

A2 - Kritischer Punkt von n-Pentan

10

durchgeführt: 21/6/10

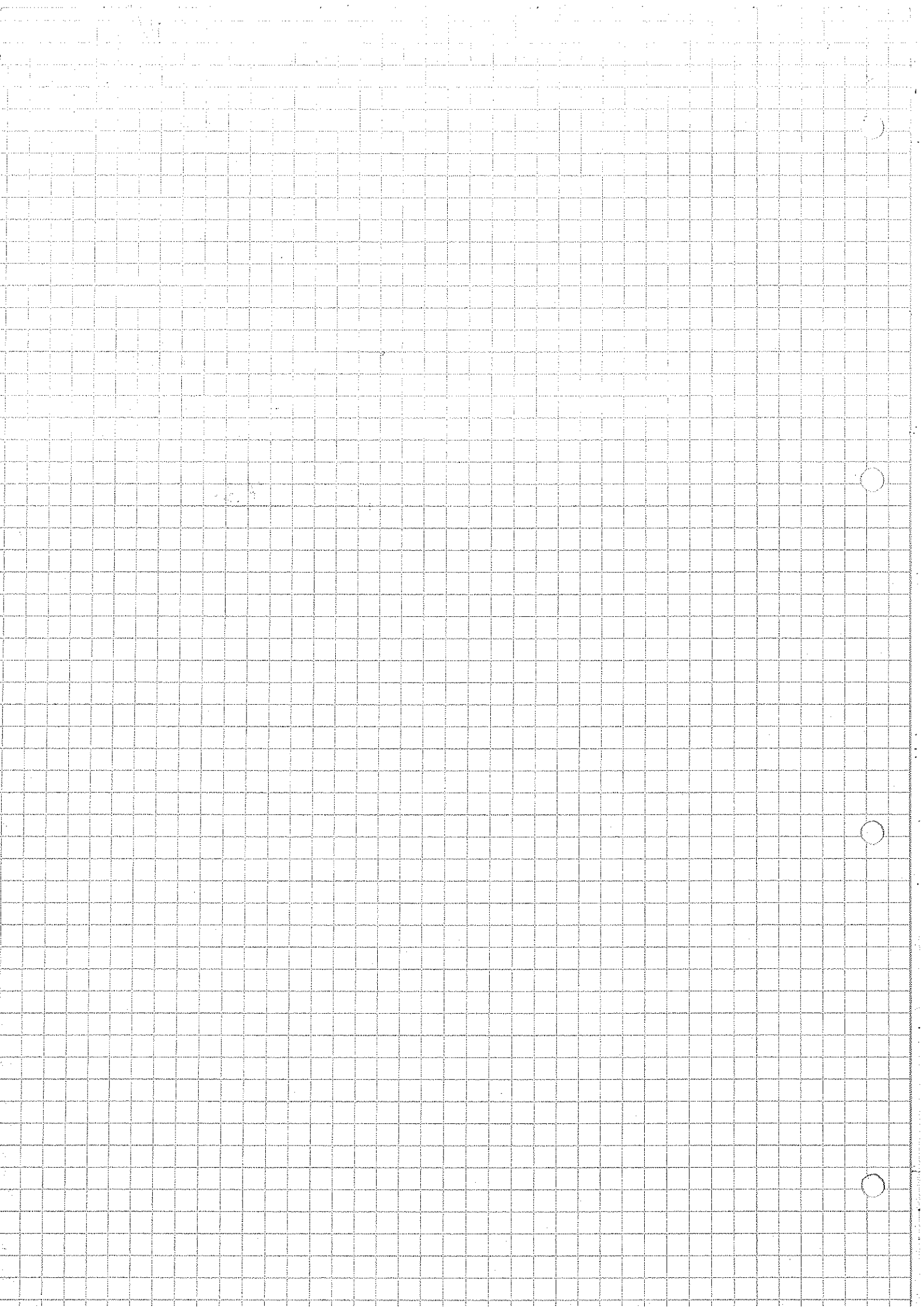
Constantin Kieß

abgegeben: 28/6/10

Jan Röhner

B-12

INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE
CHEMIE UND ELEKTROCHEMIE
DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE
PRAKTIKUM FÜR ANFÄNGER
TESTIERT AM:
ASSISTENT: FS.



