This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Megjelenik minden hónap ötödikén, harmadfél nagy nyolczadrét ívnyi tartalommal; időnként fametszetű ábrákkal illusztrálva.

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY.

HAVI FOLYÓIRAT

KÖZÉRDEKŰ ISMERETEK TERJESZTÉSÉRE.

E folyóiratot a társulat tagjai az évdíj fejében kapják; nem tagok részére a 30 ívből álló egész évfolyam előfizetési ára 5 forint.

46-IK FÜZET. 1873. JUNIUS. V. KÖTET.

XVI. THERMOCHRONOMÉTER.*

(Előadatott az 1872. aprilis 16-ikán tartott szakülésen.)

Mintegy két évvel ezelőtt némely órák compensatióját akarván megvizsgálni, szükségem volt a szobában uralkodó középhőmérsék ismeretére, bizonyos idő tartama alatt. Az alkalmazott hőmérőkön tett leolvasásokból csak igen tág közelítésű eredményt nyertem még akkor is, ha óránként tettem a leolvasásokat, s az eredménynek, kivált télen, fűtött szobában, csak igen localis érvénye lehetett. Önjegyző hőmérő nem állott rendelkezésemre, de ha állott volna is, alig használhattam volna azt; mert tetemes tért foglalván el, nem lehetünk biztosak a felől, hogy a kiterjedő anyag hőmérséke a készülékben mindenütt ugyanaz; pedig a műszer csak relativ eredményt adván, az ahhoz tartozó absolut értéket még külön kell megmérni. Czélszerűbbnek látszott előttem czélom elérésére Stampfernek egy eszméjét venni kiindulási pontúl, ki egy akademiai értekezésében a közép légnyomás meghatározására egy barométer-csővet ajánlott ingának, melyben a higany-oszlop emelkedése vagy sülyedése az ingás tartamában bizonyos megfelelő változást okozván, ekképpen a légnyomás ingadozásait az időkülönbségek által lehet megmérni. Ezen elv a hőmérsék meghatározására is alkalmazható, s én előbb egy horgany-ingát készíttettem, s azt később higanynyal megtöltött üvegcsővel váltottam fel. Munka közben később figyelmetessé tétettem arra, hogy ezen eszme már nem új, hanem már jóval ezelőtt Grassmann és Brewster által volt alkalmazva, nevezetesen Grassmann eszmejárása az enyémmel csaknem ugyanaz; azonban tekintetbe vévén azt, hogy ha valahol, bizonyosan a természettudo-

* E czikk nem vág ugyan szorosan a Term. tud. Közlöny *népszerű* czikkei keretébe, de azt hiszszük, számosan vannak olvasóink közt, a kik ezt, tárgya érdekességénél fogva, szivesen veendik. Különben pedig, nehogy ezzel népszerű közleményeink terét megszűkítsük, a jelen füzetet egy ívvel megpótoltuk, úgy hogy ez alkalommal a szokásos $2^1/_2$ ív helyett $3^1/_2$ ívnyi szöveget adunk. Szerk.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

mány terén áll azon mondat igazsága: si duo faciunt idem, non est idem, a munkát folytattam. De korlátolt tudományos, s még korlátoltabb artistikai viszonyaink, melyek szerint egy műszer készítésére sokszor fél évig is kell várakoznunk, különösen pedig műegyetemünknek az utóbbi években átélt mozgalmas állapota, mely szerint az én kezeimre bizott gyűjtemény két év folytán kétszer hurczolkodni kényteleníttetett, csak most engedték meg, hogy némely döntő kisérleteket tehessek. A horgany-inga, hogy chemiai nyelvvel éljek, csak nyomokat mutatott, de a higany-inga határozottan bebizonyította az eszme kivihetőségét. Ezen műszert, melyet thermochronométernek lehet nevezni, fogom röviden megismertetni. Mielőtt azonban ehhez fognék, annak elméleti alapját kell előadnom.

Legyen egy mathematikai inga hossza . . . l
annak hőmérséke . . . . t
„ ingás-tartama . . . . τ
„ hoszsza 0^0 hőmérséknél . . . . . . l_0
„ anyagának kiterjedési együtthatója . α
a nehézségi gyorsulás . . . . g

akkor az ingás idejének ismeretes képlete:

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

az inga hoszsza pedig t^0-hőmérséknél

$$l = l_0\,(1 + \alpha t)\,.$$

Ezt helyettesítvén, lesz:

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{l_0}{g}\,(1 + \alpha t)}\,.$$

Tekintetbe vévén, hogy α minden fémnél igen kis mennyiség, a Newton sorának alkalmazása által elég közelítéssel lesz:

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{l_0}{g}}\,(1 + \frac{1}{2}\alpha t)\,,$$

vagy ha $\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} = \tau_0$-nak teszszük, minthogy az nem más, mint az ingának ingástartama 0^0 hőmérséknél, akkor a képlet így is irható:

$$\tau = \tau_0 + \frac{1}{2}\tau_0\,\alpha t.$$

Legyenek most az egymás után következő ingások tartamai τ_1, τ_2, τ_3, $\ldots\tau_n$, a megfelelő hőmérsékek t_1, t_2, $t_3 \ldots t_n$, ezeket a fentebbi egyenletben helyettesítvén, és az egyenleteket összeadván, lesz:

$$\Sigma(\tau) = n\,\tau_0 + \frac{1}{2}\,\tau_0\,\alpha\,\Sigma(t),$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

honnan következik, hogy:

$$\frac{\Sigma(t)}{n} = \frac{\frac{\Sigma(\tau)}{n} - \tau_0}{\frac{1}{2}\alpha\,\tau_0}.$$

Úgyde $\frac{\Sigma(t)}{n}$ nem más, mint a lefolyt idő alatt uralkodó hőmérsék középértéke; hasonlóképpen $\frac{\Sigma(\tau)}{n}$ nem más, mint a lefolyt ingások tartamának középértéke. Ha tehát a középértékeket *k* jelzővel jelöljük, a fentebbi egyenletet így is lehet irni:

$$t_k = \frac{\tau_k - \tau_0}{\frac{\alpha}{2}\tau_0}$$

Az ingás középtartamát egy egyszerű megfigyelés által lehet meghatározni; t. i. össze kell hasonlítani az inga, és egy jó óra ingásait egymással, az ingának természetesen egy számláló művel kell kapcsolatban lennie, mely az ingásokat számlálja. E czélra egy egyszerű Graham-féle horgony-óra szerkezet alkalmazható, melynek számlapját én a tizedes rendszer szerint osztottam be, úgy hogy a számlap köre 10^h-ra, 1^h 100 perczre, 1^p 100 mperczre osztatik, különben egészen úgy néz ki, mint egy közönséges óra. Az összehasonlítás a két óra perczegéseinek összeesése által nagy pontossággal eszközölhető, s ha ezen mód szerint azt veszszük észre, hogy

az órán O-nak az ingán I felel meg,

hasonlóképpen, ha egy tetszés szerinti idő múlva, feltevén, hogy egyik ingára sem hatott időközben valamely az ingásokat akadályozó ok, úgy találjuk, hogy

az órán O'-nek az ingán I' felel meg: akkor ezen egyenlet érvényes:

$(O'-O)$ óra ingástartam $= (I'-I)$ inga ingástartam,

hol $O'-O$ az ingások számát az órán, $I'-I$ pedig ugyanazt az ingán jelenti. Úgyde egy jó órának ingásai egyenlők, míg az inga ingásai a hőmérsék változása miatt folyton változnak. Ha tehát az ingások tartamának összegét az ingások számával osztjuk, megkapjuk egy ingás közép tartamát, vagyis:

$$\tau_k = \frac{O'-O}{I'-I} \text{ óraingás tartama.}$$

Ezt helyettesítvén, a középhőmérsék képlete lesz:

$$t_k = \left(\frac{O'-O}{I'-I} - \tau_0\right) : \frac{\alpha}{2}\tau_0,$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

vagy ha az állandókat M, N-nek nevezzük, egész átalánossággal lesz:

