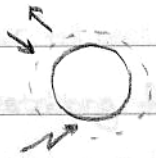


Miljöfysik

Föreläsningssanteckningar - 2006 CTH



utbyte enbart genom strålning

NoAA

gas-termodynamiskt system

Jorden rotter - stråmlingelära

② 2006-03-17, v.1

Elektromagnetisk strålning

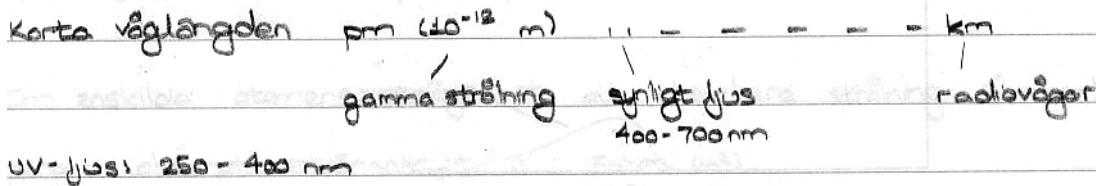
- vågnetur

Frekvens ν , våglängden λ , utbredningshast $c \Rightarrow \nu = c/\lambda$

Fotonflöde

Energien för en foton med frekvensen ν , $E = h\nu = hc/\lambda$, h : Plancks konst.

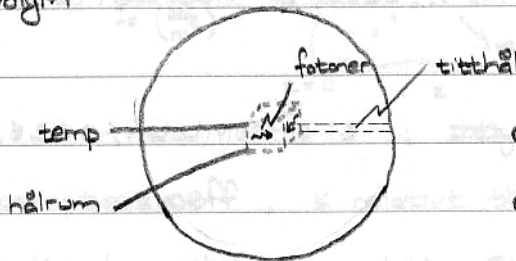
Elektromagnetiska spektrat



Värmestrålning

Strålning som beror på kroppens temperatur

Storvolym



energifördelningen hos fotonerna, denna energifördelning uttrycks i (2.4)

$$dU = \frac{8\pi h U^3}{c^3} \frac{e^{-h\nu/kT}}{1 - e^{-h\nu/kT}} d\nu$$

strålningsenergin ut från en yta ges av (2.5)

$$I_{rad} = \frac{2\pi^5}{15} \frac{k^4}{15} \frac{1}{15} T^4$$

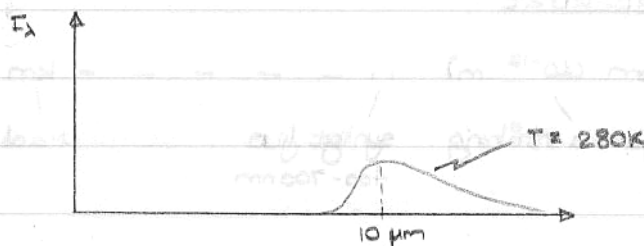
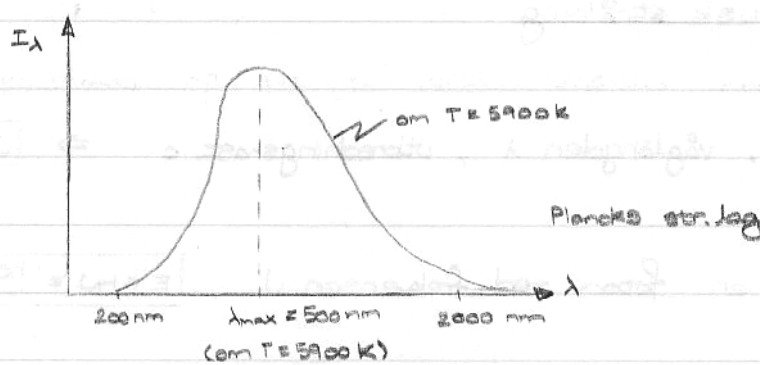
Gå över till våglängdsfördelningen

$$v = c/\lambda, \quad E = hv = hc/\lambda, \quad dE = -hc \cdot \frac{1}{\lambda^2} d\lambda$$

$$\frac{2\pi e^3}{\lambda^3 c^2} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \frac{hc}{\lambda^2} d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$

Detta är värmestrålningens intensitet I ($\frac{W}{m^2 \cdot m}$)

W/m^2 ut från en yta vilken har temp. och per meter våglängdsområde.



Totala värmestrålningen från en yta vid temp T och per ytenhet

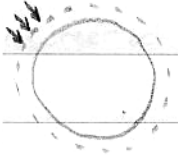
$$I = \sigma T^4$$

Stefan-Boltzmanns lag, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ (J/k}^4\text{)}$. Detta är integralen av Plancks strål.lag (från 0 till ∞)

$$I = \epsilon \sigma T^4, \text{ mer generellt uttryckt, } \epsilon = \text{emissiviteten, } 0 \leq \epsilon \leq 1$$

Gå över till reella system

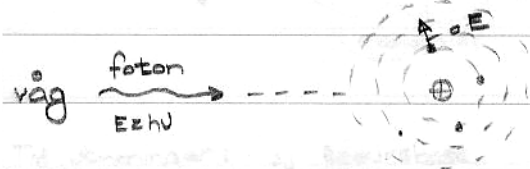
Värmestrålning från solen. Denna strålning når fram till yttersta atmosfären utan hinder. Inkommande strål.int. kallas solkonstanten $S = 1367 \text{ W/m}^2$. Jorden reflekterar 30% albedot, och kvar för absorption $0,713674 \cdot 950 \text{ W/m}^2$.



Vid transmission av strål. genom atmosfären absorberas strål. effektivt under 300 nm och över ca 1000 nm .

Värmestrålningen från jordytan absorberas effektivt inom i stort hela det aktuella våglängdsområdet $1-50 \mu\text{m}$. Ett atmosfärsikt fönster inom $8-12 \mu\text{m}$.

Absorptionen av strålningen



Om $E_{\text{photon}} = \Delta E$ är chansen för absorption som störst.

Om enskilda atomens benägenhet att absorbera strålning (fotoner) uttrycks genom absorptions tvärsnittet σ , Enhet (m^2)

strålningens färd genom materia (ex. atmosfären)



$$I(z) = I(0)e^{-Kz} \quad (\approx I_0 e^{-Kz}) \quad \text{Beers lag}$$

K : absorptionskoeff. , K relativt till σ

Beers lag kan skrivas om till: $I(z) = I(0) \cdot 10^{-\text{OD}}$

OD: Optiska täteten , $\text{OD} = \epsilon \cdot l \cdot C$

excitations-
koeff. (m^2)

banlängden för
strålningen (z)

koncentration av ämnet som strålningen passerar

Biomolekyleras absorption

Absorption i huden hos människor. starkt våglängdsberoende absorption.

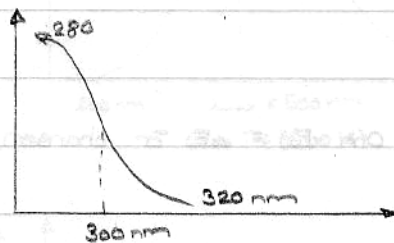
Betrakta framst UV-ljus och effekter:

UV-ljus: UVA: 320 - 400 nm

UVB: 290 - 320 nm - kritiska området

UVC: 250 - 290 nm

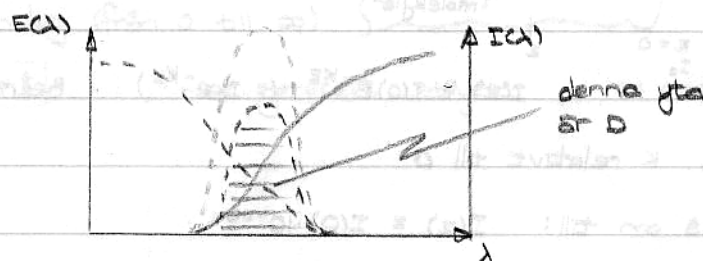
UVB ger potentiella skador. Kroppens känslighet uttrycks genom verkanpektrat, $E(\lambda)$. Skadeeffekten per intensitetsenhet.



Sedan har vi solstrålningens intensitet $I(\lambda)$. Produkten $I(\lambda)E(\lambda)d\lambda$ är totala skadeeffekten inom våglängdsintervallet

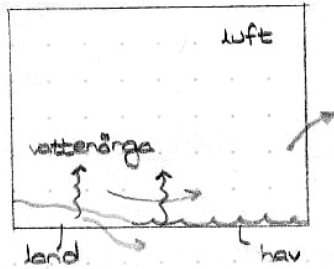
Totala skadeeffekten för alla våglängder: $D = \int_0^{\infty} E(\lambda)I(\lambda)d\lambda$

Ozonförtunnningen innebär att $I(\lambda)$ ökar inom kritiska området. Då kan D påverkas väldigt mycket.

