

Fajhő mérése

A mérés célja:

- elmélyíteni a hallgatók fajhővel kapcsolatos ismereteit;
- megismertetni a hallgatókat a fajhőmérés két módszerével.

Ennek érdekében:

- összefoglaljuk a fajhő mérésével kapcsolatos ismereteket, ismertetjük a keverési kaloriméterrel ill. az elektromos fűtésű kaloriméterrel történő fajhőmérést;
- a gyakorlat során megmérjük néhány anyag fajhőjét.

1. Elméleti összefoglaló

Egy anyag belső energiája (U) a rajta végzett makroszkopikus munka (W), vagy egy másik testtel létrejött kontaktus során molekuláris szinten lezajló energia átadás (Q) útján változtatható meg. Ezt a tapasztalatot rögzíti a hőtan I. főtétele:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W, \quad (1)$$

ahol ΔU a belső energia megváltozása, ΔW a testen végzett makroszkopikus munka, ΔQ pedig a molekuláris mechanizmussal a testnek átadott energia, amit *hőnek* (hőmennyiségnek) nevezünk.

Ha egy testtel hőt közlünk (pl. elektromos fűtőtesttel melegítjük), akkor belső energiája és ezzel együtt hőmérséklete is megváltozik. A tapasztalat szerint nem túl nagy hőmennyiség közlése esetén a bekövetkező hőmérsékletváltozás (Δt) egyenesen arányos a közölt hővel (Q), fordítottan arányos a vizsgált anyag tömegével (m) és függ a vizsgált anyag minőségétől is:

$$\Delta t = \frac{Q}{cm}, \quad (2)$$

ahol az anyagra jellemző c állandót fajhőnek nevezük. Számértéke megadja, hogy egységnyi tömegű anyaggal mennyi hőt kell közölnünk ahhoz, hogy hőmérsékletét 1 K-nel megváltoztassuk. Mértékegysége $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

A testtel közölt hő azonban nemcsak a belső energia megváltoztatására, hanem munkavégzésre is fordítható:

$$\Delta Q = \Delta U - \Delta W$$

Ennek megfelelően a fajhő:

$$c = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1}{m} \frac{\Delta U}{\Delta t} - \frac{1}{m} \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Mivel a munkavégzés függ a folyamat körülményeitől, a fajhő csak akkor határozható meg egyértelműen, ha a hőközlés folyamatát pontosan rögzítjük. Ennek megfelelően, elvileg igen sokféle fajhő definiálható, a gyakorlatban ezek közül kettőt használnak, az állandó térfogaton (c_V) és az állandó nyomáson (c_p) mért fajhőt. Gázok esetében e kétféle fajhő számottevően különböző, szilárd és folyékony anyagoknál közel azonos értékű.

A fajhő – különösen alacsony hőmérsékleten – a hőmérséklettől is függ. A mérés során szilárd anyagokat vizsgálunk amelyeknek fajhője a vizsgált hőmérsékleteken állandónak tekinthető és amelyeknél a c_p és c_V eltérése is elhanyagolható. Ezért a továbbiakban egyszerűen "fajhő"-

ról beszélünk és az index nélküli c jelölést használunk. (Szigorúan véve c_p -t mérjük.)

A mérnöki gyakorlatban a hűtő- és fűtő berendezések és határoló szerkezetek hőtani viselkedésének egyik meghatározója az alkalmazott anyagok fajhője. Az anyagtudományban a fajhő mérésével bizonyos anyagszerkezeti változásokat – fázisátalakulásokat – követhetünk nyomon. A fajhő meghatározása a (2) egyenlet alapján lehetséges. Megmérve a vizsgált anyag tömegét, az anyaggal közölt ill. a tőle elvont hő mennyiségét és az bekövetkezett hőmérsékletváltozást, a fajhő kiszámítható.

A gyakorlatban sok esetben közvetlenül a testtel közölt hő és a hőmérsékletváltozás összefüggésére van szükség, így a fajhő helyett az adott testre jellemző $C = mc$ mennyiséget használják, amelyet hőkapacitásnak neveznek. A (2) összefüggés így a $\Delta t = Q/C$ alakot ölti.

A vizsgált anyaggal történő hőközlés két módszere terjedt el; a különböző hőmérsékletű anyagok összekeverésével ill. az elektromos fűtőtesttel történő hőközlés. Az alábbiakban ezen két módszer alap gondolatát ismertetjük.