$$t_k = M \frac{O' - O}{I' - I} - N$$

Az M és N értékeit közvetlen mérés által meg lehetne határozni, de ezen mérések a kellő pontossággal alig lennének eszközölhetők. Czélszerűbb e czélra a közvetett módot alkalmazni, miszerint két egymástól igen távol eső, legalább is egy óra hosszant tartó állandó hőmérséknél az ingások száma s az uralkodó hőmérsék meghatároztatik, s ezekből az M és N értékei kiszámíttatnak, s ha — a mi még czélszerűbb — még közbenső hőmérsékeknél is tétettek megfigyelések, az ismeretlenek a legkisebb négyzetek elmélete szerint kerestetnek ki. A kellő hőmérsék előidézésére én oly edényt használok, melynek két egymástól elkülönített ürege van. A benső üregben ing az inga, az azt köröskörül vevő üreg pedig vízzel töltetik meg, melynek hőmérsékét melegítés és folytonos áramlásba hozatal által, csekély fáradsággal, állandó 20—24° magasságra lehet emelni, valamint jéggel való lehűtés által csaknem 0°-ra le lehet szállítani. Az eddigi berendezés még nem végleges, még is már is kielégítő eredményre vezetett. Az edényt az inga alá lehet tolni, és onnan ismét eltávolítani, a nélkül, hogy az inga megállana. Ezt lényegesen szükségesnek tartom; mert ha az inga megáll és újra megindíttatik, annak járása egy kissé változik, minthogy a mozgás akadályai is egy kissé változtak. A bezárt lég hőmérsékét, melylyel a higanyoszlop hőmérsékének egyeznie kell, egy külön hőmérőn kell leolvasni; a hőmérőnek pedig ugyan azon üvegből készült, s ugyanazon átmérőjű henger-alakú s nagyobb higanytömeget magában foglaló edénynyel kell birnia, hogy annak melegvezető képessége az ingáéval minél egyenlőbb legyen. Ezen előadásból a műszer berendezése már eléggé érthető, csak azt kell még megemlítnem, hogy az edény csak az állandók meghatározására használtatik, minek szüksége talán minden 6—8 hétben imétlődik, különben az ingától eltávolíttatik, hogy az a külső léggel közvetlen érintkezésben legyen. Czélszerűnek látszott előttem az órát és az ingát egy deszkának, melyet élivel a falon szilárdan meg lehet erősíteni, két oldalán helyezni el, úgy hogy az edényt az ingával könnyen lehet összeköttetésbe hozni, a nélkül hogy az óramű a vízgőzöktől szenvedni kényteleníttetnék; úgy szintén alig szükség megemlítenem, hogy az edényt rosz melegvezető anyaggal kell bevonni, átalában pedig a belső üreget csaknem hermetice el kell zárni a külső légtől, hogy a hőmérsék állandósítása jobban sikerüljön.

Az inga szerkezetét illetőleg azon kérdés merül fel, hogy mi-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

lyen hosszú inga ad legnagyobb pontosságot a középhőmérsék meghatározására? Erre azt feleljük: mennél nagyobb növekedés áll elő az ingás tartamában az időegység alatt egy igen kis hőmérsék növekedésre, annál jobb lesz az eredmény, mert ugyan azon megfigyelési hiba nagyobb mennyiségnek csekélyebb részét teszi, mint kisebbnek. A legjobb berendezés tehát az fog lenni, melynél $\frac{d\tau}{\tau}\ldots t$ szerint véve legnagyobbá lesz. Különbzékeljük tehát a τ egyenletét t szerint, akkor lesz:

$$d\tau = \frac{1}{2}\tau_0 \alpha dt, \text{ s ebből : } \frac{d\tau}{\tau} = \frac{\frac{1}{2}\tau_0 \alpha d t}{\tau_0 + \frac{1}{2}\tau_0 \alpha t};$$

minthogy pedig a nevező második tagja az elsőhöz képest igen kicsiny, az elhanyagolható; tehát elég közelítéssel lesz:

$$\frac{d\tau}{\tau} = \frac{1}{2}\alpha d t.$$

Ezen kifejezés az inga hoszszától független, mi azt mondja, hogy akár hosszú, akár rövid az inga, mindegy. Az inga hoszszát tehát más körülményekből kell megitélni. A hosszú inga ellen szól az, hogy annak hőmérséke sohasem egyenlő mindenütt; rövid inga ellen az, hogy annak ingását a tömeg csekélyebb volta miatt külső akadályozó okok könnyen meghamisítják. Én tehát körülbelől $^1/_2$ secundás ingát választottam, s megfigyeléseim egy ilyen ingára vonatkoznak.

Eddig mathematikai ingáról szólottam, de a természetben ilyen nem létezik, hanem physikai ingára vagyunk utalva. Én az ingát a legegyszerűbb alakban, egy hengeralakú üvegcsőből készíttettem, mely kevés híjján higanynyal van meg töltve. Nem azért választottam ezen alakot, mintha annál czélszerűbbet nem lehetne találni, hanem azért, mert ezen a mathematikai viszonyokat legjobban lehet tanúlmányozni, s az eredményeket világosan lehet értelmezni.

