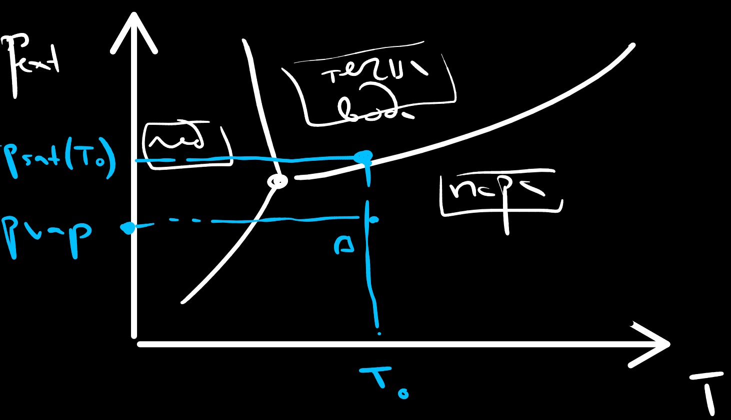
Наситени пари и влажност



- p_{ext}, T – налягане и температура на „резервоара" (външната среда), където системата е поставена. Системата може да съществува в няколко състояния. Те могат да съществуват само при специални (p_{ext}, T)*

- Тези $p_{sat}(T)$ се определят от уравнението на Клаузиус-Клапейрон

$$\frac{dp_{sat}}{dT} = \frac{\lambda}{T\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1}\right)}$$

λ – спец. топлина [J/kg]

- При равновесие на фази (напр. пара, вода, въздух): достигнато

→ парата има налягането на сухия въздух, така че да не се вдига/разм. състояние; това е условие за механично равновесие: $p_{vap} = p_{ext}$

→ повече пара не може да се образува, т.е. парата е наситена. Парното налягане p_{vap} се интерпретира като „налягане на наситените пари" p_{sat}. [но при стайна темп. $p_{sat} \approx 3$ kPa (много по-малко!)]

→ т.е. равновесие при $p_{sat} = p_{ext}$

[e] Знаем от ежедневието (кипене), че $p_{sat} = p_{atm}$ за $t = 100^\circ C$

$$\frac{G}{N} = \frac{1}{N}(U - TS + pV)$$

* Тоест, че специфичните свободни енергии на Гибс да са еднакви за двете състояния

→ Възможно е парата формално да не е в равновесие с течната вода. Просто налягането ѝ при зададена температура ще е под p_{sat} (и ще има почти изцяло пара); вж. например A на диаграмата.

→ Вместо да казваме точно $p_{пар}$ изрично, често казваме относителната влажност

$$\varphi = \frac{p_{пар}}{p_{sat}(T)}.$$

↳ при дадена температура

→ $\varphi = 100\%$ води до кондензация.

♦ 79. I'm Little Rain Cloud... Page 144

Using the model of adiabatic atmosphere, evaluate

1. a height H of the Earth atmosphere;
2. an elevation h_0 of the lower cloud level.

A temperature at the ground level is $t_0 = 27\,^\circ\mathrm{C}$ and a relative humidity of air is $\varphi = 80\%$. Assume $h_0 \ll H$. A pressure P_H (in mmHg) of saturated water vapour versus temperature t is shown in the table below. Air can be considered as an ideal diatomic gas with a molar mass $\mu = 29$ g/mol.

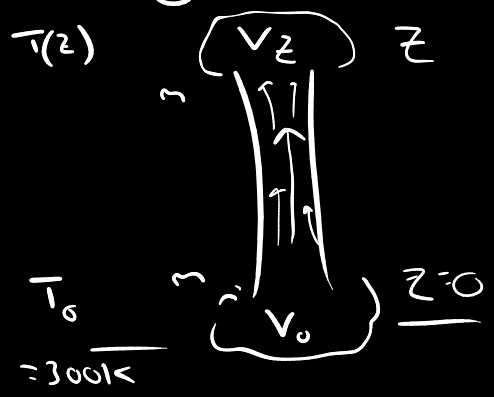
Directive. In adiabatic atmosphere a parcel of gas moving vertically without exchanging heat with the environment remains in mechanical equilibrium.

t, °C	6	8	10	12	14	16
P_H, mmHg	7.01	8.05	9.21	10.5	12.0	13.6
t, °C	18	20	22	24	26	28
P_H, mmHg	15.5	17.5	19.8	22.4	25.2	28.4

Будем считать H то $T(H) = 0$ K

$$\Rightarrow \boxed{H \approx \frac{7R}{2\mu g} T_0 = 30 \text{ km}}$$

a) Рассм. слой газа:



$$A_{gas} + \Delta U = 0$$

$$-A_{ext} + \Delta U = 0$$

$$-(p_0 V_0 - p_z V_z) + mgz + \frac{i}{2} nR(T(z) - T_0) = 0$$

$$(nRT(z) - nRT_0) + mgz + \frac{i}{2}(nRT(z) - nRT_0) = 0$$

$$T(z) = T_0 - \frac{mg}{n\left(\frac{i+2}{2}R\right)} z \quad (i=5) \quad T_0 - \frac{2\mu g}{7R} z$$

Облаци при силна кондензация $\Leftrightarrow$ фазово равновесие

б) $\Rightarrow h_0$ при такова z, че $P_{vap}(z) = P_{sat}(z)$

$P_{vap}(z) = P_H(T(z))$ от условието

• От деф. на влажност:

$$P_{vap}(0) = \varphi P_{sat}(0) \Leftrightarrow \varphi P_H(T_0)$$

($\sim 26,8$ mmHg от табл.?)

• Мех. равновесие на парите със себе си (по Далтон)

$$\left(P_{vap}(z) - P_{vap}(z+dz)\right) S - \rho_{vap} S\, dz\, g = 0$$

$$dP_{vap} = -\rho_{vap}\, g\, dz$$

• $\rho_{vap} = \frac{\mu_{H_2O} P_{vap}}{RT} \overset{h_0 \ll H}{\approx} \frac{\mu_{H_2O}}{RT_0} P_{vap} \quad \langle 1 \rangle$

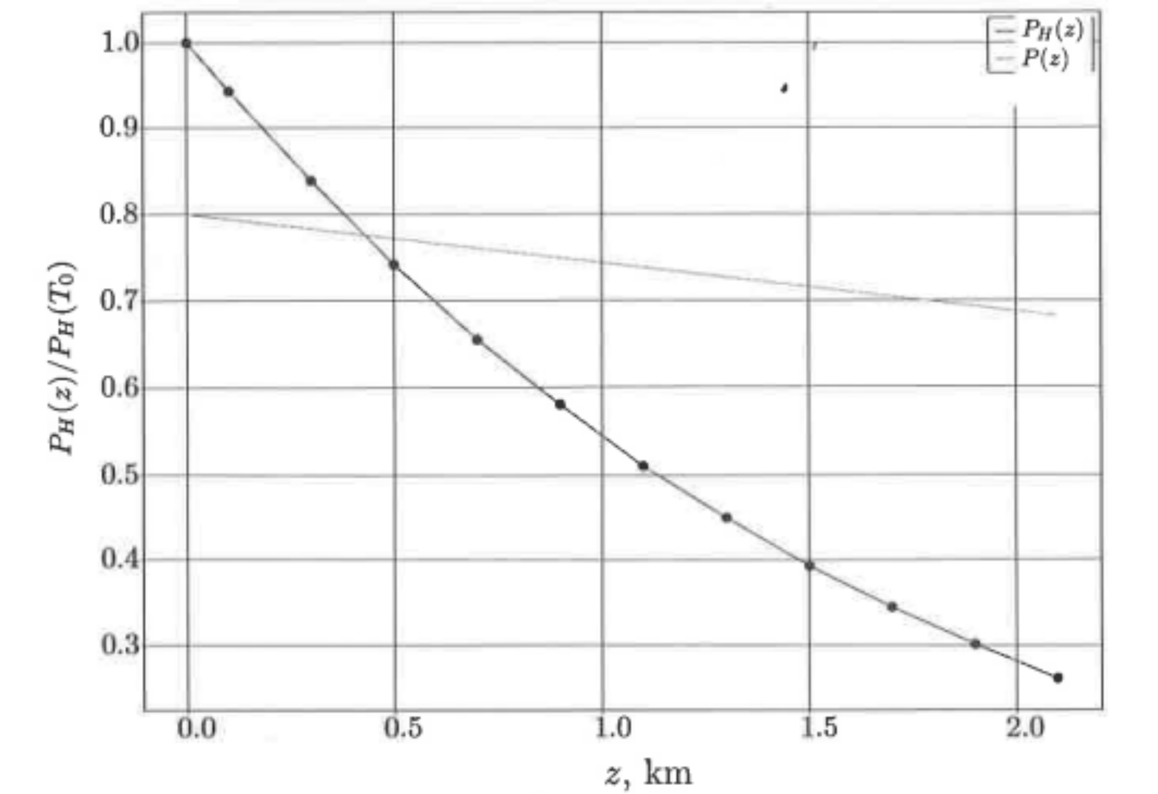
(T — от височината ...)

$$\xrightarrow{\langle 1 \rangle} \quad dP_{vap} = -\frac{\mu_{H_2O}\, g}{RT_0} P_{vap}\, dz$$

$$P_{vap} = \underbrace{\left(\varphi P_{sat}(T_0)\right)}_{P_{vap}(0)} e^{-\frac{\mu_{H_2O} g z}{RT_0}}$$

(показателят: $\sim H$, но $h_0 \ll H$)

$$\Rightarrow P_{vap} = \varphi P_H(T_0)\left(1 - \frac{\mu_{H_2O}\, g}{RT_0} z\right) \quad \langle 1 \rangle$$



Имаме право на Клаузиус - Клапейрон и трябва да ползваме таблицата.

Имаме точки $P_н(T)$,

които ни рязко преобразуваме в $P_н(z)$.

Нанасяме и засичаме с $\langle \wedge \rangle$.

$\Rightarrow$ $h_0 = 0,43$ km