringstiden för  $^{222}\text{Rn}$  är 3,8 dygn. Atommassan för  $^{222}\text{Rn}$  är 222 u ( $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ).



Sönderfallskedjan med radon-222. Bild från Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/Decay\\_chain](http://en.wikipedia.org/wiki/Decay_chain)).

- I ett hus med blå lättbetong i källaren tas ett prov på källarens luft. Provet visar på en aktivitet på 360 Bq (sönderfall per sekund) som orsakas av sönderfall av radon-isotopen  $^{222}\text{Rn}$  i provet. Hur stor är provets aktivitet efter 1 dygn?

- Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten får aktiviteten från radon i inomhusluften i befintliga bostäder inte överstiga 200 Bq/m<sup>3</sup> i luften. Hur många gram  $^{222}\text{Rn}$  per m<sup>3</sup> får det som högst finnas i luften i källaren?

Ledning: Bestäm först ett samband mellan antalet kärnor  $N(t)$  och aktivitet  $A(t)$ .

(c) Ett stängt rum i källaren är  $10\text{ m} \times 5\text{ m}$  stort och har takhöjden  $2,5\text{ m}$ . Rummets alla ytor (väggar, golv och tak) innehåller blå lättbetong. Radon antas läcka ut från väggarna med  $250$  kärnor ( $^{222}\text{Rn}$ ) per sekund per kvadratmeter. I rummet uppstår efter en stund ett jämviktstillstånd mellan radon som läcker från betongen och sönderfall av radon i luften. Beräkna aktiviteten från den mängd  $^{222}\text{Rn}$  som i jämviktstillståndet finns i  $1,0\text{ m}^3$  luft i rummet.

(d) Ett ventilationssystem installeras i källarrummet. Detta byter ut  $4,0\text{ m}^3$  källarluft per timme mot radonfri luft och ger upphov till ett nytt jämviktstillstånd. Hur stor andel av  $^{222}\text{Rn}$ -kärnorna tas bort i ventilationen per sekund? Hur stor är aktiviteten från den mängd  $^{222}\text{Rn}$  som finns i  $1,0\text{ m}^3$  luft i rummet vid nya jämviktstillståndet?

- Den 14 oktober 2012 kunde en hel värld följa Felix Baumgartner på hans färd upp genom atmosfären i en heliumballong. Efter att ha nått höjden  $39\text{ km}$  gjorde Baumgartner ett rekordhögt hopp med fallskärm tillbaka till jordytan. I kontrollrummet satt Joe Kittinger som höll det gamla rekordet från 1960 då han hoppade från  $31\text{ km}$  höjd.

Figuren nedan visar hur några olika egenskaper för luften ändras i atmosfären. Luftens densitet på höjderna  $31\text{ km}$  och  $39\text{ km}$  är ungefär  $1,3\%$  respektive  $0,4\%$  av densiteten vid jordytan.