1.1 Fajhőmérés keveréssel

A mérendő c fajhőjű, m tömegű, t hőmérsékletű anyagot ismert paraméterekkel rendelkező (c_i , m_i , t_i) anyaggal – általában folyadékkal, amely nem lép kémiai reakcióba a mérendő anyaggal – összekeverjük, majd megmérjük a beálló közös (t_k) hőmérsékletet. Feltéve, hogy a keverés során a két anyag között kizárólag hőátadás történik, a vizsgálandó anyag által felvett (vagy leadott) hő egyenlő az ismert anyag által felvett (vagy leadott) hővel, ezért

$$cm(t - t_k) = c_i m_i (t_k - t_i), \quad (3)$$

ami alapján az ismeretlen c fajhő meghatározható.

Ez a módszer elsősorban szilárd testek és folyadékok fajhőjének meghatározására alkalmas, de segítségével gázok állandó nyomáson mért fajhője is megmérhető. Ebben az esetben a vizsgált gázt cső-spirálon áramoltatják a folyadékon át. A gáz tömegének, hőmérsékletváltozásának valamint a mérő folyadék adatainak ismeretében a gáz állandó nyomáson mért fajhője (c_p) meghatározható. Az állandó nyomáson mért fajhő ismeretében az állandó térfogaton mért fajhő, (c_V) szintén meghatározható (pl. hangsebesség méréssel).

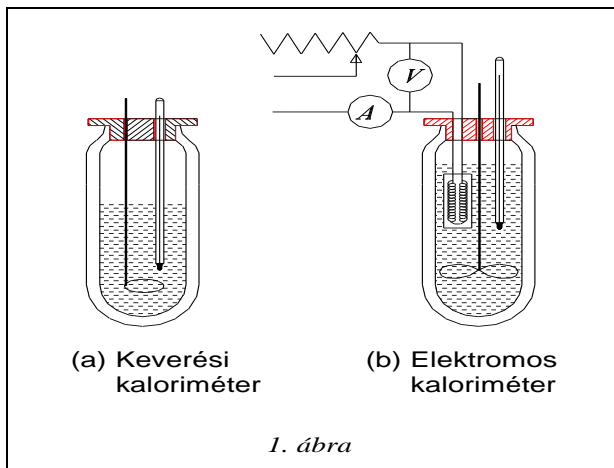
1.2 Fajhőmérés elektromos energiaközléssel

Ennél a módszernél a vizsgált anyag (fajhője c , tömege m) hőmérsékletét elektromos fűtőtest segítségével Δt értékkel megnöveljük. Feltéve, hogy a fűtőtest által leadott energia teljes egészében a vizsgált anyag belső energiáját növeli:

$$UI\tau = cm\Delta t, \quad (4)$$

amiből az UI fűtőteljesítmény, a τ melegítési idő, a vizsgált anyag m tömege és a Δt hőmérséklet változás ismeretében a c fajhő meghatározható.

A módszer elsősorban folyadékok fajhőjének meghatározására alkalmas. Használható azonban szilárd anyagok esetén is, ha azokat folyadékba helyezve a folyadékkal együtt melegítjük.



1.3 A kaloriméter hőkapacitása és a hőmérsékleti korrekció

A keveréssel és az elektromos melegítéssel történő fajhőmérés esetén eddig feltételeztük, hogy a folyamat a környezettől hőtanilag jól elszigetelve, hővesztés nélkül játszódik le. Ennek a feltételnek a teljesítése érdekében a hőközlés a környezettől jó hőszigetelő anyagokkal elválasztott edényben történik. (Egy keverési és egy elektromos kaloriméter vázlatát az 1. ábra mutatja.)

Ennek ellenére a hővesztés nélküli mérés mégsem valósítható meg, elsősorban az alábbi két ok miatt: az egyik az, hogy az edény hőmérséklete is változik a mérés közben és ez is energiát igényel, a másik az, hogy bármilyen jó hőszigetelést is alkalmazunk a környezet felé mindig történik energiaátadás. Ez a két ok (hiba) a kaloriméter hőkapacitásának figyelembevételével illetve a hővesztések becslésével csökkenthető.

