



Nyomás- és nyomáskülönbségmérés

Név:

Neptun kód:

Kurzus:

Oktató:

Mérés helye:

Dátum:

Aláírás:

Eredmények (Oktató tölti ki):

Beugró pontszám	Jegyzőkönyv pontszám	Ellenőrizte

Fontos információk:

Az első berendezés indítása előtt meg kell győződni, hogy a ferdecsoves manométer függőleges állásban, illetve a tolózár zárt állásban van. A második berendezés indításakor a pillangószelep nyitott állapotban legyen. A kalibráló berendezés használata után a dugattyút ki kell venni a berendezésből.

Számítás során a Pa mértékegységű mennyiségeket érdemes egészre kerekíteni, a leolvasott mennyiségek értékes jegyét pedig a műszer pontosságához igazítani (a műszer 1 osztásának pontossága).

Diagram rajzolása során a tengelyek léptékét MINDEN tengelyen úgy kell megválasztani, hogy 1 egység 1 cm, 2 cm vagy 5 cm legyen. Ebben az esetben érdemes mind a két tengelyre azonos léptéket választani, mely esetén az ideális kalibrációs egyenes 45°-ot zárna be a vízszintes tengellyel. A kalibrációs diagramon fel kell tüntetni a kalibrált műszer gyári számát is.

Jelölések jegyzéke:

Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
A	dugattyú keresztmetszete	cm ²
a	kalibrációs egyenes együtthatója	bar
b	kalibrációs egyenes együtthatója	-
e	relatív hiba	-, %
g	gravitációs gyorsulás	9,81 m/s ²
h	U-csöves manométer kitérése	mm
l	ferdecsoves manométer kitérése	mm
m	tárcsa tömege	kg
p, Δp	nyomás, nyomáskülönbség	Pa, bar
α	ferdecsoves manométer dőlésszöge	°
ρ	sűrűség	kg/m ³
Index	Megnevezés	
0	környezeti adat	
a	alkoholra vonatkozó	
absz	abszolút	
d	dugattyú	
f	ferdecsoves	
l	levegőre vonatkozó	
leolv	leolvasott érték	
np	nullpont	
rel	relatív	
sz	számított	
u	U-csöves	
v	vízre vonatkozó	

1. Mérés célja:

A mérés célja a nyomás, mint fizikai mennyiség, és a nyomásmérés eszközeinek megismerése. Ez több alfeladatban valósul meg:

- egyenes csőszakasz nyomásmérésének mérése U-csöves és ferdecsoves manométerek segítségével;
- Venturi-csőszakasz szűk keresztmetszetében uralkodó abszolút és túlnyomás számítása;
- Bourdon-csőves manométer kalibrációs egyenesének felvétele.

2. Egyenes csőszakasz nyomásesésének meghatározása:

Ebben a részfeladatban két nyomásmérő műszer működési elvét ismertetjük. Egyazon két nyomásmegcsapolási pont közötti nyomásesését mérjük először víztöltésű U-csöves manométerrel, majd egy pontosabbnak tekinthető alkoholtöltésű ferdecsvés manométerrel.

Az U-csöves manométer mérési elve a hidrosztatikára vezethető vissza. A két mérendő nyomást a vékony, U-alakú cső két szárára csatlakoztatjuk. Az eltérő nyomások miatt eltér a két szárban a mérőfolyadék szintje. Az alsó közegeváltási szintre felírt hidrosztatikai egyensúlyból pedig kiszámolható a nyomáskülönbség:

