



Szabó László

Hogyan kell Bourdon csöves nyomásmérővel mérni?

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Fluidumszállítás

A követelménymodul száma: 2699-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-003-50

MUNKKANYAG

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A raktárban egy elfekvő centrifugálszivattyút találtak, amit üzembe kell helyezni. Az üzembehelyezéshez meg kell mérni a szivattyú jellemző adatait: a fajlagos szállítomagasságát (manometrikus szállítomagasság) és a szállított folyadék mennyiségét. A feladat megoldásához egy olyan mérőhelyet alakítunk ki, amelynél a fajlagos szállítomagasságot a szivattyú után, a nyomócsőbe elhelyezett Bourdon csöves nyomásmérő segítségével állapítjuk meg, a szállított folyadékmenyiséget pedig a csővezetékbe épített rotaméterrel mérjük.

Végezzen el egy gyakorlatot: Vegye fel Egy centrifugálszivattyúszivattyú térfogatáram-szállítomagasság jelleggörbéjét!

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A NYOMÁS FOGALMA, MÉTÉKEGYSÉGEI

1. A nyomás

Az erő a tömeg és a gyorsulás szorzataként határozható meg. Képletben:

$F = m \cdot a$, ahol **F** az erő, **m** a tömeg, **a** a gyorsulás jele.

A tömeg mértékegysége a *kg*, a gyorsulás mértékegysége: m/s^2 , így az erő mértékegysége, levezetve az előbbiekből: $kg \cdot m/s^2$.

A $kg \cdot m/s^2$ mértékegység elnevezése: newton (ejtsd: nyúton), jele: N. A továbbiakban az erő mértékegységéként a N mértékegységet kell használni:

$1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 1 \text{ N}$.

A mértékegységet Isaac Newton (1643–1727) angol fizikus tiszteletére nevezték el newton-nak. Newton fogalmazta meg a dinamika legfontosabb alaptörvényeit. Newton II. törvénye, a dinamika alaptörvénye alapján vezethető le az erő és a test gyorsulásának kapcsolata: "bármilyen test esetén a test gyorsulása egyenesen arányos a rá ható erők összességével".

A nemzetközi mértékegység rendszerben a newton (N) az az erő, amely az 1 kg tömegnek 1 m/s² gyorsulást ad.

1981 óta Magyarország is elfogadta a nemzetközi egységrendszert (System International d'Unités, röviden SI) A nemzetközileg elfogadott szabványos alap-mértékegységek:

Mennyiség	Jele	Mértékegysége
Hosszúság	l, s	méter (m)
Tömeg	m	kilogramm (kg)
Idő	t	másodperc (s)
Áramerősség	I	amper (A)
Hőmérséklet	T (t)	kelvin (K)
Anyagmennyiség	n	mól (mol)
Fényerősség	I _v	candela (cd)

A testekre hat a Föld erőtere, a nehézségi erőter. A Föld nehézségi gyorsulása: $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ (kerekítve: $9,81 \text{ m/s}^2$), ezért az 1 kg tömegű test súlya (súlyereje) $G = 9,80665 \text{ (9,81) N}$. A műszaki gyakorlatban a nehézségi gyorsulás értékét kerekítve 10 m/s^2 -nek vesszük, így az 1 kg tömegű test súlya kereken 10 N.

A gyakorlati életben a tömeg mértékegységeként használjuk a mázsát (q) és a tonnát (t):

- 1 q = 100 kg,
- 1 t = 1000 kg.

A nyomást a nyomóerő és a nyomott felület hányadosaként definiáljuk.

A nyomás a felületre merőleges nyomóerő és a nyomott felület hányadosa.

$$\text{Képletben: } p = \frac{F}{A},$$

ahol p a nyomás, F a felületre merőleges nyomóerő, A a nyomott felület.

2. A nyomás mértékegységei

A nyomás összefüggéséből vezethető le mértékegysége:

$$p = \frac{F}{A}, \quad 1 \frac{N}{m^2} = 1 \text{ Pa (pascal), ejtsd: paszkál.}$$

A nyomás mértékegységeként a Pa egységet kell használnunk, de mindig tudnunk kell, hogy ez a N/m^2 egységet jeleníti meg.

