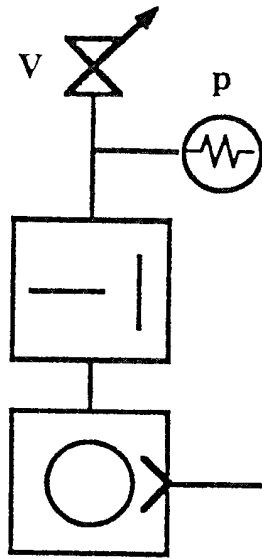
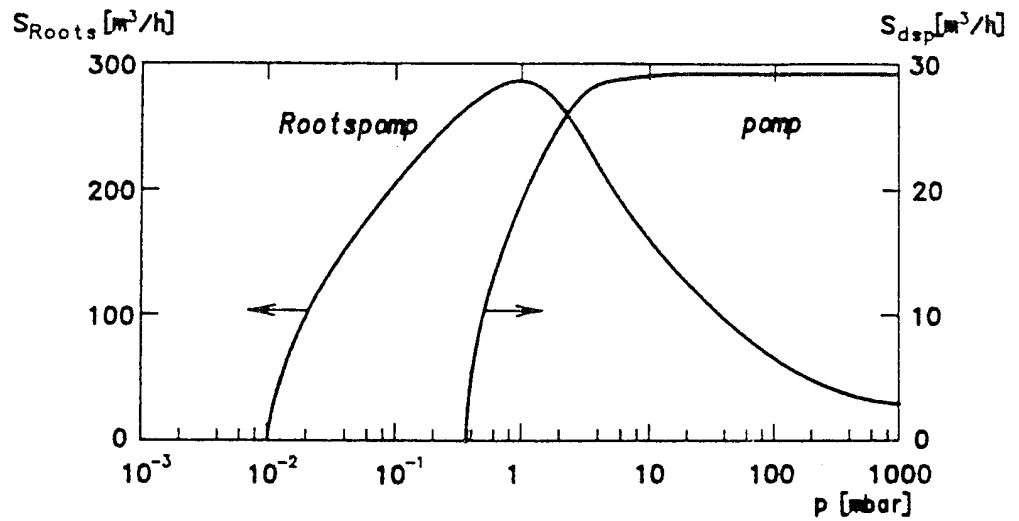


## Vraagstuk 1 (MV-90-1)



Figuur 1



Figuur 2

Figuur 1 toont een pompcombinatie bestaande uit een rootspomp en een ééntraps draaischuifpomp. De Roots pomp is afgeflenst. Op de flens zijn een drukmeter P en een gasinlaatventiel V gemonteerd. De door de fabrikant opgegeven nominale pompsnelheid van de Roots pomp is  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . In figuur 2 zijn de pompsnelheidscurves afgebeeld van de Roots pomp (linkerschaal) en de draaischuifpomp (rechtterschaal).

- Hoe groot is de kompressieverhouding van de Roots pomp wanneer we V afgesloten houden?
- We draaien V open totdat P 1 mbar aanwijst. Hoe groot is nu de kompressieverhouding?
- Schets in het bijgevoegde assenstelsel de pompsnelheid van een watteringpomp van nominaal  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  bij  $20^\circ\text{C}$ . Bij deze temperatuur is de verzadigde dampdruk van water 23 mbar.
- Schets in dit assenstelsel eveneens de pompsnelheidscurve van een nominaal  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$  Roots pomp afgepompt met een  $600 \text{ m}^3/\text{h}$  ééntraps draaischuifpomp.
- De in het vorige punt genoemde pompcombinatie wordt gebruikt voor een vacuümproces waarbij veel gas vrijkomt. Als gevolg hiervan is de inlaatdruk van de Roots pomp 10 mbar. Hoe groot wordt de inlaatdruk bij de draaischuifpomp?
- Hoe zal de pompsnelheidscurve van de Roots pomp veranderen als niet de draaischuifpomp maar de watteringpomp uit punt c) als voorpomp zou worden gebruikt? Maak in het bijgevoegde assenstelsel en schets (ongeveer) van de dan geldende pompsnelheidscurve van de Roots pomp.

