

196246

BAROMÉTERES MAGASSÁGMÉRÉS.

(7 RAJZZAL.)

IRTA:

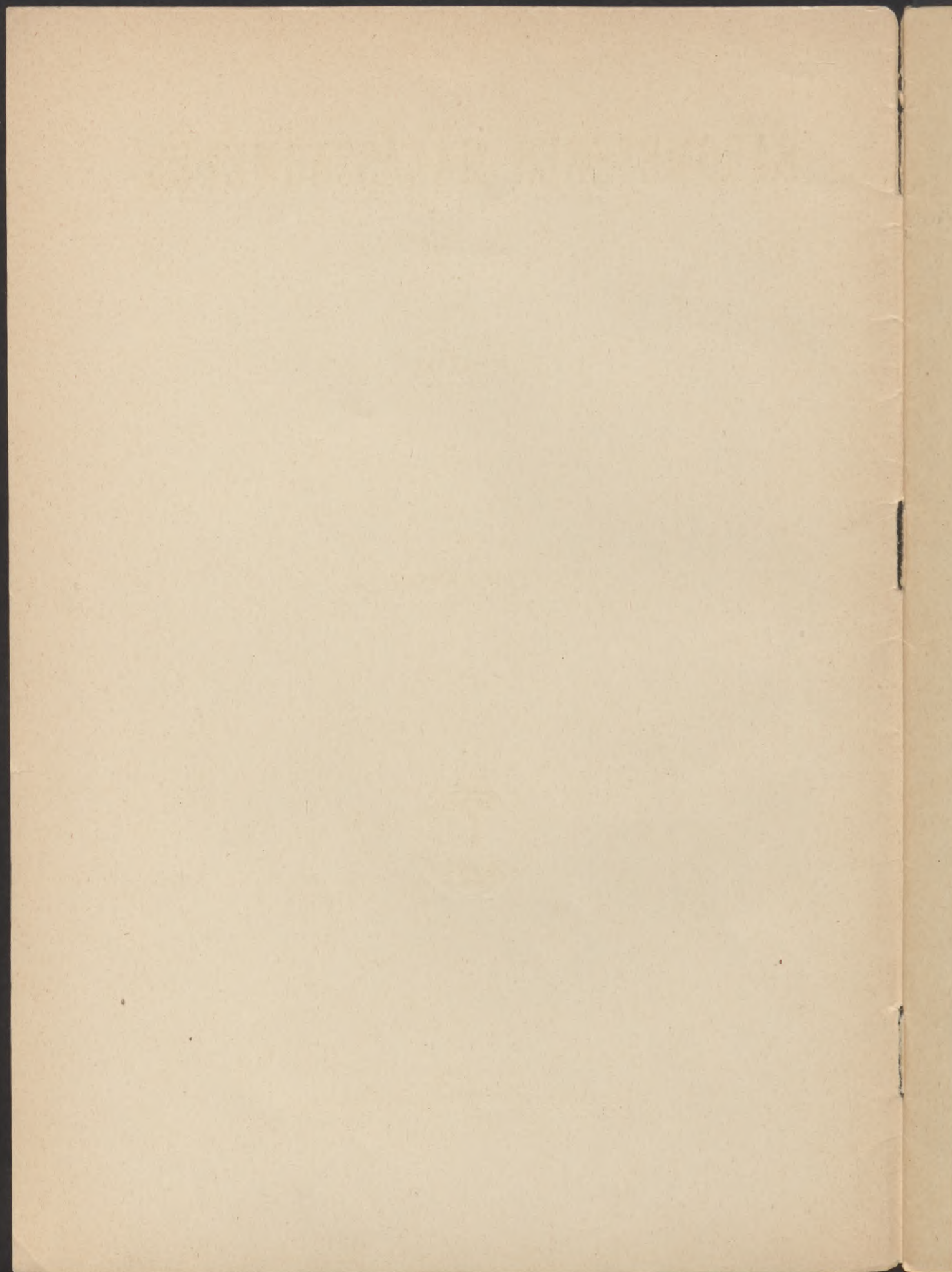
OLTAY KÁROLY.



BUDAPEST

PALLAS RÉSZVÉNYTÁRSASÁG NYOMDÁJA

1919.



BAROMÉTERES MAGASSÁGMÉRÉS.

(7 RAJZZAL.)

IRTA:

OLTAY KÁROLY.



BUDAPEST
PALLAS RÉSZVÉNYTÁRSASÁG NYOMDÁJA
1919.

BARONYI KÖNYVTÁR

1844. évi

1844. évi



196246



0182. SZÉCHENYI-KÖNYVTÁR
Művelődési
1844. évi 13.519. sz.



1844. évi 13.519. sz.

A barométeres magasságmérés

műszerei, módszerei és pontossága.

I. A barométeres magasságmérés alapelve és képletei.

A légnyomás — melyet egyszerű műszerekkel bárhol könnyen megmérhetünk — a magassággal is változik, tehát a légnyomás mért értékéből a magasságra következtetni lehet.

Mindenekelőtt tisztázzuk azt a kérdést, vajjon a légnyomás mért értékéből az illető hely *abszolút*, azaz *tengerszín feletti magasságát* levezethetjük-e?

A légnyomás függvénye a tengerszín feletti magasságnak, a levegő sűrűségének és a levegőben levő áramlások hatásának. A két utóbbi tényező változása okozza azt, hogy a légnyomás értéke ugyanazon magasságban is változó. és pedig a meteorológiai megfigyelések eredményei szerint a változás nagyon tág határok közt megy végbe. *Rózsa* szerint például Magyarországon a legnagyobb évi ingadozás 60 mm, a legnagyobb napi ingadozás pedig 20 mm. Ha tehát az abszolút magasságot akarnánk megállapítani, úgy ahhoz nem elegendő a légnyomás ismerete, hanem ismernünk kellene a levegő momentán sűrűségét, továbbá a benne folyamatban levő áramlásokat és azok hatását. Tekintve, hogy az utóbbiak a szükséges pontossággal nem állapíthatók meg, arról le kell mondanunk, hogy **egy** mért légnyomás értékből a mérés helyének abszolút magasságát megállapíthassuk.

A légnyomás értékeiből csak aránylag közelfekvő helyek magasságkülönbségei határozhatók meg, azaz, ha két aránylag közelfekvő helyen, vagyis azonosnak vehető légköri viszonyok mellett, *egyidejűleg* mérjük a légnyomást és a levegő közepes hőmérsékletét, akkor a nyert értékekből ki lehet számítani a két hely *magasságkülönbségét*. Az erre szolgáló képletet levezetés nélkül közöljük; levezetése megtalálható minden részletesebb geodéziai és fizikai kézikönyvben (pl. *Jordan, Handbuch der Vermessungskunde* című munka III. fejezetében).

