

**Übung 3:**

Ue03\_HTNS\_PT\_WS14

1	<p>Ein Behälter mit einem Volumen von <math>1\text{ m}^3</math> ist mit Stickstoff bei Raumtemperatur gefüllt. Der Behälter steht anfänglich unter dem Druck von 1 mbar. Über eine Blende mit einem Durchmesser von 1 mm entweicht Gas in ein gedachtes ideales Vakuum.</p> <p>a) Entwickeln Sie eine Gleichung für die zeitliche Abnahme der Teilchenzahl im Behälter. Hinweis: gehen Sie davon aus, dass <math>N(t+dt)=N(t)-j_N A dt</math>.</p> <p>b) Nach welcher Zeit ist die Teilchenzahl um die Hälfte gesunken?</p>
2	<p>Berechnen Sie die molekularen Leitwerte folgender Rohre. Bei welchen Rohren müssen Sie den Clausing-Korrekturfaktor berücksichtigen?</p> <p>a) 1m DN50mm b) 2m DN35mm c) 4m DN100mm d) 0,5m DN200mm</p>
3	<p>Bestimmen Sie die effektiven Leitwerte der Rohrkombinationen:</p> <p>a) Serienschaltung von 4 Leitungen 1m DN50mm + 2m DN35mm + 4m DN100mm + 0,5m DN200mm b) Parallelschaltung von 4 Leitungen mit den Daten aus Aufgabe a) c) Mit welchem Saugvermögen rechnen Sie, wenn Sie hinter die Leitungen aus Aufgabe a) eine Pumpe mit einem Saugvermögen von 1000 l/s anschließen?</p>
4	<p>Das Saugvermögen einer Pumpe soll verglichen werden mit einer Öffnung ins absolute Vakuum. Mit welchen effektiven Öffnungsquerschnittsflächen könnte man dann Pumpen mit 100 l/s, 400 l/s, 1000 l/s und 2000 l/s beschreiben?</p>
5	<p>In einem Edelstahlbehälter befindet sich ein Ultrahochvakuum von <math>P = 5 \cdot 10^{-11}</math> Torr. Der Behälter hat ein Volumen von <math>0,5\text{ m}^3</math> und wird kontinuierlich von einer Pumpe mit einem Saugvermögen von <math>S = 1000\text{ l/s}</math> gepumpt.</p> <p>a) Wie hoch ist der Druck-Volumenstrom (Gasstromstärke), der von der Pumpe abgepumpt wird? b) Wie hoch ist die Teilchenstromstärke, die abgepumpt wird? c) Wie groß ist die Leckrate? d) Die Pumpe wird bei <math>t=0</math> durch ein Plattenventil von der Kammer getrennt. Stellen Sie die Teilchenzahl bzw. Teilchendichte im Behälter als Funktion der Zeit dar und zeichnen Sie den Graphen. f) Wie würden Sie experimentell aufgrund der Erkenntnis von Aufgabe a)-e) vorgehen, um die Leckrate zu bestimmen? g) Durch betätigen eines Plattenventils wird die Pumpe zum Zeitpunkt <math>t = 0</math> abgeschaltet. Nach welcher Zeit erreicht die Kammer einen Druck von <math>P = 1 \cdot 10^{-6}</math> mbar?</p>
6	<p>Ein Vakuumbehälter wird an eine Turbomolekularpumpe mit einem Saugvermögen von 1000 l/s angeschlossen. Der Behälter hat ein Volumen von einem <math>1\text{ m}^3</math>. Ein kleines Loch im Behälter vom Durchmesser <math>d = 1\text{ }\mu\text{m}</math> begrenzt den zu erreichenden Enddruck.</p> <p>a) Das Saugvermögen der Pumpe ist Druckabhängig. Die Pumpe erreicht jedoch etwa bei einem Druck von <math>1\text{E-3}</math> mbar das angegebene Saugvermögen. Wie sieht ab diesem Zeitpunkt die ideale Druck-Zeit-Kurve aus?</p> <p>b) Welchen Enddruck erreicht die Kammer? c) Wie hoch sind die Leckraten für Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Helium? d) Wie lange dauert es, bis die Kammer ausgehend von <math>P_0 = 1\text{E-3}</math> mbar einen Enddruck von <math>1\text{E-6}</math> mbar erreicht?</p>