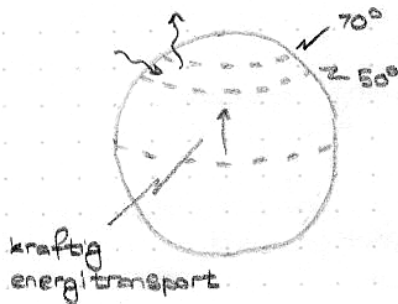
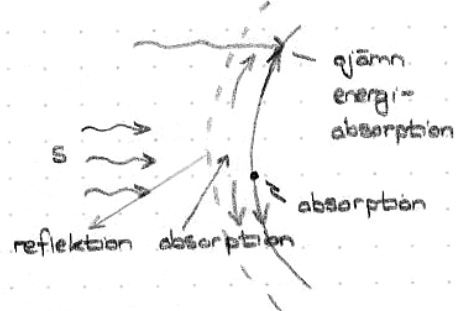
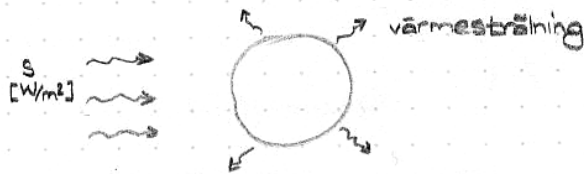


Ozon i atmosfären - finns för lite

och i troposfären (marknära ozon) - finns för mycket



Jordens energiomsättning

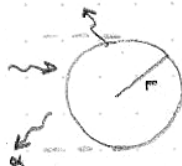


För landmassorna inom latitudintervalet 50°-70° N gäller följande energiflöden.
 Nettoastrålningsförlusten per m²: 33 W/m².
 Förångningsvärmets till vattenånga: 22 W/m²

Vind och havens energibidrag genom vatten och luftströmning: 11 W/m².
 Dessa värden gäller för landytan.

- Inkommande solstrålning mot jorden, totalt: 340 W/m² (i genomsnitt)
- Reflekterad energi: 100 W/m²
- Strålningsenergi som absorberas: 240 W/m²
- Förångning av vatten: 70 W/m²
- Kinetisk energi hos luften: ~ 2 W/m²
- Fotosyntesen: ~ 0,1 W/m²

Energibetraktelse, enkel energimodell



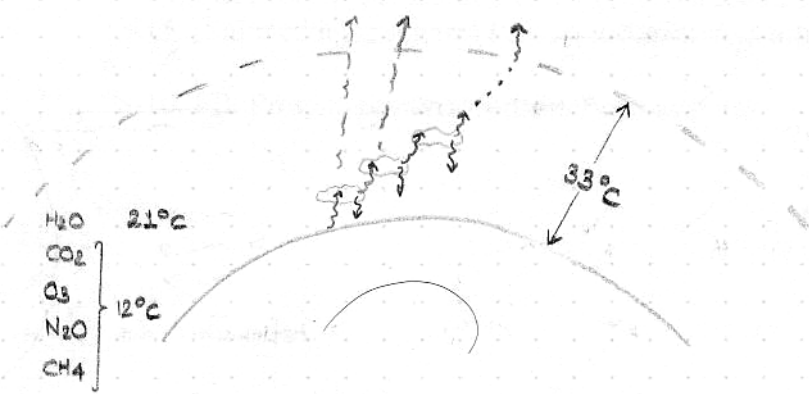
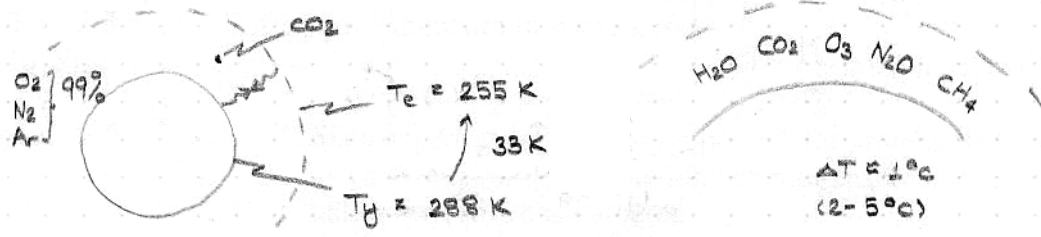
Inenergin mot jorden: $S \cdot \pi r_j^2 (1 - \alpha)$

Utgående värmeenergin: $\alpha T_e^4 \cdot 4\pi r_j^2$

Energibalans: $S \pi r_j^2 (1 - \alpha) = \alpha T_e^4 \cdot 4\pi r_j^2$

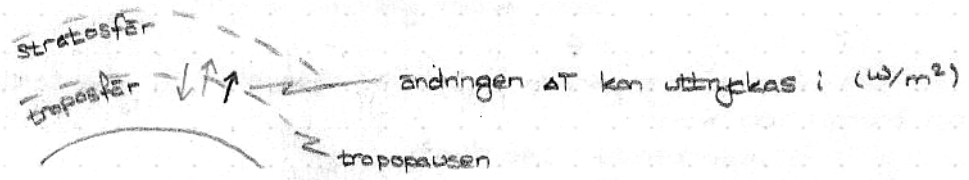
$T_e^4 = \frac{S}{4\alpha} \cdot 0,7$, $T_e \approx 255 K$, 240 W/m²

Växthuseffekten



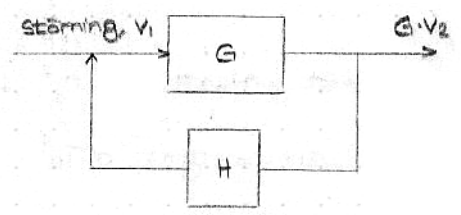
Hur skall man bestämma jordytans temp. ökning orsakad av växthusgaser?

Jordytans temp. ökning ΔT . Denne temp. ökning "främst" relaterad till radiative forcing. Detta är strålningsändringen vid tropopausen.

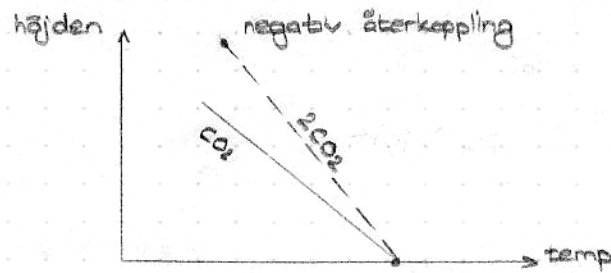


$\Delta T \approx G \Delta I$, ΔI på ca $4,6 \text{ W/m}^2$ ger $\Delta T \approx 1,13^\circ\text{C}$

Sedan tillkommer återkopplingsprocesser som ändrar G till $G/(1-GH)$ där H är en återkopplingsfaktorn, och därigenom fås ett annat ΔT .

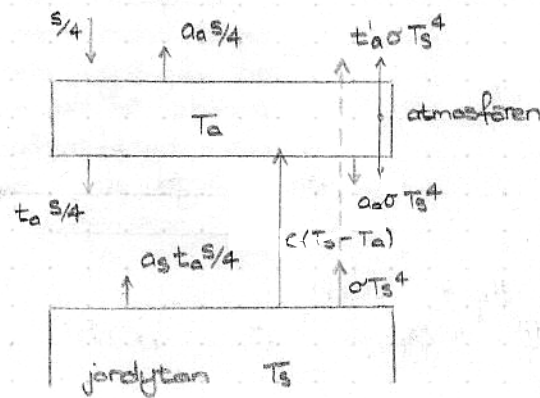


En viktig återkopplingsmekanism är ändringen av atmosfärens "lapse rate", temp. ändringen i höjled



Strålningsenergi-balanser

En skiktatmosfär (sid 31-32)



Atmosfärens, energi in: $\frac{S}{4} + a_s t_a \frac{S}{4} + c(T_s - T_a) + \sigma T_s^4$

ut: $\frac{a_a S}{4} + t_a \frac{S}{4} + t_a' \sigma T_s^4 + 2\sigma T_a^4$

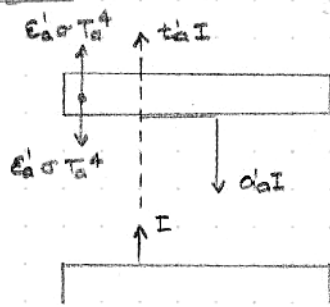
Energi in = energi ut $\Rightarrow -t_a(1 - a_s)\frac{S}{4} + c(T_s - T_a) + \sigma T_s^4(1 - a_a) - \sigma T_a^4 = 0$

Jordytan, energi in: $t_a \frac{S}{4} + \sigma T_a^4 + a_a \sigma T_s^4$

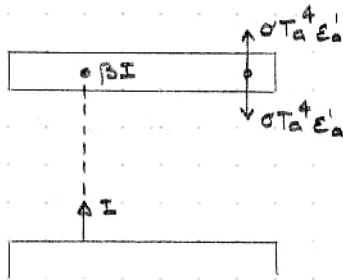
ut: $a_s t_a \frac{S}{4} + c(T_s - T_a) + \sigma T_s^4$

Sätt energi in = energi ut

Repetition



$$I = t_a I + a_a I + 2\sigma T_a^4 e_a$$

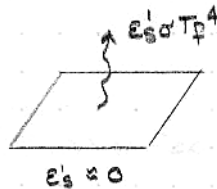
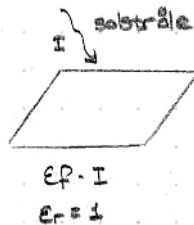


$$\beta I = 2\sigma T_a^4$$

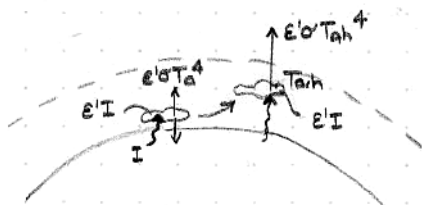
$$e_a = \beta$$

Emissiviteten = emissionsförmågan för en våglängd eller ett våglängdsområde är lika med absorptionsförmågan för samma våglängd eller samma våglängdsområde

Solfångare



Återkopplingar (+ indirekta effekter) i klimatsystemet



$$T_{a,h} < T_a$$

Punkter om jordens klimat och värdet

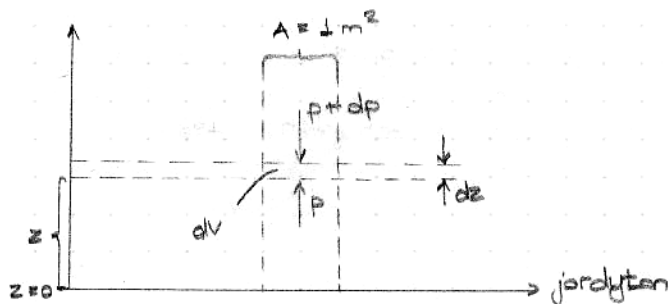
- Lufttryckets höjdberoende



$$P = \frac{F}{A}, \quad A = 1 \Rightarrow P = F$$

$$F = P = mg \Rightarrow m = \frac{P}{g} = \frac{101000}{9,81} \approx 10300 \text{ kg}$$

Hur beräknar man lufttryckets höjdberoende?