Uitwerking vraagstuk MV-90-1

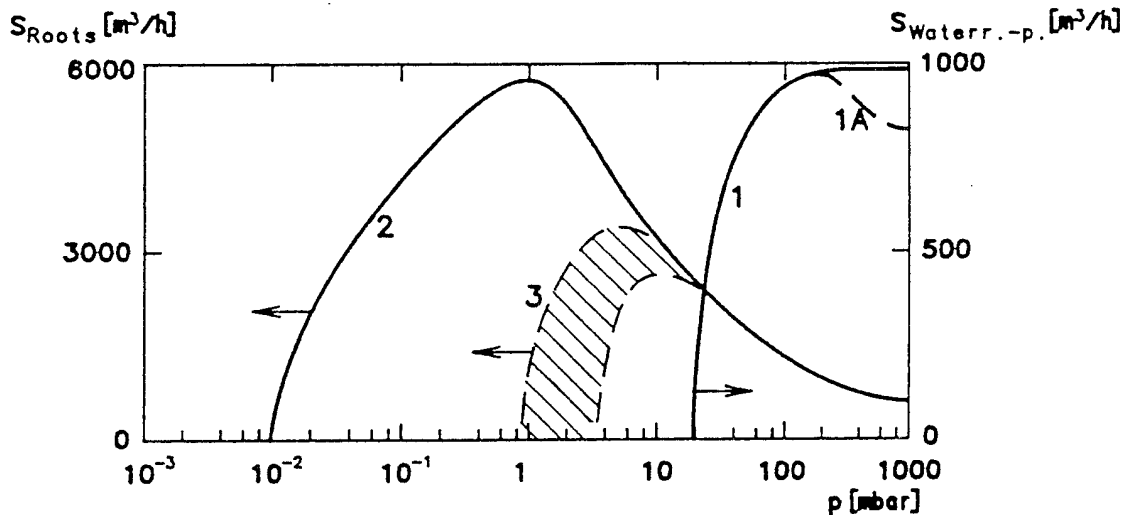
a) De maximale compressieverhouding bij aanzuigdruk  $10^{-2}$  mbar

$$K_{\max} = \frac{3 \times 10^{-1}}{10^{-2}} = 30$$

b) Bij 1 mbar is de pompsnelheid van de Rootspomp ongeveer  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . De verpompte hoeveelheid gas is dan  $Q = p \times S = 1 \times 300 = 300 \text{ mbar} \cdot \text{m}^3/\text{h}$ . Deze hoeveelheid gas moet door de draaischuifpomp worden verpompt met een pompsnelheid van  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ . Voor de druk bij de draaischuifpomp berekenen we dus:

$$p_{\text{dsp}} = \frac{Q}{S_{\text{dsp}}} = \frac{300}{30} = 10 \text{ mbar} \Rightarrow \text{compressieverhouding } K(1 \text{ mbar}) = \frac{10}{1} = 10$$

c) Curve 1 (eentraps) of 1A (tweetraps) in grafiek.



d) Curve 2 in grafiek

e) Bij 10 mbar is de pompsnelheid van de Rootspomp ongeveer  $3500 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Verpompte hoeveelheid gas  $Q = 10 \times 3500 = 3,5 \times 10^4 \text{ mbar} \cdot \text{m}^3/\text{h}$ . Pompsnelheid draaischuifpomp =  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Dus wordt de inlaatdruk bij de draaischuifpomp  $p_{\text{dsp}} = 3,5 \times 10^4 / 600 \approx 60 \text{ mbar}$ .

f) De gevraagde curve ligt in het gearceerde gebied 3 in grafiek. Curve niet precies aan te geven, omdat (maximale) compressieverhouding van de Rootspomp bij een voordruk van 23 mbar (= einddruk waterringpomp) niet bekend is.