1.3.1 A kaloriméter hőkapacitása

Ha tudnánk azt, hogy a kaloriméter egyes részei milyen tömegűek, mekkora a fajhőjük és milyen mértékben melegszenek fel, akkor meg tudnánk határozni a kísérlet közben a kaloriméter egyes részeinek melegítéséhez szükséges energiát. Ez az eljárás gyakorlatilag megvalósíthatatlan. Ehelyett mérés segítségével meghatározzuk a kaloriméter C hőkapacitását. Ha a kaloriméter hőkapacitását is figyelembe vesszük, akkor (3) és (4) egyenleteink az alább szerint módosulnak:

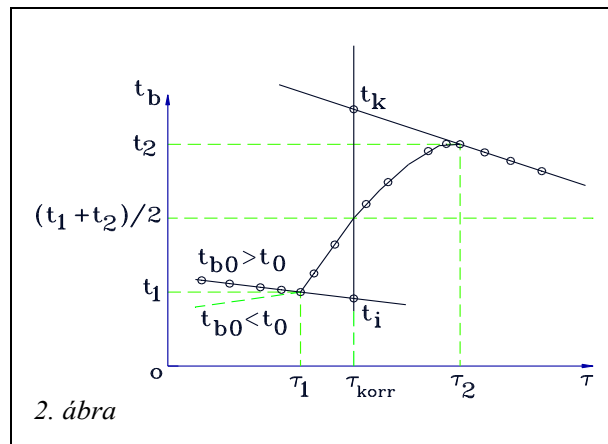
$$cm(t - t_k) = c_i m_i (t_k - t_i) + C(t_k - t_i) \quad (5)$$

$$U I \tau = cm\Delta t + C\Delta t. \quad (6)$$

A kaloriméter hőkapacitásának meghatározásához ismert fajhőjű (c_i , c) anyagok alkalmazásával az (5) vagy a (6) egyenlet segítségével történik. Ismert fajhőjű anyagként rendszerint vizet alkalmazunk.

1.3.2 A hőmérsékleti korrekció

A kaloriméter belseje és a környezet között energiaátadást a belső tér (t_b) és a környezet (t_0) hőmérséklete közötti eltérés eredményezi. Az ezen hőmérsékletkülönbség okozta energiaátadást jó hőszigeteléssel valamint egymáshoz közeli t_b és t_0 választással csökkentjük. A kaloriméter belseje és a külső tér között mindezek ellenére fellépő energiacsere "hőmérsékleti korrekcióval" vehető figyelembe. Az alábbiakban a hőmérsékleti korrekció grafikus végrehajtását mutatjuk be.



A 2. ábra a kaloriméteres mérés során a kaloriméter hőmérsékletének változását mutatja be az idő függvényében. A görbe három jól elkülöníthető szakaszra osztható, az egyes szakaszokon lejátszódó folyamatokat áttekintjük:

a) *Előperiódus:* A kaloriméterbe helyezett folyadék (víz, olaj stb.) és a kaloriméter, valamint a folyadék és a környezet közötti hőmérsékleti egyensúly kialakulásának folyamata. A kaloriméter és a mérő folyadék hőmérsékletétől függően ebben a szakaszban a belső tér hőmérséklete csökken ha $t_{b0} > t_0$ vagy növekszik ha $t_{b0} < t_0$ (t_{b0} a belső tér hőmérséklete kísérlet indításakor). Ebben a szakaszban a kis hőmérsékletkülönbségek miatt a hőmérséklet - idő kapcsolat jó közelítéssel lineárisnak tekinthető.

b) *Főperiódus:* Az előperiódus a fő energiaátadási folyamattal folytatódik (főperiódus), amely az anyagok összekeveredésével illetve a fűtőtest bekapcsolásával kezdődik. A főperiódusban a belső tér hőmérséklete (t_b) emelkedik. Ebben a szakaszban megvége az energiacsere az összekevert különböző hőmérsékletű anyagok között, vagy a kaloriméterben levő anyagok és a fűtőtest között. A kaloriméter belsejének hőmérséklete a környezeti hőmérséklet fölé emelkedik ($t_b > t_0$) és ezért energialeadás történik a környezet felé. A hővesztés miatt a belső tér hőmérséklete nem érheti el a tökéletes hőszigetelés esetén várható t_k egyensúlyi hőmérsékletet. A főperiódus követő szakasz (az utóperiódus) hőmérséklet-idő grafikonjából azonban következtetni tudunk erre az értékre.

c) *Utóperiódus:* Ebben a szakaszban $t_b > t_0$ és a nem tökéletes hőszigetelés miatt lassan csökken a kaloriméter belsejében a hőmérséklet. A hőmérsékletcsökkenést most is lineárisnak tekintjük.