Tryckskillnaden dp i skiktet måste bero på massan av luftskiktet

$$dV = A \cdot dz = dz \quad (A = 1)$$

Massan inom dz , $dm = \rho dV = \rho dz$

Tryckändringen $dp = -g \cdot \rho \cdot dz$

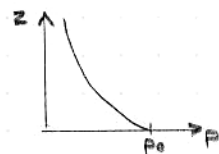
Använd ideella (allmänna) gaslagen $pV = nRT$
antalet mol allmänna gaslagen

Med h.a. allmänna gaslagen fås annat uttryck för ρ

$$\Rightarrow dp = -g \frac{\rho M}{RT} dz \quad \text{molmassan för luft}$$

$$\int_{P_0}^P \frac{dp}{p} = - \frac{gM}{RT} \int_0^z dz \Rightarrow p(z) = P_0 e^{-\frac{gM}{RT} z}$$

↑
antas beroende av höjden



$P_0 = 101 \text{ kPa}$, $z = 1000 \text{ m}$: $p = 89 \text{ kPa}$, $z = 10000 \text{ m}$: $p = 26 \text{ kPa}$, $z = 20000$: $p = 5 \text{ kPa}$

• Temperaturenens höjdberoende

Utgångspunkt



Undersök energiförändringar i Luftpaketet om det flyttas i vertikalled. Let energin dQ tillföras eller bortföras från Luftpaketet.

$$dQ = c_p dT - \frac{1}{\rho} dp$$

\downarrow
 $\hookrightarrow dz$

termodynamik $dQ = c_p dT + p dV$

Nu antas, experimentellt hänt, att värmeutbytet $dQ = 0 \Rightarrow$ adiabatisk process.

$$dQ = 0 \Rightarrow \frac{dT}{dz} = \frac{-g}{c_p} = \Gamma_d$$

\hookrightarrow värmekapaciteten för luft (vid konstant tryck) [J/kg grad]

Insättning av c_p och g ger

$$\Gamma_d = -1,0 \text{ grad}/100\text{m} \quad 0,01 \text{ grad}/\text{m}$$

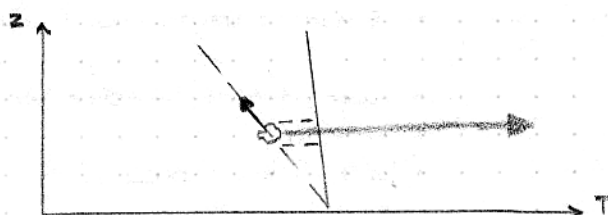
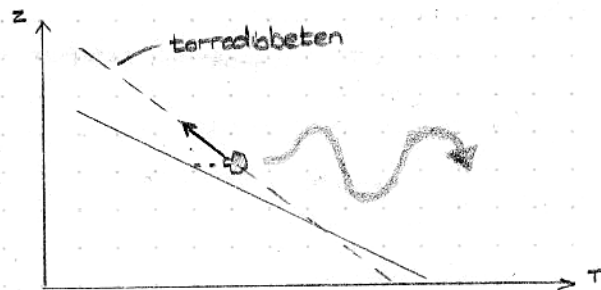
Hänsyn till vattenångas kondensation i atmosfären fås

$$\Gamma_s = -0,007 \text{ (grad/m)} \quad = -0,7 \text{ grad}/100 \text{ m}$$

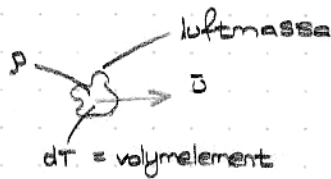
• Temperaturenens höjdväriation delar in atmosfären i olika kategorier

Instabil atmosfär - snabbare temp. avtagande än torradiabeten (Neutral atmosfär).

Stabil atmosfär - långsammare tempavtagande än torradiabeten.



Vindens orsaker



$$m a \Rightarrow \rho \cdot dV \cdot \frac{d\vec{u}}{dt} = F_{\text{press}} + F_{\text{Coriolis}} + F_{\text{friktion}} + F_{\text{grav}}$$

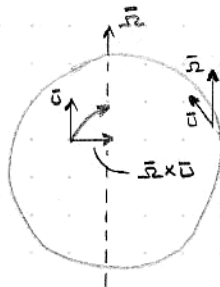
tryckgradient-
kraften
tröghetskraft

Tryckgradientkraften $-\frac{dp}{dx}$ eller mer generellt $-\nabla p$ ger upphov till vinden.

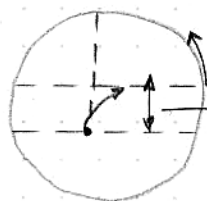
På högre höjder kan vi bortse från markfriktionskraften och gravitationen.

Om konstant hastighet på luftflödet ($\frac{d\vec{u}}{dt} = 0$) så blir kraftekv.

$$F_{\text{press}} + F_{\text{Coriolis}} = 0 \Rightarrow \boxed{-\frac{1}{\rho} \nabla p - 2\vec{\omega} \times \vec{u} = 0}$$



$\vec{\omega} =$ vinkelhastighet



tryckgradientkraften = Corioliskraften

Jordens förändringar



- Excentriciteten hos jordellipsen är periodisk med en periodtid på 95 000 år.
- Lutningsaxeln varierar periodiskt mellan $21,4^\circ$ och $24,4^\circ$ med periodtiden 41 000 år.
- Lutningsaxeln precesserar med en periodtid på 22 000 år.

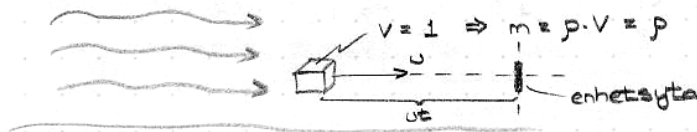
Vindkraft

Jordens totala vindenergi: $1000 \cdot 10^{12}$ kWh/år

Använd total energi på jorden: $100 \cdot 10^{12}$ kWh/år

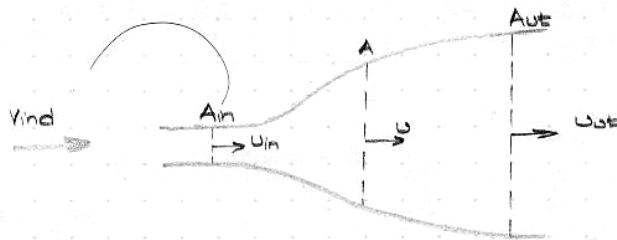
Landbaserade vindkraft har en potential på $20 \cdot 10^{12}$ kWh/år

Vilken energi kan man få ut ur luften?



Kinetiska energin för volymelementet: $\frac{1}{2} \rho u^2 V$

Kinetiska energin per sekund genom enhetsytan: $u \cdot \frac{1}{2} \rho u^2 A = \frac{1}{2} \rho u^3 A$



Massflöde förbi en tvärsnittsarea:

$$\dot{m}_{in}, A \text{ eller } A_{out} : \dot{m} = \rho u_{in} A_{in} = \rho u A = \rho u_{out} A_{out}$$

Vinden som passerar snurren minskar kinetiska energin per massenhet med

$$T_{in} - T_{ut} = \frac{1}{2} (\dot{m}_{in} u_{in}^2 - \dot{m}_{ut} u_{ut}^2) = \frac{1}{2} (\dot{m}_{in} - \dot{m}_{ut}) (u_{in} + u_{ut})$$

Den tillförda kraften till vindsnurren är ändringen av luftmassans rörelsemängd per sekund. Kraften är då $F = \dot{m} (u_{in} - u_{ut})$

Under tiden dt passerar luftmassan $\rho A u_{ut} dt$ förbi snurren. Under den tiden utförs arbetet $W = F u_{ut} dt$ av snurren.

