**A mérőberendezés használata**

A mérés során egy réz rúd hővezetési tulajdonságait vizsgáljuk különböző körülmények között. A berendezés egy szigetelő házban elhelyezett 60 cm hosszú rézrúd hőmérsékletét méri 7, egymástól 9 cm-re levő hőmérő IC-vel. A rúd végét egy rézlap zárja le, amely biztosítja a rúd végén a hőelvezetést. Az első hőmérő a rúd végétől 3 cm-re van. A rúd fűtését egy a rúd másik végére rátolható szabályozható hőmérsékletű páka végzi. Ennek hőmérsékletét egy 8. hőmérő méri.

A hőmérséklet adatokat egy mikrokontroller méri és azok megjelennek a kijelzőn. A kijelző bal felső sarkában a legszélső, mellette pedig a következő 2 hőmérő értéke látható. A következő sorban a 4.,5., ill. 6. hőmérő értéke látható. A kijelző 3. sorában a 7. hőmérő és a páka aktuális hőmérséklete látható. A legalsó sorban a kiválasztott programhőmérséklet valamint az aktuális páka programhőmérséklet látható (részleteket lásd alább). A mérés során ez kicserélődik a mérés megkezdése óta eltelt idővel.

Első lépésként helyezze a mellékelt rövid sárgaréz rudat a páka végén levő nyílásba. A páka programhőmérséklete a "3"-as gomb benyomása után állítható be. Az "A" gombbal 5 C°-kal növeljük a "B" gombbal 5 C°-kal csökkentjük a program hőmérsékletet. Mivel a páka hőmérsékletét szabályzó elektronika megengedi, hogy a páka hőmérséklete túllőjön a beállított hőmérsékleten, a páka "cél hőmérsékletét" lassan növelve érjük el a kiválasztott program hőmérsékletet. Az aktuális hőmérséklet a kijelző jobb alsó sarkában látható. Amint azt tapasztalni fogja a páka hőmérséklete így is 3-4 C°-kal túlmegy a kiválasztott értéknél. Ezért a mérés megkezdése előtt várja meg amíg az elkezd visszacsökkenni. Az egész folyamat mintegy 10 percet vesz igénybe.

A mérés során az adatok 60 másodpercenként elmentődnek a mikrokontroller memóriájában. A mérés befejezése után ezek kiolvashatók. Ehhez nyomja megy a "\*" gombot. Ekkor az első adatsor megjelenik. Ezután a "B" gombbal lefelé, az "A" gombbal felfelé tud haladni a listában. Az adatokat másolja át a mellékelt táblázatokba. A befejezés után újra nyomja meg a "\*" gombot.

**A hővezetés elmélete**

Amennyiben a rúdban két pont között hőmérséklet különbség van akkor egy hőáram indul meg.

Az egységnyi idő alatt átáramló hő az alábbi alakban adható meg:

$˙\left(x,t\right)=qκ\frac{T\left(x+a,t\right)-T\left(x,t\right)}{a}$ (1)

ahol $˙\left(x,t\right)$ a hőáram *T(x,t)* a hőmérséklet az *x* helyen a *t* időpillanatban, *q* a minta keresztmetszete $κ$ az anyagra jellemző un. hővezetési tényező és *a* egy kis paraméter. *(*Megjegyezzük, hagy amennyiben az *a* értéke nullához tart a *T(x,t)* függvény deriváltját kapjuk.)