Jelöljük az alsó (a) ponton a légnyomást B_a -val, a levegő hőmérsékletét t_a -val, a felső (f) ponton az előbbivel *egyidejű* légnyomást és léghőmérsékletet pedig B_f -el és t_f -el. A két pont m magasságkülönbsége a következő képletből számítható:

$$m = K' (1 + \alpha t) \left(1 + 0,377 \frac{e}{p}\right) (1 + \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2M}{r}\right) \log \frac{B_a}{B_t} \dots\dots\dots 1$$

ahol K' a barométeres állandó és pedig

$$K' = \frac{0,76}{m} \frac{13,59593}{0,00129277} \frac{1}{1,00021} *) = 18400$$

α a levegő tágulási együtthatója = 0,003665,

e a levegőben foglalt vízgőz nyomása mm-ben,

β a gravitációs koeficiens = 0,00264,

φ a két állomás közepes földrajzi szélessége,

M a két állomás közepes tengerszín feletti magassága,

r az átlagos görbületi sugár = 6,370000

t a levegő közepes hőmérséklete = $\frac{t_a + t_t}{2}$

p a közepes légnyomás = $\frac{B + B_{ta}}{2}$

A képlet a magasságkülönbséget méter-ben adja meg.

Az m képletben a 2., a 3. és a 4. zárjeles mennyiség egy-egy országra nézve átlagos értékével helyettesíthető, vagyis beleolvasztható a K' barométeres állandóba. Ezért a gyakorlatban a magasságkülönbség számítására a következő képletet használhatjuk:

$$m = K (1 + \alpha t) \log \frac{B_a}{B_t} \dots\dots\dots 2$$

Magyarországra nézve a következő adatok vehetők:

$$p = 720 \text{ mm}$$

$$e = 7,2 \text{ mm}$$

vagyis

$$\frac{e}{p} = \frac{1}{100}$$

továbbá

$$M = 500 \text{ m}$$

$$\varphi = 47^\circ$$

Ennek megfelelően a barométeres állandó értéke Magyarországra nézve

$$K = 18469$$

Amennyiben a pontok magasságkülönbsége 1000 m-nél kisebb, azaz a gyakorlati esetek túlnyomó részében, a magasságmérés alapképlete még inkább egyszerűsíthető.

*) A fenti képletben 0,76 m egy alapul vett higanyoszlopmagasság, $m = 0,4342945$ a logaritmikus modulus, 13,59593 a higany relatív sűrűsége, 0,00129277 a levegő sűrűsége, 1,00021 a szénadtartalomra vonatkozó redukciós tényező.

Ugyanis a $\frac{B_a}{B_t}$ viszony, identikus átalakítással a következőképen írható:

$$\frac{B_a}{B_t} = \left(1 + \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) : \left(1 - \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)$$

s így

$$\log \frac{B_a}{B_t} = \log B_a - \log B_t = \log \left(1 + \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) - \log \left(1 - \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)$$

A jobboldalon álló tagok sorba fejtett alakja a következő:

$$\log \left(1 + \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) = m \left\{ \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^3 - \dots \right\},$$

és

$$\log \left(1 - \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) = m \left\{ - \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^3 + \dots \right\},$$

tehát

$$\log \frac{B_a}{B_t} = 2 m (1 + \alpha t) \left\{ \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^3 + \dots \right\}$$

vagyis a magasságkülönbség

$$m = 2 m K (1 + \alpha t) \left\{ \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^3 + \dots \right\}$$

E képletből elhagyva a 3. hatványt s az ennél magasabb hatványokat a barométeres magasságmérés *Babinet*-féle képletére jutunk. Ez a következő:

$$m = 2 m K (1 + \alpha t) \frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \dots \dots \dots 3$$

Az elhanyagolás Δ mértékének

$$\frac{2}{3} m K (1 + \alpha t) \left(\frac{B_a - B_t}{B_a + B_t} \right)^3$$

érték tekinthető.

Ennek számértékei:

| m | 100 m | 500 m | 1000 m | 1500 m |
|----------|-----------|----------|----------|----------|
| Δ | 0.001 m | 0.16 m | 1.3 m | 4.4 m |

Azaz egész 1000 m -ig, tehát a technikai gyakorlatban előforduló esetek túlnyomó részében a *Babinet*-féle képlet elegendő pontosságot nyújt.

A *Babinet*-féle képlet a következő egyszerűsített alakban használatos:

$$m = (B_a - B_t) \Delta m \dots \dots \dots 4.$$

ahol Δm az egy mm légnyomásnak megfelelő magasságkülönbség. A Δm felbontható egy olyan részre, mely a levegő hőmérsékletétől függ, s egy olyanra, mely attól független.

$$\Delta m = \Delta m_0 + \Delta m_t$$

ahol

$$\Delta m_0 = \frac{2 m K}{B_a + B_t} = \frac{16042}{B_a + B_t}$$

és

$$\Delta m_t = \frac{2 m K \alpha t}{B_a + B_t} = \frac{58,79}{B_a + B_t} t$$

A Δm_0 és a Δm_t értékek számára táblázatokat készíthetünk. Az alábbi táblázatokat a *Magyarországra* jellemző K értékkel (lásd 43. oldal) számítottam,

Δm_0 táblázata.

| $B_a + B_t$ | Δm_0 | $B_a + B_t$ | Δm_0 |
|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 1200 mm | 13.37 m | 1400 mm | 11.46 m |
| 10 | 26 | 10 | 38 |
| 20 | 15 | 20 | 30 |
| 30 | 04 | 30 | 22 |
| 40 | 12.94 | 40 | 14 |
| 1250 | 12.83 | 1450 | 11.06 |
| 60 | 73 | 60 | 10.99 |
| 70 | 63 | 70 | 91 |
| 80 | 53 | 80 | 84 |
| 90 | 44 | 90 | 77 |
| 1300 | 12.34 | 1500 | 10.69 |
| 10 | 24 | 10 | 62 |
| 20 | 15 | 20 | 55 |
| 30 | 06 | 30 | 48 |
| 40 | 11.97 | 40 | 42 |
| 1350 | 11.88 | 1550 | 10.35 |
| 60 | 80 | 60 | 28 |
| 70 | 71 | 70 | 22 |
| 80 | 62 | 80 | 15 |
| 90 | 54 | 90 | 09 |
| 1400 | 11.46 | 1600 | 10.03 |

Δm_i táblázata.

| t Celsius- fokban | $B_a + B_f$ mm-ben | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1550 | 1600 |
| 0° | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m | 0.00 m |
| 10° | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 20° | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |
| 30° | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 |
| 40° | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| 50° | 0.24 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |

tehát a magyarországi barométeres magasságmérésekben ezek használandók. E táblázatok megbízható értékeket csak 1000 m-t meg nem haladó magasságkülönbségek esetében szolgáltatnak, tekintettel az alapul szolgáló *Babinet*-féle képlet közelítő volta.

Nagyobb magasságkülönbségek esetén a 2. képlet (lásd 42. oldal) használandó, a Magyarországra jellemző K értékkel.

II. A barométeres magasságmérés műszerei.

A barométeres magasságmérés műszereit *barométereknek*, vagy *légsúlymérőknek* nevezzük. Ezek három csoportba sorozhatók. Az első csoportba tartoznak a *higanybarométerek*, a másodikba a *rugósbarométerek*, vagy *aneroidok*, a harmadikba a *forráspontot mérő termométerek*.