Energien till vindkraftverket per massenhet

$$\frac{W}{\rho A u_{ut} dt} = \frac{F u_{ut} dt}{\rho A u_{ut} dt} = \frac{F}{\rho A} = \frac{\dot{m} (u_{in} - u_{ut})}{\rho A} = u_{ut} (u_{in} - u_{ut})$$



Sätt detta lika med minskningen av vindenergin: $\frac{1}{2} (U_{in} - U_{ut})(U_{in} + U_{ut})$

$$U = \frac{1}{2} (U_{in} + U_{ut})$$

Vilken hastighet u skall vinden ha när den "träffar" vindsnurren.
En koefficient a inför där

$$U = U_{in}(1-a)$$

$$U_{ut} = U_{in}(1-2a)$$

Effekten i snurren

$$P = \frac{1}{2} \rho A (U_{in}^2 - U_{ut}^2) = \frac{1}{2} \rho A U_{in} (1-a) [U_{in}^2 - U_{in}^2 (1-2a)^2]$$

Sök maxeffekten genom att derivera P m.p. a

$$\frac{dP}{da} = 0, \quad a = \frac{1}{3}$$

Då kvoten mellan uttagen effekt i vindkraftverket och tillförd vindenergi beräknas

$$\frac{P}{\frac{1}{2} \rho A U_{in}^3} = 4(1-a)^2 \cdot a = \frac{16}{27}$$

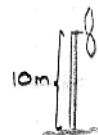
$$C_p = \frac{16}{27} = \text{Betz-faktorn}$$

$U_{in} = 10 \text{ m/s}$ $r = 10 \text{ m}$ \Rightarrow $P = 190 \text{ kW}$ teoretisk
rotorbladens storlek i praktiken 50 kW

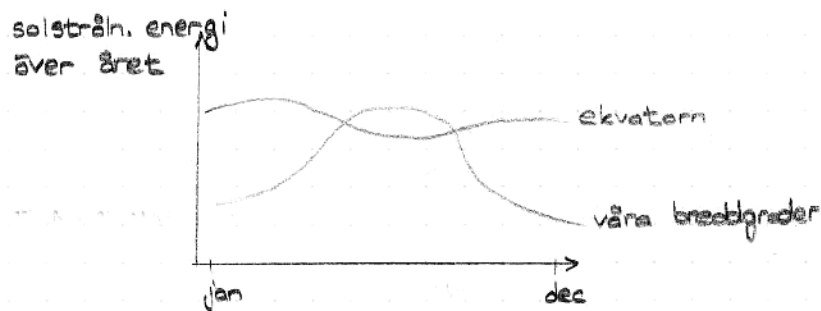


$U_{in} = 12 \text{ m/s}$ $r = 20 \text{ m}$ \Rightarrow $P = 1290 \text{ kW}$ teoretiskt
600 kW i praktiken

10-20 snurradier mellan olika vindkraftverk.



Solenergi



Standardmaxinstrålning av solenergi: 1000 W/m^2 megawatt toppeffekt

Världsproduktionen 2002 av solceller vara 540 MWh

2020 förväntas bli 50 000 MWh

- Solenergi utvinns
- i solfångare, cirkulerande vätska som tar upp solenergin
 - i solceller som direkt ger elektrisk energi.

Solceller

Kostnaderna för solsystem på tre poster

- solcellsmodulerna - abeles för dyrt i nuläget
- kraftelektroniken
- markanvändningen

Typer av solceller

- enkristallint kisel. Mest populärt. Tidigast utvecklat
- polykristallint kisel
- amorf kisel. Billigast. Verkningsgrad 5-7%
kan göras i tunnfilsteknik

Fån 40 m^2 solcellsytta på ett villatak kan man få ut ca 4000 kWh per år i Sverige

Kisel är dominerande halvledarmaterialet i solceller

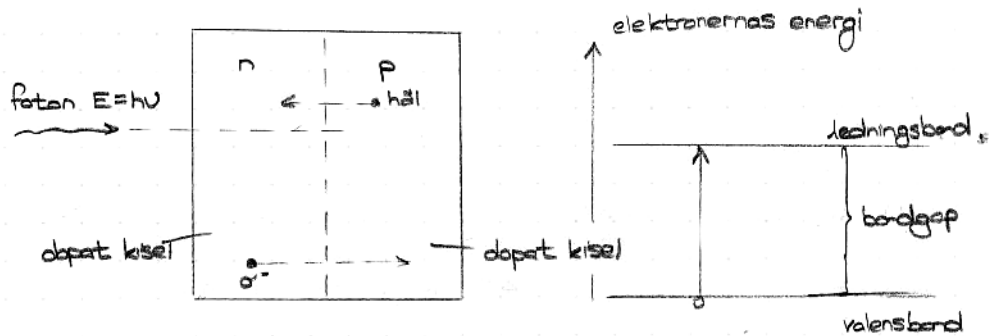
Utveckling av solceller med bl.a.

{	CuInSe	mer sällsynta material, ibland giftiga.
	CdS	
	CdTe	
	InP	



En typ av ämnen som används i tunnfilmsceller är SiGe
 = kopper indiumgalliumdiarsenid

Hur får man ut energi ur solceller?

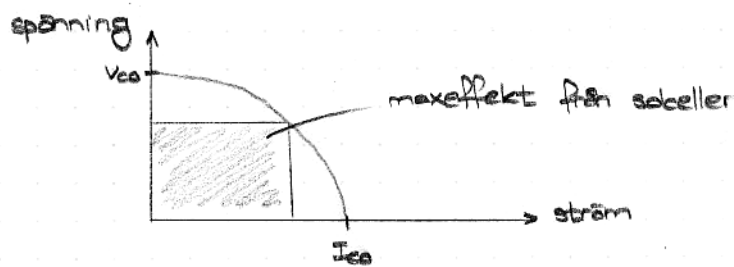


Vilket är problemet med att ta hand om fotonernas hela energi och omvandla till elektriskenergi?

Fotonen måste ha en minsta energi, $\approx 1 \text{ eV}$, i kisel. Elektronen måste kunna lyftas över bandgapet.

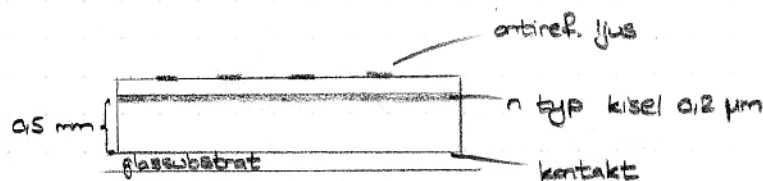
Om fotonenergin är större än bandgapet kan överskottsenergin inte utnyttjas.

Ström-spänningssamband i solceller

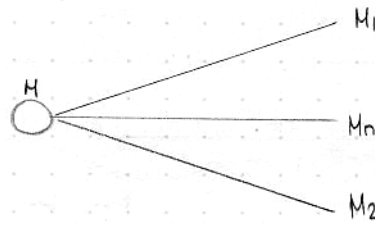


För kisel ger varje cell ungefär 0,6 V.

Kiselsolcell



Kärnenergi



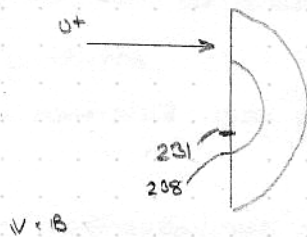
$$M > M_1 + M_2 + M_n$$

$$\Delta M = M - (M_1 + M_2 + M_n) \quad \Delta E = \Delta M c^2$$

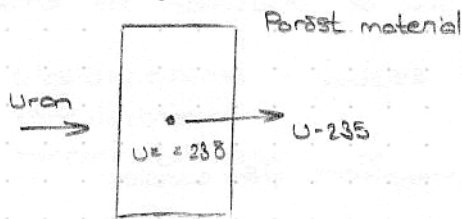
²³⁸ U	(U-238)	99,5%	Uran
²³⁵ U	(U-235)	0,7%	Torium
			3-4% andel U-235 i uranet.

1942-1945

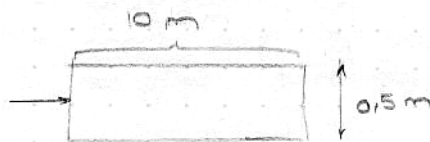
Masspektrometer



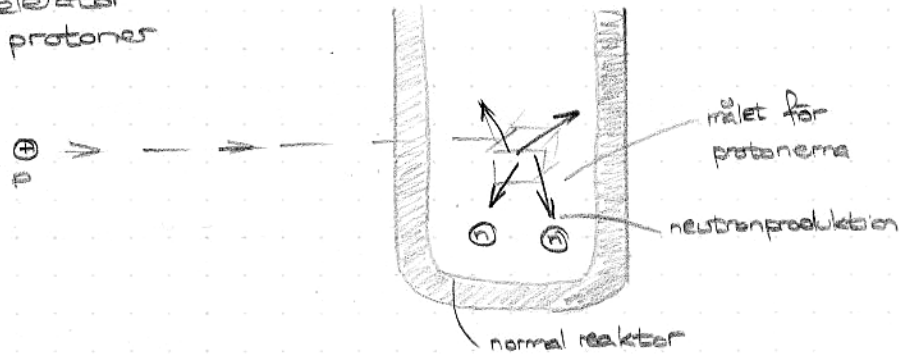
Diffusionsanläggning



Centrifugerna



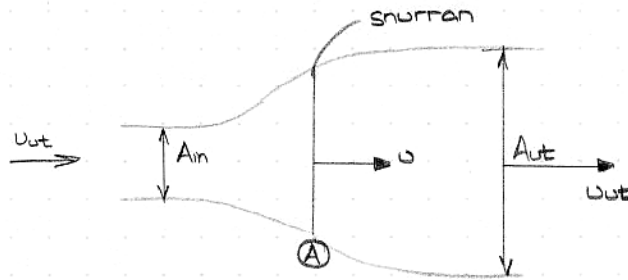
Accelerator
ger protoner



Fenmutation



Vindkraften

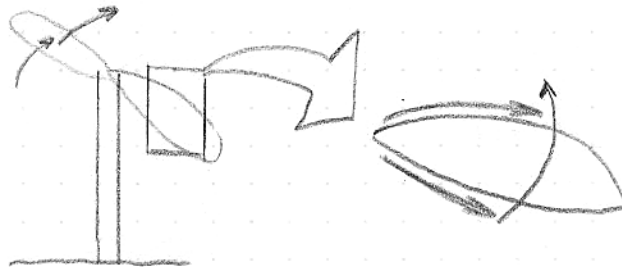


$$u = \frac{1}{2} (u_{in} + u_{out})$$

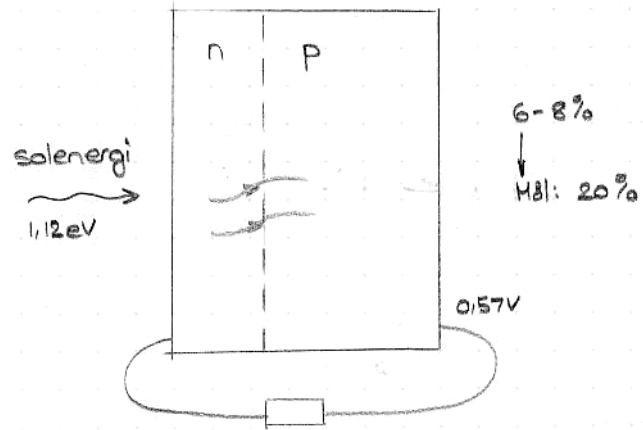
$$P = \frac{1}{2} \rho A (u_{in}^2 - u_{out}^2)$$

$$u = u_{in}(1-a)$$

$$P = 2\rho A u_{in}^3 (1-a)^2 a$$



Solenergi



Värmelära

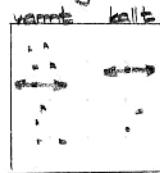
Värmeöverföringsmekanismer

Hur överföra värmeenergi från varmare kropp till kallare?



Tre mekanismer:

1. Värmeledning - Ledning av värme i stillastående medium. Värmen leds genom att molekyler påverkar grannarna.



Värmeledn. prop. mot temp.ändringen per längdenhet. Stort $\frac{dT}{dx}$ ger värmeledn. Dessutom beror värmeledn. på materialets värmeledn. förmåga. Värmeledn. effektiv i metaller. Mycket liten värmeledn. förmåga i ex vis luft.

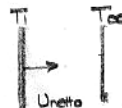
2. Konvektion - överföring av värme genom att ett helt medium rör sig.



3. Värmestrålning - Ges av Stefan - Boltzmanns lag



$$U = \epsilon \sigma T^4$$

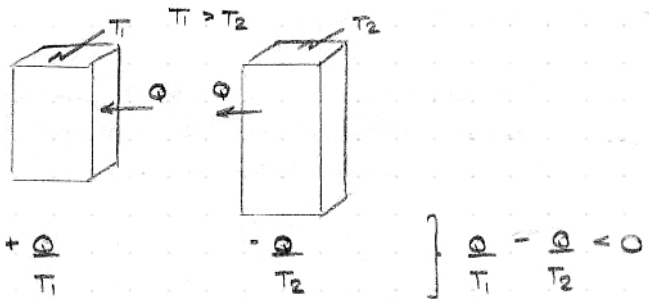
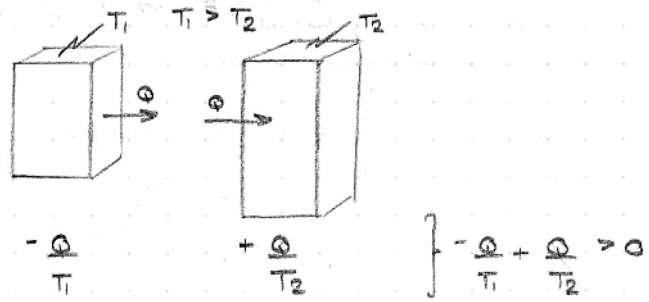


Termodynamik - Energiära

Första huvudsatsen:
$$dU = dQ + dW \quad (4.48)$$

↑ ↑ ↑
värmetillförsel inre energi-ändring tillfört arbete

Andra huvudsatsen

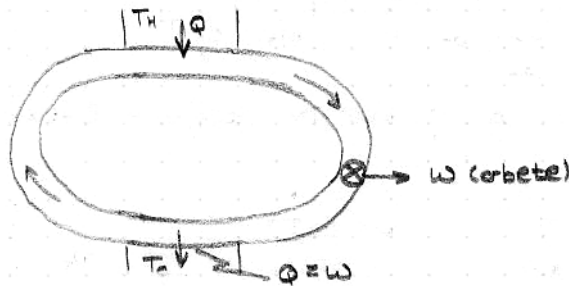


Q/T är entropin

Andra huvudsatsen: Entropiändringen alltid större än eller lika med noll i alla processer i slutna system.

Omvandling av värme till arbete

Värmeenergin Q tas ut från en värmereservoar vid temp. T_H och avges vid temp. T_C efter det att arbetet W utträttats.



Entropivillkoret ($\Delta S \geq 0$) ger att maximalt utvinningsbart arbete är

$$W_{\max} = Q \left(1 - \frac{T_C}{T_H} \right)$$

Termisk verkningsgrad $\eta = \frac{W}{Q} = \frac{\text{utfört arbete}}{\text{tillförd värme}}$

$$\eta_{\max} = \frac{W_{\max}}{Q} = \left(1 - \frac{T_C}{T_H} \right) \rightarrow \text{Carnotverkningsgraden}$$

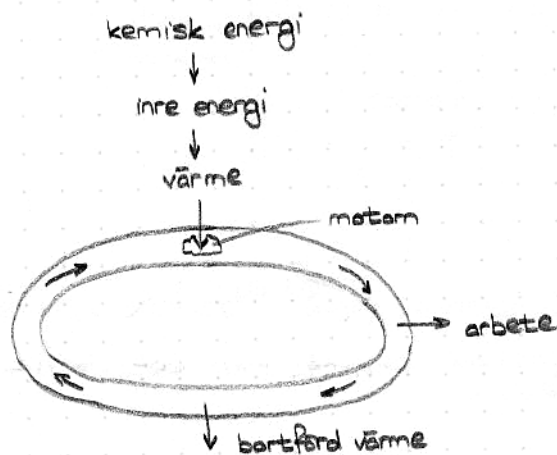
Tillgängligt arbete (available work) är det maximala arbete som kan utföras av ett bränsle.

$$B = W + T_0 \Delta S$$

tillgängligt arbete utförd arbetet förlorat arbete

B kallas också exergi.

En viktig energiomvandlingsprocess - Bensinmotorn (Dyselmotorn)



Verkningsgraden för bensinmotorn

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

r = kompressionsförhållandet i motorn
 k = konstant = 1,40

Föroreningar vid förbränningsprocesser

Luftföroreningar:

- NO_x - utsläpp ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$)
- CO , CO_2 - utsläpp
- Partiklar

NO_x - utsläppen: Varifrån kommer NO_x :en?

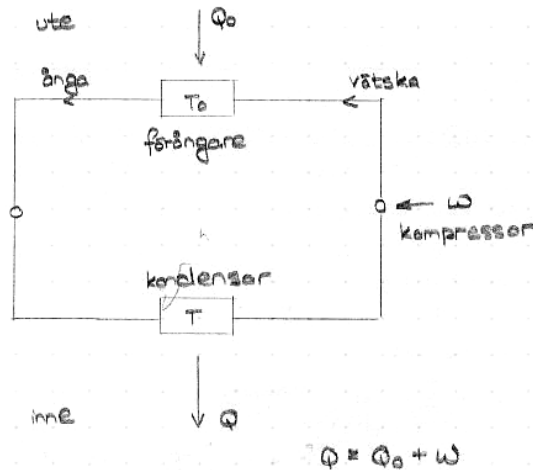
1. Från luftkvävet. Vid höga temp. oxideras luftens kväve N_2 .

2. Från bränslet. Det kan vara ganska mycket N i kol ocholja. Lite N i naturgas.



CO₂ alstras alltid i förbränning av fossila bränslen.
CO bildas i praktiken i anslutning till CO₂. CO-halten ökar om förbränningen är ofullständig.

Värmepumpar (samma princip för den som för kylskåp)



Värmepumpens prestanda uttrycks med COP (coefficient of performance) eller verkningskoefficient

$$COP = \frac{Q}{W} = \frac{Q}{Q - Q_0} = \frac{1}{1 - \frac{Q_0}{Q}}$$

, kan vara större än ett

$$Q = (COP) \cdot W$$

Om apparaten även används som kylskåp är Q₀ det viktiga. Man vill få bort så mycket värme som möjligt från kylskåpets inne.
Då använd COP-faktorn = $\frac{Q_0}{W}$

Energiumvandling, energikvalitet

Ett system eller ett bränsle kan utbyta arbete och värme med omgivningen. Vid detta utbyte kan en maximal mängd arbete utföras. Denna maximala mängd arbete betecknas B

$$B = W + T_0(\Delta S)_{as} \quad (4.92 \text{ i boken})$$

W: nyttigt utfört arbete
ΔS: entropiändringen är större än, eller lika med noll.