Ezután, ha kiválasztunk a rúd egy *a* hosszúságú szakaszát, akkor a szakasz két végen valamilyen ∆*t* rövid ideig be ill. kiáramló hő a minta belső energiájának változtatására ill. a hőveszteségre fordítódik. Azaz:

$ϱqac\_{v}\left(T\left(x,t+Δt\right)-T\left(x,t\right)\right)=\left(˙\left(x+a,t\right)-˙\left(x,t\right)\right)Δt-˙\left(x,t\right)aΔt$ (2)

ahol *ρ a* minta sűrűsége, *cv* a minta fajhője $˙\left(x,t\right)$ az egységnyi hosszúságon egységnyi idő alatt kiáramló hő. Az (1)-es egyenletet a (2)-es egyenletbe behelyettesítve

 $\frac{\left(T\left(x,t+Δt\right)-T\left(x,t\right)\right)}{Δt}=\frac{κ}{ρc\_{v}}\frac{T\left(x+a,t\right)+T\left(x-a,t\right)-2T\left(x,t\right)}{a^{2}}-\frac{˙\left(x,t\right)}{ρc\_{v}}$(3)

alak adódik. A rövidség kedvéért célszerű bevezetni a

$$χ=\frac{κ}{ρc\_{v}}$$

és a

$$˙=\frac{˙\left(x,t\right)}{ρc\_{v}}$$

változókat. Ezzel a (3) egyenlet

 $\frac{\left(T\left(x,t+Δt\right)-T\left(x,t\right)\right)}{Δt}=χ\frac{T\left(x+a,t\right)+T\left(x-a,t\right)-2T\left(x,t\right)}{a^{2}}-˙\left(x,t\right)$(4)

alakú lesz. A mi esetünkben *a* legyen a két hőmérő közötti távolság (*a=9 cm), ∆t* pedig a két mintavételezés között eltelt idő *60 s.* A $˙\left(x,t\right)$ veszteséget mind térben mind időben állandónk vehetjük ($˙\left(x,t\right)=˙=áll$). Fontos megjegyezni, hogy a minta páka felőli oldalán a hőmérsékletet jó közelítéssel az általunk beállított *Tp* programhőmérséklet (az eltérés maximum 2 C°).

**Mérési feladatok**

1. Tegye be a rövid sárgaréz rudat a páka nyílásába! Állítsa be a programhőmérsékletet 50 C°-ra! Várja meg amíg ez beáll (a kijelző 3. sorában a második érték)! Elkezdheti a mérést, ha az eltérés nem több 2 C°-nál. Ehhez a védőkesztyű felhúzása után vegye ki a sárgaréz rudat! Támassza meg bal kezével a rúd bal oldalát és a jobb oldalon óvatosan, de határozott mozdulattal tolja rá a pákát, úgy hogy a rajta levő hőmérő felfelé álljon! Ezután enyhén húzza meg a hőmérő melletti csavart! A tényleges mérés az "1"-es gomb benyomásával indul. 15 percig vegye fel az adatokat! Ezután az "1"-es gomb benyomásával állítsa le a mérést és a fentiekben leírtak szerint olvassa ki az adatokat és írja be a megadott táblázatba! Mielőtt a 2. feladatban kért kiértékelést elvégzi, időtakarékosság miatt indítsa el a 4. feladatban megadott mérést!

 7 pont

2. Ábrázolja a hely függvényében a különböző időpillanatokban felvett hőmérséklet értékeket! A (4) képlet alapján javasoljon módszert a *χ* értékének meghatározására!Ehhez a 4., 5. és 6. hőmérőhöz tartozó adatokat használja! A *t<120 s*-hoz tartozó adatokat ne használja, mert ekkor még a veszteség nem tekinthető állandónak!

 8 pont

3. A (4) képlet szerint milyen görbét vár az időben állandósult (stacionárius) hőmérséklet hely szerinti függésére? Itt az egyszerűség kedvéért feltételezze, hogy a rúd bal oldalán a hőmérséklet megegyezik a szoba hőmérsékletével! Mi lenne, ha a veszteség elhanyagolható lenne?