**Vraagstuk 3 (MV-93-3)**

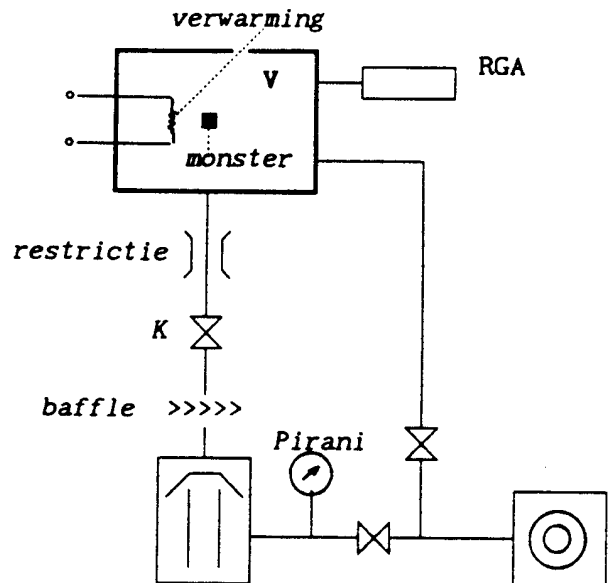
Gegevens van nevenstaand vacuümsysteem:

$$S_{diff} = 1,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$C_{baffle} = 1,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$C_{HVklep} = 1,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

De restrictie bestaat uit een opening (1 cm doorsnede) in een dunne plaat.



De geschetste opstelling wordt gebruikt om van een monster siliconenrubber te meten welke gassen desorberen vanaf het materiaal en in welke hoeveelheid. Desgewenst kan dit bij verhoogde temperatuur worden gemeten.

Procedure: Er wordt gepompt tot de druk in de vacuümkamer V  $1 \times 10^{-5}$  Pa is.

Terwijl er wordt gepompt, wordt het monster op de gewenste temperatuur gebracht en met de restgasanalysator (RGA) wordt gemeten welke gassen in het restgas voorkomen en hoe groot de partiële drukken van die gassen zijn.

Er dient eveneens een meting te worden verricht om na te gaan welke gassen vanaf het systeem (verwarming) komen, zonder dat een monster aanwezig is (zogenaamde blanco-meting). Het verschil van beide metingen levert de gasafgifte van het monster.

- a. Wat zou de reden kunnen zijn van het aanbrengen van de restrictie tussen de hoogvacuümklep K en de vacuümkamer?
- b. Omschrijf het begrip desorptie.

De geleiding van een ronde opening in een dunne plaat in geval van moleculaire stroming van lucht kan worden berekend met:

$$C = 3,65 \times 10^{-4} R^2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}, \quad R = \text{straal in mm.}$$

- c. Bereken de geleiding van de opening.

- d. Bereken de effectieve pompsnelheid aan V.
- e. Is de effectieve pompsnelheid voor waterdamp anders dan voor lucht?  
Motiveer uw antwoord.

Het gedesorbeerde gas blijkt hoofdzakelijk waterdamp te zijn.

De blanco meting levert een partiële druk van waterdamp van  $5 \times 10^{-5}$  Pa.

De meting met materiaalmonster geeft een partiële druk van waterdamp van  $2,5 \times 10^{-4}$  Pa.

Het monster bestaat uit een blokje van  $10 \times 10 \times 3 \text{ mm}^3$ .