Målet med energiumvandlingen är att låta ΔS vara så liten som



möjligt. Dvs. man vill undvika entropiproduktion.

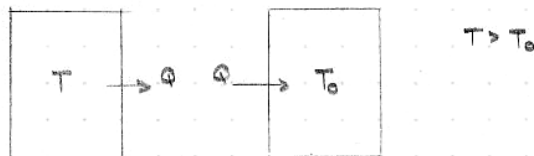
B kallas exergi.

Second law efficiency \approx exergiverkningsgraden

$$e \approx \frac{W}{W + T_0(\Delta S)_{as}}$$

Ett exempel på energiomvandling

Överför värme från en varm kropp till en kall kropp.

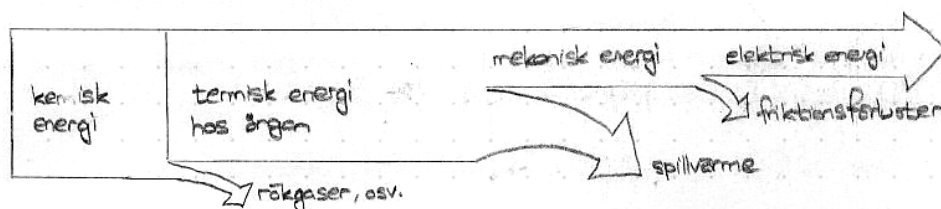
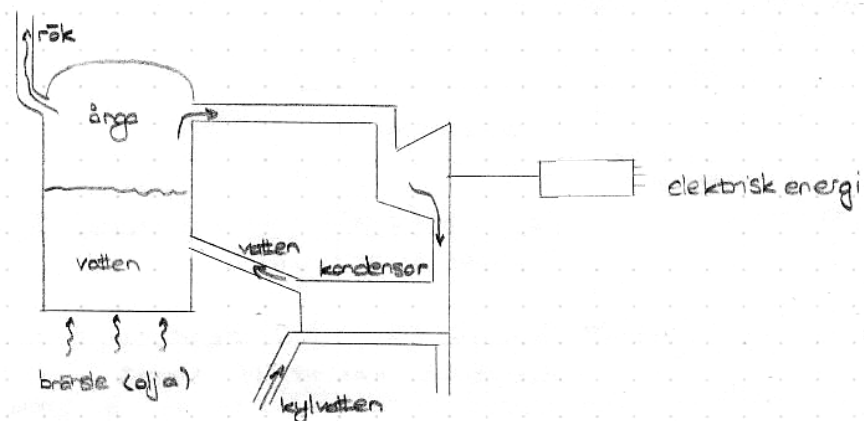


Det maximalt tillgängliga arbetet i denna energiomvandling

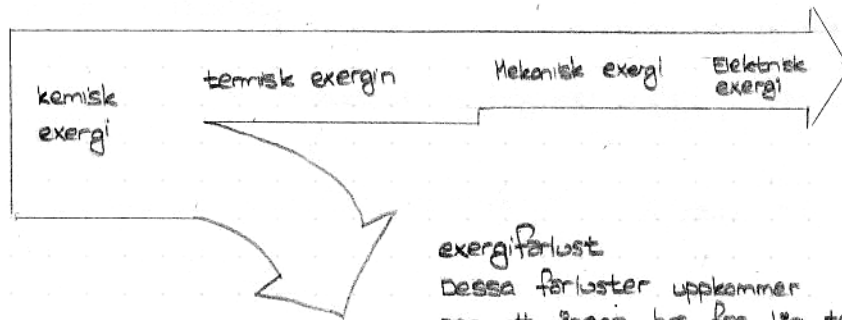
$$B = Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right)$$

Hög temp. i en process ger möjligt till effektiv omvandling av tillgänglig energi till arbetet.

Exempel med kondenskraftverk



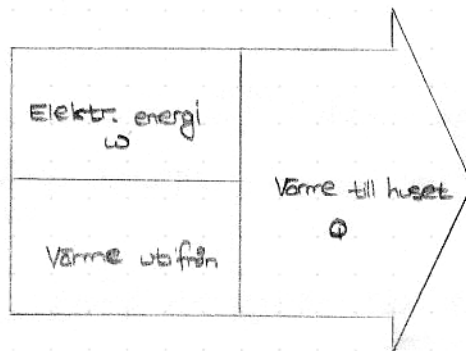
Exergiförluster



exergiförlust
 Dessa förluster uppkommer p.g. att ångan har för låg temperatur. Dessa begränsas av tekniska faktorer.

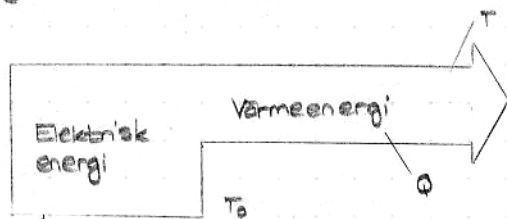
Värmepumpen

Energiflödesdiagram



termiska verkningsgraden = $\frac{\text{tillförd värme till huset}}{\text{tillförd energi}} \approx 300\%$

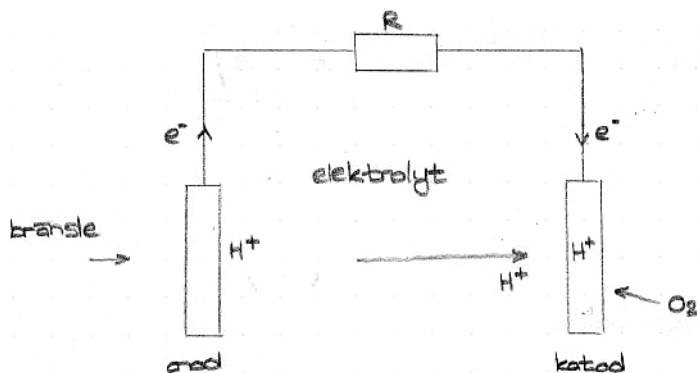
Exergidiagram



exergiverkningsgrad = $\frac{\phi}{\text{teoretiskt max möjliga arbetet i bränslet}}$

$$= \frac{\phi}{B \cdot \text{COP}} = \frac{\phi}{B} \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \approx 20 - 30\% \text{ i praktiken}$$

Bränsleceller



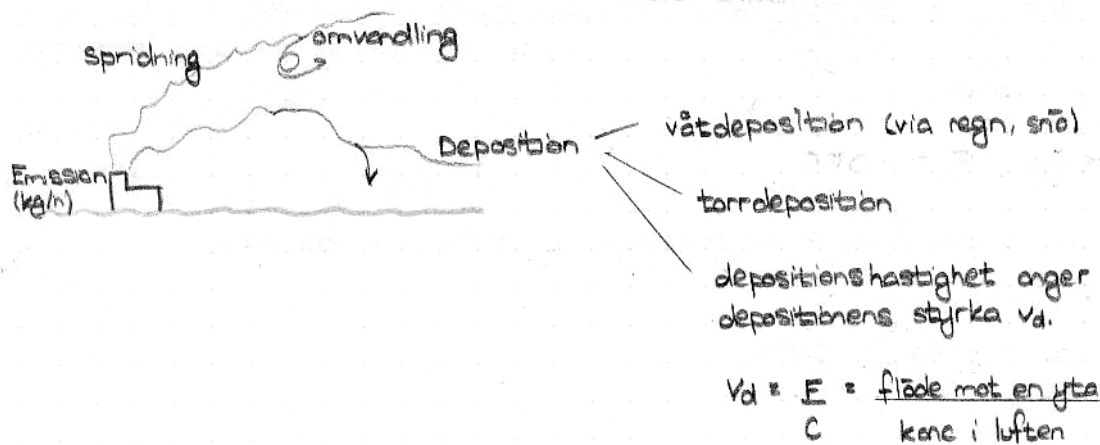
Verkningsgraden ligger uppåt 80-90%

FÖRELÄSNING 7

2006-04-25, v.5.

Spredning och transporter av föroreningar

Grundläggande spredningsbegrepp (huvudsakligen luftspredning)



Man skiljer på gaser och aerosolpartiklar i luftspredningssammanhang.
kompliserat att modellera

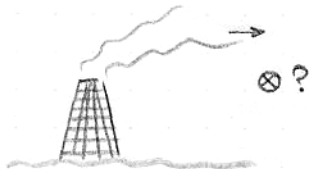
Aerosolpartiklar = partiklar i luft med diameter 3nm - 20µm

Man skiljer också på primära (kommer till luften) och sekundära (skapas i luften) luftföroreningar.

Spredning i lokal-, regional-, global-skala, hela klotet



Gaussmodellen



Spredningsmodeller

Grundläggande modell: Gaussmodellen

Fundamentala storheten är föroreningskoncentration c .

c funktion av x, y, z, t

c ges i enheten $\frac{\text{massa}}{\text{volymenhet}}$, ofta $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ett basproblem: bestämt rörelseekvationen för c . Vinden och vindhastigheten u en viktig faktor. Diffusionen given genom diff. koefficienten D , en annan faktor.

