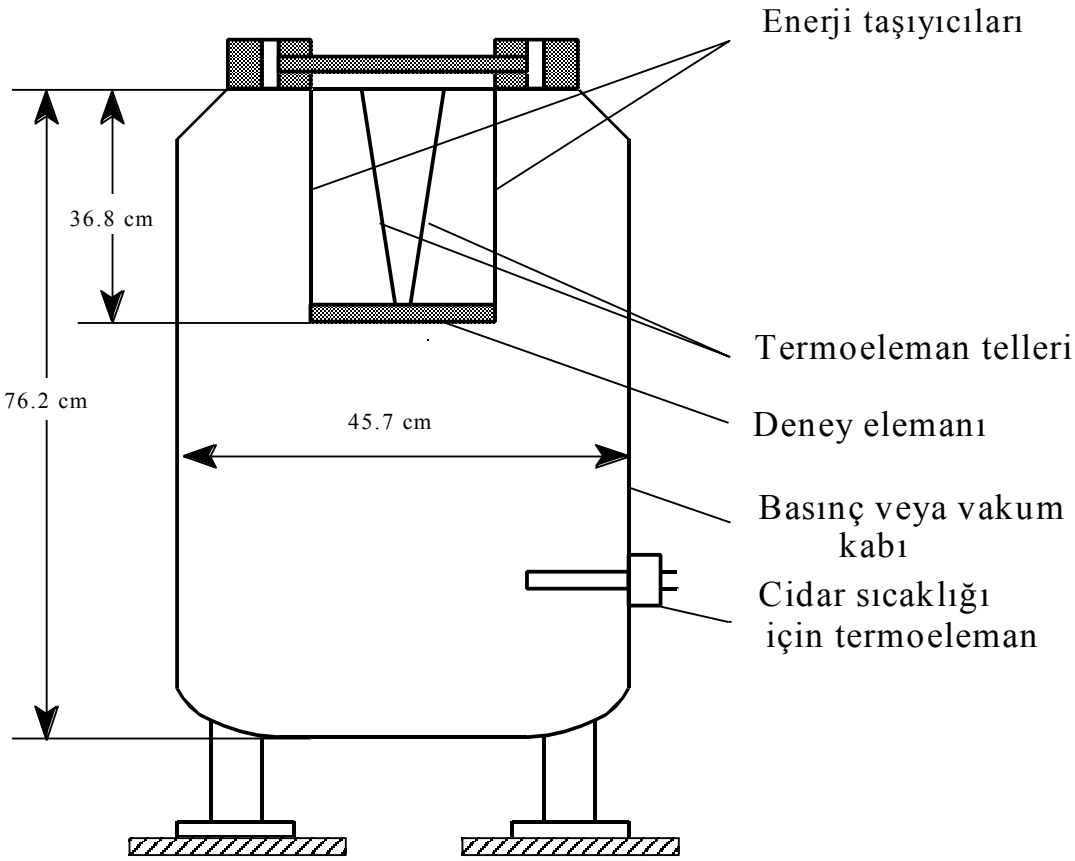
MAK-LAB005

IŞINIM VE DOĞAL TAŞINIM DENEYİ

1. DENEY DÜZENEĞİNİN TANITILMASI

Deney düzeneği, şekilde görüldüğü gibi çelik bir basınç kabının içinde yatay olarak asılı duran silindirik bir eleman ihtiva eder. Eleman bakırdan imal edilmiş olup, yüzeyi mat siyahtır ve çapı 0.635 cm, uzunluğu 16.0 cm olarak verilmiştir. Eleman iç kısımdan elektrikle ısıtılmaktadır. Şekil 1' de görüldüğü gibi; basınç kabı 46 cm çapında, 76 cm uzunluğundadır ve üst kısımda elemanın asıldığı civatalı bir kapak mevcuttur. Eleman üzerindeki sıcaklığı ölçen termoelemanın referans ucu deneyin yapıldığı ortama açık olduğundan termoeleman, eleman yüzeyindeki sıcaklığın oda sıcaklığından farkını göstermektedir. Elemana maksimum 10 W civarında enerji girmektedir. Verilen enerjinin küçük olmasından dolayı basınç kabının ısınması ihmal edilebilir. Böylece basınç



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik resmi.