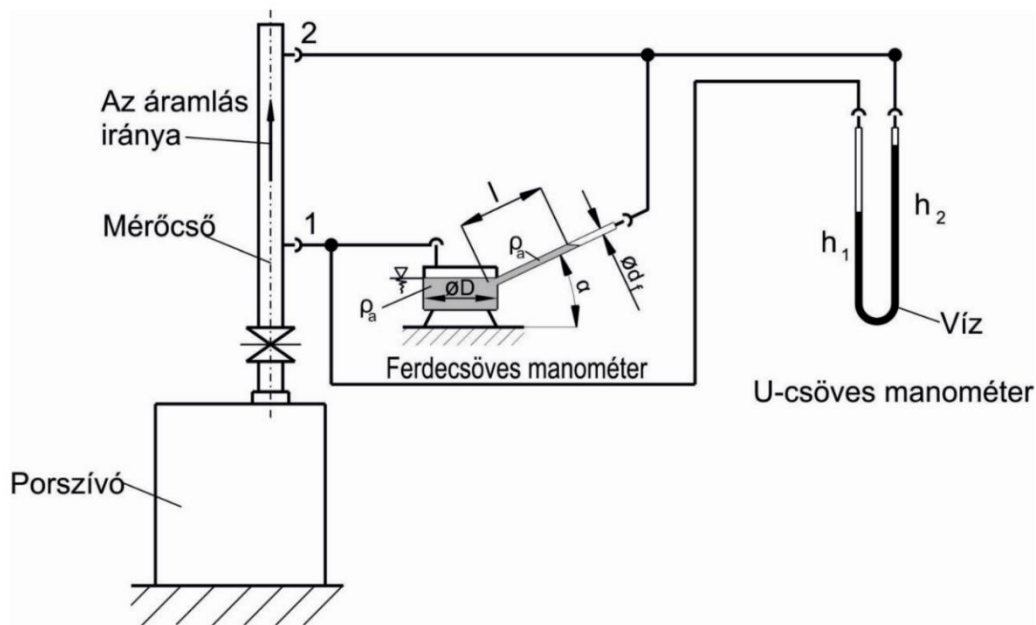
$$p_1 - p_2 = (h_1 - h_2) (\rho_v - \rho_l) g$$

Azonban észrevehető, hogy a levegő sűrűsége három nagyságrenddel kisebb a vízéhez képest ($(\rho_v - \rho_l) \approx \rho_v$), így a fenti egyenlet tovább egyszerűsíthető. A mérőműszer előnye az egyszerűsége, a széleskörű alkalmazhatósága. Hátránya, hogy két leolvasást végzünk a jobb és baloldali manométer szárban (leolvasási hibát kétszer viszünk be), illetve a pontatlansága.

A ferdecsvés manométer elve hasonló az egycsöves manométerekéhez. Az U-alakú cső egyik szára helyett egy kis tartály található, így nincs jelentős szintváltozás ebben a szárban, elég csak a másik szár folyadékszintjét leolvasni. Továbbá a ferdecsvés manométer azt az elvet használja, hogy ugyanazon folyadékszintkülönbséghez nagyobb kitérés tartozik, ha a csövet ferdén tartjuk, így pontosabb leolvasást tesz lehetővé. Az alkohol, mint mérőfolyadék szintén hasonló célt szolgál.

2.1 A mérőberendezés bemutatása

A mérés ezen része során használt berendezés az 1. ábrán látható. Egy légszállító gép (porszívó) a környezetből szívja a levegőt, ami egy műanyag mérőcsövön keresztül visszaáramlik a környezetbe. A csövön található két nyomásmegcsapolás (1 és 2 pont), amik között létrejövő nyomáskülönbséget mérjük. Ezekre a nyomásmegcsapolásokra van bekötve a víztöltésű U-csöves manométer, illetve a ferdecsvés manométer is. A légszállító berendezés térfogatáramát egy tolózárrel állítjuk.



1. ábra: Az első feladatrész során használt berendezés

2.2. A mérés menete

A berendezés indítása előtt a ferdecsvés manométert függőleges helyzetbe állítjuk, illetve ellenőrizzük, hogy a tolózár zárt állapotban van. Ezekre azért van szükség, hogy elkerüljük az alkohol esetleges kilövését a műszerből. A berendezés bekapcsolása után ellenőrizzük a ferdecsvés manométer alkoholszintje által mutatott szintet. Amennyiben ez a nullától eltérő, úgy feljegyezzük, mint nullpont hiba (l_{np}).

A tolózár segítségével beállítunk egy tetszőleges térfogatáramot, ami a mérendő munkapont lesz. A ferdecsoves manométert a megfelelő állásba ($\alpha = 30^\circ \rightarrow \sin \alpha = 0,5$) állítjuk. Leolvassuk a ferdecsoves manométer által mutatott értéket (l), illetve az U-csoves manométer két ágában szereplő mennyiséget előjelhelyesen (h_1 és h_2).

A ferdecsoves manométert függőlegesen helyzetbe állítjuk, elzárjuk a tolózárakat, végül kikapcsoljuk a légszállító gépet. A berendezések adatait feljegyezzük. Számolásnál kiszámoljuk a relatív hibát a két műszer által mért nyomások között úgy, hogy a ferdecsoves manométert tekintjük pontosnak.

2.3. A felhasznált berendezések és eszközök adatai

Eszköz neve	Eszköz típusa	Eszköz gyári száma
Légszállító gép		
U-csoves manométer		
Ferdecsoves manométer		

2.4. Mért és számított mennyiségek

Felhasznált állandók:

Víz sűrűsége	ρ_v [kg/m ³]	1000
Alkohol sűrűsége	ρ_a [kg/m ³]	800
Gravitációs gyorsulás	g [m/s ²]	9,81

Mért és számított adatok:

U-csoves manométer			Ferdecsoves manométer				e
h_1	h_2	Δp_u	l_{np}	l	$\sin \alpha$	Δp_f	
mm	mm	Pa	mm	mm	-	Pa	%

Az U-csoves manométer által mért nyomáskülönbség:

$$\Delta p_u = (h_1 - h_2) \rho_v g = \dots\dots\dots$$

A ferdecsoves manométer által mért nyomáskülönbség (figyelembe véve a nullpont hibát):

$$\Delta p_f = (l - l_{np}) \rho_a g \sin \alpha = \dots\dots\dots$$

Relatív hiba százalékban a két érték között, a ferdecsoves manométert pontosnak véve:

$$e = \frac{|\Delta p_f - \Delta p_u|}{\Delta p_f} 100 = \dots\dots\dots$$

3. Venturi-cső két keresztmetszetében a nyomás meghatározása:

Ebben a mérési szakaszban megismerkedünk az abszolút és relatív nyomások fogalmával, a Venturi-csővel és a multimanométerrel.

Abszolút nyomásnak nevezzük azt a nyomásértéket, amit a tökéletes vákuumhoz (0 Pa) képest mérünk. Ezzel szemben relatív nyomásnak (vagy túlnyomásnak) nevezzük azt a nyomást, amit a környezethez képest mérünk. Ezek közötti összefüggés: $p_{rel} = p_{absz} - p_0$, ahol p_0 a környezeti nyomás.

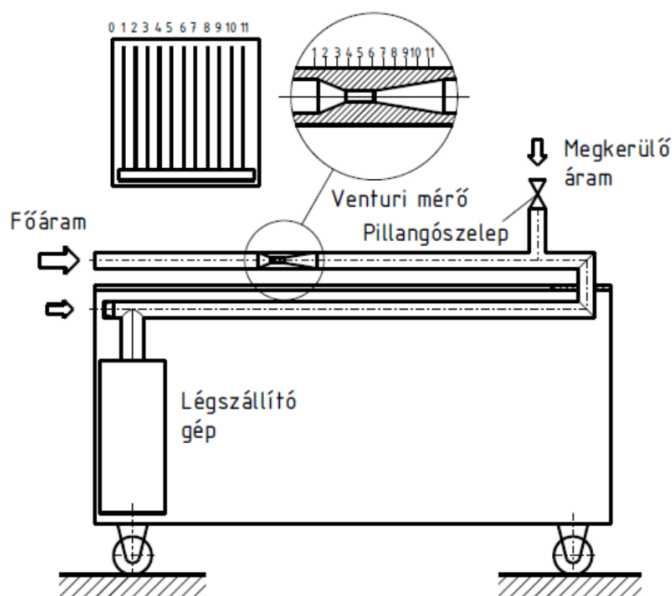
A Venturi-cső egy olyan egyenes csőidom, ami először egy szűkülő, majd egy bővülő szakaszt tartalmaz egymás után. A kontinuitási törvény értelmében a Venturi-csővön átfolyó közeg felgyorsul a szűkülő keresztmetszetben, a közeg

statikus nyomása pedig lecsökken a Bernoulli-törvény értelmében. Így eltérő nyomásviszonyokat lehet létrehozni a térfogatáram és a szűkület mértékének segítségével.

A Venturi-cső egyes keresztmetszeteiben uralkodó nyomások méréséhez sok manométerre van szükség. Ilyenkor multimanométert alkalmazunk, amely több helyen mérendő nyomás és nyomáskülönbség meghatározására szolgál.

3.1. A mérőberendezés bemutatása

A második mérés során használt berendezés látható a 2. ábrán. A mérőasztalra telepített berendezést az asztal alján elhelyezett légszállító gép segítségével szívóüzemben működtetjük. A Venturi-csőön átáramló levegő térfogatáramát a mérőcsőhöz csatlakozó megkerülő szakaszba szerelt pillangószeleppel tudjuk változtatni. A mérőszakasz 11 helyén nyomásmegcsapolásokat szereltünk fel, amelyeket rendre a víztöltésű multimanométer 1-11 ágához kötöttünk. A 0 jelzésű ág a légkörre nyílik. Ezzel a megoldással a légköri nyomás ismeretében a mérőcső bármelyik keresztmetszetében uralkodó abszolút nyomás, vagy kettő közötti nyomáskülönbség meghatározható.



2. ábra: Az második feladatrész során használt berendezés

3.2. A mérés menete

A berendezés beindítása előtt ellenőrizzük, hogy a pillangószelep teljesen nyitott állapotban legyen, így a térfogatáram nagy része a megkerülő ágon keresztül halad. A berendezés bekapcsolása után ellenőrizzük a manométer szinteket, leolvassuk a 0-hoz (légkörre nyitott), 1-es keresztmetszethez és az 5-ös (legszűkebb) keresztmetszethez tartozó magasságinteket (h_0 , h_1 és h_5). Ezt megismételjük félig nyitott, majd teljesen zárt pillangószelep mellett is. Végül a pillangószelepet újra kinyitjuk, és a berendezést kikapcsoljuk.

Felírjuk a barométer által mutatott környezeti nyomást (p_0) és a felhasznált berendezések adatait. Az egyes mért folyadékmagasságokat fel tudjuk úgy használni, mint U-csöves manométeren mért értékek: $p_0 - p_1 = (h_1 - h_0) \rho_v g$. Ebből kiszámoljuk az abszolút nyomást, az adott keresztmetszetben, majd a légköri nyomásértéket kivonva megkapjuk a relatív nyomást. Amennyiben a relatív nyomás negatív értéket vesz föl, úgy abban a keresztmetszetben a környezethez képest relatív vákuum van.

3.3. A felhasznált berendezések és eszközök adatai

Eszköz neve	Eszköz típusa	Eszköz gyári száma
Légszállító gép		
Multimanométer		
Barométer		

3.4. Mért és számított mennyiségek

Egyszer mért mennyiségek és állandók:

Légköri nyomás	p_0 [mbar]	
Víz sűrűsége	ρ_v [kg/m ³]	1000
Gravitációs gyorsulás	g [m/s ²]	9,81

Különböző pillangószelep állásnál mért és számított mennyiségek:

Mért adatok				Számított adatok			
Pillangószelep állása	h_0	h_1	h_5	$p_{1,absz}$	$p_{1,rel}$	$p_{5,absz}$	$p_{5,rel}$
	mm	mm	mm	Pa	Pa	Pa	Pa
1. Teljesen nyitott							
2. Félig nyitott							
3. Teljesen zárt							

A számításokat részletesen egy sor behelyettesítésével végezzük, ennek sorszáma: sor.

Abszolút nyomás az 1-es keresztmetszetben:

$$p_{1,absz} = p_0 - (h_1 - h_0) \rho_v g = \dots\dots\dots$$

Relatív nyomás az 1-es keresztmetszetben:

$$p_{1,rel} = p_{1,absz} - p_0 = \dots\dots\dots$$

Abszolút nyomás az 5-ös keresztmetszetben:

$$p_{5,absz} = p_0 - (h_5 - h_0) \rho_v g = \dots\dots\dots$$

Relatív nyomás az 5-ös keresztmetszetben:

$$p_{5,rel} = p_{5,absz} - p_0 = \dots\dots\dots$$

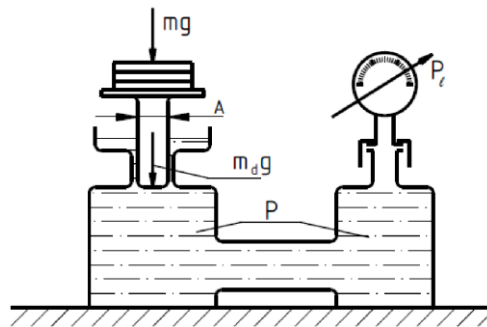
Bekarikázzunk azt a pillangószelep állást, ahol a Venturi-cső szűk keresztmetszetében relatív vákuum van!