## Übung 3:

Ue03\_HTNS\_PT\_WS14

7	<p>Bestimmen Sie die mittlere freie Weglängen von Stickstoff , Trimethylgallium Molekül (TMG) <math>\text{Ga}(\text{CH}_3)_3</math> und für ein Arsin-Molekül <math>\text{AsH}_3</math> aus den Daten der Tabelle bei einem Druck von 1mbar., <math>T=300\text{K}</math></p> <p>Beachten Sie hierbei, dass für die Berechnung der mittleren freien Weglänge der Van-der-Waals-Radius und nicht der Atomradius relevant ist!</p> <table><tr><th>Molekül</th><th>Dichte</th><th>Atom-Radius</th><th>Van der Waals Radius</th><th>Molmasse</th></tr><tr><td>N2</td><td><math>807,6 \text{ kg/m}^3</math></td><td>65 pm</td><td>155 pm</td><td>28 g</td></tr><tr><td>TMG</td><td>1,15 g/ml</td><td></td><td></td><td>114,82 g</td></tr><tr><td>AsH3</td><td></td><td>115 pm</td><td>185 pm</td><td>77,95 g</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Berechnen Sie aus der Dichte des TMG Moleküls das Volumen des Moleküls aus und nähern Sie das mit einem Würfel.</p>	Molekül	Dichte	Atom-Radius	Van der Waals Radius	Molmasse	N2	$807,6 \text{ kg/m}^3$	65 pm	155 pm	28 g	TMG	1,15 g/ml			114,82 g	AsH3		115 pm	185 pm	77,95 g					
Molekül	Dichte	Atom-Radius	Van der Waals Radius	Molmasse																						
N2	$807,6 \text{ kg/m}^3$	65 pm	155 pm	28 g																						
TMG	1,15 g/ml			114,82 g																						
AsH3		115 pm	185 pm	77,95 g																						
8	<p>Bestimmen Sie mit der Knudsen Zahl die Art der Strömung:</p> <p>Für Stickstoff gilt: <math>\lambda = 68\mu\text{m} * 1/(P / \text{mbar})</math></p> <p>Für Wasserstoff gilt: <math>\lambda = 115\mu\text{m} * 1/(P / \text{mbar})</math></p> <p>a) Stickstoff mit Druck <math>P=200\text{Pa}</math> bei einem Rohrdurchmesser von 35 mm b) Wasserstoff bei <math>P=200\text{Pa}</math> bei 6mm Rohrdurchmesser c) Stickstoff bei 1E-6mbar und Rohrdurchmesser 50mm d) Stickstoff bei 1E-3 mbar und Rohrdurchmesser 35 mm</p>																									
9	<p>In einem Wellschlauch wird Stickstoff bei einem Druck von 1E-3 mbar transportiert. Welchen Durchmesser darf der Wellschlauch haben, damit sicher noch mit einer Molekularen Strömung gerechnet werden kann?</p>																									
10	<p>Nach einer einfachen Abschätzung kann der Diffusionskoeffizient von Stickstoff-Molekülen innerhalb von Stickstoffmolekülen abgeschätzt werden mit</p> $D = \frac{\lambda < v >}{3}$ <p>a) Wie weit entfernt sich nach dieser Abschätzung ein Stickstoffmolekül innerhalb einer Zeit von 5 Minuten von seiner Ausgangsposition? Der Stickstoffdruck beträgt 1bar. b) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt es im Mittel von seiner Ausgangslage weg?</p>																									