kabının sıcaklığı atmosfer sıcaklığına eşit alınabilir. Bunu ölçmek için basınç kabının cidarına bir termoeleman konmuştur. Basınç kabı büyük çaplı bir bakır boru ile kontrol panosuna birleştirilmiştir. Basınç kabının hemen yanında elektrikle tahrik edilen bir vakum pompası mevcuttur. Basıncın veya vakumun mertebesi 0.05 mmHg' den 1600 mmHg' ye kadar değiştirilebilir. Eleman 12 V' luk bir doğru akım bataryası ile ısıtılmakta olup, bu devrede bir ampermetre ve bir de voltmetre vardır. Çekilen akım devrede bulunan bir reosta yardımıyla ayarlanabilir. Vakum pompası 220 V, 50 Hz' lik şebeke akımıyla çalışır. Termoelemanlar Ni-Cr/Ni-Al alaşımdır. Sıcaklıklar bir indikatörle doğrudan okunabilmektedir. Çok hassas ölçmeler için potansiyometre kullanmak mümkündür. Hassas basınç ölçümleri için McLeod Vakummetresi mevcuttur.

2. SEMBOL LİSTESİ

d,l	Elemanın (Cu) çapı ve uzunluğu	cm
k	Isı iletim katsayısı	cal/cm s °C
T_e	Eleman yüzey sıcaklığı	K, °C
T_c	Basınç kabı cidar sıcaklığı	K, °C
T_m	$= (T_e+T_c) / 2$	K, °C
Θ	$= T_e - T_c$	K, °C
U	Gerilim	V
I	Akım	Amper
P	Gaz basıncı	Torr (1 Torr=1mmHg)
μ	Dinamik viskozite	Poise = g/cm s
c_p	Sabit basınçta özgül ısı	cal/gr K
g	Yerçekimi ivmesi	cm/s^2
W	Birim zamanda enerji girişi	cal/s
A	Elemanın yüzey alanı	cm^2
Q	Isı akısı	cal/cm^2 s
h	Yüzey ısı transfer katsayısı ($= Q / \Theta$)	cal/cm^2 s °C
a	Gazın hacimsel genleşme katsayısı	1/ K
σ	Stefan-Boltzman sabiti ($=1.37 \cdot 10^{-12}$)	cal/cm^2 s K^4
ε	Emisivite	Boyutsuz

ρ	Yoğunluk	gr/cm^2
Nu	Nusselt sayısı (= h·d / k)	Boyutsuz
Pr	Prandtl sayısı (= $c_p \cdot \mu$ / k)	Boyutsuz
Gr	Grashof sayısı (= a ·g ·Θ· $d^3 \cdot \rho^2 / \mu^2$)	Boyutsuz

3. DÜZELTME FAKTÖRLERİ

Tanıtma bölümünde boyutları verilen deney elemanının yüzey alanı 31.92 cm^2' dir. Bu alana iki uçtan dolayı 0.63 cm^2 ilave edilmelidir. Böylece nominal alan A = 32.55 cm^2 olur. Basınç kabına giren iletkenlerdeki enerji kaybı ölçme panosundan ölçülen enerjinin % 4' ü kadardır. Elemanı taşıyan iletkenler, kendi sıcaklığından dolayı, elemanın alanını 0.02 cm^2 artırırlar. Bu iletkenler basınç kabının cidarına 0.004 (T_e–T_c) değerinde ısı kaybederler. Bu faktörlerin tamamını hesaba katarak, birim zamandaki enerji girişi:

$$W = \frac{U \cdot I \cdot 0.96}{4.186} - 0.004 \cdot (T_e - T_c) \quad cal / s$$

olarak yazılabilir. Isı akısı;

$$Q = \frac{W}{1.02 \cdot A} \quad cal / cm^2\ s$$

ve A = 32.55 cm^2 için ısı akısı;

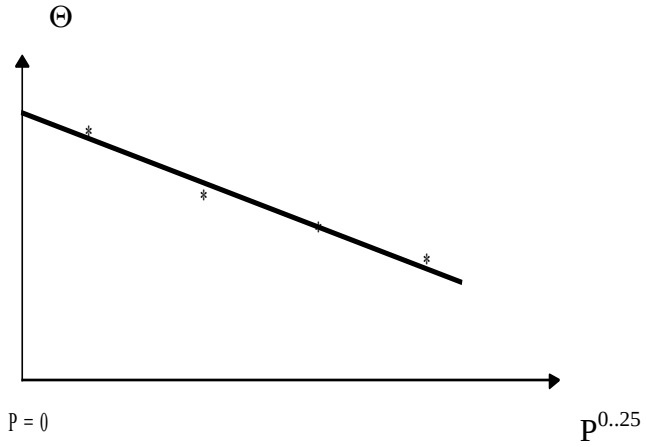
Q = 0.03·W cal / cm^2 s bulunur.