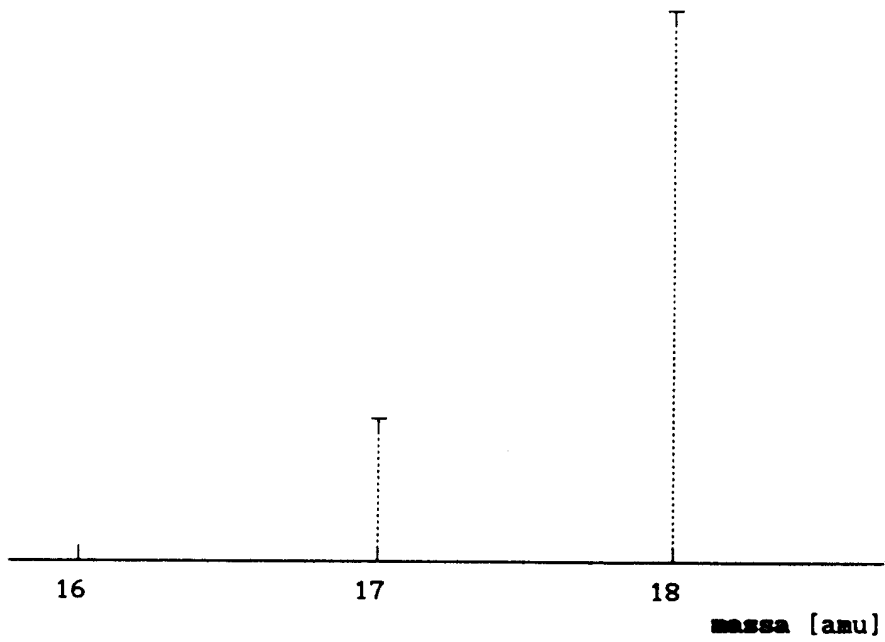
- f. Bereken uit deze gegevens de ontgassing van het materiaal  
[Pa  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ]. (Indien nodig kan voor de effectieve pompsnelheid het  
antwoord op vraag d. worden gebruikt)

Van de massaspectrometer is gegeven dat het scheidend vermogen bij  
massa 18 op 50% van de piekhoogte 72 bedraagt.

- g. Omschrijf het begrip scheidend vermogen.
- h. Schets in de figuur op pagina 7 van de waterdampgroep het verloop  
van het spectrum tussen massa's 17 en 18, rekening houdend met het  
genoemde scheidend vermogen.  
De toppen van deze beide pieken zijn reeds aangegeven.

Vraagstuk 3 (MV-93-3) Vervolg opgave h.      Deze bladzijde inleveren!

Naam: .....



**Vraagstuk 3 (MV-93-3)**

- a. Door de pompsnelheid te reduceren zullen de partiële drukken van de gedesorbeerde gassen hoger zijn, waardoor de gevoeligheid van de meting wordt vergroot.
- b. Desorptie: Het vrijkomen van geadsorbeerde en geabsorbeerde gassen vanaf een materiaaloppervlak.

c.  $C = 3,65 \times 10^{-4} R^2$      $R$  in mm,  $C$  in  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ .

met  $R = 5$  mm:  $3,65 \times 10^{-4} \times 25 = 9,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

- d.  $S_{\text{eff}}$  tussen hoogvacuümklep en restrictie:

$$\frac{1}{S_{\text{eff}}} = \frac{1}{S_{\text{diff}}} + \frac{1}{C_{\text{baffle}}} + \frac{1}{C_{\text{hvklep}}} \quad \rightarrow \quad S_{\text{eff}} = 0,4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$S_{\text{eff}}$  aan  $V$  wordt dus bepaald door de restrictie en is ongeveer  $9 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

- e. Ja, hoe kleiner een gasdeeltje, hoe groter de geleiding van een opening voor die gassoort. De geleiding voor waterdamp is dus groter dan voor "lucht".

- f. Partieeldruk van waterdamp, toe te schrijven aan desorptie:

$$2,5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-4} \text{ Pa.}$$

$$S_{\text{eff}} = 9 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\text{des}} = 2 \times 10^{-4} \times 9 \times 10^{-3} = 1,8 \times 10^{-6} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}.$$

Deze gasstroom is afkomstig van een oppervlak:

$$2 \times 10 \times 10 = 200 \text{ mm}^2$$

$$4 \times 10 \times 3 = 120 \text{ mm}^2$$

$$\text{totaal} = 320 \text{ mm}^2$$

$$= 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Ontgassing is dus: } \frac{1,8 \times 10^{-6}}{3,2 \times 10^{-4}} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$$

- g. Scheidend vermogen: Het vermogen om twee naast elkaar gelegen pieken afzonderlijk in het massaspectrum weer te geven.