Látható, hogy a folyamat a nem tökéletes hőszigetelésből adódó hibák miatt az ideáltól eltérően alakul. A hőmérséklet - idő görbe felvétele azonban lehetőséget ad a hibák korrigálására. A hőmérsékleti korrekció gyakorlati végrehajtása a következőképpen történik. (2. ábra) Felvesszük a kaloriméter hőmérsékletének időfüggvényét. Az elő- és utóperiódus szakaszára egyenest illesztünk. Tegyük fel, hogy az előperiódusra illesztett egyenes utolsó érintési pontjának koordinátái τ_1 , t_1 . Az utóperiódusra illesztett egyenes első érintkezési pontjának koordinátái τ_2 , t_2 . Ezek megállapítása után megrajzoljuk a $t = (t_1 + t_2)/2$ időtengellyel párhuzamos egyenest. Ennek az egyenesnek és a főperiódus görbéjének metszéspontján keresztül párhuzamosot húzunk a hőmérséklettengellyel. Ez utóbbi egyenesnek és az időperiódusra illesztett egyenesnek a

metszéspontját tekintjük a kaloriméter + mérőfolyadék rendszer kezdeti hőmérsékletének (t_1), az utóperiódusra illesztett egyenessel való metszéspontját fogadjuk el közös hőmérsékletnek (t_k).

A korrekció fenti módon történő végrehajtása az alábbiakon alapul: A környezettel való energiacsere miatt a kaloriméterben állandóan változik a hőmérséklet, egyensúlyi hőmérséklet sem alakulhat ki, így sem a kiindulási, sem a véghőmérsékletet nem tudjuk megmérni. Az előperiódusra fektetett egyenes mutatja, hogy hogyan változna a kaloriméter belsejében a hőmérséklet, ha nem indulna meg az energiacsere a főperiódusban. Ebből lehet a valódi kezdeti hőmérsékletre következtetni.

Az utóperiódusra fektetett egyenes segítségével arra lehet következtetni, hogy milyen hőmérséklet értéket vehetett volna fel a kaloriméter belseje ideális hőszigetelés mellett.

A jó minőségű kaloriméter hőkapacitása kicsi és hőszigetelése jó, azaz kicsi a környezettel való energiacsere. Ekkor a hőmérséklet közel állandó az elő- és utóperiódus során.

2. A mérőeszköz

A méréshez használt eszközök:

- 2 db 1 l űrtartalmú rozsdamentes termoszt, platina vékonyréteg ellenálláshőmérővel
- elektromos vízforraló
- 10 Ω -os, 50 W maximális teljesítményű fűtőellenállás
- Hameg multiméter, tápegység a fűtőellenállás meghajtásához
- mérőhelyenként 1 db alumínium és 1 db műanyag próbatest (Ellenőrizzük, hogy melyik próbatesten végezzük a mérést!)
- jég
- mérőhenger
- 1 db kalibrált higanyszálas hőmérő

Mérési feladatok:

Figyelem! A forró víz komoly égési sérüléseket okozhat, így a mérés során kifejezetten figyeljünk arra, hogy a forró víz ne ömöljön ki, ill. hogy a forró fém próbatesteket kézzel ne érintsük! A mérési gyakorlaton különös figyelmet és óvatosságot várunk el!

1. A hőmérők kalibrálása

A méréshez Pt 1000-es szabvány vékonyréteg ellenálláshőmérőket használunk, melyek ellenállása 0 °C-on 1000 Ω , és melegítés hatására lineárisan, 3,92 Ω /°C meredekséggel nő. A hőmérőhöz vezető drótok, a banándugók és a forrasztás véges ellenállása miatt viszont megjelenik egy konstans (hőmérsékletfüggetlen) soros ellenállás, ami miatt a mért hőmérsékletérték korrekcióra szorul. Mindkét termoszt hőmérőjét hitelesítsük hideg csapvízben higanyszálas hőmérő segítségével! Határozzuk meg a soros ellenállás értékét és az ebből adódó hőmérsékletkorrekciót!

(Figyelem! Minden mérésnél várjuk meg az egyensúlyi hőmérséklet beálltát, ennek elősegítésére használjunk keverőt!)