1. A higanybarométerek.

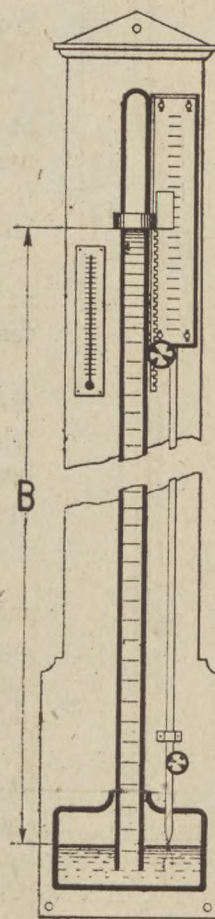
a) A higanybarométerek szerkezete.

Kétkarú mérleg módjára méri a légnyomást. A mérleg egyik karjára a légnyomás hat, a másikra pedig higanyoszlop gyakorol nyomást. Egyensúly esetén a higanyoszlop magassága lesz a légnyomás mértéke.

A higanybarométerek lehetnek: a) *edényes higanybarométerek*; b) *közlekedőcsöves higanybarométerek*.

Edényes higanybarométert mutat az 1. ábra. Áll egy szélesebb hengeres üveg edényből, továbbá egy, egyik végén beforrasztott s mintegy 85 cm hosszú csőből. Úgy az edényt, mint a csövet meg kell tölteni higanyval s utána a cső alsó részét befogva, belemártjuk az edényben levő higanyba.

A felfordított csőből a higany nem fog teljesen kifolyni; a megmaradó higanyoszlop az, mely egyensúlyt tart a levegő nyomásával.



1. ábra. Edényes higanybarométer.

A higanyoszlop magasságának megmérésére a barométert mm beosztással látják el. A beosztás O vonásának az alsó higanyfelület felszínén kell lennie.

Ez utóbbi követelmény elérése céljából, tekintettel a higany felszínének a változó légnyomással bekövetkező magasságváltozásaira, vagy a beosztás mozgatható függőleges értelemben (mint pl. az 1. ábrán ábrázolt esetben), vagy a higany felszínét lehet kissé emelni, illetve süllyeszteni. Az utóbbit szerkezetileg úgy érik el, hogy az edény fenekét bőrből készítik s ezt a bőrlapot reáható csavarral emelik, illetve süllyeszti.

A beosztást lehet mozdulatlanul is elhelyezni anélkül, hogy a higanyfelszín magasságának megváltoztatására berendezést készítenénk, ámde ekkor a leolvasást át kell számítani a O helyes állására. Az ehhez szükséges javítást szokás *edénykorrekciónak* nevezni. Az edénykorrekció nagysága egy bizonyos B leolvasásra:

$$+ (B - B_0) \frac{d^2}{D^2 - d_1^2}$$

ahol B jelenti azt a légnyomást, amelynél a beosztás O vonása összeesik a higany felszínével, d és d_1 jelentik a cső belső és külső átmérőit, D pedig az edény belső átmérőjét. Ujabban készítenek olyan mozdulatlan beosztásos edényes barométereket is, melyeken maga a beosztás *redukált beosztás*, vagyis az edénykorrekciót is már magában foglalja.

Közlekedőcsöves higanybarométert mutat a 2. ábra. Meghajtott s az egyik végén beforrasztott üvegcsőből áll, melyet higanyval töltenek meg. A közlekedőcsöves barométeren a higany két felszínének magasságkülönbsége méri a légnyomást. A mozdulatlan beosztáson két noniuszt találunk.

A közlekedőcsöves barométert jobban lehet szállítani, mint az edényest s ezért rendszeren ezt a típust használják a barométeres magasságmérésekre.

A közlekedőcsöves barométer csövében rendszeren egy tölcészerű részt is találunk (2. ábrán középen), az ú. n. *Bunten-féle csúcsot*, amelynek rendeltetése az, hogy a szállítás közben berázódó levegőbuborékokat felfogja s ezzel megakadályozza, hogy azok a *Torricelli-féle ürbe* jussanak.

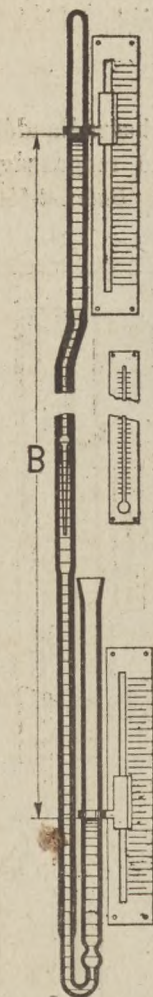
2. A higanybarométer-leolvasások redukálása.

A levegővel egyensúlyt tartó higanyoszlop magasságának mérőszáma nemcsak a légnyomástól, de egyéb tényezőktől is függ s ezért belőle korrekciók tekintetbevételével kell levezetni ama B higanyoszlop-magasságot, mely csupán a légnyomásra jellemző.

A higanyoszlop magasságát befolyásolja: 1. a hőmérséklet; 2. a szűk csövekben fellépő kapillaritás; 3. a nehézséggyorsulás változó volta. Ezeken kívül a beosztás esetleges hibáira is tekintettel kell lennünk.

1. Hőmérsékleti redukezió.

A higanyoszlop magassága — azonos légnyomás mellett is — más és más lesz akkor, ha a hőmérséklet megváltozik. Ezért a különböző helyen, illetve külön-



2. ábra.
Közlekedőcsöves
higanybarométer

bőző időben leolvasott légnyomások egymással csak akkor hasonlíthatók össze, ha valamennyi ugyanazon hőmérsékletű (rendesen 0) beosztásra és higanyra vonatkozik.

Ha B' a higanyoszlop magassága τ hőmérsékletnél, akkor a higany tágulása miatti redukezió:

$$-\gamma B' \tau$$

ahol γ jelenti a higany tágulási együtthatóját. A γ értéke *Reignault* szerint:

$$\gamma = 0,0001801 = \frac{1}{5550}$$

Jelöljük továbbá δ -val a beosztás anyagának tágulási együtthatóját; τ hőmérséklet mellett a beosztás hosszváltozása miatti redukezió:

$$+\delta B' \tau$$

Vagyis B_0 -al jelölve a 0°-ra vonatkozó higanyoszlop magasságot:

$$B_0 = B' - (\gamma - \delta) B' \tau$$

A beosztások rézből, ezüstből, fából készülnek, vagy esetleg magára az üvegcsőre vannak karcolva. A megfelelő tágulási együtthatók:

| Anyag | Tágulási együttható δ |
|-------|---------------------------------|
| Réz | 0,000018 |
| Ezüst | 020 |
| Üveg | 011 |
| Fa | 004 |

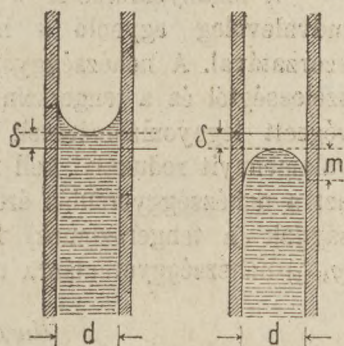
Fából készült beosztás esetén — tekintve a tágulási együttható kicsi voltát, a beosztás miatti hőmérsékleti redukezió mellőzhető.