4. DENEYLER

4.1. Işınım (Radyasyon) Deneyi

Işınım deneyinin amacı, Stefan-Boltzman kanununun tahkiki ve elemanın emisivitesinin (yaymasının) bulunmasıdır. Isı transferi derlerinden bilindiği gibi, siyah bir cismin ışınımı $Q_R = \sigma \cdot (T_e^4 - T_c^4)$ bağıntısıy ile verilir (Stefan-Boltzman kanunu). Gri cisim için bu bağıntı $Q_R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_e^4 - T_c^4)$ şeklindedir. Eleman çevreye hem ışınım hem de taşınımla ısı kaybettiğinden, taşınımla ısı transferinin ortadan kaldırılması

gerekir. Böylece sadece ışınımla ısı transferi söz konusu olacaktır. Bunun için basınç kabının içindeki mutlak basıncı sıfıra düşürmemiz gerekir. Pratikte bu durum mümkün olamayacağından sabit enerji girişi ve farklı basınç (vakum) değerleri için T_e ve T_c değerleri bulunacaktır. Sonuçlar bir grafik üzerine $P^{0.25}$ ve Θ olarak taşınacak, ekstrapolasyonla taşınımun olmadığı P=0 için Θ ($\Theta = T_e - T_c$), aşağıda şematik olarak gösterildiği gibi bulunacaktır.



Böylece elemanı emisivitesi,

$$\varepsilon = \frac{Q_R}{\sigma \cdot (T_e^4 - T_c^4)}$$

eşitliğinden hesaplanır. Elemandan kabın duvarına transfer edilen ısının tamamı ışınımla olacağından buradaki Q_R, giriş ısı akısıdır.

Deney No	1	2	3	4	U =
P (Torr)					I =
$\Theta = T_e - T_c$					$T_ç$ =
$P^{0..25}$ (Torr)					$P_ç$ =

4.2. Taşınım (Konveksiyon) Deneyi

Taşınım deneyinde herhangi bir basınç seviyesi için enerji girişi değiştirilerek T_e, T_c ve dolaysıyla Θ ve T_m bulunur. Elemanın emisivitesi ışınım deneyi sonucundan bilindiğine göre $Q_R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_e^4 - T_c^4)$ eşitliğinden ışınımla iletilen ısı bulunabilir. Enerji girişinden de toplam Q_T ısısı bilinir. Buradan $Q_K = Q_T - Q_R$ eşitliğinden taşınımla

iletilen ısı hesaplanır. k ve μ değerleri ortalama sıcaklık T_m' ye göre hava için fiziksel özellikler tablosundan seçilir. Böylece Nu, Gr ve Pr sayıları deneyden elde edilen bulgularla hesaplanır ve aşağıda şematik olarak verilen bir eksen takımına, Y-ekseni $\ell n\,(\mathrm{Nu})$ ve X-ekseni $\ell n\,(\mathrm{Gr}\cdot\mathrm{Pr})$ olacak şekilde işaretlenir. Doğal taşınım için, $\mathrm{Nu} = c\cdot(\mathrm{Gr}\cdot\mathrm{Pr})^m$ denklemi geçerlidir. Burada m ve c sabitlerinin bulunması gerekir. Newton'nun Soğutma Kanunu' na göre taşınımla ısı transferi;

$$Q_K = h\cdot(T_e - T_c)$$

dir. Buradan,

$$h = \frac{Q_K}{\Theta}$$

olur. Nusselt sayısı,

$$\mathrm{Nu} = \frac{h\cdot d}{k} = \frac{Q_K\cdot d}{\Theta\cdot k} = \frac{0.635\cdot Q_K}{\Theta\cdot k}$$

olarak elde edilir. Pr sayısı ortalama sıcaklık için tablolardan alınır. Grashof sayısı;