A nyomásegységet Pascal francia tudósról nevezték el. Blaise Pascal (1623–1662) francia matematikus, fizikus és filozófus volt. A róla elnevezett Pascal törvény a folyadékok egyik fontos tulajdonságát jellemzi: "a folyadékokra ható külső nyomás a folyadékok belsejében minden irányban gyengítetlenül továbbterjed".

A pascal (Pa) igen kis egység. A gyakorlatban sokszor ennek többszöröseit használjuk, a kPa és MPa egységeket:

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa, ill. } 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa.}$$

Gázok és folyadékok nyomásának mértékegységeként használjuk a *bar* egységet:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa, vagy } 1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa.}$$

Régebben más mértékegységeket is használtak nyomás mértékegységként. Ezek a mértékegységek már nem használhatók, de esetleg még találkozhatunk velük a gyakorlatban. Ilyen mértékegységek:

$$\text{torr, } 1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hgoszlop (higanyoszlop)} = 133,322 \text{ Pa};$$

kp/cm², kp/m²; (a kp szintén régi, ma már nem használt mértékegység: 1 kp=9,80665 N, kerekítve: 1 kp = 9,81 N, 1 kp = 10 N)

$$1 \text{ kp/m}^2 = 1 \text{ mm vízoszlop} = 9,80665 \text{ Pa (kerekítve: 9,81 Pa);}$$

$$\text{at, technikai atmoszféra, } 1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 98066,5 \text{ Pa};$$

$$\text{atm, fizikai atmoszféra, } 1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa.}$$

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

Ezek a mértékegységek régebben a gyakorlatban azért terjedtek el, mert a Föld felszínén a nyomás nagysága (a felettünk lévő levegő nyomása) durván $1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa}$ (kerekítve 1 bar).

1.1. feladat

2 m² nagyságú felületre merőlegesen 5000 N nagyságú erő hat. Állapítsuk meg a felületre ható nyomás értékét!

1.1. feladat _____

1.2. feladat

Egy téglalap keresztmetszetű oszlop 10000 N nagyságú erővel hat a talajra. Az oszlop méretei 400x250 mm. Mekkora nyomással hat az oszlop a talajra?

1.2. feladat _____

1.3. feladat

Egy 200 mm átmérőjű hengeres tartályban vizet tárolunk. A tartályban lévő víz súlya (súlyerő) 3140 N. Számítsuk ki, mekkora nyomás hat a tartály aljára! Adjuk meg a nyomásértéket bar-ban és MPa-ban is!

1.3. feladat _____

1.4. feladat

Egy gép alpjának nagysága 1,5 m x 2,0 m. A gép tömege 1,5 t. Számítsa ki, mekkora nyomással hat a talajra a gépalap! A nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s².

1.4 feladat _____

3. A gyakorlatban használt nyomás-elvezések

Az ipari gyakorlatban többféle nyomáselvezéssel találkozunk. A leggyakrabban használt nyomáselvezetések és jelölésük:

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

Elnevezés	Szokványos jelölés
Abszolút nyomás	ata
Túlnyomás	att
Vákuum	-
Atmoszférikus (légköri) nyomás	atm
Üzemi nyomás	atü

A túlnyomás olyan nyomás, amelynél a nyomáskála 0 pontja a légköri nyomás. A műszaki gyakorlatban sokszor túlnyomásban adjuk meg és számoljuk a nyomásadatokat. Erre azért van szükség, mert a tartályok, csővezetékek méretezésénél (a falvastagság megállapításánál) a belső és külső nyomások különbségével (a túlnyomással) kell számolni. A vákuum a légköri nyomásnál kisebb nyomás.

1.5. feladat

Az alábbi táblázatban a szabványos (szokványos) nyomásjelöléseket látjuk. Írja be az "Elnevezés" oszlopba a jelölésekhez tartozó nyomás-elnevezéseket!