2. A termoszt hőveszteségének becslése

Töltsünk a termosztba forró vizet, várjuk meg amíg a rendszer termalizálódik. Ezután a rendszer a nem teljesen tökéletes szigetelés miatt kismértékben hőt ad le a környezetének, és emiatt lassan csökken a hőmérséklete. Becsüljük meg a hőleadás sebességét, és a későbbi mérések során állapítsuk meg, hogy a hőveszteség mennyiben befolyásolja a mért értékeket! (A hőleadást legalább 5 percen keresztül mérjük!)

3. A termoszt hőkapacitásának becslése

Mérjük meg a rozsdamentes termoszt tömegét, a rozsdamentes acél fajhője 500 J/kg°C, termoszt külső és belső falának vastagsága megegyezik. Becsüljük meg a termoszt saját hőkapacitását!

4. A víz fajhőjének mérése fűtéses módszerrel

Töltsünk az egyik termosztba 0,8 l hideg csapvizet. Helyezzük a fűtőellenállást az edénybe, és $P \approx 50$ W fűtőteljesítmény mellett mérjük a víz melegedését 12 percen keresztül. A leadott hőmennyiség és a mért hőmérsékletváltozás alapján határozzuk meg a víz fajhőjét! (Az edény hőkapacitását a 3. feladatban becsült értékkel vegyük figyelembe.)

5. A termoszt hőkapacitásának mérése keveréssel

Forraljunk fel 0,5 l vizet, majd a forró vizet töltsük az egyik termosztba. A másik termosztba töltsünk 0,5 l hideg csapvizet. A termosztokba öntött víz pontos tömegét visszszáméréssel állapítsuk meg! Várjuk meg az egyensúlyi hőmérséklet beálltát. Ezután a hideg vizet töltsük át a forró vizes termosztba, és keverés mellett várjuk meg az egyensúlyi hőmérséklet kialakulását. A mért hőmérsékletváltozások ill. a hideg és a forró víz tömege alapján határozzuk meg a termoszt saját hőkapacitását! A mért értéket hasonlítsuk össze a 3. feladatban becsült hőkapacitással!

(Megj.: A mérésekhez csak egy mágneses keverő áll rendelkezésre, ezzel mindig a melegvizet keverjük! A forróvizet mindig rögzítsük az erre szolgáló állvány segítségével, hogy véletlenül se tudjon kiborulni!)

6. A jég olvadáshőjének mérése

Forraljunk fel 0,6 l vizet, majd a forró vizet töltsük az egyik termosztba. A bemért víz tömegét most is mérjük vissza! Várjuk meg az egyensúlyi hőmérséklet kialakulását. Töltsük fel a termoszt olvadásban lévő jéggel, majd várjuk meg míg elolvad a jég, és kialakul az egyensúlyi hőmérséklet. Mérjük le a termosztban lévő víz térfogatát, ebből határozzuk meg, hogy mennyi jeget tettünk a termosztba! Határozzuk meg a jég olvadáshőjét!

7. Alumínium fajhőjének mérése

Mérésekkel állapítsuk meg az alumínium próbatest térfogatát. Töltsünk annyi forró vizet a termosztba, hogy a próbatestet belemártva az együttes térfogat ne legyen 1 l-nél több. A másik termosztba töltsünk ugyanennyi hideg csapvizet. A hideg vízbe helyezzük bele az alumínium tömböt, várjuk meg amíg mindkét edényben kialakul az egyensúlyi hőmérséklet. Az alumínium tömböt helyezzük át a forró vízbe, és várjuk meg a közös hőmérséklet kialakulását. A hőmérsékletváltozások alapján határozzuk meg az alumínium fajhőjét!

8. Műanyag fajhőjének mérése

A 7. feladatot ismételjük meg a műanyag próbatesttel! A mérések közben értékeljük ki az eredményeket! Lehetőség szerint a 4-8. méréseket ismételjük meg. Ha jelentős eltérést tapasztalunk mérések között, illetve ha a mért értékek jelentősen eltérnek az irodalmi adatoktól, próbáljuk megtalálni, és kiküszöbölni a mérési hiba okát!