$$\mathrm{Gr} = \frac{a\cdot g\cdot\Theta\cdot d^3\cdot\rho^2}{\mu^2}$$

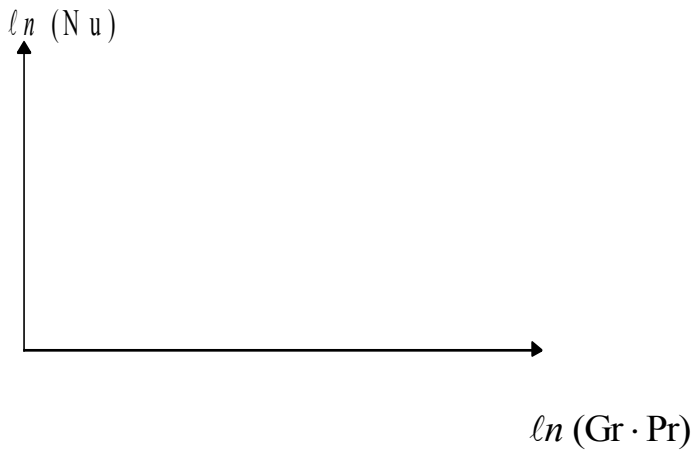
ve gazın hacimsel genleşme katsayısı;

$$a = \frac{1}{T_c\ (K)}$$

dir. Yerçekimi ivmesi ve elemanın çapı, sırasıyla,
$g = 981\ cm/s^2$, $d = 0.635$ cm' dir.

Yukarıdaki formüllere göre hesaplanan Nu, Gr ve Pr değerleriyle, $\mathrm{Nu} = c\,(\mathrm{Pr}\cdot\mathrm{Gr})^m$ ifadesindeki c ve m sabitleri, en küçük kareler metodundan yararlanılarak bulunur. Deneysel bulgulardan elde edilen $\ell n\,(\mathrm{Nu})$ ve $\ell n\,(\mathrm{Gr}\cdot\mathrm{Pr})$ değerleri aşağıdaki gibi bir

grafik üzerine taşınır. c ve m değerlerinin hesaplanmasından sonra elde edilen eğri de aynı grafik üzerine çizilecektir.



c ve m' nin hesaplanmasında takip edilecek yol şöyledir:

$$\ell n\ \mathrm{Nu} = \ell n\ \mathrm{c} + \mathrm{m} \cdot \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})$$

$$\mathrm{b}_1 = \ell n\ \mathrm{c} \quad \text{ve} \quad \mathrm{b}_2 = \mathrm{m} \quad \text{ile,}$$

$$\ell n\ \mathrm{Nu} = \mathrm{b}_1 + \mathrm{b}_2 \cdot \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})$$

i, indis olmak üzere,

$$\mathrm{b}_1 = \frac{\sum \ell n\ \mathrm{Nu}_i \cdot \sum\left(\ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right)^2 - \sum \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i \cdot \sum\left(\ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right) \cdot \ell n\ \mathrm{Nu}_i}{\mathrm{n} \cdot \sum\left(\ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right)^2 - \left(\sum \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right)^2}$$

$$\mathrm{b}_2 = \frac{\mathrm{n} \cdot \sum\left(\ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right) \cdot \ell n\ \mathrm{Nu}_i - \sum \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i \cdot \sum \ell n\ \mathrm{Nu}_i}{\mathrm{n} \cdot \sum\left(\ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right)^2 - \left(\sum \ell n\ (\mathrm{Gr} \cdot \mathrm{Pr})_i\right)^2}$$

Burada n deney sayısıdır. $\mathrm{c} = \mathrm{e}^{\mathrm{b}_1}$, $\mathrm{m} = \mathrm{b}_2$ olur.

Deney No	1	2	3	4
U (Volt)				
I (Amper)				
$\Theta = T_e - T_c$				

$T_ç =$

$P_ç =$

5. DENEY RAPORUNDAN İSTENENLER

Deney raporu aşağıdaki bölümlerden oluşacaktır.

1. Giriş

Bu bölümde deney kısaca tanıtılıp deney düzeneğinin şematik resmi çizilecektir. Deney tanıtılırken amaç ve teorik esaslar üzerinde kısaca durulacaktır.

2. Deneyler ve Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan deneylerde ölçülen değerler tablolar halinde verilecek ve bu föydeki "Deneyler" kısmındaki belirtilen yol takip edilerek gerekli hesaplar yapılıp grafikler çizilecektir.

3. İrdeleme

Deneylerden elde edilen sonuçlar irdelenecektir.