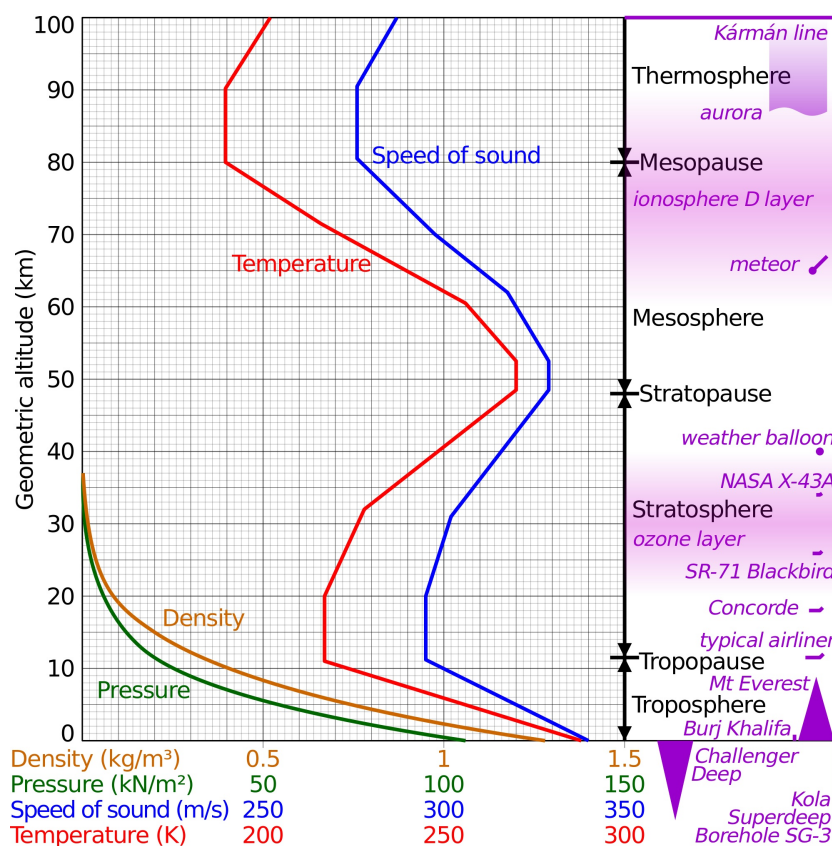


Bild från Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere\\_of\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth)).

Eftersom en ballong utvidgas på väg upp begränsar ballongens storlek hur högt den kan lyfta. Kittingers ballong rymde 3 miljoner kubikfot medan Baumgartners rymde 30 miljoner kubikfot ( $1\text{ fot} = 0,305\text{ m}$ ).

(a) Baumgartner var den första människa som gick igenom ljudvallen under ett hopp. Kittinger utlöste en liten fallskärm strax innan han nådde ljudhastigheten. Uppskatta hur lång tid och sträcka man skulle behöva falla för att komma upp i ljudhastigheten vid hopp från 31 respektive 39 kilometers höjd. Ange vilka approximationer du gör.

(b) Hur stor massa kunde Kittingers och Baumgartners heliumballonger lyfta på 31 respektive 39 kilometers höjd?

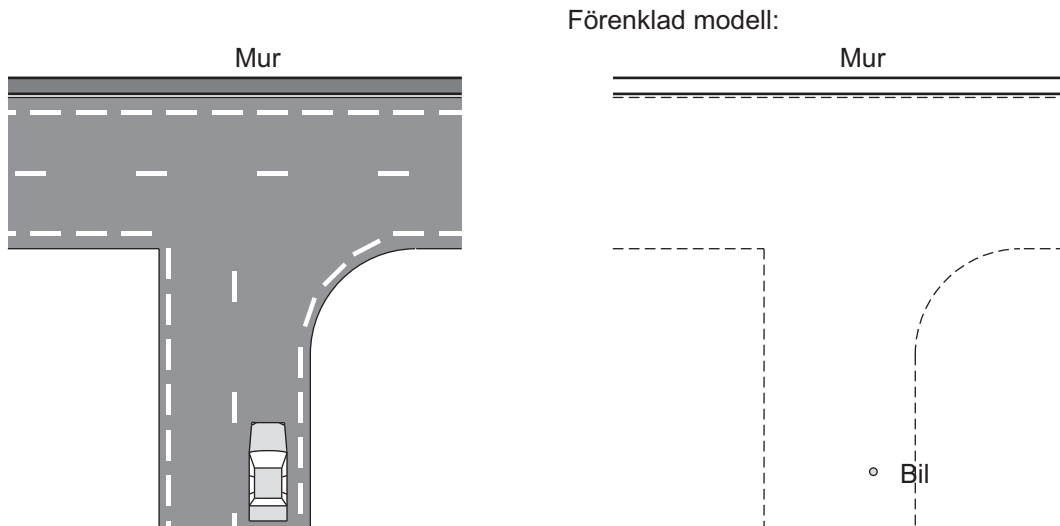
Ledning:

- Använd allmänna gaslagen ( $pV = nRT$ ) för att få fram en relation mellan densiteten för luft och helium. Du kan approximera luft med en blandning av 80 % kväve och 20 % syre. En kvävgasmolekyl har massan 28 u och en syrgasmolekyl har massan 32 u ( $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ).
- Antag att ballongen är fylld med lagom mycket helium så att trycket innanför och utanför ballongen är detsamma på högsta höjden.