Legyen az üveghenger hoszsza H', a higanyoszlop hoszsza H, legyen az ingás tengelyének távola a cső alsó végétől L, az egész higany súlya G, a tengely felett lévő részé G', az egész üvegcső súlya üresen p, a tengely felett lévő részé p', melyeknél a fenekek súlyát csekélységük miatt el lehet hanyagolni, akkor a physikai ingának megfelelő mathematikai inga hossza:

$$l = \frac{\text{Tehetl. nyomaték}}{\text{Statik. nyomaték}} = \frac{T}{S}$$

Úgyde ezen vékony, hosszú pálcza-alakú testnél elegendő pontossággal lehet venni az anyagi vonal képletét,

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

mely szerint $T=(G-G')\frac{L^2}{3}+G'\frac{(H-L)^2}{3}+(p-p')\frac{L^2}{3}\quad p'\frac{(H'-L)^2}{3}$,

miután $G:G'=H:(H-L)$, vagy $G'=G\frac{H-L}{H}$,

és $p:p'=H':(H'-L)$, vagy $p'=p\frac{H'-L}{H'}$,

ezeket helyettesítvén, némi kifejtés után lesz:

$$T=\frac{G}{3}\left(3L^2-3LH+H^2\right)+\frac{p}{3}\left(3L^2-3LH'+H'^2\right)$$

Hasonlóképpen lesz:

$$S=\frac{G}{2}\left(2L-H\right)+\frac{p}{2}\left(2L-H'\right).$$

Tegyük egyszerűség végett $p=\frac{G}{n}$, $\omega=\frac{H}{L}$, $\omega'=\frac{H'}{L}$, ezeket helyettesítvén, a fentebbi egyenletek ezekké lesznek:

$$T=\frac{GL^2}{3}\left[3-3\omega+\omega^2+\frac{1}{n}(3-3\omega'+\omega'^2)\right],$$

$$S=\frac{GL}{2}\left[2-\omega+\frac{1}{n}(2-\omega')\right],$$

tehát

$$l=\frac{2}{3}L\,\frac{3-3\omega+\omega^2+\frac{1}{n}\left(3-3\omega'+\omega'^2\right)}{2-\omega+\frac{1}{n}\left(2-\omega'\right)}.$$

Most az a kérdés támad: miképpen kell az L-et választani, hogy az inga legérzékenyebb legyen? E felett a $\frac{d\tau}{\tau}$ maximuma határoz. Keressük tehát ennek értékét. — A fentebbi kifejtés szerint volt:

$$\tau=\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

s ebből következik:

$$\frac{d\tau}{\tau}=\frac{1}{2}\frac{dl}{l},$$

jelen esetben tehát a $\frac{dl}{l}$ maximumát kell meghatározni. Egy fentebbi egyenlet szerint:

$$l=\frac{T}{S},$$

ebből következik

$$\frac{dl}{l}=\frac{dT}{T}-\frac{dS}{S}.$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Különbzékelvén a fentebbi T és S kifejezéseket, figyelembe vévén, hogy a t változása az L, H, H', tehát ω, ω' mennyiségek változásait is maga után húzza, rövid kifejtés után ezen képletre jövünk:

$$\frac{dl}{l}=\frac{dL}{L}+\left(\frac{-3+2\omega}{3\quad 3\omega+\omega^2+\frac{1}{n}\left(3-3\omega'+\omega'^2\right)}+\frac{1}{2-\omega+\frac{1}{n}\left(2-\omega'\right)}\right)d\omega$$

$$+\left(\frac{-3+2\omega'}{3-3\omega+\omega^2+\frac{1}{n}\left(3-3\omega'+\omega'^2\right)}+\frac{1}{2-\omega+\frac{1}{n}\left(2-\omega'\right)}\right)\frac{d\omega'}{n}$$

hol dL, $d\omega$, $d\omega'$ mind t szerint veendők. Ezeknek meghatározása végett gondoljuk meg, hogy L az üvegcsővön létező hossz; ha tehát az üveg kiterjedési együtthatóját hosszmértékben β-nak nevezzük, lesz:

$$dL=L\beta dt,\ \text{vagyis}\ \frac{dL}{L}=\beta dt.$$

Továbbá

$$d\omega=\frac{LdH-HdL}{L^2}=\left(\frac{dH}{H}-\frac{dL}{L}\right)\frac{H}{L}.$$

Legyen a higanyoszlop térfogata V.. t hőmérséknél. Ha a hőmérsék dt-vel növekedik, s a higanynak volum-kiterjedési együtthatója α-val jelöltetik, ugyanazon tömeg most:

$$V+V\alpha dt$$

tért fog elfoglalni. Azon üres tér a csőben, mely a V volumnak megfelel, s melyet a higany elfoglalt $=FH$, hol F a cső üregének keresztmetszését jelenti. Ha a hőmérsék dt-vel növekedik, a kiterjedt higany $(F+dF)(H+dH)=FH+FdH+HdF$ tért fog elfoglalni, mely képletben a $dHdF$ szorozmány, mint másodrendű kis mennyiség elhanyagoltatott. Tehát a megváltozott térfogatok közt az egyenlő tagok elhagyása után ezen relatio áll elő:

$$V\alpha dt=HdF+FdH=H.2F\beta dt+FH.\frac{dH}{H}=2\beta Vdt+V\frac{dH}{H}.$$

Ebből lesz:

$$\frac{dH}{H}=\left(\alpha-2\beta\right)dt.$$

Innen következik:

$$d\omega=\omega\ (\alpha-3\beta)\ dt.$$

Hasonlóképpen lesz:

$$d\omega'=\frac{LdH'-H'dL}{L^2}=\frac{H'}{L}\left(\frac{dH'}{H'}-\frac{dL}{L}\right).$$