A beosztás anyaga rendesen sárgaréz, ez esetben a hőmérsékleti redukáló képlet a következő:

$$B_0 = B' - 0,000162 B' \tau$$

2. A kapillaritás miatti redukezió.

Szűk csövekben a tapadó erők miatt a folyadék felszíne alacsonyabban, vagy magasabban áll, mint állana, ha csupán a gravitációerő hatása alatt volna. Az így előálló niveau-differenciát nevezzük *kapilláris depressionnak*, illetve *elevationnak*. Ha a folyadék nedvesíti a cső anyagát, akkor keskeny csőben felszíne felülről nézve homorú (3. ábra) s a legmélyebb pontja a *kapilláris elevációval* (δ) áll magasabban a normális szintnél. Ez az eset áll elő például vízzel töltött keskeny üvegcsövekben. Ha ellenben a folyadék nem nedvesíti a csövet (a higany és az üvegcső esete), akkor felülete felülről nézve domború (3. ábra) s legmagasabb



3. ábra.

pontja a kapilláris depressióval (δ -val) fekszik mélyebben, mint a normális szint.

Higanybarométerek esetén kapilláris depressióval kell számolnunk.

A kapilláris depressio függvénye a cső vastagságának, továbbá a meniscus m magasságának:

$$\delta = f(d, m)$$

A különböző d -éknek és m -eknek megfelelő depressio-értékek az alábbi táblázatba vannak összefoglalva.

| Meniscus magasság m | A cső belső átmérője mm-ben (d) | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | m i l l i m é t e r | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.20 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.24 | 0.17 | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 |
| 0.40 | 2.1 | 1.2 | 0.7 | 0.48 | 0.33 | 0.24 | 0.17 | 0.13 | 0.10 | 0.07 | 0.06 | 0.04 |
| 0.60 | 2.9 | 1.6 | 1.0 | 0.70 | 0.49 | 0.35 | 0.26 | 0.19 | 0.14 | 0.11 | 0.08 | 0.06 |
| 0.80 | | 2.0 | 1.3 | 0.90 | 0.63 | 0.45 | 0.34 | 0.25 | 0.19 | 0.14 | 0.11 | 0.08 |
| 1.00 | | | 1.6 | 1.07 | 0.76 | 0.55 | 0.41 | 0.30 | 0.23 | 0.18 | 0.13 | 0.10 |
| 1.20 | | | 1.7 | 1.21 | 0.87 | 0.63 | 0.47 | 0.35 | 0.27 | 0.20 | 0.16 | 0.12 |
| 1.40 | | | 1.9 | 1.32 | 0.96 | 0.71 | 0.53 | 0.40 | 0.30 | 0.23 | 0.18 | 0.14 |
| 1.60 | | | | 1.41 | 1.03 | 0.77 | 0.58 | 0.44 | 0.33 | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| 1.80 | | | | 1.46 | 1.08 | 0.81 | 0.61 | 0.47 | 0.36 | 0.27 | 0.21 | 0.16 |

A táblázat adatai a Schleiermacher és Delcros-féle meghatározásokból származnak.

A 20 mm-nél vastagabb belső csőátmérő esetén a kapilláris depressio elhanyagolható.

Az edényes barométernél a depressio teljes értékével jut be a leolvasott higanyoszlop-magasságba. A közlekedőcsővesnél — egyenlő vastag csövek esetén — csupán a különböző meniscus-magasság miatt előállható depressiókülönbség ronthatja az eredményt. Ez azonban rendesen elhanyagolhatóan kicsi mennyiség. A közlekedőcsőves barométer tehát ebből a szempontból sokkal előnyösebb, mint az edényes barométer.

3. A nehézséggyorsulás változó volta miatti redukezió.

A higanybarométer a higanyoszlop súlyával méri a légnyomást. A súly tudvalevőleg egyenlő a higanyoszlop tömegének és a nehézséggyorsulásnak szorzatával. A nehézséggyorsulás nem állandó mennyiség, értéke függ a földrajzi szélességtől és a tengerszín feletti magasságtól s ezért, hogy a különböző helyeken végzett légnyomásmérések eredményeit egymással össze lehessen hasonlítani, valamennyit redukálni kell ugyanazon nehézséggyorsulásra. A gyakorlatban alapul azt a nehézséggyorsulás értéket szokás venni, mely 45° szélességnek és 0 magasságnak (a tengerszínnek) felel meg. Ha B' a mért légnyomás $B_{45^\circ, 0}$ a normális ($g_{45^\circ, 0}$) nehézséggyorsulásra redukált érték, úgy

$$B_{45^\circ, 0} = B' - B' \beta \cos 2\varphi - 2 B' \frac{M}{r}$$

ahol $\beta = 0,00264$

φ a hely földrajzi szélessége,
 M « « tengerszín feletti magassága
 r a középgörbületi sugár = 6370000 m.

4. A beosztás hibái miatti redukció.

Minden barométeren metronómiai úton gondosan meg kell vizsgálni a beosztást s az esetleges hibákat utólag tekintetbe kell venni. A gondosan készített beosztásokon e hibák értéke rendszeren sokkalta kisebb, mint a mérési pontosság s így azok elhanyagolhatók.

C) A higanybarométerek használata.

Használat közben a higanybarométerek vertikálisan tartandók; leolvasás előtt gyengén megkopogtatandók, hogy az esetleges tapadó feszültségeket megszüntessük. A leolvasás előtti mutatóbeállításakor normálisan kell nézni az üvegcsőre. Kezelés közben gondosan ügyelni kell arra, hogy levegővel érintkező higanyfelületre tisztatlanságok ne jussanak.

A higanybarométerekkel pontosabban lehet megállapítani a légnyomást, mint a fémbarméterekkel, ámde nagy hátrányuk, hogy szállításra csak nagy vigyázat mellett használhatók, tehát kezelésük nehézkes.

2. Rugósbarométerek, vagy aneroidok.

a) A rugós barométerek szerkezete.

A légnyomást rugósmérlegek módjára mérik s innen nevezik *rugósbarométereknek*. Az *aneroid* elnevezés felfedezőjüktől *Vidi*-től ered, aki evvel a folyadék-nélküliséget akarta a műszer elnevezésében is kifejezésre juttatni (*baromètre aneroïde* = folyadéknélküli barométer). Nevezik *fémbarmétereknek*, továbbá *holosztérikbarométereknek* is.

Az *aneroidban* a légnyomás mérésére légritkított terű (zárt) fémszelencze fedelének rugalmas elmozdulásai szolgálnak. Az emelkedő légnyomás a szelenczét behorpasztani törekszik, csökkenő légnyomásnál pedig a rugalmassága révén igyekszik vissza a szelencze eredeti alakjába. A szelencze födelének vertikális irányú elmozdulásai tehát a légnyomással arányosak. A szelencefödél elmozdulásai igen csekélyek; 100 mm-t kitevő légnyomás változásnál csak 0,5—1,0 mm-t tesznek ki, tehát ha a légnyomást 0,1 mm-re akarjuk lemérni, úgy a szelencefödél magasság-változását 0,0005 mm-re pontosan kell mérnünk.

A szelencefödél elmozdulásának mérése történhet *mikrométercsavarral* (*Goldschmied-féle*, 1857), *mikroszkóppal* (*Reitz, Deutschbein-féle*, 1873), vagy *emelőszerkezettel* való magnagyítás útján (*Vidi-féle* 1847, *Bourdon-féle*).