Mivel a platina hőérzékelő ellenállását mérjük, de a hőmérsékletre vagyunk kíváncsiak, célszerű néhány adatot előre kiszámolni, hogy könnyebben tudjuk értelmezni a leolvasott ellenállásértékeket. Érzékelőnk ellenállásának hőmérsékletfüggését az alábbi egyenlet adja meg:

$$R(t) = 100\Omega \cdot \left[1 + 3,92 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}} (t - 0^\circ\text{C}) \right]$$

Számítsuk ki, mekkora ellenállás-változást okoz 1°C hőmérsékletváltozás. Határozzuk meg az érzékelő ellenállását 10°C , 20°C 100°C hőmérsékleten.

Oldódáshő vizsgálata

Az építőiparban számos anyaggal találkozhatunk, amely vízben oldva hőt termel vagy hőt von el. Erre példa a kalcium-oxid (mészoltás), kalcium-szulfát (gipsz), cement (betongyártás). Az egyes műveletek tervezésénél nem árt figyelembe venni, esetleg hasznosítani a képződött hőt.

Az oldáshő meghatározását egy hétköznapi is használatos vegyület, a kalcium-klorid oldáshőjének mérésével végezzük. A kalcium-klorid oldódás közben intenzíven hőt termel, ezért jégolvasztásra is alkalmazzák. Az utakra szórva hatékonyan felolvasztja a jégpáncélt, és oldott állapotban kevésbé káros a növényekre, mint a nátrium-klorid és alacsonyabb hőmérsékleten is használható. Betonkeverékekben elősegíti a gyors megszilárdulást (de pl. erősen korrodáló hatása miatt vasbetonszerkezetekben nem alkalmazható!). Néhány autópályán a szálló por visszaszorítására is használják: az útra szórva megkötí a vizet, ezáltal egy vékony folyadékréteg kerül az út felszínére, ez pedig megkötí a port.

A méréshez használt eszközök, vegyszerek

- 1 db Dewar-edény tartozékokkal: zárófedő, keverő
- 1 db digitális hőmérő
- 1 db 200 cm^3 -es mérőedény a desztillált víz bemérésére;
- desztillált víz;
- digitális mérleg
- kalcium-klorid kristályvízmentes módosulata.

A mérés kivitelezése:

1. A desztillált vízzel előblített Dewar-edénybe betöltjük a gyakorlatvezető által megadott mennyiségű desztillált vizet. (100 ml)
2. Behelyezzük a hőmérőt, megvárjuk, míg a hőmérséklet állandósul.
3. Leolvassuk a hőmérsékletet. Bemérjük a gyakorlatvezető által megadott tömegű sót. (2 g)
4. Az oldatot óvatosan keverve megvárjuk, míg a hőmérséklet állandósul, majd ezt az értéket az előzőeknek megfelelően szintén leolvassuk.

A mérési adatok kiértékelése

1. Kiszámítjuk az oldódás során termelt hőt:

$$Q = m_{\text{víz}} c_{\text{víz}} \Delta t$$

2. A só mennyiségének ismeretében kiszámítjuk egy mólnyi mennyiségre az oldódáshőt.

Napkollektor vizsgálata

Ez a mérés eredetileg a 2005-ös fizika OKTV harmadik fordulójának feladata volt, ezért a szövegben néhol érezhető az erre való utalás. Az építőmérnök hallgatók mérése során az idő rövidsége miatt kevesebb feladatot kell megoldani, de a leírás áttanulmányozása szükséges a rendszer működésének megismeréséhez.

Bevezetés

Jelenleg az emberiség energiaigényét zömmel fosszilis energiahordozók (olaj, földgáz és szén) elégetésével elégítjük ki. A fosszilis energiahordozók felhasználásával kapcsolatban egyre növekvő problémát jelent a készletek véges mivolta, és az elégetésükkel járó káros környezeti hatások. A levegőbe jutó égéstermékek szennyezik a levegőt (allergiát, daganatos betegségeket, stb. okozva), a keletkező széndioxid pedig üvegházhatást hoz létre, ami a légkör melegedését eredményezi.

Az energiagazdálkodás eddigi gyakorlata huzamosabb ideig tovább nem folytatható.

Az energiaigények kielégítése hosszabb távon csak környezetbarát szemlélettel képzelhető el, ami energiatakarékossgal és a megújuló energiaforrások egyre fokozottabb felhasználásával kell, hogy együtt járjon.

A megújuló energiaforrások alkalmazása a Föld természetes energiaegyensúlyát nem változtatja meg. A megújuló energiaforrások a Napsugárzás közvetett, vagy közvetlen hasznosítását és a talajhő felhasználását jelentik. A Napenergia közvetett felhasználása a víz-, a szél-, a biomassza-energia hasznosítása, a közvetlen hasznosítás a nap-
elemek és a napkollektorok segítségével lehetséges.