De a fentebbiek szerint

$$\frac{dL}{L}=\beta\,dt,\ \text{hasonlóképpen}\ \frac{dH'}{H'}=\beta dt;$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

ezeket helyettesítvén, lesz:

$$d\omega' = 0.$$

A fentebbi egyenlet tehát ezzé válik:

$$\frac{dl}{l} = \beta dt + \left(\frac{-3+2\omega}{3-3\omega+\omega^2+\frac{1}{n}\left(3-3\omega'+\omega'^2\right)} + \frac{1}{2-\omega+\frac{1}{n}\left(2-\omega'\right)} \right) \omega (\alpha - 3\beta)\, dt.$$

A műszernek fentebb körvonalozott elrendezésében H' . . H-tól csak néhány vonallal különbözik, úgy hogy ω' . . ω-val egyenlőnek vehető; a hiba, melyet ejtünk, oda megyen ki, hogy az üvegcső üres részének súlyát a többi súlyokhoz képest elhanyagolhatjuk. Ezt tévén, a fentebbi egyenlet ezzé válik:

$$\frac{dl}{l} = \beta dt + \left(\frac{-3+2\omega}{3-3\omega+\omega^2} + \frac{1}{2-\omega} \right) \frac{n}{n+1} - \omega (\alpha - 3\beta)\, dt,$$

mely egyenletet ezen alakra lehet hozni:

$$\frac{dl}{l} = \beta\, dt + \frac{n}{n+1} \cdot \frac{\omega(\omega-1)(3-\omega)}{(2-\omega)(3-3\omega+\omega^2)} (\alpha - 3\beta)\, dt.$$

Ezen kifejezés második tagjában a dt szorzója ∞-né válik, ha $\omega = 2$, midőn $L = \frac{H}{2}$, azaz: a forgás-tengely a higanyoszlop közepébe esik. Ezen maximumot azonban nem lehet használni, mert a megfelelő ingási idő szintén végtelen. Ezen maximum nem a rendes, hanem rendkívüli, melynél a függvény folytonossága megszakad.

A kifejezés második tagja elenyészik, ha $\omega = 0$, vagy $\omega = 1$, vagy $\omega = 3$, s ekkor csak az első tag marad meg, mely az üres üvegcső ingási változását szolgáltatja. Ezen esetekben tehát a higany kiterjedési képességének semmi haszna nincs, s a képlet azt mutatja, hogy miképpen nem kell az ingát berendezni. Nevezetesen:

ha $\omega = 0$, akkor $H = 0$, azaz: a higanyoszlop magassága végtelen kicsiny. Ebből az következik, hogy thermométer-alakú ingát alkalmazni, melynek higanytömege legnagyobbrészt a cső alsó végén van összehalmozva, nem jó.

Ha $\omega = 1$, akkor $L = H$, mi azt mondja, hogy a forgástengelyt a higanyoszlop felső végéhez közel sem jó helyezni, mert akkor a műszer szintén érzéketlen fog lenni.

Ha $\omega = 3$, akkor $L = \frac{H}{3}$. Ezen esetet alkalmazni nem is lehet, mert ekkor az inga súlypontja a forgástengely felibe esvén, az inga felfordúlna.

Az L hoszszát tehát H és $\frac{H}{2}$ közt kell választani, s az érzékenység foka annál nagyobb lesz, mennél nagyobb a $\frac{dl}{l}$ képlet második tagjában a dt szorzója; ezen szorzót egyszersmind úgy lehet képzelni, mint valamely merev anyag kiterjedési kitevőjét, mely anyagból ha egy hengeralakú homogén inga késztittetnék, annak a higanyingával egyenlő érzékenysége lenne. Ezen érzékenységet az L kellő választása által tetszés szerint lehet fokozni, mindazáltal czélszerű lesz azt a túlságig nem vinni, mert különben az ingó tömeg csak léha mozgásba jönne, s a külső mechanikai akadályok legyőzésére nem lenne olyan erős, mint midőn annak élénkebb mozgása van.

Végre még azt lehet kérdezni, hogy minő pontossággal lehet ezen műszer által a középhőmérséket meghatározni? Hogy erre felelhessünk, különbzékeljük a középhőmérsék egyenletét. E szerint lesz:

$$d\,t_k = M\,d\,\frac{O'-O}{I'-I}\,.$$

Ezen képlet azt mondja, hogy a középhőmérsék meghatározásában ejthető hiba, az inga középingásának meghatározásában ejthető hibával egyenes viszonyban áll. Ennek megitélésére, a helyett hogy ezen mennyiség meghatározásában elméleti vizsgálódásokba ereszkednénk, kövessük inkább a tapasztalás újmutatását.

A mult márczius hó 11- és 12-ik napjain a műszerrel következő megfigyeléseket tettem:

Szám	Óra			Inga	Hőmérő o	Hőmérő $^1/_4{}^0$	Közép Óra	Közép Inga	Reaum. o
Márcz. 11-én	12^h	0^m	0^s	2^h5434			h m s	h	
1.	„	1	5	2·5556	12	1·3	12. 1. 5·00	2·55560	12·32
	„	2	10	2 5678					
	3	3	20	4·6070					
2.	„	4	10	4·6164	12	0	3. 4. 12·00	4·61677	12·00
	„	5	6	4·6269					
	4	55	10	5·8645					
3.	„	56	5	5·8748	21	0·2	4. 56. 5·33	5·87487	21·05
	„	57	1	5·8853					
	6	8	3	6·6837					
4.	„	9	6	6·6955	21	1·1	6. 9. 3·33	6·69500	21·27
	„	10	1	6·7058					
Márcz. 12-én	10	7	5	7·4727					
	„	7	36	7·4785	13	3	10. 7. 36·67	7·47863	13·75
5.	„	8	9	7·4847					
	11	44	1	8·5635					
6.	„	45	7	8·5759	13	3·1	11. 45. 6·33	8·57577	13·77
	„	46	11	8·5879					
	4	19	3	1·6592					
7.	„	20	16	1·6729	7	1·8	4. 20. 8·00	1·67140	7·45
	„	21	5	1·6821					
	5	23	15	2·3824					
8.	„	24	3	2·3914	7	1·8	5. 24. 27·67	2·39603	7·45
	„	26	5	2·4143					
	8	3	5	4·1837					
9.	„	4	3	4·1944	0	2·3	8. 4. 6·00	4·19497	0·57
	„	5	10	4·2070					
	8	26	17	4·4451					
10.	„	27	6	4·4543	0	3·3	8. 27. 9·33	4·45493	0·82
	„	28	5	4·4654					

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

A megfigyelésben követett eljárás ez volt:

a) az edényt vízzel megtöltvén, elvártam, míg a hőmérő hosszabb időre változatlan maradt. A hőmérő állása nem volt ugyan tökéletesen állandó, de ez az 1. 2. számú megfigyelések közben több mint 3 órai idő alatt csak $0^\circ.32$-al sülyedt;

b) ezután a vizet az edényből kieresztettem, s abba melegített vizet öntvén, elvártam, míg a hőmérő megállapodott. A hőmérsék ekkor sem lett tökéletesen állandó, de a hőmérő a 3. és 4. számú megfigyelések közt csak $0^\circ.22$-al emelkedett;

c) másnap a hőmérsék az edényben csaknem egészen állandó maradt az 5. és 6. számú megfigyelések közötti időben;

d) ugyanazon napon, délután, az edényt kiürítettem, és fris kútvízzel megtöltöttem, folytonosan megújítván a vizet az edényben. A hőmérő állása az egész 7. és 8. megfigyelés folytán állandó maradt;

e) ezután a vizet újra kieresztvén, az edényt félig megtöltöttem jéggel, s a hőmérő megállapodása után a 9. és 10. megfigyeléseket tettem, mely időszak alatt a hőmérő csak $0^\circ.25$-kal emelkedett. A megfigyelések eszközlésében még nem lévén elég tapasztalatom, a hőmérsék állandósítását részint a víz felkavarása, részint melegvíz utántöltése által igyekeztem elérni; ezen kisérleteket tehát még eddig egészen sikerülteknek nem mondhatom. De meg vagyok győződve, hogy kellő óvatosság mellett állandó hőmérséket hoszszabb időre elő lehet állítani. Bizonyítja ezt az, hogy, noha este az edényt jéggel csak félig töltöttem meg, és 0·87 fokot olvastam le, másnap reggel 10 órakor a hőmérő még csak 3°-ra emelkedett. Ezen megfigyeléseknek absolut becset tulajdonítani másként sem lehet, mert a hőmérő igen alant volt felfüggesztve az edényben, úgy hogy azon fokot, melyet az mutatott, koránt sem lehet az edényben bezárt lég, annál kevésbbé a higanyoszlop közép-hőmérsékének tartani. Az eredményeket tehát, valamint az azokból levont következtetéseket is, csak cum grano salis kell venni; de mindamellett bízvást mondhatom, hogy teljesen korrekt megfigyelések azokon csak javítni, nem pedig rontani fognak. Lássuk már most ezen következtetéseket.