Elnevezés	Szokványos jelölés
	ata
	att
Vákuum	-
	atm
	atü

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

2.1. feladat

Mit nevezünk nyomásnak? Írja le a nyomás definícióját! Fejezze be a mondatot!

Nyomásnak nevezük.....

2.2. feladat

A nyomás számítása és mértékegysége

A nyomás számítására alkalmas összefüggés (Írja be az alábbi táblázatba a nyomás számítására alkalmas összefüggést, a mértékegységet, valamint az összefüggésben lévő betűk jeleit, megnevezését és mértékegységét!):

p =		
összefüggés	mértékegység	
ahol: p	a nyomás	
1. betűjel a képletben:	neve:	mértékegysége:
2. betűjel a képletben:	neve:	mértékegysége:

2.3. feladat

0,1 m átmérőjű talapzatra 12000 N nagyságú erő hat. Számítsa ki a talapzaton ébredő nyomás nagyságát! A nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s².

2.3. feladat

2.4. feladat

Egy 2 m átmérőjű hengeres tartályban 1000 liter vizet tárolunk. Mekkora nyomás terheli a tartály alját? (1 liter víz tömege 1 kg, a nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s^2 . Adja meg a nyomás értékét bar-ban és kPa-ban és MPa-ban is.

2.4. feladat _____

2.5. feladat

Egészítse ki az alábbi mondatot!

Gázok és folyadékok nyomásának mértékegységeként a Pa mellett használjuk a mértékegységet.

2.6. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be a cellákba az átszámítási összefüggéseket! Mintaképpen a bar és Pa kapcsolatot beírtuk.

	Pa	bar	MPa
Pa	1		
bar	10^5	1	
MPa			1

2.7. feladat

Az alábbi táblázatban a szabványos (szokványos) nyomás-elnevezéseket látjuk. Írja be a "Szokványos jelölés" oszlopba az elnevezésekhez tartozó jelöléseket!

Elnevezés	Szokványos jelölés
Abszolút nyomás	
Túlnyomás	
Vákuum	
Atmoszférikus (légköri) nyomás	
Üzemi nyomás	

2.8. feladat

Mit nevezünk túlnyomásnak? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Túlnyomásnak nevezük

2.9. feladat

Mit nevezünk vákuumnak? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Vákuumnak nevezük

2.10. feladat

Az alábbi táblázatban a nyomás különböző meghatározásait, definícióit, értelmezését találjuk. Írja be a meghatározások melletti oszlopba, hogy melyik meghatározás igaz (írjon I betűt), illetve hibás (írjon H betűt)! A nyomóerőn mindig a felületre merőleges nyomóerő

A nyomást úgy kapjuk meg, ha a felületre merőleges nyomóerőt elosztjuk az egységnyi felülettel	
A nyomás az egységnyi felületre ható merőleges nyomóerő	
A nyomást úgy kapjuk meg, ha a felületre merőleges nyomóerőt elosztjuk a felület nagyságával	
A nyomás nagyságát "bar" mértékegységben mérjük	
A nyomás SI alapegysége a Pa	

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tanulásirányító célja

A tanulásirányító célja, hogy elősegítse a jegyzetben szereplő tananyag elsajátítását, a feladatok megoldását. Tanulásunk csak akkor lesz eredményes, ha a tananyag-feldolgozás során követjük a tanulásirányítóban leírtakat.

Az egyes fejezetek végén önellenőrző feladatokat találunk. Ezek megoldásával ellenőrizhetjük, hogy a jegyzetben feldolgozott tananyagot milyen szinten sajátítottuk el.

A jegyzet végén megtalálhatók a feladatok megoldásai. Ezek segítséget kívánnak adni az eredményes tanuláshoz abban az esetben, ha a feladatokat egyedül nem tudjuk megoldani. Ezt a segítséget azonban a tanulás során lehetőleg ne vegyük igénybe, a feladatokat próbáljuk meg önállóan megoldani.

A jegyzetben olyan megoldásokkal találkozunk, amelyek segítséget nyújtanak a ismeretek megfelelő szintű elsajátításához.