Vi vill veta flödet F av föroreningen. Detta flöde kan uttryckas

$$F = \underbrace{u \cdot c}_{\text{vindtransp-ort}} - \underbrace{D \nabla c}_{\text{diffusionen}} \quad (x = v \cdot t)$$

Ficks lag: $F_D = -D \nabla c$

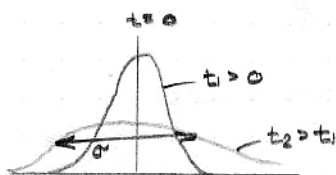
Man kan komma fram till en grundläggande rörelsekv. för c som uttrycks:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \nabla c = D \nabla^2 c$$

En lösning till denna ekv. är

$$c = \frac{Q}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad \text{'Typisk' spredningekv.}$$

Q är utsläppet av en förorening vid tiden $t=0$. $\sigma^2 = \langle x^2 \rangle$ är variansen av spredningen, dvs. hur mycket föroreningen sprids ut. σ också lika med $\sigma = \sqrt{2Dt}$

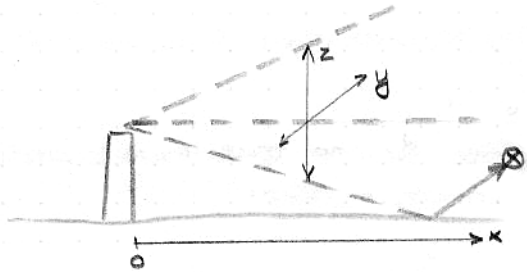


Gaussfunktionen är en lösning till ett något mer generell spridningekv.
 En form av Gausslösning

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$



h = skorstenshöjd
 q = utsläppet i kg/s (kontinuerligt utsläpp)
 σ_y, σ_z standardavvikelser för spridningen
 U = vindhastighet

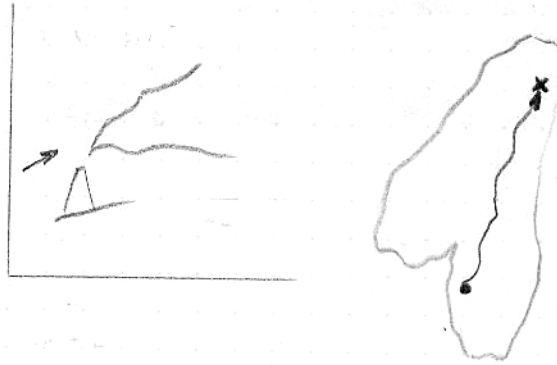


Vi är mest intresserade av förenk. konc. vid marknivå. Då $z=0$.
 Sätt även $y=0$ för att få max konc.

Då blir C :

$$C(x) = \frac{q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}}$$

Trajektorier



Lagrangiska modeller
Eulerska modellen

GCM: General circulation models

$$\frac{dq}{dt} = -kq + \frac{Q}{h}(1-\alpha)$$

q = trace element concentration in the air at time t .

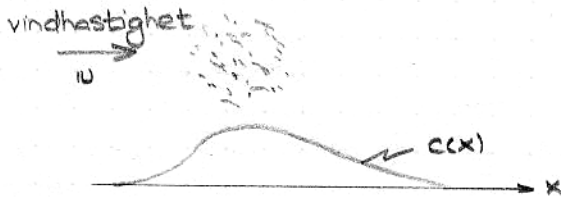
t = time, s

k = decay rate for the trace element considered

Q = trace element emission

Mekanismer och processer vid spridning

Grundläggande kvantitet: koncentrationen C ($\frac{\text{massa}}{\text{volymenhet}}$)



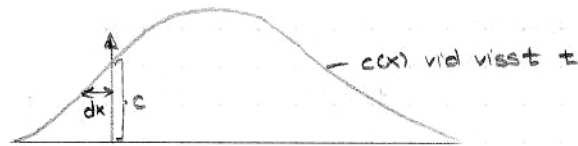
Färoreningsflöde $F = u \times C - D \nabla C$
 \rightarrow diffusionskoeff

F i $(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}})$

Kontinuitetsekvation $\Rightarrow \frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot F = 0$

Insättning av F och utnyttjandet av att $\nabla \cdot u = 0$ och att u dessutom konstant samt D oberoende av läget ger

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \cdot \nabla C = D \nabla^2 C \quad (5.5)$$



$$\frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial c}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial c}{\partial z} \frac{dz}{dt}$$

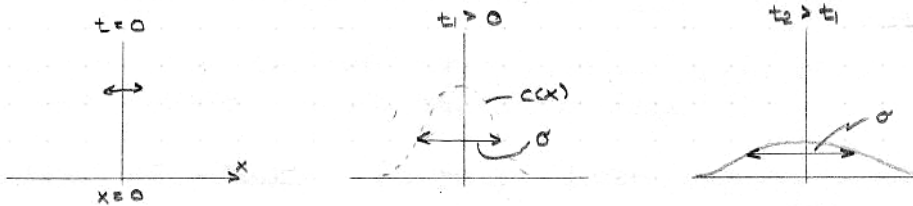
Betrakta en dimension (x-axeln) och $u=0$, $D = \text{konstant}$

$$(5.5) \Rightarrow \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

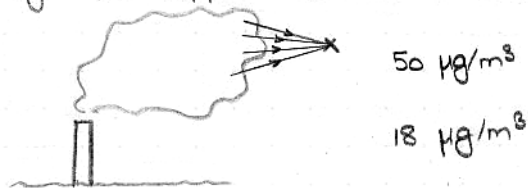
En lösning $c(x,t) = \frac{Q}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$

eller om $\sigma^2 = 2Dt \Rightarrow c = \frac{Q}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$, $\sigma^2 = \langle x^2 \rangle$

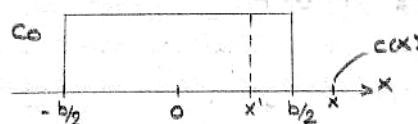
Betrakta här Q som ett utsläpp av ett antal kg föroreningar vid $x=0$ och $t=0$.



Är vi känsliga för toppvärdet av en koncentration eller medelvärdet.



Utsläpp inom en sträcka mellan $x = -b/2$ och $x = b/2$

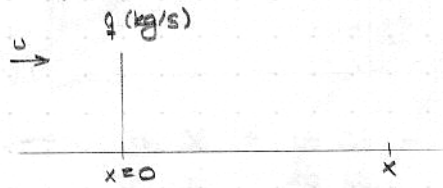


Efter en tid t ges konc. c av

$$c(x) = \frac{c_0}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-b/2}^{b/2} e^{-\frac{(x-x')^2}{2\sigma^2}} dx'$$

$\sigma^2 = 2Dt$ Vindhast $u=0$, enbart diffusion.

Betrakta en punktkälla vid $x=0$ som släpper ut q (kg/s) och vi har en vind u (m/s).



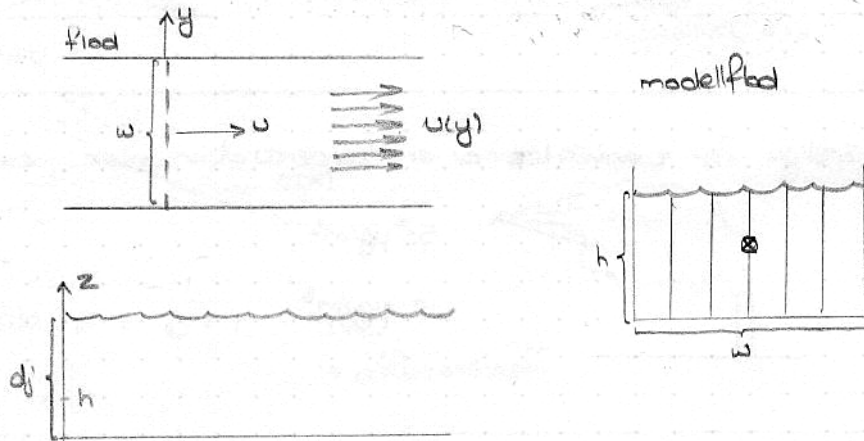
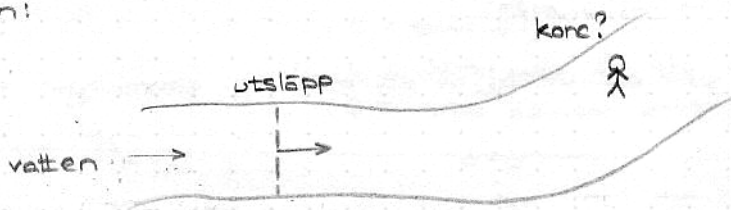
Efter lång tid och en bra bit från källan blir konc.

$$c = \frac{q}{2\pi u \sigma^2} e^{-\frac{y^2 + z^2}{2\sigma^2}}$$

$$\sigma^2 = \frac{2Dx}{u}$$

Spridning i floder

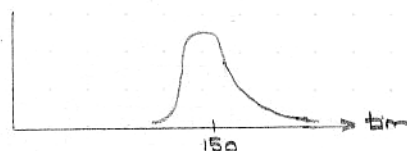
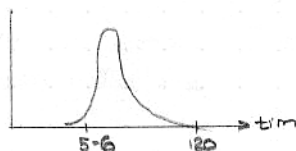
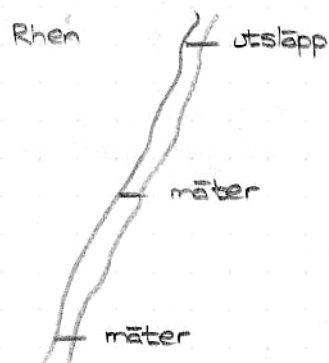
Problem:



Det karakteristiska med spridning i floder är att hastigheten på vattenflödet ändras med y . Denna ändring leder till en 'diffusion' i longitudinell led, strömningsriktningen som är mycket större än den 'vanliga' diffusionen.