 5 pont

4. A berendezés lehetővé teszi un. "modulált" mérés elvégzését. Ez azt jelenti, hogy a mérés során a beállított programhőmérséklethez hozzáadódik egy 5 C° amplitúdójú 600 s periódusidejű szinuszos tag is. Ez a mérési mód a "2" gomb benyomásával indítható el ill. állítható le. Az 1-es feladat befejezése után a programhőmérséklet 50 C°. Az adatok kiolvasása után innen indítsa el a modulált mérést és 1200 s-ig mérjen! (A mérés közben végezze el az előző mérés kiértékelését!) A befejezés után szedje szét a berendezést! Előszöz a csavar meglazítása után húzza le a pákát és tegye bele a sárgaréz rudat! Ezután vegye le a két összefogó alumínium kengyelt és óvatosan emelje le a berendezés első felét! Majd kesztyűben vegye ki a réz rudat és hűtse le a csapnál! Ezután olvassa ki a modulált mérés adatait és írja be egy másik mellékelt táblázatba! Ábrázolja a különböző hőmérők hőmérsékletét az idő függvényében! Ezeken egy periodikus (de nem feltétlenül szinuszos) modulációt lát. Határozza meg ezek amplitúdóját egy vonalzó segítségével! Ahol tudja, határozza meg az egyes görbék közötti fáziskülönbséget is! Magyarázza meg a jelenséget!

 5 pont

5. Az előző feladat kiértékelése közben a hőmérők lehűlnek. Állítsa be a programhőmérsékletet 70 C°-ra! Ezután a jó hőátadás eléréséhez tegyen a hőmérők belső réz felületére egy kisebb adag hővezető pasztát a mellékelt tubusból! Ezután tegye vissza a fedelet és tolja rá az alumínium összekötőket! Majd picit nyomogassa meg a hőmérőket! Ha még nem állt be mindenütt a szobahőmérséklet várjon egy kicsit! Ezután ismételje meg az 1-es feladatban szereplő mérést a 70 C°-os pákahőmérséklet mellett! Az adatok kiolvasása után indítsa el a 6. feladatot, ezután kezdjen a kiértékeléshez.

 5 pont

6. A 70 C°-os mérés befejeződése és a kiolvasás után húzza le a pákát és indítson el egy új mérést amiben a lehűlést vizsgáljuk! A mérést 1200 s-ig végezze! Ábrázolja az egyes hőmérők hőmérsékletét az idő függvényében! Egy kezdeti átmeneti szakasz után az egyes hőmérők hőmérséklete az idő függvényében megadható a

$T\left(t\right)=T\_{0}10^{{-t}/{τ}}+T\_{\infty }$ (5)

alakban, ahol $T\_{\infty }$ a rúd felfűtése előtti kiindulási hőmérséklet. Tegyen javaslatot a τ időállandó grafikus módon történő meghatározására! Megjegyezzük, hogy az időállandó mérési pontról mérése pontra kicsit változhat. Csak a 5., 6. ill. 7. hőmérőt vizsgálja! Amikor a mérés befejeződött, ismét szedje szét a berendezést, hogy a hőmérők az utolsó méréshez lehűljenek! Ezután olvassa ki és írja fel az adatokat!

 5 pont

7. Az asztalon talál egy olyan rudat amibe középen beillesztettünk egy kis hőszigetelő gyűrűt. Ezzel végezze el az 1-es feladatban megadott mérést! Ne feledkezzen el a hővezető pasztázásról!

Értelmezze az adatokat! Mi a különbség az 1-es méréshez képest?

 5 pont

*Tekintettel arra, hogy egy-egy mérés elvégzése viszonylag sokáig tart ragaszkodjon a feladatokban megadott menetrendhez! Fontos megemlíteni, hogy a hőmérő IC-k nem bírnak ki 100C°-nál magasabb hőmérsékletet. Ha azt tapasztalja, hogy valamelyik valamilyen hiba miatt több mint 80C°-t mutat azonnal húzza ki a berendezést a konnektorból és hívja valamelyik segítő tanár! Természetesen bármi más probléma esetében is jelezze azt.*

***Jó munkát!***

*(7 ilyen táblázat külön-külön lapon)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T páka | T prog. | t |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |