



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Měření fyzikálních a technických veličin

Téma: **Měření tlaku – tlakoměry kapalinové**

Autor: Ing. Smolek Jan

Číslo: VY_32_INOVACE_22-05

Anotace: Prezentace jako podpora k výkladu o měření tlaku a zvláště pak o principu a konstrukci kapalinových tlakoměrů. DUM je určen pro čtvrté ročníky Technického lycea a třetí ročníky všech ostatních oborů střední průmyslové školy strojnické.
Tento materiál byl vytvořen v květnu 2012

Jednotky tlaku:

- 1 pascal = N m^{-2}
- Fyzikální atmosféra, měrný tlak odpovídající výšce 760 mm rtuťového sloupce při teplotě 0°C , $1\text{atm} = 101325\text{ Pa}$.
- Technická atmosféra, $1\text{ at} = 1\text{kp/cm}^2 = 0,981\text{ bar}$
- 1 tor (Torricelli) = 1mm Hg = 133,322 Pa
- 1 mm H_2O = 9,80665 Pa (přesně) = 1kp m^{-2}
- 1 psi = pound-weight per square inch (tzn. tlak kterým působí na podložku o ploše 1 čtvereční palec (25,4 mm x 25,4 mm) těleso o hmotnosti 1 pound (0,45359237 kg) v gravitačním poli o zrychlení $9,8066\text{ m s}^{-2}$. V USA rozlišují značky po absolutní tlak (psia) a přetlak (psig)) = 7120 Pa tzn. $0,1\text{ MPa} = 14,05\text{ psi}$.

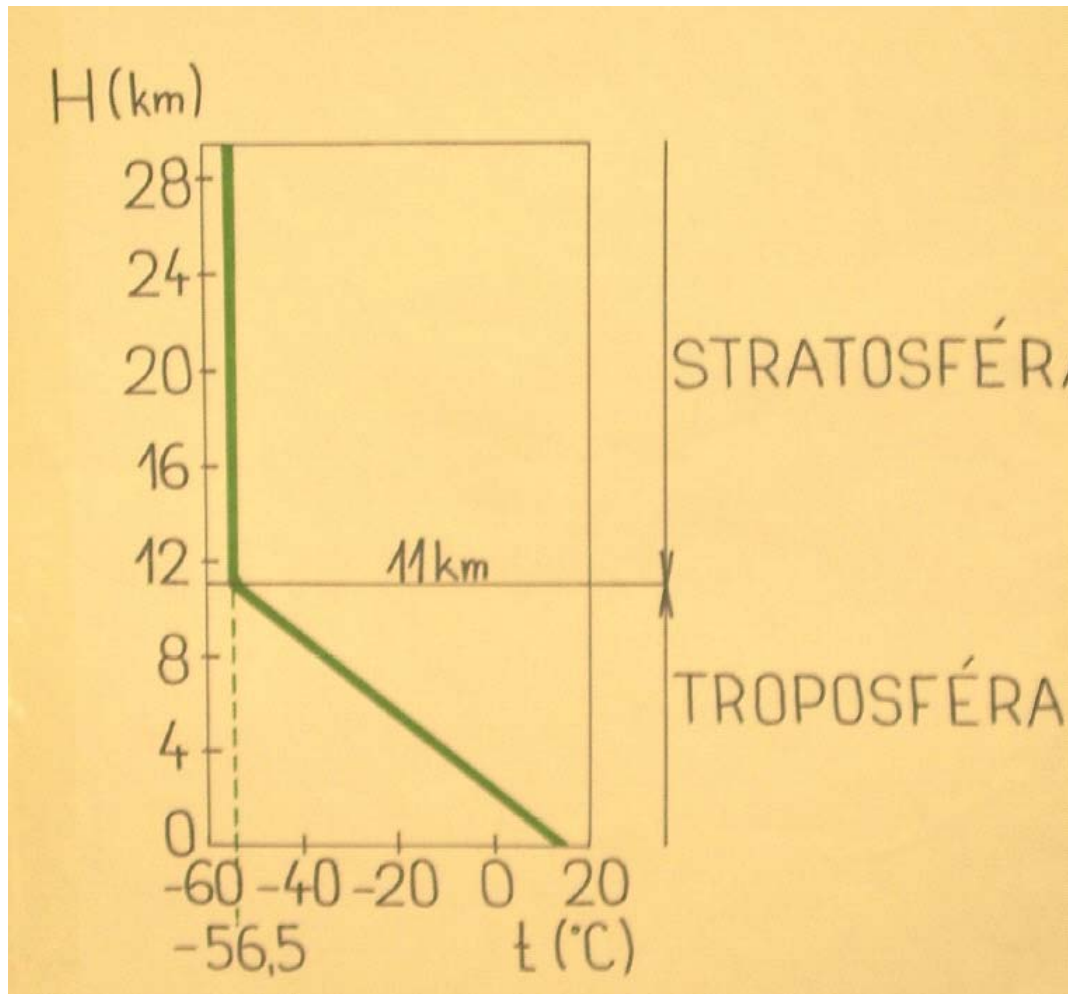
Tlak = síla rovnoměrně plošně rozložená,
působící kolmo na plochu.

- **Barometrický tlak** = Aerostatický tlak ovzduší obklopujícího Zemi (s výškou klesá, kolmý na podložku (tečná složka by způsobila proudění vzduchu (tekutiny) do okamžiku, než by vymizela).
- **Přetlak**- tlak větší než barometrický.
- **Podtlak**- tlak menší než barometrický.

VÝŠKA	BAROMETR. TLAK		TEPLOTA	HUSTOTA
H [m]	P _H [torr]	P _H [hPa]	t _H [°C]	ρ _H [kg·m ⁻³]
-100	769,1	1025,3	15,65	1,2373
0	760,0	1013,2	15,0	1,2255
100	751,0	1001,3	14,35	1,2138
200	742,1	989,4	13,70	1,2021
300	733,3	977,7	13,05	1,1906
400	724,6	966,1	12,40	1,1791
500	716,0	954,6	11,75	1,1677
600	707,4	943,2	11,10	1,1564
700	699,0	931,9	10,45	1,1452
800	690,6	920,7	9,80	1,1341
900	682,3	909,7	9,15	1,1230
1000	674,1	898,7	8,50	1,1121
1100	665,0	887,8	7,85	1,1012
1200	657,1	877,1	7,20	1,0904
1300	649,1	866,5	6,55	1,0796
1400	642,0	855,9	5,90	1,0690
1500	634,2	845,5	5,25	1,0584
1600	626,4	835,2	4,60	1,0480
1700	618,8	824,9	3,95	1,0376
1800	611,2	814,8	3,30	1,0272
1900	603,6	804,8	2,65	1,0170
2000	596,2	794,9	2,00	1,0068
2100	588,8	785,0	1,35	0,9967

**Mezinárodní
standardní
atmosféra:**

Závislosti tlaku na nadmořské výšce:



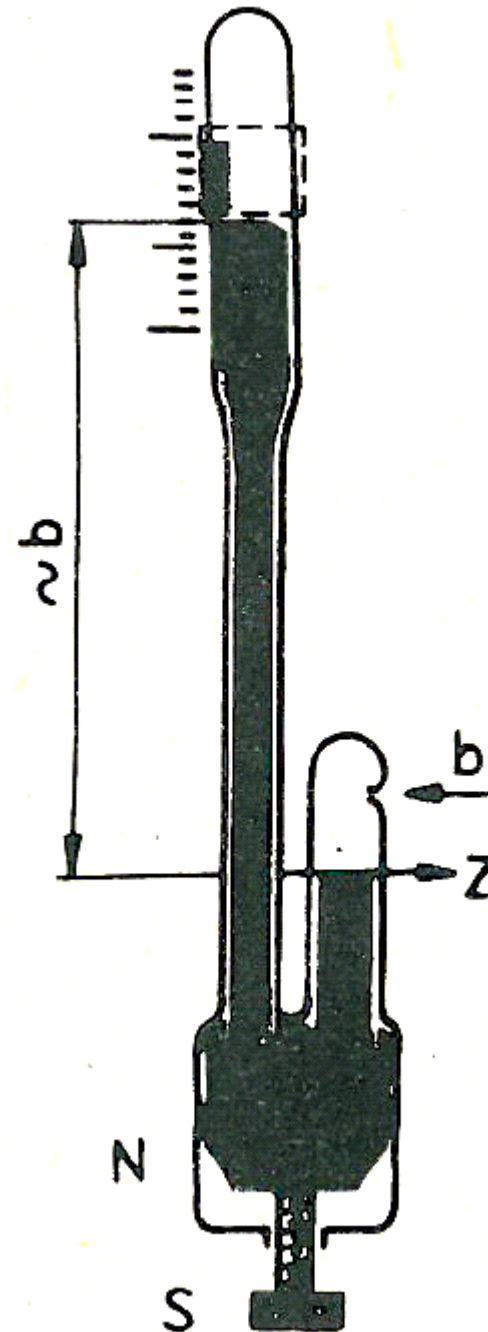
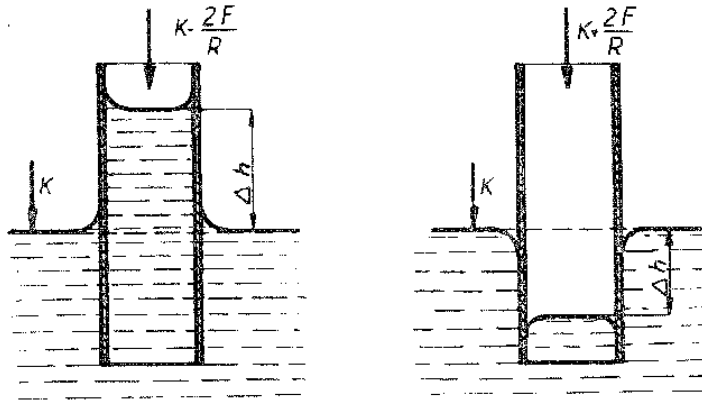
$$p_H = p_0 \left(1 - \frac{H}{44308}\right)^{5,2553}$$

p_H (hPa) – atm. tlak v nadmořské výšce H

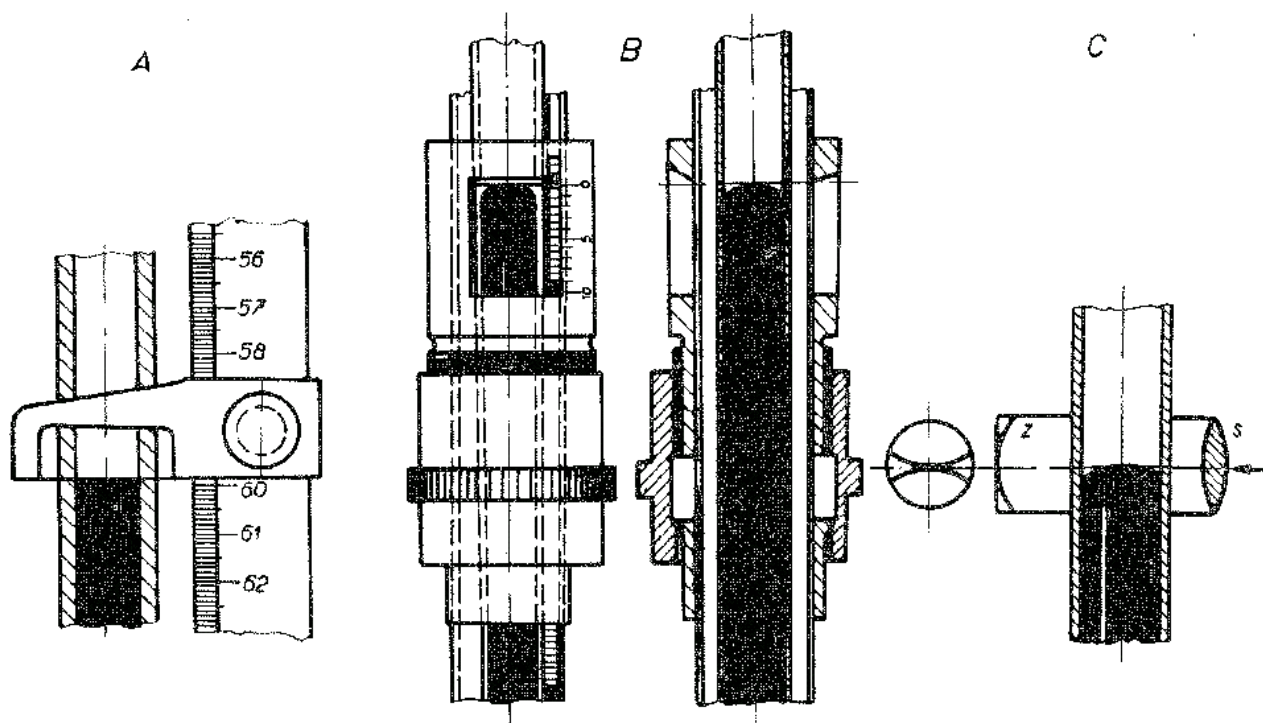
p_0 (hPa) – atm. tlak na hladině moře

H (m) – nadmořská výška **BRNO, Sokolská (ekochuk) $H_{\text{m}} = 237,3$**

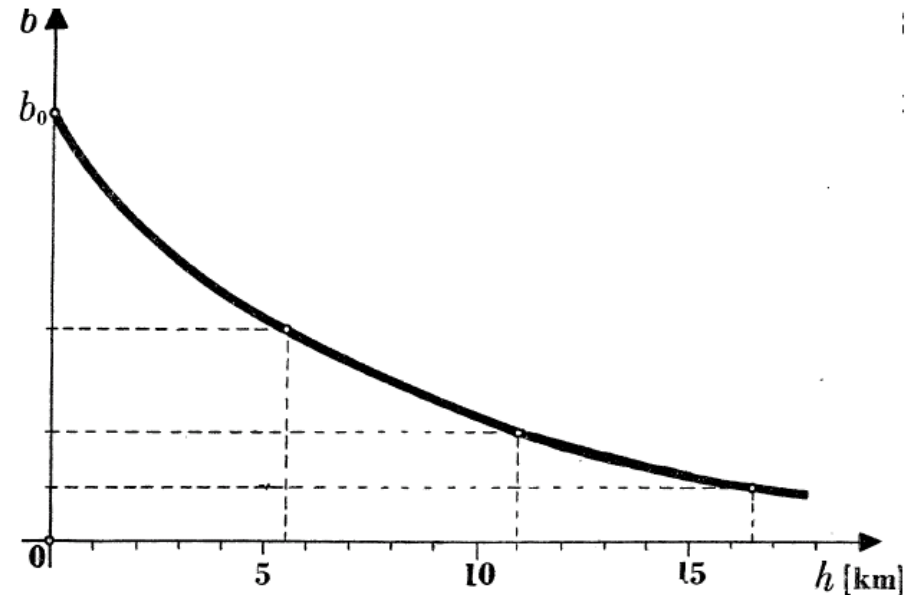
Kapalinový barometr:



Odečítací zařízení rtuťového barometru:



Redukce tlaku vzduchu na nadmořskou výšku:



h — nadmořská výška;

t — teplota;

p — měřený tlak;

p_0 — tlak ve výšce 0 m n. m.;

g — tíhové zrychlení;

T — termodynamická teplota;

r — měrná plynová konstanta vzduchu, $r = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Tlak vzduchu p_0 ve výšce 0 m n. m. při dané teplotě určíme z výrazu

$$p_0 = p (1 + k), \text{ kde } k = e^{\frac{gh}{rT}} - 1.$$

Příklad: Ve výšce 420 m při teplotě 20 °C je tlak 95 kPa. Příslušný tlak při mořské hladině při téže teplotě je $p_0 = 95 (1 + 0,0502) \text{ kPa} = 99,8 \text{ kPa}$.

Redukce tlaku
vzduchu na
nadmořskou
hladinu (tab.).

$\frac{t}{^{\circ}\text{C}}$	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
$\frac{h}{\text{m}}$	$\frac{k}{10^{-3}}$							
20	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2
40	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,7	4,5	4,4
60	8,5	8,1	7,9	7,6	7,3	7,0	6,8	6,6
80	11,3	10,9	10,5	10,1	9,7	9,4	9,0	8,7
100	14,1	13,6	13,1	12,6	12,1	11,7	11,3	10,9
120	17,0	16,4	15,8	15,2	14,6	14,1	13,6	13,1
140	19,9	19,1	18,4	17,7	17,0	16,5	15,9	15,4
160	22,8	21,9	21,1	20,3	19,5	18,8	18,1	17,6
180	25,7	24,7	23,7	22,8	21,9	21,2	20,4	19,9
200	28,6	27,4	26,4	25,4	24,4	23,6	22,7	22,1
220	31,5	30,2	29,1	28,0	26,9	26,0	25,0	24,4
240	34,4	33,0	31,7	30,6	29,4	28,4	27,3	26,6
260	37,3	35,7	34,4	33,1	31,9	30,8	29,6	28,9
280	40,2	38,5	37,1	35,7	34,4	33,2	32,0	31,1
300	43,1	41,3	39,7	38,3	36,9	35,6	34,4	33,4
320	46,0	44,1	42,4	40,9	39,4	38,0	36,7	35,7
340	49,0	47,0	45,1	43,5	41,9	40,4	39,1	37,9
360	51,9	49,8	47,9	46,1	44,4	41,8	41,4	40,2
380	54,8	52,6	50,6	48,7	47,0	45,3	43,7	42,4
400	57,8	55,5	53,3	51,3	49,5	47,7	46,1	44,7
420	60,8	58,4	56,0	53,9	52,0	50,2	48,5	47,0
440	63,8	61,2	58,8	56,6	54,6	52,6	50,8	49,3
460	66,8	64,1	61,5	59,2	57,1	55,1	53,2	51,5
480	69,8	67,0	64,3	61,8	59,6	57,5	55,5	53,8
500	72,8	69,8	67,1	64,5	62,2	60,0	57,9	56,1

Redukce výšky rtuťového sloupce tlakoměru na normální tíhové zrychlení.

h — čtená výška rtuťového sloupce;

h_0 — redukováná výška rtuťového sloupce;

g_φ — místní tíhové zrychlení;

φ — zeměpisná šířka;

g_n — normální tíhové zrychlení, $g_n = 9,806\,65\text{ m s}^{-2}$.

$$h_0 = h \frac{g_\varphi}{g_n}.$$

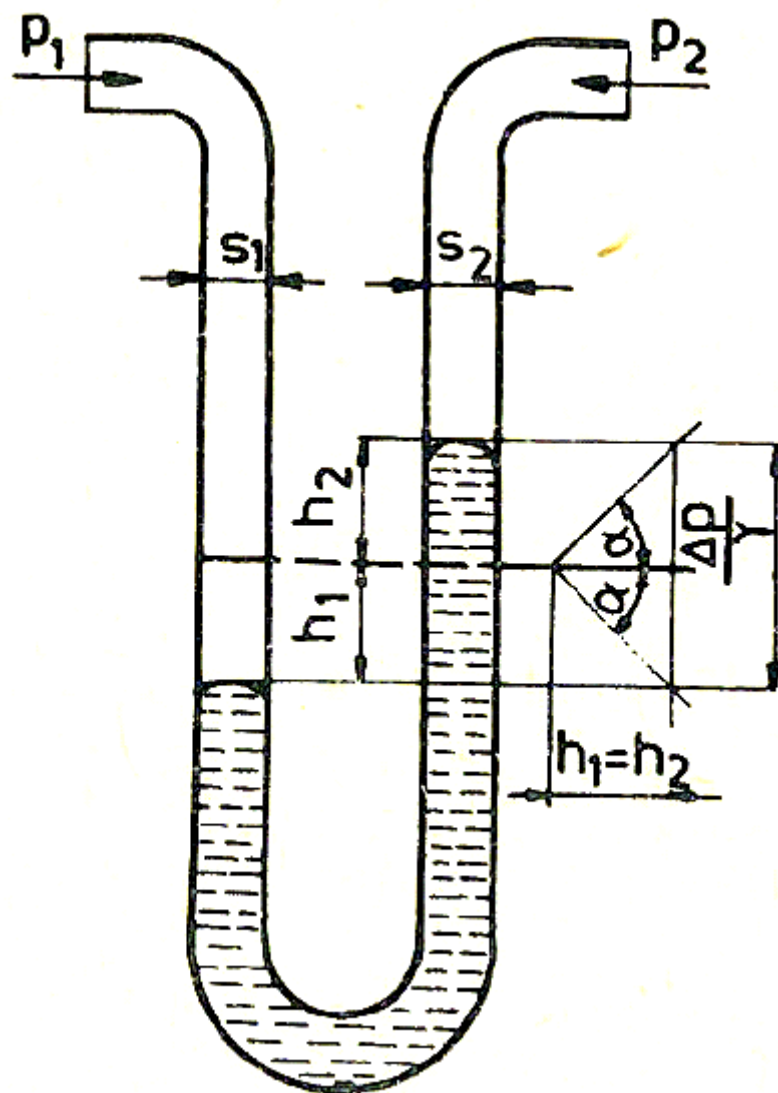
V tabulce jsou uvedeny hodnoty $\Delta h = h(g_\varphi - g_n)/g_n$, které musíme k přečtené výšce přičíst.

Tlak v mbar určíme z tabulky 11 ($1\text{ mm Hg} \triangleq 1\text{ torr}$).

Redukce výšky rtuťového sloupce tlakoměru na normální tíhové zrychlení tab.:

$\frac{h}{\text{mm}}$	680	700	720	740	760	780	1000
země- pisná šířka N i S	$\frac{\Delta h}{\text{mm}}$						
0	-1,82	-1,88	-1,93	-1,99	-2,04	-2,09	-2,69
5	1,79	1,85	1,90	1,96	2,01	2,06	2,64
10	1,71	1,77	1,82	1,87	1,92	1,97	2,52
15	1,58	1,63	1,68	1,72	1,77	1,82	2,33
20	1,40	1,45	1,49	1,53	1,57	1,61	2,07
25	1,18	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36	1,74
30	0,93	0,96	0,99	1,01	1,04	1,07	1,37
35	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,74	0,95
40	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,51
45	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05
50	+0,27	+0,28	+0,29	+0,30	+0,31	+0,32	+0,41
55	0,58	0,60	0,61	0,63	0,65	0,66	0,85
60	0,86	0,89	0,91	0,94	0,96	0,99	1,27
70	1,34	1,38	1,42	1,46	1,50	1,54	1,97
80	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	2,43
90	+1,76	+1,81	+1,87	+1,92	+1,97	+2,02	+2,59

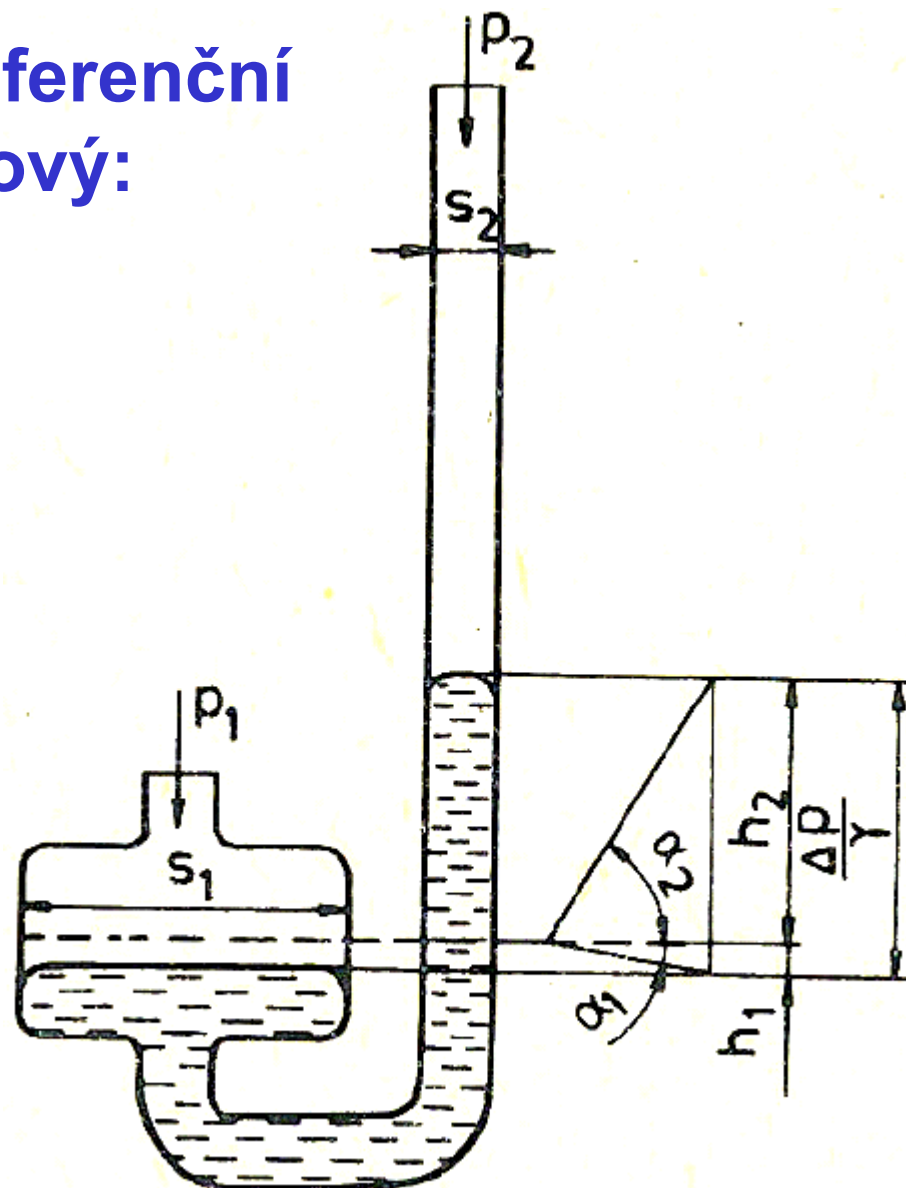
Tlakoměr kapilární (hloubkoměr):



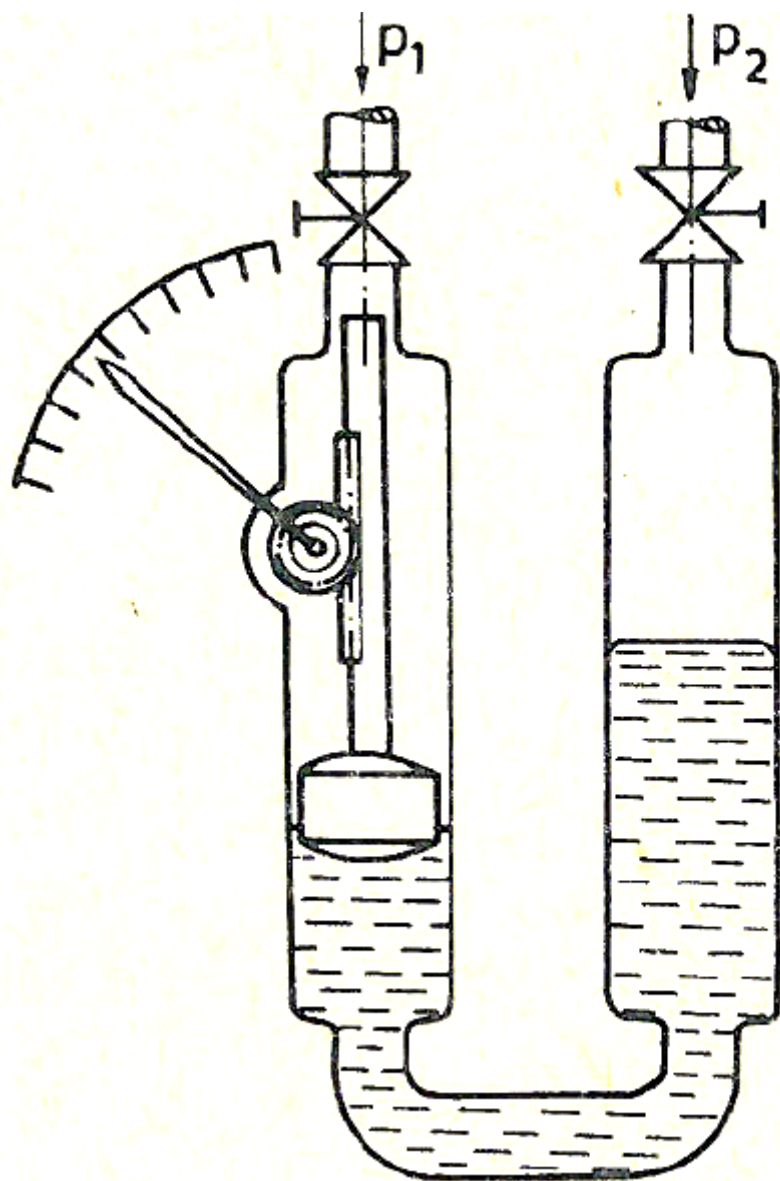
**Manometr diferenční
jednouchý,
tzv. „U“ trubice:**