A jelenlegi verseny a napkollektorral való ismerkedést szolgálja.

A feladatok

1. Határozza meg, hogy hogyan függ a reflektorral megvilágított napkollektor-modellből kivehető teljesítmény a rendszerben keringő víz adott rotaméterrel mérhető áramerősségtől. Mérési eredményeit tüntesse fel grafikonon. Fűzzön magyarázatot a kapott eredményekhez.

A mérés elvégzéséhez a kollektortól 30 cm-re, a kollektor közepével szembe helyezze el a Napot helyettesítő reflektort.

2. A rendelkezésére álló eszközökkel, mérés segítségével határozza meg, hogy a lámpa sugárzásából mekkora teljesítményt nyel el egy 15 x 20 x 0,05 cm méretű, feketére festett vörösréz lemez, ha az a lámpával szemben, attól 30 cm-re helyezkedik el.

3. Mérési eredményei alapján adjon egy közelítő értéket arra vonatkozóan, hogy a napkollektor milyen hatásokkal hasznosítja az elnyelt sugárzási energiát, különböző víz áramerősségek mellett. Sorolja fel, hogy véleménye szerint milyen tényezők hatását nem tudta figyelembe venni a hatások megállapításánál. Hogyan módosítják ezek a tényezők a hatásokot?

4. Munkájáról készítsen olyan részletes jegyzőkönyvet, hogy segítségével egyértelműen megismételhető legyen az Ön által végzett mérés.

A mérőhelyen található eszközök és anyagok

1. A kollektor-modell a csatlakozó rendszerrel (részletes ismertetését lásd később)
2. Halogén reflektor (500 W) állvánnyal
3. Digitális hőmérő váltó-kapcsolóval
4. 2 db 15x20 cm-es, 0,5 mm vastag réz lemez a két oldalon feketére festve, az egyik oldalára forrasztott termoelemmel (a termoelemről bővebben később)
5. Termosztát jéggel (a termoelem „null pontjához”)
6. 3 db HAMEG gyártmányú HM 8011-3 típusú digitális multiméter (használati utasítás a mérőhelyen)
7. ST 255 típusú egyenáramú tápegység (0-5 A-ig terhelhető, 0-25 V változtatható feszültséggel, használati utasítás a mérőhelyen)
8. Fűtőtest nyomtatott áramkörtől, csatlakozó vezetékkel
9. 15x20 cm-es „üres” nyomtatott áramkörtől lemez
10. Bunsen-állvány dióval és fogóval
11. 4 db csipesz
12. Cső (20 cm hosszú)
13. Műanyag vonalzó
14. Cérna
15. Hőmérő

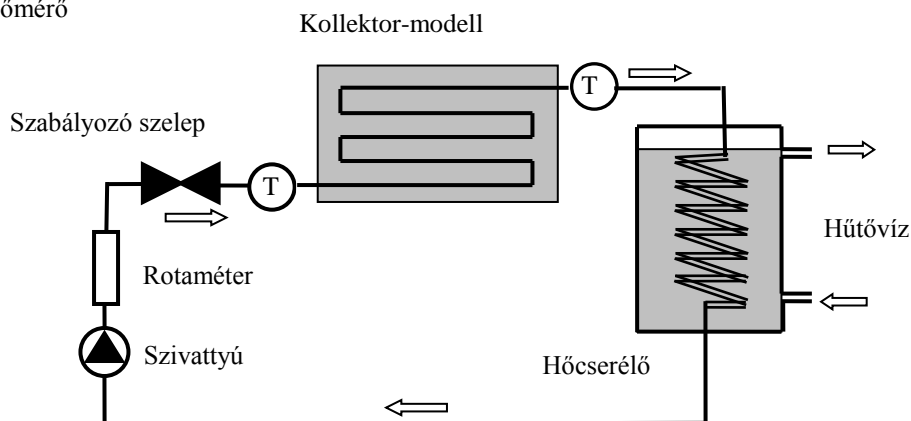
A kollektor-modell és a hozzá csatlakozó rendszer felépítése

A napkollektor feladata, hogy a Naptól érkező sugárzás minél nagyobb hányadát elnyelje, és az elnyelt energia segítségével melegítse a rendszerben keringő folyadékot.