(Så länge ballongen kan utvidgas fritt kan man utifrån allmänna gaslagen visa att lyftkraften är densamma på alla höjder. Detta behöver du dock inte göra nu.)

(c) Eftersom enheterna på båda sidor av en ekvation ska vara desamma kan man använda *dimensionsanalys* för att ta fram ett uttryck för luftmotståndskraften som funktion av luftens densitet,  $\rho$ , hopparens hastighet,  $v$ , och hopparens area vinkelrätt mot rörelseriktningen,  $A$ . Antag att den dimensionslösa konstanten är 1 och använd ditt uttryck för att uppskatta sluthastigheten vid hopp från 31 respektive 39 kilometers höjd.

3. Du är ute och kör bil och är för ett ögonblick ouppmärksam. Du kör in mot en T-korsning enligt figuren och precis när du kommer fram till den korsande vägen blir du varse situationen. På andra sidan vägen finns en mur som sträcker sig så långt åt båda sidorna att det är omöjligt att köra runt den. Du väljer då att bromsa med maximal bromskraft och lyckas stanna precis innan bilen kör in i muren.



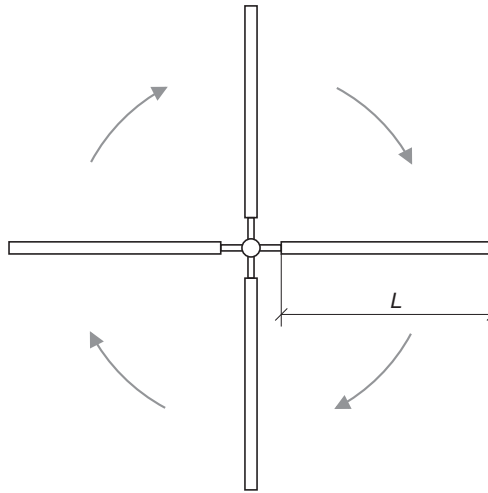
(a) Antag att du istället väljer att försöka svänga in, utan att bromsa, på den andra vägen för att undvika att köra på muren. Om friktionskraften på däcken antas vara densamma som vid inbromsningen ovan så kommer bilen att kollidera med muren. Hur stor vinkel bildar bilens hastighet med murens normalriktning i kollisionssögonblicket?

(b) Vid kollisionen med muren råder kontakt mellan bilen och muren under ett tidsintervall  $\tau = 0,10$  s. Den ömsesidiga kraften de påverkar varandra med antas vara  $F = 0,25 \cdot 10^6$  N (konstant under kollisionen). Mellan bil och mur är friktionstalet  $\mu = 0,40$ . Bilen åstadkommer en repa på muren. Hur lång blir repa? Bilen har massan 1 200 kg och körde ursprungligen med farten 72 km/h.

(c) Bestäm bilens hastighet direkt efter kollisionen.

I hela uppgiften kan bilen (något orealistiskt) behandlas som en partikel, det vill säga dess utsträckning antas vara försumbar.

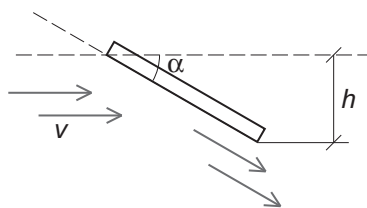
4. Denna uppgift går ut på att uppskatta lyftkraften hos en helikopter, med hjälp av förenklad modellering av den kraft som åstadkoms av rotorn, när den "skär" genom luften. För enkelhets skull tänker vi oss att helikoptern står stilla i luften och att dess rotor är horisontell.



En helikopters fyra rotorblad sedda ovanifrån.

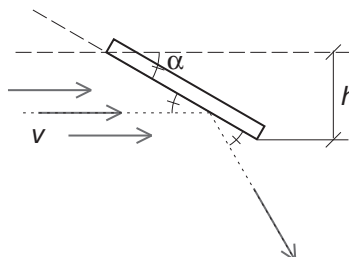
Olika delar av ett rotorblad har olika hastighet. Låt farten för en liten del av ett rotorblad genom luften vara  $v$ , och låt bladet vara vridet en vinkel  $\alpha$  från horisontalplanet. Vi kan likaväl se det som att luften kommer mot det stillastående rotorbladet med farten  $v$ . Bladets "höjd"  $h$  enligt figuren nedan antas vara en bestämd parameter (vi bortser alltså från att  $h$  beror av vinkeln  $\alpha$  om rotorbladets bredd är given). I brist på avancerad aerodynamik får vi nu göra en uppskattning.