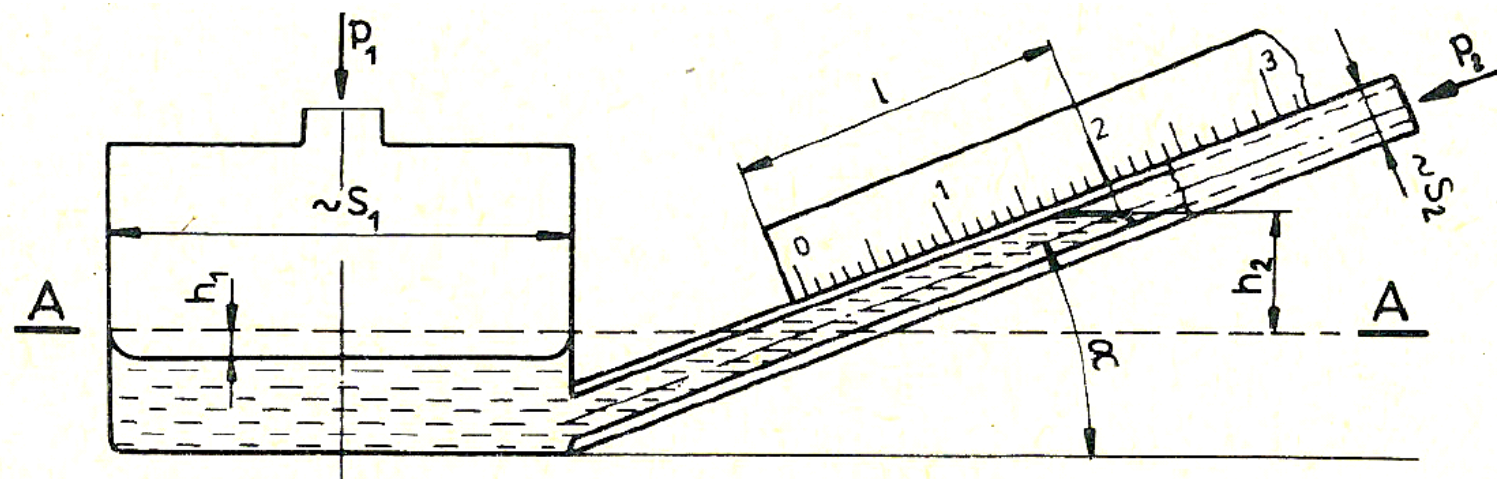


Manometr diferenční nádobkový:



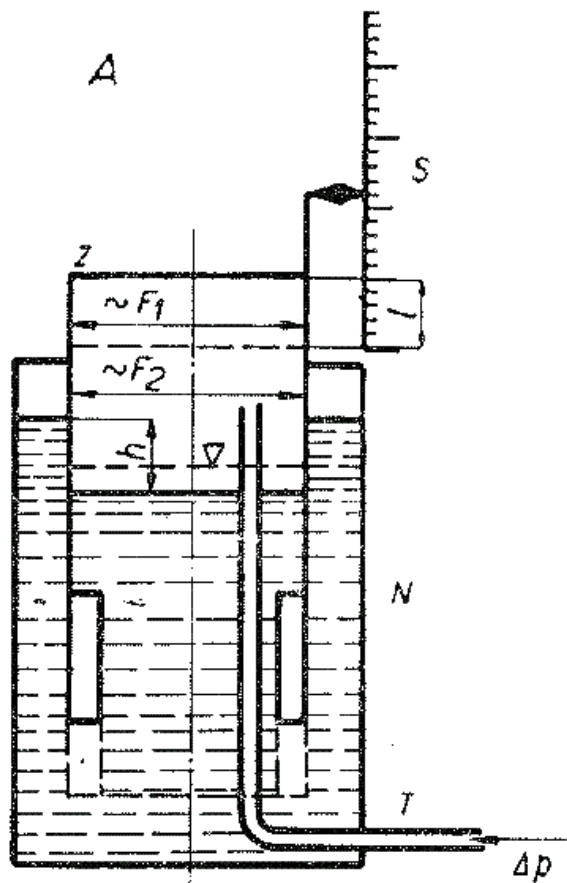
Manometr diferenční kovový s plovákem:



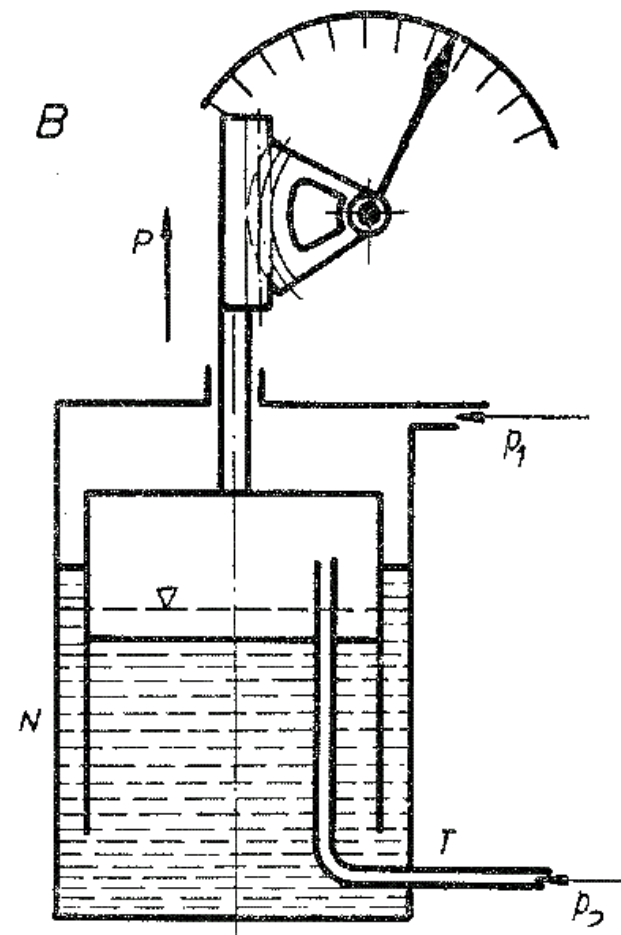


Mikromanometr:

Zvonové manometry:

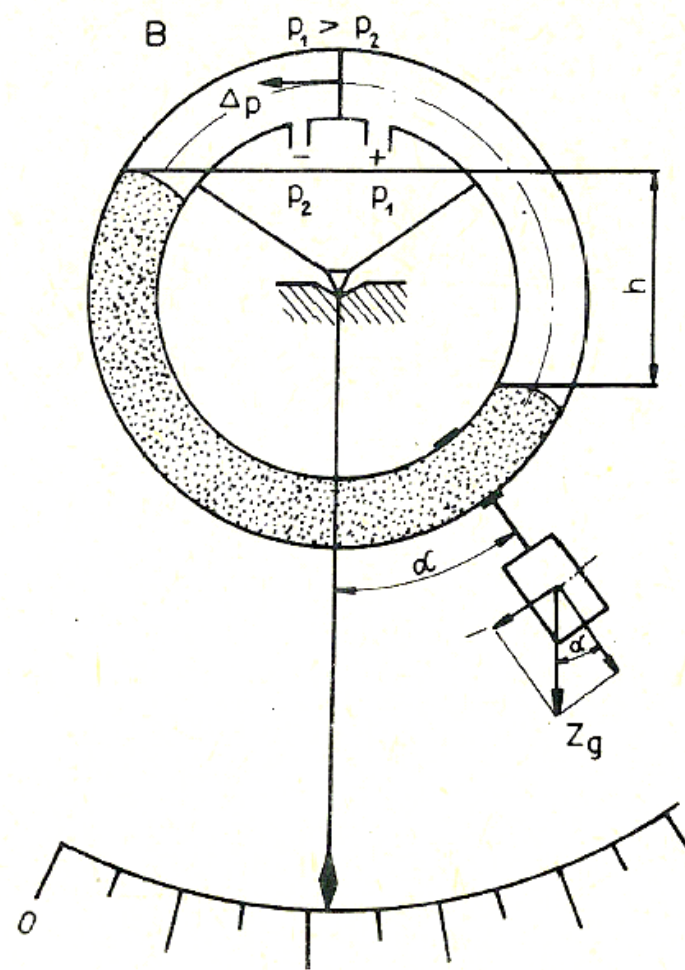
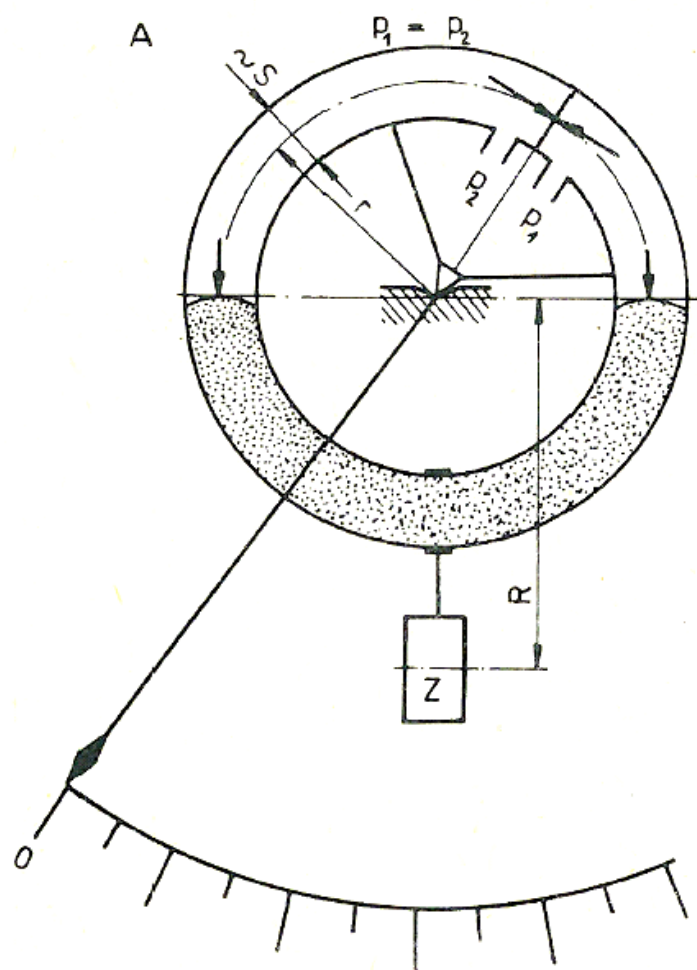