Dit wordt weergegeven door:

$$\frac{M}{\Delta M}$$

$M$  is de massa,  $\Delta M$  de breedte van de piek (bijvoorbeeld op 10% of 50% van de hoogte van de piek)

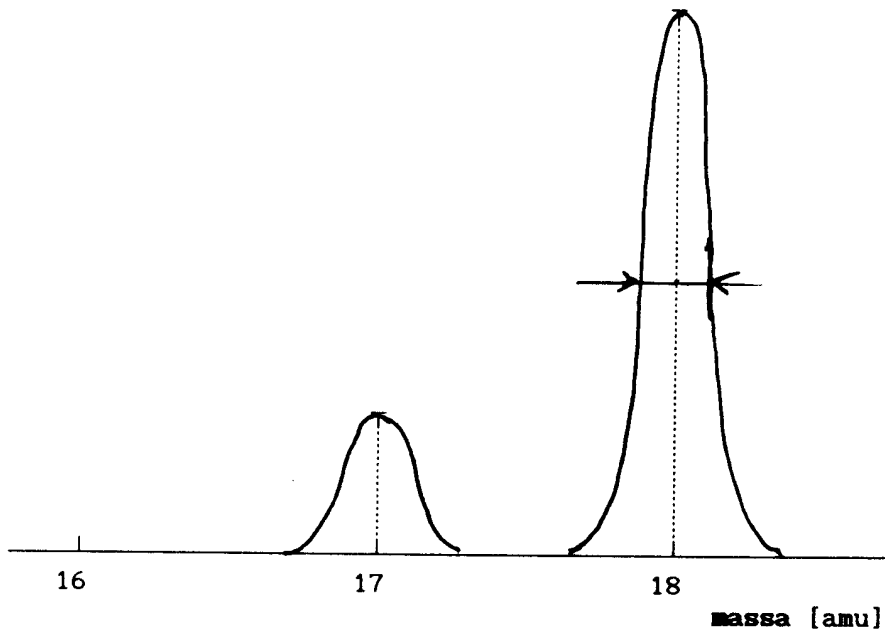
Hoe kleiner de breedte ( $\Delta M$ ) hoe beter het scheidend vermogen.

$\frac{M}{\Delta M} = 72$ , bij massa 18

$\Delta M$  is dus  $\frac{18}{72} = \frac{1}{4}$  bij 50% piekhoogte.

Dit betekent dat de breedte van de piek op halve hoogte  $\frac{1}{4}$  is van de afstand tussen piek 17 en 18.

In het getekende massaspectrum wordt de breedte op halve hoogte dan 1 cm.



**NEVAC examen Middelbare Vacuümtechniek**  
Vrijdag 15 april 1994, 14.00-16.30 uur

Vraagstuk 1 (MV-94-1)

Gegeven:

Enkeltraps draaischuifpomp.

De einddruk bij gebruik van gasballast bedraagt 20 Pa.

De pompsnelheid bij een aanzuigdruk van  $10^4$  Pa is  $18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

De uitlaatdruk mag op  $10^5$  Pa worden gesteld.

De waterdampverdraagzaamheid is  $6 \cdot 10^3$  Pa.

De draaischuifpomp wordt continu gebruikt met gasballast.

$$N_{\text{Avogadro}} = 6 \cdot 10^{23} \text{ deeltjes per mol}$$

$$k_{\text{Boltzmann}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Nm K}^{-1}, \quad \text{molmassa water} = 18 \text{ gram / mol}$$

Gevraagd:

- Omschrijf het begrip "volumetrische pompsnelheid".
- Waardoor wordt de einddruk van de gegeven pomp voornamelijk bepaald?
- Hoe groot is de netto verpompte hoeveelheid gas ( $\text{Pa m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) bij de einddruk van de pomp?
- Bereken de grootte van de geleiding van het "lek", waardoor terugstroming mogelijk is ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ ).
- Bereken de theoretisch (= volumetrisch) verpompte hoeveelheid gas, de teruggelekte hoeveelheid gas, de netto gasstroom en de netto pompsnelheid voor de aanzuigdrukken in onderstaande tabel.

Aanzuig- druk (Pa)	$Q_{\text{vol}}$ ( $\text{Pa m}^3 \text{ h}^{-1}$ )	$Q_{\text{lek}}$ ( $\text{Pa m}^3 \text{ h}^{-1}$ )	$Q_{\text{netto}}$ ( $\text{Pa m}^3 \text{ h}^{-1}$ )	$S_{\text{netto}}$ ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ )
$1 \cdot 10^5$				
$2 \cdot 10^2$				
$1 \cdot 10^2$				
$4 \cdot 10^1$				
$2 \cdot 10^1$				

- Zet de gevonden waarden van  $S_{\text{netto}}$  op pagina 2 uit tegen de aanzuigdruk. Geef duidelijk de indeling van de beide assen aan.
- Omschrijf het begrip "waterdampverdraagzaamheid".
- Bereken de waterdampcapaciteit ( $\text{kg h}^{-1}$ ) van de draaischuifpomp.



### Uitwerking vraagstuk MV-94-3

- a. Gezien het drukgebied waarin de Rootspomp en de draaischuifpomp werkzaam zijn, moet voor hoge drukken rekening worden gehouden met de pompsnelheid van de draaischuifpomp.

Hiermee in serie staan de beide openingen van  $250 \text{ l s}^{-1}$

Dus met

$$1/S_{\text{eff.}} = 1/C + 1/S \quad \text{en } C = 2 \times 0,25 = 0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$
$$\text{en } S = 120 / 3600 = 1/30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

geeft dit  $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

b.  $Q = 1,3 \times D \rightarrow 1,3 \cdot 10^3 \text{ Pa m}^3 \text{ s}^{-1}$

c.  $p = Q / S_{\text{eff.}} = 1,3 \cdot 10^3 / 3,1 \cdot 10^{-2} = 4,2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ .

d.  $\Delta p \times C = Q \quad Q = 1300 \text{ Pa m}^3 \text{ s}^{-1}$   
 $C = 0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ,  
 $\Delta p = Q / C = 1300 / 0,5 = 2,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ .

- e. Kracht is drukverschil  $\times$  oppervlak  
Oppervlak van de plaat:  $1/4 \cdot \pi \cdot d^2$

$$F = 2,6 \cdot 10^3 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 2,25 \cdot 10^{-2} = 46 \text{ N}$$

f.  $V(p_0 - p_e) = p_{\text{gemiddeld}} \cdot S \cdot t$

$$V(p_0 - p_e) = ((p_0 + p_e) / 2) \cdot S \cdot t$$

$$t = \frac{V(p_0 - p_e) \cdot 2}{S(p_0 + p_e)}$$

$$t = \frac{1,650 \cdot (10^5 - 4,2 \cdot 10^4) \cdot 2}{3,1 \cdot 10^{-2} \cdot (10^5 + 4,2 \cdot 10^4)}$$

$$= 43 \text{ seconden.}$$

- g.  $p \times R > 335$ , dan laminaire stroming,  $36 \times 80 > 335$ , dus laminaire stroming.

- h. Nu geldt de pompsnelheid van de Rootspomp, dus  $1000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , of  $0,227 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

i.  $Q_{\text{lek}} = S_{\text{eff.}} \times p = 0,227 \times 36 = 10 \text{ Pa m}^3 \text{ s}^{-1}$ .