A legfontosabb és a gyakorlatban leginkább elterjedt a *Vidi-féle*, mely a *Naudet* és a *Bohne* műszergyárosok típusain található.

A *Vidi-féle* aneroid szerkezetét alaprajzban és hosszanti metszetnézetben a 4. és 5. ábra mutatja. Metszetének sématis rajza pedig a 6. ábrán látható.

Lényeges része az *a* szelencze, melynek fedőlapja hullámos, rugalmas lemez. A szelencze belsejéből a lehetőségig eltávolítják a levegőt, tehát erősen légritkított teret állítanak elő. A szelencefödél rugalmasságát fokozza a keresztmetszetben hattyúnyakszerű erős lemezugó (*b*), mely a szelencze födelével mereven összekapcsolt (*c*) oszlopocskát (s vele a szelencze födelét is) állandóan felfelé feszíti. A szelencefedélnek — a légnyomás változásaival bekövetkező — elmozdulásai a rugóval kapcsolatos kar *A* pontját emelik, illetve süllyeszti. Az *A* pont eme mozgása a hozzá csuklósan erősített *AB* karral egy kétkarú emelőt *BHC* hoz mozgásba; e kétkarú

emelő CH és BH karjai egymással merev kapcsolatban vannak s együttesen foroghatnak az alaplemezbe csapágyazott H tengely körül. A holt mozgások elkerülésére a HB kar meghosszabbításán kis nehezék függ s ez tartja a szerkezetrészt állandó feszültségben (de csak akkor, ha az aneroid alaplemezét *vízszintesen* tartjuk).

Az A pont vertikális irányú elmozdulása tehát nagyítva adódik át a C pontra, mely ennek hatására a H körül körívben mozog. A C ponthoz vékony fémlánczot erősítenek, melyet egy spirál rugóval feszültségben tartott hengeren többszörösen átvetnek, s így a C mozgásával a hengert is mozgásba hozzuk. A hengerre mutatót erősítenek, mely beosztott számlapon mm -ben mutatja a légnyomás nagyságát.

A vázolt áttétellel mintegy 400-szoros nagyítást lehet elérni. Egy mm légnyomásváltozásra a rugalmas födél vertikális irányú mozgása mintegy $0,005 mm$, a mutató végének elmozdulása pedig ugyanakkor mintegy $2 mm$.

Az aneroidot mindig felszerelik egy csavarral (*i. cs.* a 6. ábrán), mellyel a lemezugóra hatunk, amellyel a mutató állását magunk is megváltoztathatjuk. Ezt a csavart az aneroid igazítócsavarjának fogjuk nevezni, s felhasználjuk a mutató olyan módon való beállítására, hogy az általa mutatott leolvasás csakugyan a helyes légnyomás legyen.

Használat közben az aneroid mindig vízszintesen tartandó. Leolvasás előtt gyengéden meg kell kopogtatni, hogy az esetleges feszültségeket megszüntessük. Egyoldalú hőmérsékleti hatásoktól óvni kell, tehát nem szabad közvetlenül megfogni (mindig bélelt tokjában tartandó), továbbá nem szabad napsütésnek kiténni.

Az aneroidon rendszeren találunk olyan külön termométert, mely az aneroid szerkezeti hőmérsékletét mutatja s amelyet a leolvasás redukálásakor használunk fel. Az újabb aneroidokon ez a termométer rendszeren hiányzik, mert ezeket a hőmérsékletre *kompensáltan* szokás készíteni. A kompensációs szerkezet jól csak akkor dolgozik, ha a hőmérsékletváltozás lassan következik be, s ezért ügyelni kell, hogy használat közben be ne következhessenek gyors hőmérsékleti változások.

b) *A rugós barométerek korrekciói.*

Az aneroidon tett leolvasás a légnyomás helyes értékét csak megfelelő megjavítás után adja meg. A leolvasást meg kell javítani: 1. a hőmérséklet miatt; 2. az indexhiba miatt; 3. a beosztás hibája miatt. Az aneroid leolvasás redukálására a következő képletet használhatjuk:

$$B = \delta_i + \delta_{\tau} + \delta_b (760 - B')$$

ahol B' az aneroidon tett leolvasás:

δ_i az indexhiba;

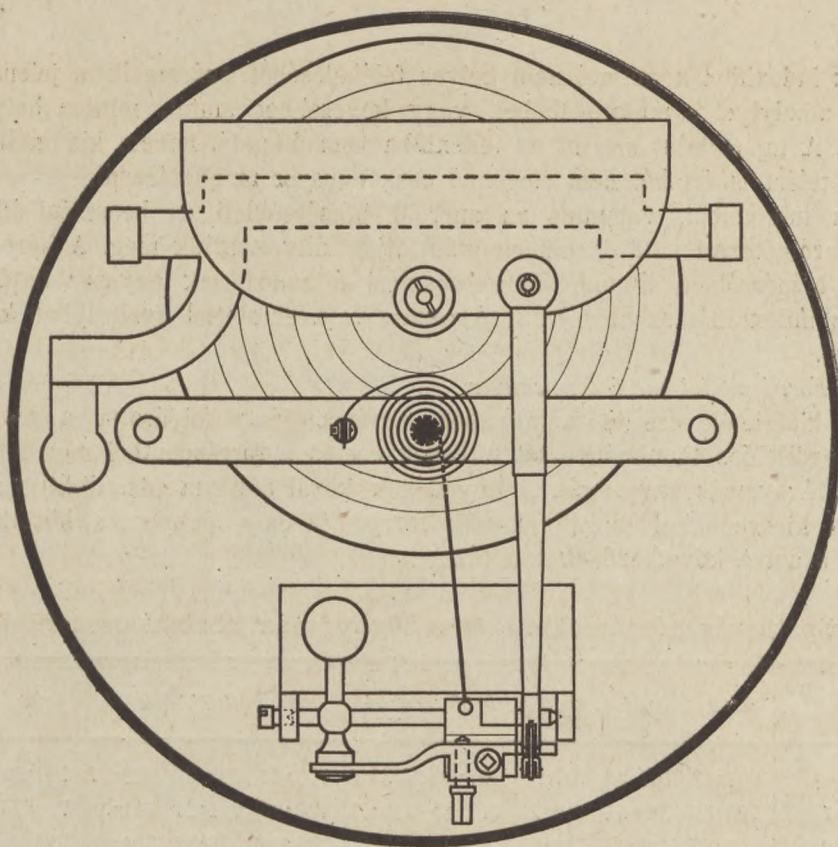
δ_{τ} az aneroid hőmérsékleti állandója;

δ_b az aneroid beosztási állandója.

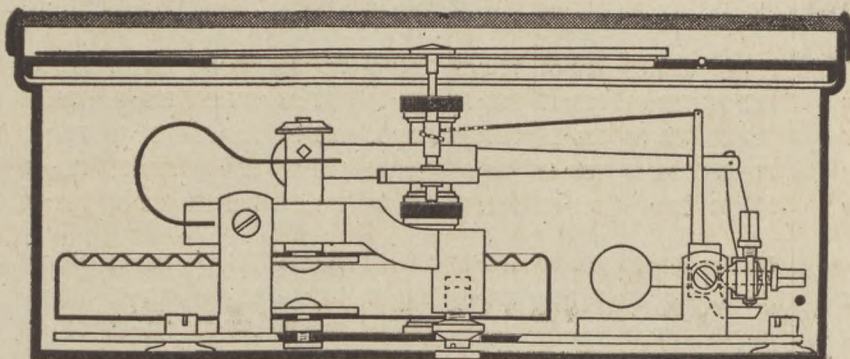
A hőmérsékleti koeficiens (δ_{τ}) értéke a mérnöki gyakorlatban használatos aneroidokon -0.1 és -0.2 közt váltakozik, azaz egy fok hőmérsékletváltozásnak $-0.1 mm$, illetve $-0.2 mm$ légnyomáskülönbség felel meg. Az ú. n. kompensált aneroidokon a δ_{τ} értéke 0.05 -nél kisebb szokott lenni.

A beosztási koeficiens (δ_b) a jobb műszereken $0.01-0.05$ között váltakozik, de kivételesen még nagyobb is lehet.

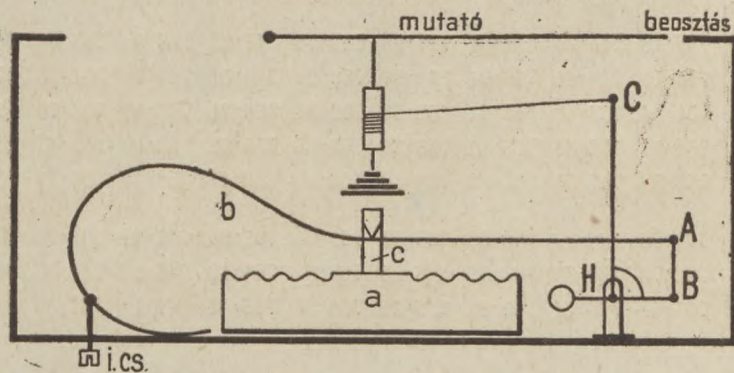
A nehézséggyorsulás változósága az aneroidon végzett leolvasásra befolyással nincs s azért emiatt redukezióra nincs szükség.



4. ábra. Vidi-féle aneroid alaprajza.



5. ábra. Vidi-féle aneroid hosszanti metszetnézete.



6. ábra. Vidi-féle aneroid metszetének sematikus rajza.

Az indexhiba a mutató nem helyes felékeléséből származik s jelenti azt a számot, amelylyel a mutató többet, vagy kevesebbet mutat, mint a helyes légnyomás. A tapasztalat szerint az indexhiba nem állandó, hanem kis határok közt változó, miért is értékét nem elegendő csak egyszer meghatározni.

Az indexhibát, valamint az aneroid hőmérsékleti és beosztási állandóját higanybarométerrel való összehasonlítás útján állapíthatjuk meg. A három érték közül a hőmérsékleti állandó és a beosztási állandó csak egyszer határozandó meg. Az indexhibát azonban változó voltára való tekintettel gyakrabban kell meghatározni.

3. Forráspontot mérő termométer.

A kísérletek szerint a folyadék forráspontját befolyásolja a légnyomás, tehát megfelelően tanulmányozott folyadék esetén a forráspontból meg lehet állapítani a légnyomás nagyságát. A folyadékok közül a tiszta (destillált) vízre igen részletes kísérletekkel megállapították forráspontja és a légnyomás közötti összefüggést s azt a következőnek találták:

A tiszta víz hőmérséklete és a légnyomás közötti összefüggés.

| | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 98.00 | 707.13 | 707.38 | 707.64 | 707.90 | 708.15 | 708.41 | 708.67 | 708.92 | 709.18 | 709.44 |
| 1 | 709.69 | 709.95 | 710.21 | 710.47 | 710.72 | 710.98 | 711.24 | 711.50 | 711.76 | 712.01 |
| 2 | 712.27 | 712.53 | 712.79 | 713.05 | 713.30 | 713.56 | 713.82 | 714.08 | 714.34 | 714.60 |
| 3 | 714.85 | 715.11 | 715.37 | 715.63 | 715.89 | 716.15 | 716.41 | 716.67 | 716.93 | 717.19 |
| 4 | 717.44 | 717.70 | 717.96 | 718.22 | 718.48 | 718.74 | 719.00 | 719.26 | 719.52 | 719.78 |
| 98.50 | 720.04 | 720.30 | 720.57 | 720.83 | 721.09 | 721.35 | 721.61 | 721.87 | 722.13 | 722.39 |
| 6 | 722.65 | 722.91 | 723.17 | 723.44 | 723.70 | 723.96 | 724.22 | 724.48 | 724.74 | 725.00 |
| 7 | 725.27 | 725.53 | 725.79 | 726.05 | 726.32 | 726.58 | 726.84 | 727.10 | 727.37 | 727.63 |
| 8 | 727.89 | 728.15 | 728.42 | 728.68 | 728.94 | 729.21 | 729.47 | 729.73 | 729.99 | 730.26 |
| 9 | 730.52 | 730.78 | 731.05 | 731.31 | 731.58 | 731.84 | 732.10 | 732.37 | 732.63 | 732.90 |
| 99.00 | 733.16 | 733.42 | 733.69 | 733.95 | 734.22 | 734.48 | 734.75 | 735.01 | 735.28 | 735.54 |
| 1 | 736.81 | 737.07 | 737.34 | 737.60 | 737.87 | 738.14 | 738.40 | 738.67 | 738.93 | 739.20 |
| 2 | 739.46 | 739.73 | 739.99 | 740.26 | 740.53 | 740.79 | 741.06 | 741.33 | 741.59 | 741.86 |
| 3 | 742.13 | 742.39 | 742.66 | 742.93 | 743.20 | 743.46 | 743.73 | 743.99 | 744.26 | 744.53 |
| 4 | 744.80 | 745.07 | 745.33 | 745.60 | 745.87 | 746.14 | 746.41 | 746.67 | 746.94 | 747.21 |
| 99.50 | 747.48 | 747.75 | 748.02 | 748.28 | 748.55 | 748.82 | 749.09 | 749.36 | 749.63 | 749.90 |
| 6 | 750.17 | 750.44 | 750.71 | 750.97 | 751.24 | 751.51 | 751.78 | 752.05 | 752.32 | 752.59 |
| 7 | 752.86 | 753.13 | 753.41 | 753.67 | 753.94 | 754.21 | 754.48 | 754.76 | 755.03 | 755.30 |
| 8 | 755.57 | 755.84 | 756.11 | 756.38 | 756.65 | 756.92 | 757.19 | 757.47 | 757.74 | 758.01 |
| 9 | 758.28 | 758.55 | 758.82 | 759.10 | 759.37 | 759.64 | 759.91 | 760.18 | 760.46 | 760.73 |
| 100.00 | 760.00 | 760.27 | 760.55 | 760.82 | 761.09 | 761.36 | 761.64 | 761.91 | 762.18 | 762.46 |
| 1 | 762.73 | 763.00 | 763.28 | 763.55 | 763.82 | 764.10 | 764.37 | 764.65 | 764.92 | 765.19 |
| | 765.47 | 765.74 | 766.02 | 766.29 | 766.56 | 766.84 | 767.11 | 767.39 | 767.66 | 767.94 |

Amint a táblázat adatai mutatják, a víz forrási hőmérsékletét $0,01^\circ$ -ra terjedő pontossággal kell mérni, tehát külön e célra készült ú. n. *hypsométer-termométereket* kell a mérésben alkalmazni. A hypsométer-termométerek rendesen olyan beosztással vannak ellátva, hogy róluk rögtön a légnyomás mm-ben olvasható le.