4. Bourdon-csöves manométer kalibrálása:

A mérés során egy Bourdon-csöves (dobozos) manométer kalibrálását fogjuk elvégezni. A kalibrálás azon tevékenységek és számítások összefoglaló neve, amivel egy eszköz által mutatott mennyiséget összevetjük a mennyiség pontos értékeivel. Esetünkben azt jelenti, hogy ismert nyomást hozunk létre a műszerben és leolvassuk az általa mutatott értéket. Ezt több pontban elvégezve összefüggést kapunk, hogy az adott mérőműszer által mutatott érték és a pontos nyomások között milyen viszony áll fenn. A kalibráció szükséges, mivel a mérőműszer anyagi jellemzői idővel változhatnak, vagy a belső mechanika kopott, így megváltozott a mérési hatásmechanizmus.

4.1. A mérőberendezés bemutatása

A kalibrációs berendezés a 3. ábrán látható. Egy tartályt színültig töltünk olajjal, egyik csatlakozásán található a kalibrálandó Bourdon-csöves manométer, a másik csatlakozásban pedig egy szabadon mozgó fém dugattyú található. A dugattyúra extra tárcsák pakolhatók.



3. ábra: A kalibráció során használt berendezés

4.2. A mérés menete

Mérés megkezdése előtt ellenőrizzük, hogy az olajtartály színültig van-e töltve olajjal. Ha hiányzik olaj, pótoljuk. A dugattyút, melynek tömege $m_d = 1 \text{ kg}$, behelyezzük a hengerbe. Így a dugattyún keresztül egy ismert $\frac{m_d g}{A}$ mértékű nyomás keletkezik a hengerben, és a folyadék összenyomhatatlansága miatt a manométeren is. A dugattyút könnyedén megforgatva biztosítjuk, hogy a dugattyú és a henger között tangenciális irányú a súrlódás, így nem jelentkezik a dugattyú által keltett nyomásban. Miközben a dugattyú forog, leolvassuk a Bourdon-csöves manométer által mutatott értéket (p_1). További ismert nyomásértékeket hozunk létre az 1 és 2 kg tömegű plusz tárcsák segítségével, megismételve a fenti mérést. Az $m + m_d$ tömeget 1-8 kg között változtatjuk kg-onként, így összesen 8 mérési pontunk lesz. A tömegeket és a leolvasott nyomásokat a 4.4. fejezetben lévő táblázatban rögzítjük. Az utolsó mérési pont után levesszük a tárcsákat, és óvatosan kiemeljük a dugattyút a berendezésből. Végül leírjuk a berendezés adatait.

A leolvasott és pontos (számított) nyomásokat A4 milliméterpapíron elkészített diagramon ábrázoljuk. A diagramon feltüntetjük a kalibrált berendezés adatait, és a 4.4. fejezetben magállapított kalibrációs egyenes egyenletét is.

4.3. A felhasznált berendezések és eszközök adatai

Eszköz neve	Eszköz típusa	Eszköz gyári száma
Kalibráló berendezés		
Bourdon-csöves manométer		

4.4. Mért és számított mennyiségek

Egyszer mért mennyiségek és állandók:

Dugattyú keresztmetszete	A [cm ²]	2
Dugattyú tömege	m_d [kg]	1
Gravitációs gyorsulás	g [m/s ²]	9,81

Kalibrálás során mért és számított adatok:

Mért adatok		Számított adatok
Ssz.	$m + m_d$ kg	p_{leolv} bar
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

A számított nyomás: $p_{sz} = \frac{(m+m_d)g}{A}$

Ezt minden mért tömeghez elvégezve kiszámolhatóak a kalibráló berendezésben ténylegesen kialakult, pontosnak tekinthető nyomások. Ezt egy a laborban megtalálható MS Excel fájl segítségével végezhetjük el, illetve a mérési pontokra a kalibrációs egyenes illesztését is innen tudjuk leolvasni.

A kalibrációs egyenes egyenlete:

5. A mérés összefoglalása (néhány mondatban):

.....

.....

.....

.....

.....