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} = K \frac{\partial^2 \bar{c}}{\partial x^2}$$

\bar{c} och \bar{x} är medelvärden.



FÖRELÄSNING 9

2006-05-02, v. 6.

Miljömätningar

TXRF



totalreflektion
 ↳ slipper provplattans inverkan

Vilka ämnen finns det och hur mycket av dessa ämnen finns det?
 1000-tals tekniker för att lösa denna fråga.

Fysikaliska mätmetoder - framförallt spektroskopiska metoder görs
 igenom här.

Varje atom och molekyl karakteriseras av de olika energier som atomen
 och molekylen kan anta. Mätningarna sker av skillnaden mellan
 energierna.

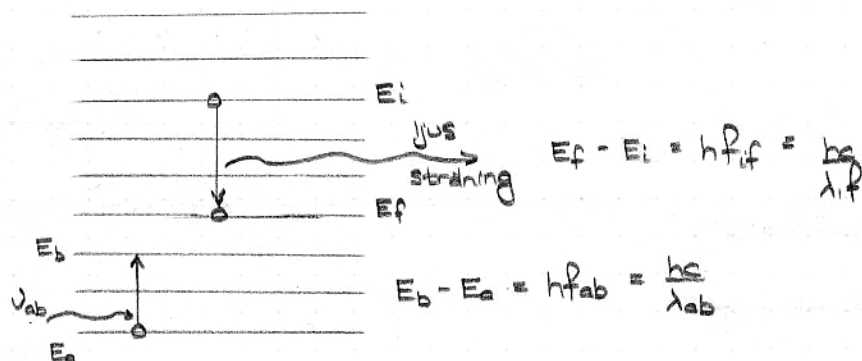
Spårelementanalys - analys av element som finns i små mängder.

DOAS - utnyttjar en xenonlampa som ljuskälla.

LIDAR - två ljusstrålar med närliggande våglängder sänds ut genom
 provområdet.

Spektroskopi för miljömätningar

Det viktiga är: energierna hos atomer/molekyler ger information om vilka atomer/molekyler det är fråga om.



Ämnen identifieras genom att mäta energiskilnader (ex λ eller f)

Mängden av ämnet bestäms genom hur mycket strålningsintensitet som emitteras eller absorberas.

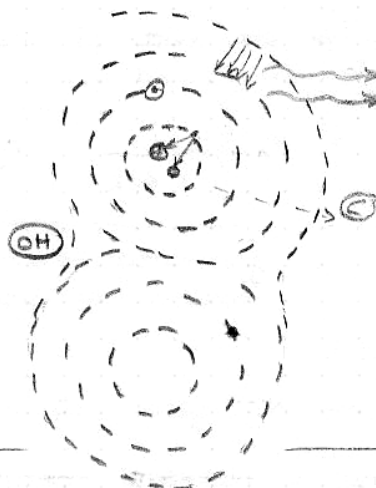
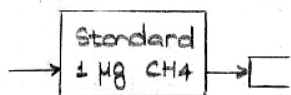
Övergångar kan inte ske mellan elektrontillstånd eller energinivåer. Man talar om förbjudna och tillåtna övergångar.

Övergångssannolikheten uttrycks genom en integral som kan skrivas

$$\langle i | \sum q_p r_p | j \rangle = \int \psi_i^* (\sum q_p r_p) \psi_j dV$$

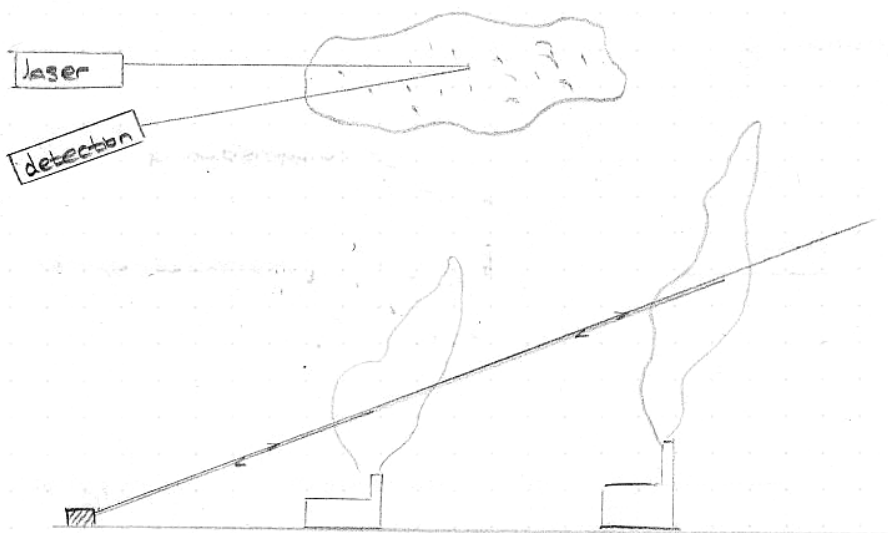
Miljömätmetoder

Spektroskopiska metoder

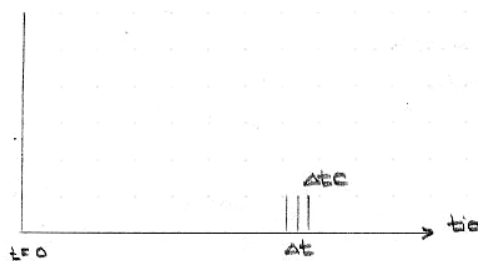
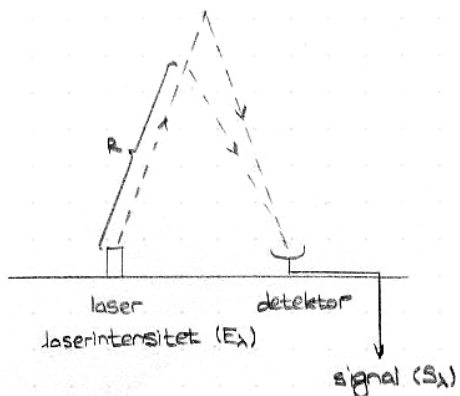


Lidar (362 - 370)

- fluorescenslidar
- ramanlidar
- respridningslidar



Två våglängder som skickas. Den ena våglängden (λ_1) absorberas av ämnet men är ute efter. Man tar kvoten mellan de två våglängderna. Hastigheten kvoten avtar med ger utsläppsmängden.



$$ZR = c\Delta t, \quad \Delta t = \frac{2R}{c}$$

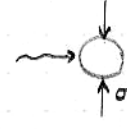
←

Signalen S_λ är ett mått på mängden av det spridande och absorberande ämnet vid R .

$$S_\lambda(R, \Delta R) = E_\lambda \underbrace{\xi(R) \frac{A}{4\pi R}}_{\text{geometriska faktor, dämpningsfaktorer och detektor effektivitet}} \cdot \eta_\lambda \beta_\lambda(R) \cdot e^{-2 \int_0^R [\alpha_\lambda + \sigma_\lambda N(r)] dr}$$

S_{λ_1}
 S_{λ_2}

geometriska faktor, dämpningsfaktorer och detektor effektivitet

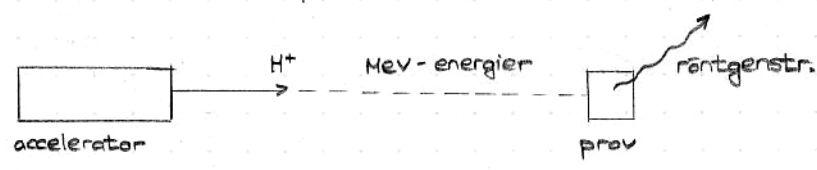
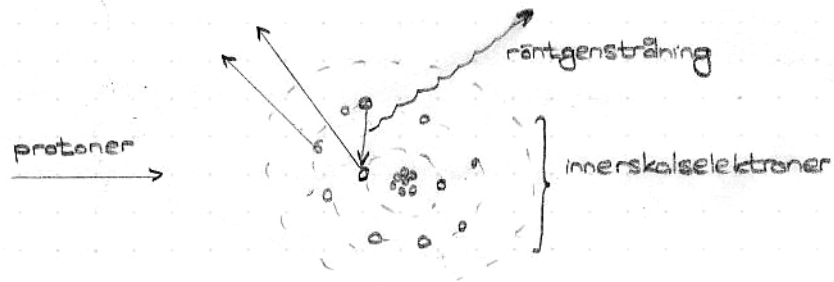


Man bestämmer $N(r)$ genom att mäta kvoten $S_{\lambda_1}/S_{\lambda_2}$ $\xrightarrow{\alpha \neq 0}$

λ_1 absorberas i intressant molekyl
 λ_2 absorberas inte i intressant molekyl

PIXE (Partikel-Inducerad-röntgen-emission) , 389 - 395

Röntgenstråling



Företagsnivå

ISO14000
EMAS