Grundlagen:

Am kritischen Punkt liegen flüssige und Gasphase gleichzeitig vor. Man kann zwischen beiden nicht mehr unterscheiden. Wir können aufgrund der zu berücksichtigenden NW zwischen den Partikeln nicht von idealem Verhalten ausgehen.

Ein Realgas kann beschrieben werden durch die Van-der-Waals-Zustandsgleichung:

$$p = \frac{RT}{v_m - b} - \frac{a}{v_m^2} \quad (1)$$

↑ Eigen-Volumen der Gaspartikel

Aufbau und Durchführung:

Über ein Rad kann n-Pentan in der beheizten Kapillare auf Hochdruck $p=50$, 60 bar gebracht werden. Hochdruckmanometer und Einfüllvorrichtung sind mit Hydrauliköl gefüllt. In einem U-Rohr zwischen Ölleitung und Messzelle ist Hg als Trennflüssigkeit gefüllt.

Bestimmung des kritischen Drucks:

Nach Erwärmen der Kapillare auf etwa $\theta = 200^\circ\text{C}$ wird der dabei ansteigende Druck ab $p=50 \text{ bar}$ so weit abgesenkt, bis die Kapillare am kritischen Punkt eine Trübung zeigt. Da diese Trübung sehr flüchtig ist, wird der Vorgang der Druckregulation mehrmals wiederholt und arithmetisch gemittelt.

Bestimmung der kritischen Temperatur:

Nach Abkühlen der Apparatur werden Druck und Temperatur so reguliert, ^{bis} ~~bei~~ erstmals ein Meniskus erscheint. Wir erhalten Druck-, Temperaturmesswertpaare. Man erhöhe auf $p=50 \text{ bar}$ und wiederhole mehrmals.

Auswertung:

Als Mittelwert des kritischen Drucks ergab sich ^{experimentell} $p_c = 37,5 \text{ bar}$. Der abgeschätzte Fehler Δp_c liegt bei $\Delta p_c = 0,5 \text{ bar}$.

Aus einem exponentiellen Fit mit Origin erhalten wir die krit. Temperatur:

$$T_c = 203 \quad \text{mit } \Delta T_c \text{ aus linearem Fit.}$$

Wir bestimmen Wendepunkte der Gleichung (1):

$$\Rightarrow \frac{\partial p}{\partial V_m} = -\frac{RT}{(V_m - b)^2} + \frac{2a}{V_m^3} = 0 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 p}{\partial V_m^2} = \frac{2RT}{(V_m - b)^3} - \frac{6a}{V_m^4} = 0 \quad (3)$$

$$\Rightarrow \frac{3RT_c}{V_{m,c}(V_{m,c} - b)^2} = \frac{2RT_c}{V_{m,c} - b}$$

$$\Leftrightarrow 3(V_{m,c} - b) = 2V_{m,c}$$

$$\Leftrightarrow V_{m,c} = 3b \quad (4)$$

$$\Rightarrow T_c = \frac{8a}{27bR} \quad (5)$$

$$\Rightarrow p_c = \frac{a}{27b^2} = \frac{3RT_c}{8V_{m,c}} \quad (6)$$

$$\Rightarrow b = \frac{RT_c}{8p_c} \quad (7)$$

$$\Rightarrow a = \frac{27}{8} T_c b R \quad (8)$$

Literatur:

$$T_c = 196,6^\circ\text{C} : \text{OK}$$

$$p_c = 33,3 \text{ bar}$$

nicht Bereich der
Ablesgenauigkeit

Die Fehler der Van-der-Waals-Konstanten erhalten wir durch Krößt-Fehlerabschätzung:

$$\Delta b = \frac{R}{8p_c} \Delta T_c + \frac{RT_c}{8p_c^2} \Delta p_c \quad (9)$$

$$\Delta a = \frac{27}{8} RT_c \Delta b + \frac{27}{8} R b \Delta T_c \quad (10)$$

$$\Rightarrow a = (32045,32 \pm 1925,93) \frac{\text{bar} \cdot \text{mol}^2}{\text{l}^2}$$

$$b = (5,63 \pm 0,17) \frac{\text{l}}{\text{mol}}$$

Zusatzfragen:

(1) He, NaCl, Xe, H₂O, C₂H₆, CHCl₃

Die krit. Temperatur hängt von b ab. $\xrightarrow{\text{wächst}}$

Werte

(2) Linde-Verfahren

Die Luft wird verdichtet, woraus Druckerhöhung auf ca. 10^2 bar und Temperaturanstieg um ca. $\Delta T = 45$ auf ca. 10^1 °C

Zunächst wird die erhitze, verdichtete Luft vorgekühlt; die Temperatur wird wieder auf die der Umgebung gebracht, ähnlich einem Kühlschrank wird Wärme an die Umgebung zum Ausgleich abgegeben.

Später kühlt die Luft über eine Turbine ab auf ca. -10^1 °C

Man verwendet diese gekühlte Luft als Gegenstrom-Wärmeträger.

Dadurch tritt schrittweise Abkühlung ein; bei ca. $p = 20$ bar tritt Verflüssigung ein.

Wasserstoff muss erst unter die Inversionstemperatur gebracht werden.

Inversionstemperatur ist die Temperatur, bei der Abkühlung ⁱⁿ Erwärmung beim Joule-Thomson-Effekt übergeht.

Der Dampfdruck fällt sehr stark mit der Temperatur ab

(3)

$$F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F_c (1 \mu\text{m}) = 2.31 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$F_g (1 \mu\text{m}) = 1.50 \cdot 10^{-49} \text{ N}$$

$$F_c (1 \text{ nm}) = 2.31 \cdot 10^{-10} \text{ N}$$

$$F_g (1 \text{ nm}) = 1.50 \cdot 10^{-43} \text{ N}$$

$$F_c (1 \text{ \AA}) = 2.31 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

$$F_g (1 \text{ \AA}) = 1.50 \cdot 10^{-41} \text{ N}$$

$$\frac{F_c}{F_g} \approx 10^{33}$$

Handwritten notes at the top left of the page.

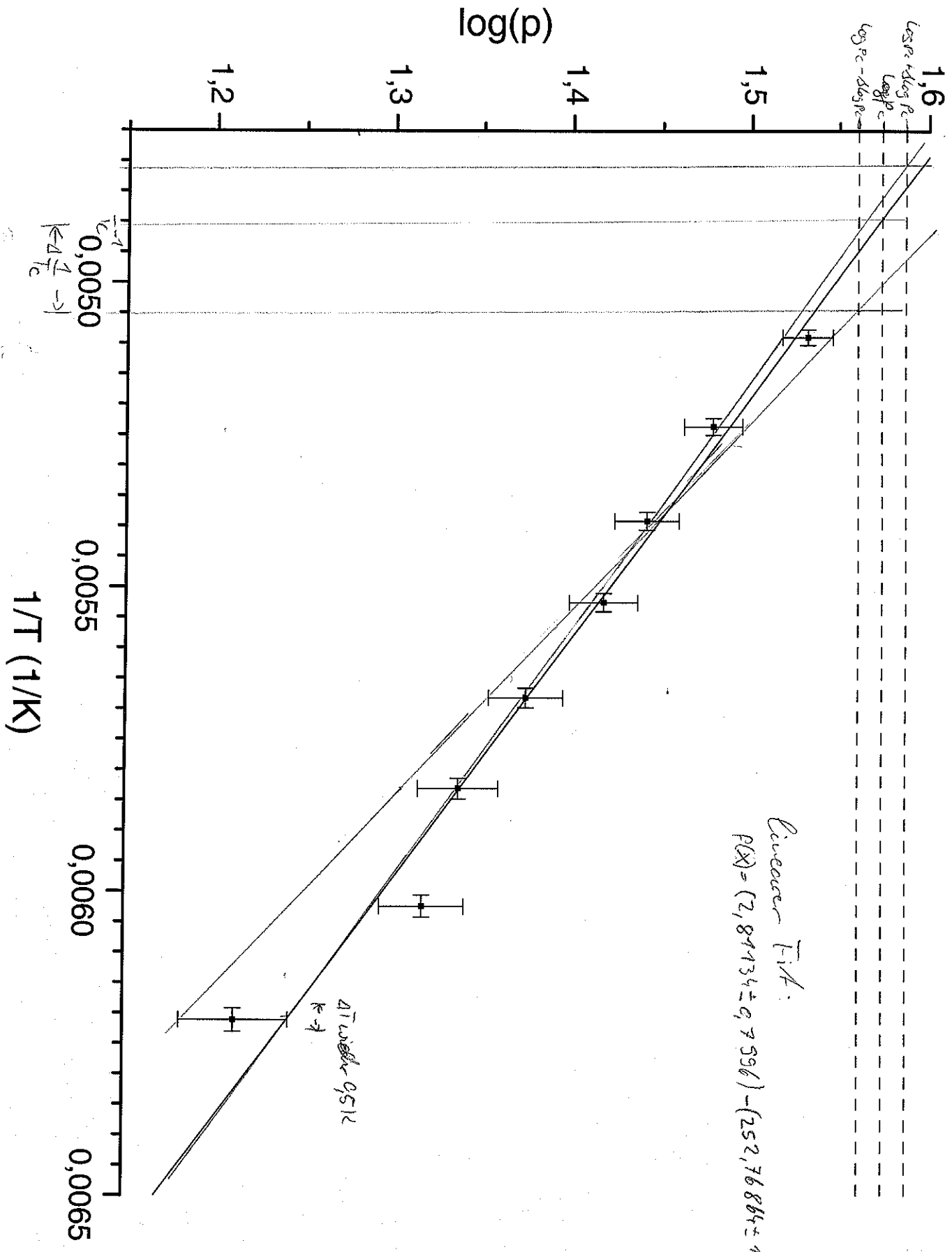
Main body of handwritten text on the grid paper, consisting of several paragraphs of notes.

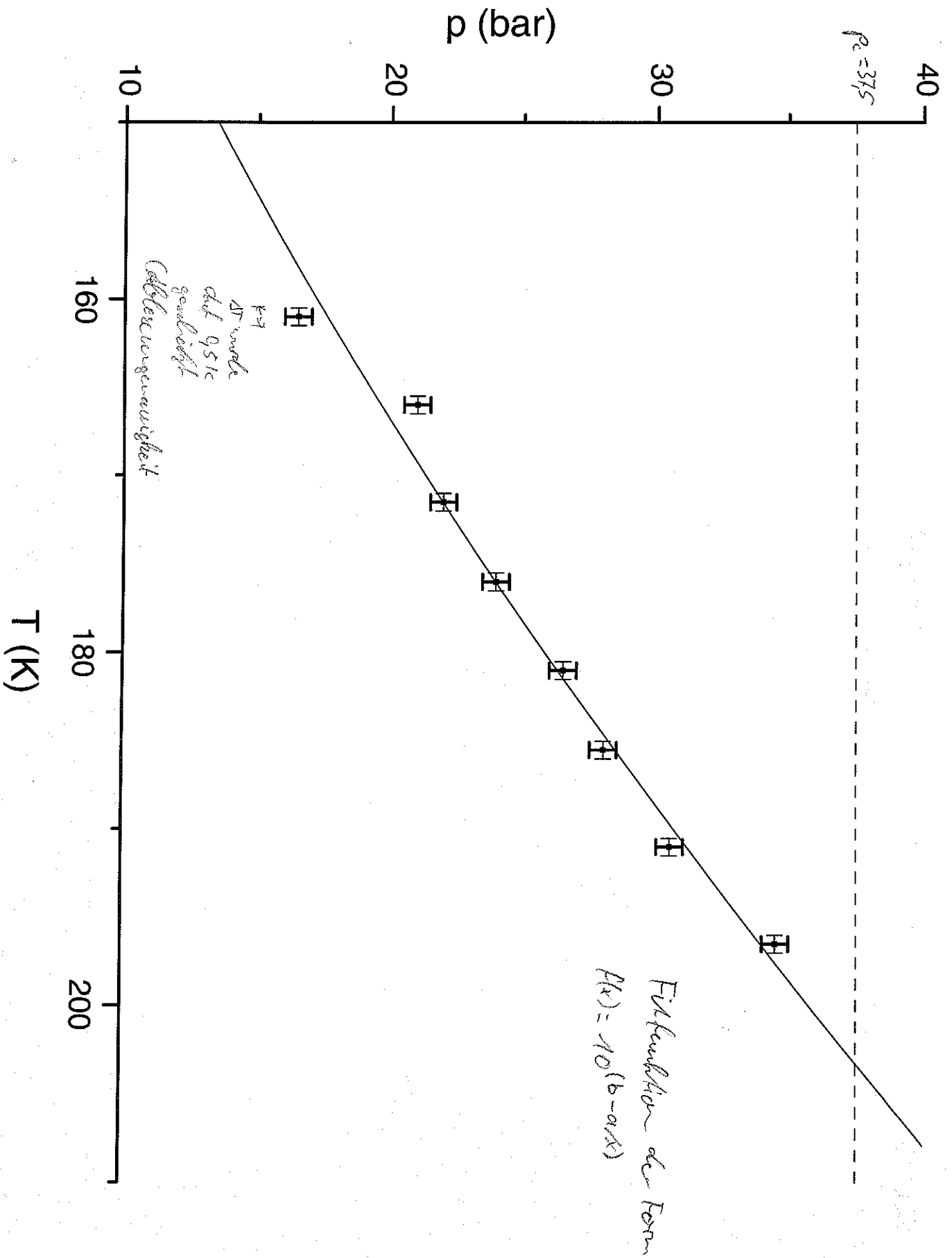
$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{6} \times \frac{1}{7} = \frac{1}{42}$$

Additional handwritten notes and calculations on the bottom right of the page.

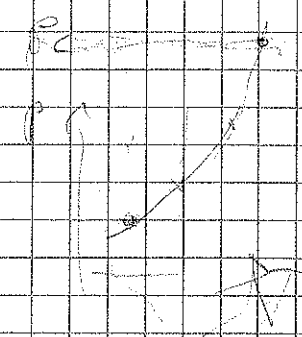
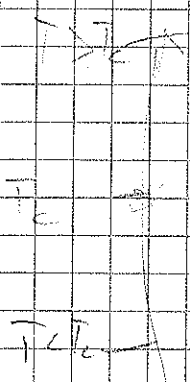




26.10 - Penker

p_{atm} [bar]	
1. 39,5	
2. 40,5	
3. 39,5	
4. 37,5	
5. 37,5	
6. 37,5	
7. 37,5	
8. 37,5	
9. 37,5	

Method: 37,5 bar
Genesson



(2) T [°C]

- 161
- 166
- 171,5
- 176
- 181
- 185,5
- 191
- 196,5

- p [bar]
- 16,5
- ~~20,5~~ 21,0
- 22
- ~~24~~ 24
- 26,5
- 28
- 30,5
- 34,5
- ~~35,5~~

Handwritten signature or scribble.