A táblából látszik, hogy minden hőmérséknél három megfigyelést tettem egymás után. Számítsuk ki ezekből, hogy 1 percz időközre az órán, hány ingás esik az ingán? Ezt megkapjuk ezen arányból:

$$O'-O : I'-I = 60^s : x; \text{— vagy: } x = \frac{I'-I}{O'-O}\,60^s.$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Az eredményeket ezen táblácska mutatja :

Szám	$O'—O$	$I'—I$	$\frac{I'-I}{O'-O} 60^s$	Közép	Hőmérsék
1	65 65	122 122	112·61 112·61	112·61	12·32⁰
2	50 56	94 105	112·80 112·50	112·65	12·00
3	55 56	103 105	112·36 112·50	112·43	21·05
4	63 55	118 103	112·38 112·36	112·37	21·27
5	31 33	58 62	112·26 112·73	112·50	13·75
6	66 64	124 120	112·72 112·50	112·61	13·77
7	73 49	137 92	112·60 112·65	112·63	7·45
8	48 122	90 229	112·50 112·62	112·56	7·45
9	58 67	109 126	112·76 112·83	112·80	0·57
10	49 59	92 111	112·65 112·88	112·78	0·82

Ebből látszik, hogy az óra 1 perczére az ingának 112 és egy tört számú ingása esik, s a hőmérsék befolyása csak a tört részekre szorítkozik. Az egyes számokban egész $1/2$ másodperczny ugrások mutatkoznak, mik a megfigyelési hibából erednek. Mennél kisebb a két megfigyelés közötti idő, annál kevésbbé biztos az eredmény, úgy hogy egy perczny időhézagnál még tetemes ingadozást találunk az ingások számában; már két perczny hézagnál, melynek körűlbelől a „közép" rovatában foglalt számok felelnek meg, az ingadozások sokkal csekélyebbek. De más részről ezen táblácska azon gyanút kelti bennünk, hogy a leolvasott hőmérsékek nem felelnek meg jól az ingahigany hőmérsékének, mert az ingások számának változásai nincsenek mindenütt fordított állandó viszonyban a leolvasott hőmérsékek változásaival, mint kellene lenniök. Ezen eltérés leginkább feltünik a szélső, vagyis a szobai hőmérséktől leginkább elütő megfigyeléseknél, mint azt már előre is gyanítni lehetett.

Számítsuk most az $\frac{O'-O}{I'-I}$ értékeit az egyes megfigyelési csopor-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

tokból; az eredményt a következő táblácska mutatja :

Csoport	$O'-O$	$I'-I$	Közép hőmérs.	$\frac{O'-O}{I'-I}$	Számított $\frac{O'-O}{I'-I}$	Különbség megf.-szám
	h m s		°			
1— 2	3 3 7·00	2·06117	12·16	0·533046 = I	0·533046	0
3— 4	1 12 58·00	0·82013	21·16	0·533818 = II	0·533766	0·000052
5— 6	1 37 29·66	0·09714	13·76	0·533172 = III	0·533174	—0·000002
7— 8	1 4 19·67	0·72463	7·45	0·532677 = IV	0·532669	0·000008
9—10	0 23 3·33	0·25996	0·70	0·532131 = V	0·532129	0·000002

Ezen táblácskában az I, II, III, IV, V számok különbségeinek a közép-hőmérsékek megfelelő különbségeivel aránylagosoknak kell lenni ; nézzük, mennyiben felelnek meg ezen követelményeknek ? Vegyük az összehasonlításokat olyan rendben, a mint a hőmérsekek növekednek, akkor lesznek :

$$\frac{IV-V}{t_{IV}-t_{V}}=0{\cdot}000081 \qquad \frac{III-I}{t_{III}-t_{I}}=0{\cdot}000078$$

$$\frac{I-IV}{t_{I}-t_{IV}}=0{\cdot}000078 \qquad \frac{II-III}{t_{II}-t_{III}}=0{\cdot}000087$$