A termométeres hypsometriához szükséges berendezést a 7. ábra mutatja. Használatakor ügyelni kell egyrészt arra, hogy a víz teljesen tiszta (destillált) legyen, másrészt, hogy a fejlődő s a termométert körülvevő vízgőz (túlságos melegítés miatt) túlhevített állapotba ne juthasson.

A forráspontot mérő hőmérőt, ha nem rendelkezünk higanybarométerrel, fel lehet használni az aneroidok indexhibáinak meghatározására is.

A hypsométer-termométerrel való mérés igen egyszerű és gyors s az elért eredmények annyira jók, hogy kutató utazásokra is inkább ajánlható, mint a higanybarométer.

III. A barométeres magasságmérés végrehajtása.

1. Általános megjegyzések a mérés végrehajtására.

A barométerrel való magasságmérés végrehajtására vonatkozólag általánosságban meg kell említenem, hogy a mérést csak olyan időben szabad végrehajtani, amikor hirtelen bekövetkező légnyomásváltozások nem valószínűek. Ennélfogva pl. zivataros időben — úgy előtte, mint közvetlenül utána — óvakodni kell a méréstől.

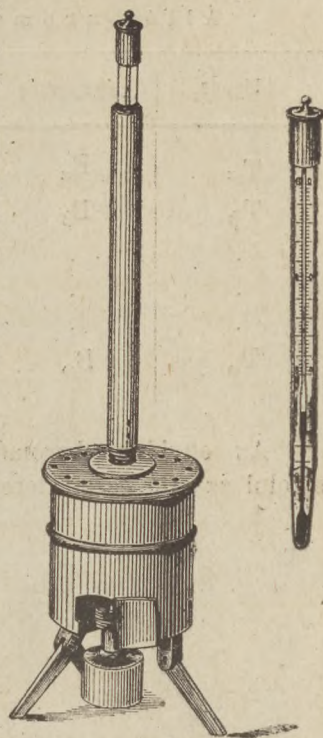
Nagyobb pontosságra törekedve, a légnyomás mérésében okvetlenül két barométer használandó.

2. Mérés két barométerrel.

Az egyik barométert a kiinduló állomáson hagyjuk s az ott előre megállapított időközökben (rendesen negyedóránként) leolvassák úgy a barométer, mint a légtermométer állását. A másik barométerrel sorba járjuk a meghatározandó magasságú pontokat; mindegyiken feljegyezzük a barométer és a légtermométer állását, továbbá a megfigyelés időpontját. A barométerrel együtt természetesen a vele kapcsolatos külön hőmérőt (a szerkezeti hőmérőt) is le kell olvasni, a barométer-leolvasásoknak a hőmérséklet miatt való redukálása céljából.

A léghőmérséklet mérését árnyékos helyen felfüggesztett hőmérőn kell végezni. Amennyiben árnyékos hely nem volna, úgy a zsinegre erősített hőmérőt parittyaszerűen annyiszor kell megforgatni a levegőben, míg állandóan ugyanazon leolvasást nem mutatja. E módszerrel napsütés esetén is, az insolatiótól mentesen kapjuk meg a levegő hőmérsékletét. A méréshez természetesen előzetesen gondosan megvizsgált hőmérő használandó, s a vizsgálat alkalmával talált beosztási hibákkal a leolvasás megjavítandó.

A B-vel jelölt légnyomások alatt a megfelelő korrekciókkal ellátott barométer-leolvasások értendők.

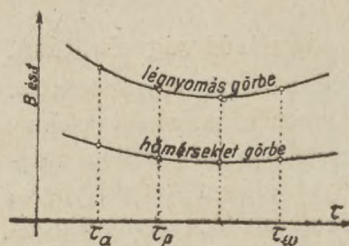


7. ábra.
Hypsométer-termométer.

A két barométerrel való mérés sémája a következő:

| Álló barométer | | | Mozgó barométer | | |
|----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| Időpont | Légnyomás | Lég-hőmérséklet | Időpont | Légnyomás | Lég-hőmérséklet |
| T_α | B_α | t_α | T_1 | B_1 | t_1 |
| T_β | B_β | t_β | T_2 | B_2 | t_2 |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| T_ω | B_ω | t_ω | T_n | B_n | t_n |

Az egyidejű barométerállásokat megállapítandó, legcélszerűbb grafikonk rajzolni az álló barométeren nyert légnyomásokra és hőmérsékletekre; a nyert



8. ábra.

B és t görbékből a mozgó barométeren végzett leolvasásokkal egyidejű értékeket a megfelelő időpontnak a grafikonba való felrakásával kapjuk meg (8. ábra).

3. Mérés egy barométerrel.

Ha csak egy barométer áll rendelkezésre, úgy kétféle eljárást követhetünk; az egyik az oda-vissza mérés, a másik az interpoláló mérés.

a) Oda-vissza mérés.

Ha A és F a meghatározandó magasság két pontja, akkor először leolvassuk a barométer és a termométer állását az A ponton, azaz valami T_A' időpontban kapjuk a B_A' és t_A' értékeket. Ezután elmegyünk a F pontra s ott T_F időpontban leolvassuk B_F és t_F értékeket. Most visszamegyünk a A pontra s újból leolvassuk T_A'' időpontban a B_A'' és t_A'' értékeket.

A mérés sémája:

A ponton, T_A' időpontban B_A' a légnyomás, t_A' a lég-hőmérséklet.

F „ T_F „ B_F „ t_F „

A „ T_A'' „ B_A'' „ t_A'' „

Törekedni kell arra, hogy $(T_F - T_A')$ közelegyenlő legyen $(T_A'' - T_F)$ -vel. Ez esetben a $B_A = \frac{B_A' + B_A''}{2}$ és a $t_A = \frac{t_A' + t_A''}{2}$ egyidejű értékeknek vehető a B_F , illetve t_F -el.

Példa az oda-vissza mérésre.

Dátum: Nógrádverőce, 1918 május 24-én.
Észlelő: Oltay Károly.

Aneroid: Short-féle $\begin{cases} \delta_z = -0.1 \\ \delta_b = +0.01 \\ \delta_i = -3.4 \end{cases}$

| A pont jele | Időpont | Mérés-eredmények | | | R e d u k c i ó k | | | Lég-nyomás | Lég-hőmér-séklet |
|-------------|-------------------------------------|------------------|-------------|---------|-------------------|----------|-------|------------|------------------|
| | | Aneroid | Szerkezeti | Lég- | Hőmérsék-let | Beosztás | Index | | |
| | | | hőmérséklet | | | | | | |
| A | 8 ^b 35 ^m d.e. | 756.3 | + 19.6° | + 20.2° | — 0.04 | + 0.04 | — 3.4 | 752.90 | + 20.2° |
| F | 8 ^b 55 ^m | 742.4 | + 19.8 | + 20.4 | — 0.02 | + 0.18 | — 3.4 | 739.16 | + 20.4 |
| A | 9 ^b 12 ^m | 756.4 | + 19.9 | + 20.4 | — 0.01 | + 0.03 | — 3.4 | 753.02 | + 20.4 |

E táblázat adatainak megfelelően:

A ponton $T_A' = 8^h 35^m$ időben a légnyomás 752.90 mm , léghőmérséklet 20.2°

F " $T_F = 8^h 55^m$ " " " 739.16 " " $+20.4$

A " $T_F'' = 9^h 12^m$ " " " 753.02 " " $+20.4$

Az egyidejűnek vehető légnyomások és hőmérsékletek tehát a következők

A ponton $B_A = 752.96 \text{ mm}$ } Átlagos hőmérséklet $+20.3^\circ$
F " $B_F = 739.16$ }

A 44. és a 45. oldalon közölt táblázat szerint

$$\Delta m_o = 10.75 \text{ m}$$

$$\Delta m_t = 0.08 \text{ m}$$

$$= 10.83 \text{ m}$$

Tehát a keresett magasságkülönbség *Babinet* képletével számítva:

$$m = 10.83 \times 13.80 = 149.4 \text{ m}$$

b) *Interpoláló magasságmérés.*

Alkalmazható, ha ismert magasságú pontjaink is vannak.

Tegyük fel, hogy A és F pontok m magasságkülönbségét színtezésből, vagy trigonometriai magasságmérésből előre ismerjük. Feladatunk e pontok között fekvő P_1, P_2, \dots, P_n pontok magasságát megállapítani A felett. A mérést (cél-szerűen aneroiddal) a következő módon hajtjuk végre. Az A pontból kiindulva, elmegyünk valamennyi pontra s mindenütt leolvassuk az aneroid állását. A leolvasások legyenek $f_A, f_1, f_2, \dots, f_n, f_B$.

Hőmérsékletet mérni nem kell; a leolvasások csupán a hőmérséklet miatt korrigálандók. Ha az aneroid kompensált, akkor a hőmérsékleti redukálás is elmaradhat.

Az A és F pontokon végzett leolvasásokból s a két pont ismeretes magasságkülönbségéből kiszámítható, a barométerleolvasás egy mm -ének megfelelő magasságkülönbség Δm , ugyanis

$$\Delta m = \frac{m}{f_A - f_F}$$

Ezt ismerve az egyes pontok magassága A felett a következőképpen számítandó:

$$m_1 = (f_A - f_1) \Delta m$$

$$m_2 = (f_A - f_2) \Delta m$$

$$m_n = (f_A - f_n) \Delta m$$

Az összes számítások a logaritmikus számítóléccel végezhetők.

Az interpoláló magasságméréssel jó eredményeket lehet kapni, de ehhez okvetlenül szükséges, hogy az A és F pontok magasságkülönbsége nagyobb legyen, mint a mérendő magasságkülönbségek bármelyike, vagyis csakugyan magasság-interpolálásról s nem extrapolálásról legyen szó. A mérésre, a jegyzőkönyv-vezetésre és a számításra példát az alábbi jegyzőkönyv mutat. A mérést — a pontosság fokozása céljából — mindig kétszer kell végezni (felfelé és lefelé), ezért a jegyzőkönyvben mind a kettő számára külön rovat áll rendelkezésre.

Datum: Nógrádverőce, 1916 május 26. d. e.

Észlelő: Trájer István.

Aneroid: Short-féle ($\delta\tau = -0.1$).

| A pont jele | Mérés felfelé | | | Mérés lefelé | | | A légnyomás közép-értéke | Légnyomás különbség | Egy mm légnyomás különbségre eső magasságkülönbség Δm | Ismert magasságok | Magasságkülönbség | Számított magasság |
|-------------|---------------------------------|---------|-------------------------|---------------------------------|---------|-------------------------|--------------------------|---------------------|---|-------------------|-------------------|--------------------|
| | Időpont | Aneroid | Szerkezeti hő-mérséklet | Időpont | Aneroid | Szerkezeti hő-mérséklet | | | | | | |
| $Z \Delta$ | 10 ^h 16 ^m | 746.8 | +19.3 | 11 ^h 18 ^m | 746.9 | +19.4 | 746.85 | 0.00 | $\Delta m =$ | 130.0 | — | — |
| d | 22 | 745.4 | +19.3 | 13 | 745.3 | +19.4 | 745.35 | +1.50 | 104.6/8.75 | — | +17.9 | 147.9 |
| c | 26 | 744.6 | +19.3 | 10 | 745.5 | +19.4 | 745.05 | +1.80 | =11.95 m | — | +21.5 | 151.5 |
| b | 29 | 744.8 | +19.4 | 7 | 745.0 | +19.4 | 744.90 | +1.95 | | — | +23.3 | 153.3 |
| a | 34 | 742.8 | +19.4 | 11 2 | 743.8 | +19.5 | 743.30 | +3.55 | | — | +42.4 | 172.4 |
| $g \Delta$ | 10 44 | 738.1 | +19.4 | 10 54 | 738.1 | +19.5 | 738.10 | +8.75 | | 234.6 | — | — |

Az interpoláló magasságmérésnek a mérés és a számítás egyszerű voltán kívül nagy előnye, hogy a magasságkülönbség a leolvasásokból s nem a légnyomásokból számítható, tehát a leolvasások redukálása mellőzhető, ha nem voltak lényegesebb hőmérséklet változások, illetve kompenzált aneroidot használtunk. Kiválóan alkalmas ismeretlen állandójú, előzetesen nem tanulmányozott, de kompenzált aneroidokkal való mérésre. A mérnöki gyakorlatban az interpoláló mérés alapfeltételei (hogy ismeretes magasságú alappontokkal rendelkezünk) majdnem mindig megvannak s ezért a mérnöki barométeres magasságmérésekben főleg ez az eljárás kerül alkalmazásra.

IV. A barométerrel való magasságmérés megbízhatósága.

A végzett nagyszámú kísérletek eredményei szerint 200 m magasságkülönbségig:

$$\pm 1.0 \text{ m} - \pm 2.0 \text{ m-re}$$

tehető a barométeres magasságmérés középhibája, gondos mérést feltéve.

A magam kísérletei szerint az interpoláló mérés egy 100 m körül levő magasságot

$$\pm 1.8 \text{ m}$$

középhibával adott meg, amely középhiba érték, mintegy 100 egyszerű meghatározásból van levezetve.

200 m-nél nagyobb magasságkülönbség esetén a középhiba kisebb, 500 m-ig számíthatunk ± 3.0 m, 1000 m-ig ± 5.0 m középhibára, ha ismét a legnagyobb gonddal végezzük a mérést.

Az aneroid és a higanybarométer közül kisebb távolságok esetén az aneroidé az elsőbbség pontosság szempontjából is. Nagyobb távolságok esetén a higanybarométer előnyösebb, mert ennél nem kell félni az indexhiba esetleges megváltozásától. A hypsométer-termométer a higanybarométerrel egyenlő értékűnek tekinthető.