A versenyen alkalmazott kollektor-modell fontos eleme egy 1,5 mm vastag réz lemez, amelynek az egyik oldalára réz csőkigyót forrasztottunk, a másik oldalát matt fekete festékkel festettük be, hogy a reá érkező sugárzás minél nagyobb hányadát nyelje el. A hőveszteségek csökkentése érdekében a lemezt és a csőkigyót hátul és oldalt 20 mm-es hungarocell hőszigetelés veszi körül.

A modellt és a hozzá csatlakozó rendszer vázlatát az 1. ábra mutatja.

(T) Hőmérő



Kollektor-modell a csatlakozó rendszerrel

1. ábra.

A rendszerben lévő víz keringtetését egy akvárium szivattyú végzi. A víz áramerősség mérésére egy rotaméter-, és az áramerősség változtatására egy szabályozó szelep található a körben. A rotaméterről a víz áramerőssége cm^3/perc egységekben olvasható le. (A beállított áram értéke az „úszó” felső pereménél olvasható le.) A rotaméter

hitelesítése 60°C -os vízzel történt, ennek felel meg a rotaméteren látható skála. Az ettől eltérő hőmérsékletű vízre vonatkozó adatok az alábbi táblázatból határozhatók meg.

A rendszer zavartalan működésének feltétele a jó légtelenítés!

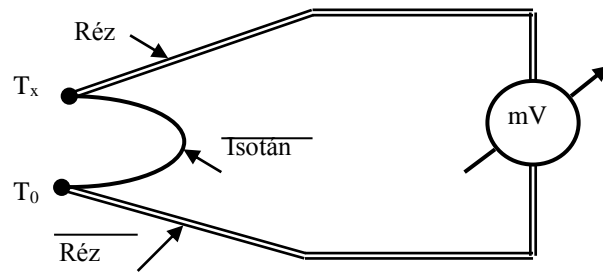
A víz áramerőssége (cm^3/min) különböző hőmérsékleten

Jelölés a rotaéteren	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
20	7,21	10,36	13,28	15,84	18,07	20,00
40	19,13	24,88	29,74	33,80	37,18	40,00
60	33,86	41,49	47,65	52,62	56,67	60,00
80	49,80	58,95	66,11	71,76	76,30	80,00
100	66,32	76,73	84,74	90,97	95,95	100,00
120	82,96	94,56	103,37	110,20	115,61	120,00
140	99,80	112,50	122,06	129,43	135,27	140,00
160	117,47	131,01	141,12	148,89	155,03	160,00
180	135,09	149,48	160,16	168,33	174,78	180,00
200	152,67	167,90	179,15	187,75	194,52	200,00
A víz sűrűsége (kg/m^3) különböző hőmérsékleten						
	999,73	998,23	995,68	992,25	988,07	983,24

A kollektorba be-, illetve az onnan kilépő víz hőmérsékletét két termisztor (hőmérsékletfüggő ellenállás) méri (az ábrán T-vel jelölve). A termisztorok egy váltó-kapcsolón keresztül felváltva csatlakoztathatók a digitális kijelző műszerhez, amelyről $0,1^\circ\text{C}$ pontossággal olvasható le a hőmérséklet. A kollektorban felmelegedett víz a csapvízzel hűtött hőcserélőben adja le energiáját.

A termoelem és használata

A termoelemek működése a két különböző anyagú fém érintkezésénél tapasztalható „kontaktpotenciál”-on alapul. A kontaktpotenciál az érintkező fémek anyagától és a hőmérséklettől függ. A versenyen réz-isotán termoelemet használunk, a 2. ábrán látható kapcsolásban.



2. ábra

A réz-izotán átmenetek közül az egyiket T_0 , a másikat T_x hőmérsékleten tartva a millivoltmérő műszer a két hőmérséklet különbségével arányos feszültséget mér. Ha T_0 ismert hőmérséklet (jelenleg az olvadó jég segítségével előállított $0\text{ }^\circ\text{C}$) a T_x hőmérséklet a mért feszültség ismeretében meghatározható. A termoelem hitelesítésekor megál-

lapítottuk, hogy az elem által szolgáltatott feszültség $39,6\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Megjegyezzük, hogy esetünkben a termoelem és a vörösréz lemez közötti jó termikus kapcsolat érdekében a termoelem egyik elemét – huzal helyett - a vizsgált lemez képezi.