Az egyezés ezen számokban igen szembetünő egész az utolsóig, melynél nagyobbka eltérést találunk, s ez, a mint már fentebb megjegyeztem, valószínűleg a higanyoszlop középhőmérséke s a hőmérő állása közötti különbségből ered. Ha a legkisebb és legnagyobb hőmérséknek megfelelő számokat combináljuk egymással, akkor lesz :

$$\frac{II-V}{t_{II}-t_{V}}=0{\cdot}000082,$$

mely hézagban a megfigyelési hiba már elmosódott. Ebből látnivaló, hogy egy fok hőmérsék-növekedésre az ingás tartamában körülbelől 80 egység esik a 6-ik tizedes sorban. Számítsuk ki ezen együtthatóval a megfigyelt hőmérsékekre eső $\frac{O'-O}{I'-I}$ értékeit, kiindulván a 12·16°-nak megfelelő számból, mint a mely a szoba hőmérsékével egyezvén, bizalomra leginkább érdemes. A számítás eredményét a különbségekkel együtt a következő rovatok mutatják. A különbségekből kitünik, hogy a második kivételével csak csekély eltérések vannak. Ha az 52-tős különbséget, melynek jelentőségét már fentebb jeleztük, kihagyjuk, a többiek középértéke lesz 3 egység a 6-ik tizedes sorban, melynek csak nehány századrész fok felel meg hőmérsékben. Ha pedig az 52-t is beszámítjuk, akkor a közép lesz 13, s még ez sem jelent többet 0·16 foknál.

Hasonló eredményekhez jutunk a fentebb kifejtett képletnek

$$t_{k}=M.\frac{O'-O}{I'-I}-N$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

kiszámítása által is. Tegyük ezen kifejezésben egyszerűsítés végett

$$\frac{O'-O}{I'-I} = 0{\cdot}533 + \frac{x}{1000000},$$

akkor lesz

$$t_k = \left(M . 0{\cdot}533 - N\right) + \frac{M}{1000000}\, x \text{ , vagyis}$$

$$t_k = a\,x + b\,,$$

hol a, b új állandókat jelentenek. Helyettesítsük ebbe a fentebbi táblácskából a megfelelő értékeket, akkor ezen egyenleteket kapjuk:

$$0{\cdot}70^0 = -\ 869\ a + b \qquad 12{\cdot}16^0 = \ 46\ a + b$$
$$7{\cdot}45^0 = -\ 323\ a + b \qquad 13{\cdot}76^0 = 172\ a + b$$
$$21{\cdot}16^0 = 818\ a + b$$

Hasonlítsuk össze ezen egyenleteket az átalános alakkal

$$ax + by = m,$$

hol a, b az állandókat, x, y, m pedig az megfigyelés által nyert adatokat jelentik; a legkisebb négyzetek elmélete szerint az állandók legvalóbbszínű értékei ezen egyenletekből határoztatnak meg:

$$[x^2]\ a + [xy]\ b = [mx]$$
$$[xy]\ a + [y^2]\ b = [my]$$

A fenforgó esetben ezen egyenletek lesznek:

$$1560314\,a - 156\,b = 17220{\cdot}31^0$$
$$-\ 156\,a + \ 5\,b = \ 55{\cdot}23^0$$

Ezekből következik, hogy: $a = 0\overset{0}{.}012198$. — $b = 11\overset{0}{.}425$.

Helyettesítvén ezen értékeket a fentebbi egyenletek jobb oldalán, ezen hibákat kapjuk:

$$V_1 = 0{\cdot}143^0 \qquad V_3 = -\ 0{\cdot}175^0$$
$$V_2 = 0{\cdot}040^0 \qquad V_4 = -\ 0{\cdot}241^0$$
$$V_5 = 0{\cdot}227^0$$

Ezeknek négyzetei lesznek:

$$V_1{}^2 = 0{\cdot}0204^0 \qquad V_3{}^2 = 0{\cdot}0306^0$$
$$V_2{}^2 = 0{\cdot}0160^0 \qquad V_4{}^2 = 0{\cdot}0580^0$$
$$V_5{}^2 = 0{\cdot}0514^0$$

A középhiba képlete lesz, ha az egyenletek számát n-nel, az állandókét pedig p-vel jelöljük:

$$\sqrt{\frac{[V^2]}{n-p}} = \sqrt{\frac{0{\cdot}1764}{5-2}} = 0\overset{0}{{\cdot}}243$$

s a valószínű hiba lesz: $0{\cdot}67449 \times 0{\cdot}243^0 = 0{\cdot}164^0 \pm 0{\cdot}049^0$, mi az előbbi, mondhatni trivialis számítás eredményével jól egyezik.

Kruspér István,

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Creative Commons

Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a Legal Code (Jogi változat, vagyis a teljes licenc) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

Figyelmeztetés

A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:

Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnevét, a Mű címét).

Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

Az alábbiak figyelembevételével:

Elengedés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől eltérhetsz.

Közkincs — Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or fair use rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző személyhez fűződő jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a személyiségi jogok vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.