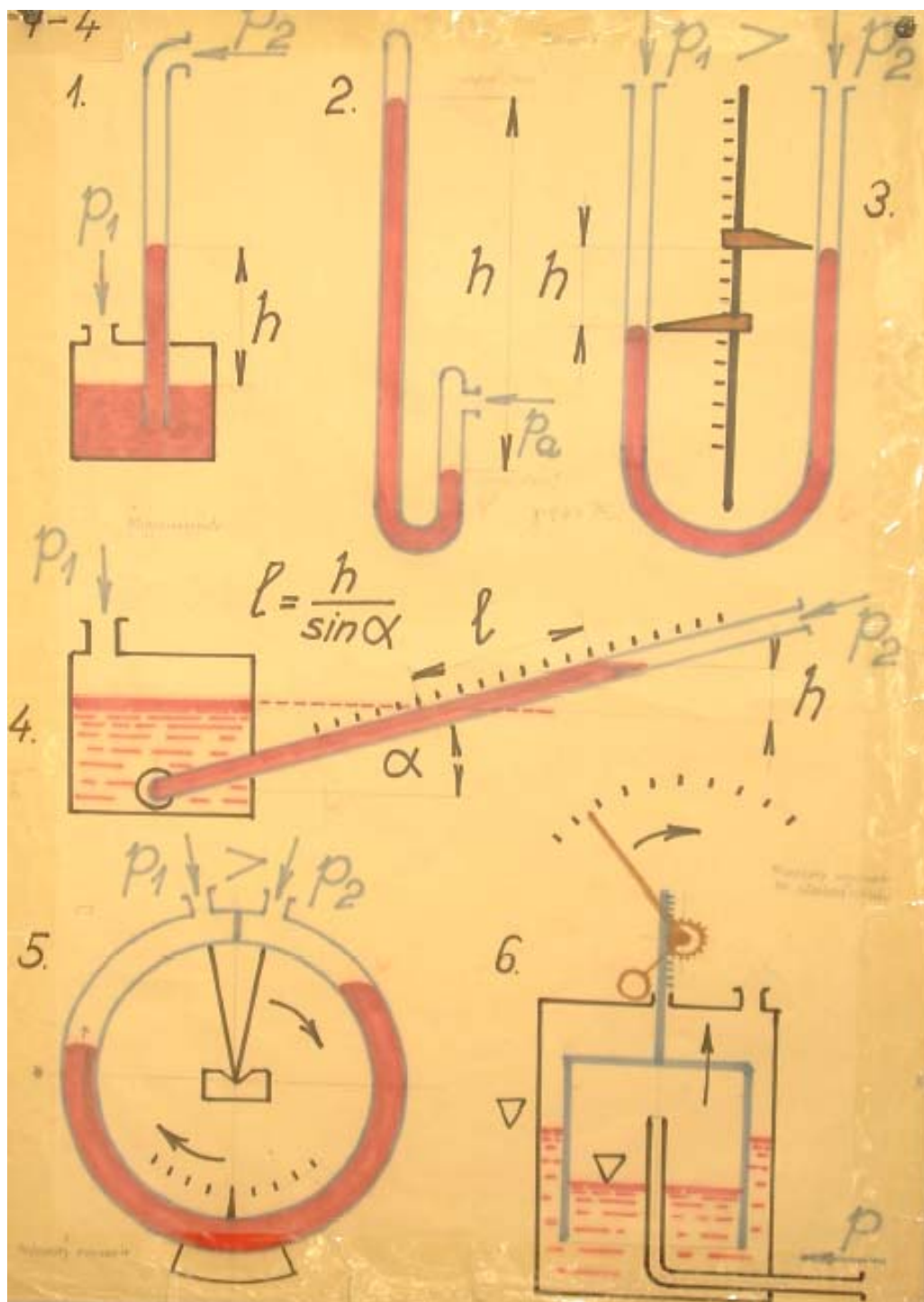
S účinkem vztlaku:



Bez účinku vztlaku:

Prstencový manometr:





Interaktivní prvky:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti;

Použitá literatura:

- **ANONYMUS.** *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření.* SPŠS Sokolská 1. Brno nedatováno.
- **APARIN G.A., GOREDECKIJ I.E.** *Tolerance a technická měření.* Praha: STNL 1954.
- **FRISCHHERZ A., SKOP P., KNOUREK J.** *Technologie zpracování kovů.* Praha: Wahlberg, 1993. ISBN 80-901657-2-9.
- **CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J.** *Laboratorní cvičení.* Praha: STNL 1961.
- **MARTINÁK, M.** *Kontrola a měření.* Praha: STNL 1989.
- **MIKULČÁK J. et al.** *Matematické, fyzikální a chemické tabulky.* Praha: SPN, 1970.
- **ŠULC, J.** *Technologická a strojnická měření.* Praha: STNL 1982.
- **ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z.** *Laboratorní cvičení technologická a strojní.* Praha: STNL 1970.
- **VÁCLAVOVIČ A.,** *Měření a kontrola ve strojírenství.* Praha: SNTL, 1967.
- **VYSLOŽIL Z., ZELKO J.** *Meranie v strojárstve.* Bratislava: SVTL 1962.
- **VYSLOUŽIL Z., KOVAL J.** *Technologické a strojnické merania.* Bratislava: Alfa, 1978.