- (a) Vi antar att endast den luftvolym som, om flödet varit ostört av rotorbladet, hade träffat det, ändrar riktning. Denna luftvolym antas lämna rotorbladet med samma fart relativt bladet, men med en hastighetsriktning som är parallell med bladet (se figuren nedan). För vilket värde på vinkeln  $\alpha$  blir den vertikala lyftkraften som störst? Är detta resultat rimligt?



Rotorblad sett i genomskärning från sidan.

- (b) Antag istället att luften studsar, som bollar, på rotorbladet, och kommer ut med samma fart relativt bladet som innan. För vilket värde på vinkeln  $\alpha$  blir den vertikala lyftkraften som störst nu?



Rotorblad sett i genomskärning från sidan.

(c) En verklig rotor har en stigningsvinkel ( $\alpha$ ) som varierar med avståndet från rotorns centrum. Här kan vi låta den vara konstant, och använda modellen från deluppgift b. Även rotorbladets höjd  $h$  tänks vara konstant, så att rotorbladet har formen av ett långsmalt rätblock. Givet  $\alpha$ ,  $v$  och  $h$ , hur stor blir lyftkraften per längdenhet på rotorbladet?

(d) En någorlunda realistisk helikopter kan till exempel ha fyra rotorblad som är  $L = 6$  m långa, roterar med 10 varv/s, och har en "höjd"  $h = 1$  dm. Med hänsyn till att bladens fart genom luften varierar med avståndet från mitten, härled ett uttryck för rotorns totala lyftkraft (återigen med modellen från deluppgift b).

Beräkna hur stor massa en sådan rotor kan tänkas lyfta, och kommentera rimligheten. Luftens densitet är  $1,3 \text{ kg/m}^3$ .

5. I en insjö med stillastående vatten är vattentemperaturen konstant  $0^\circ\text{C}$ . I luften ovanför sjön är det minusgrader och ett islager börjar växa till sig på sjöns yta. Antag att temperaturen i luften precis ovanför isytan är konstant  $-6^\circ\text{C}$ .

(a) Bestäm kvoten mellan den tid det tar att öka istjockleken med 1 mm när isen är 3 cm tjock och den tid det tar att öka istjockleken lika mycket när isen är 10 cm tjock.

(b) För att det ska vara tillåtet att öppna en isväg för fordonstrafik på en insjö ska istjockleken vara minst 20 cm (*Vägar på sötvattenis*, Vägverkets publikation 2002:35). Uppskatta hur lång tid det tar att från öppet vatten bilda ett islager som är 20 cm tjockt under de förhållanden som beskrivits ovan.

Ledning:

- För att smälta  $0,30 \text{ kg}$  is vars temperatur är  $0^\circ\text{C}$  till vatten med samma temperatur åtgår  $0,10 \text{ MJ}$ . Is har densiteten  $0,92 \text{ g/cm}^3$ .
- En behållare med temperaturen  $T_H$  är förbunden med en annan behållare med temperaturen  $T_L$  via en jämntjock och homogen stav med tvärsnittsarean  $A$  och längden  $l$ . Om all energitransport mellan behållarna sker med hjälp av värmeledning ges den energi per sekund som leds genom staven av uttrycket

$$P = \lambda A \frac{T_H - T_L}{l},$$

där  $\lambda$  är stavens värmekonduktivitet (en materialkonstant, kallas också värmeledningsförmåga).

- En stor vägg av insjöis som är  $0,10 \text{ m}$  tjock skiljer två rum åt och skillnaden i temperatur mellan isskiktets ytor i de två rummen är  $10,0^\circ\text{C}$ . Om man mäter hur mycket energi som leds genom en  $1,0 \text{ m}^2$  stor yta mitt på väggen så finner man att  $1,1 \text{ kJ}$  leds genom väggen under  $5,0$  sekunder.