A pontosan megtanulandó fogalmakat, definíciókat, összefüggéseket keretezett formában találjuk. Ezeket segítség nélkül, "fejből" kell tudnunk és felhasználnunk a különböző feladatok megoldásánál.

A törzsanyag kiegészítését szolgáló ismereteket, érdekességeket dőltbetűs formában találjuk a jegyzetben. Ezeket megtanulni nem kell.

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

1. olvassa el figyelmesen a "**Nyomás fogalma, mértékegységei**" fejezetet
2. Jegyezze meg, tanulja meg pontosan a **nyomás fogalmát**, definícióját és a **számítására használt összefüggést**
3. jegyezze meg a nyomás **legfontosabb mértékegységeit** (Pa, bar, MPA) és az átszámítást egyik egységből a másikba
4. oldja meg 1.1., 1.2., 1.3. és 1.4. feladatokat

A számításos feladatokat először önállóan próbálja megoldani. A jegyzetben közölt megoldásokat csak akkor nézze meg, ha a feladat megoldásával nem boldogul.

A számításos feladatok megoldása

A számítási feladatoknál **első lépésként** írja fel a feladatban megadott adatokat, majd az adatokat váltsa át SI alapegységekre. Például az 1.3. feladatnál:

Adatok:

Tartályátmérő: $d = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$

A víz súlya: $F = 3140 \text{ N}$

A számításos feladatoknál **célszerű SI alapegységekkel** dolgozni, mert akkor elkerülhetjük a képletekbe történő behelyettesítéseknél a különböző mértékegységbeli átszámításokból adódó hibákat.

A feladatmegoldások második lépése a feladatmegoldáshoz szükséges összefüggés (összefüggések) összegyűjtése, felírása. Például az 1.3. feladatnál:

A tartály aljára ható nyomás:

$$p = \frac{F}{A},$$

A tartály keresztmetszete, aljának felülete:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

Harmadik lépésként behelyettesítünk az összefüggésekbe, majd számítsuk ki az ismeretlen adatot. A mérőszám és a végeredmény után mindig írjunk mértékegységet.

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(0,2 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{3140 \text{ N}}{0,0314 \text{ m}^2} = 100000 \text{ Pa}$$

$$100000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$$

$$10^5 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa}$$

5. Oldja meg az 1.5. feladatot
6. Ha úgy érzi, feldolgozta a tananyagot, elsajátította a szükséges ismereteket, **ellenőrizze tudásszintjét**. Oldja meg az Önellenőrző feladatokat! Ha valamelyik önellenőrző feladatot nem tudja megoldani, lapozzon vissza a megfelelő fejezethez és keresse meg a definíciót, összefüggést, vagy a Önellenőrző feladatokhoz hasonló feladat megoldását. (A jegyzetben megtalálhatók az Önellenőrző feladatok megoldásai is, de ezt a segítséget lehetőleg ne vegye igénybe. Eredményesnek csak akkor tekintheti a tananyagegység elsajátítását, ha az önellenőrző feladatokat önállóan, segítség nélkül meg tudja oldani.)

A BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐ

1. A nyomásmérő műszerek csoportosítása

A nyomásmérés, a nyomás értékének meghatározása sokféle feladat megoldásánál használható. Tartályok, csővezetékek üzemeltetésénél az egyik jellemző paraméter, amelynek segítségével felvilágosítást kaphatunk az üzem mennyiségi és minőségi működéséről. Sokszor nyomásméréssel határozunk meg más üzemi adatokat. Nyomásmérést használunk sok esetben folyadékok sűrűségadatainak meghatározására, vagy pl. tartályokban lévő folyadékok szintjének megállapítására.

A nyomás olyan eszközökkel mérhető, amelyben a nyomásváltozás hatására valamilyen mérhető fizikai változás (pl. elmozdulás, feszültségváltozás stb.) megy végbe.

A gyakorlatban a nyomásváltozás legegyszerűbben mérhető:

- Rugalmas elemek alakváltozásával
- Hidrosztatikai elven

A rugalmas alakváltozás elvén működő nyomásmérők nyomásmérő eleme egy rugalmas fémelem, amely lehet

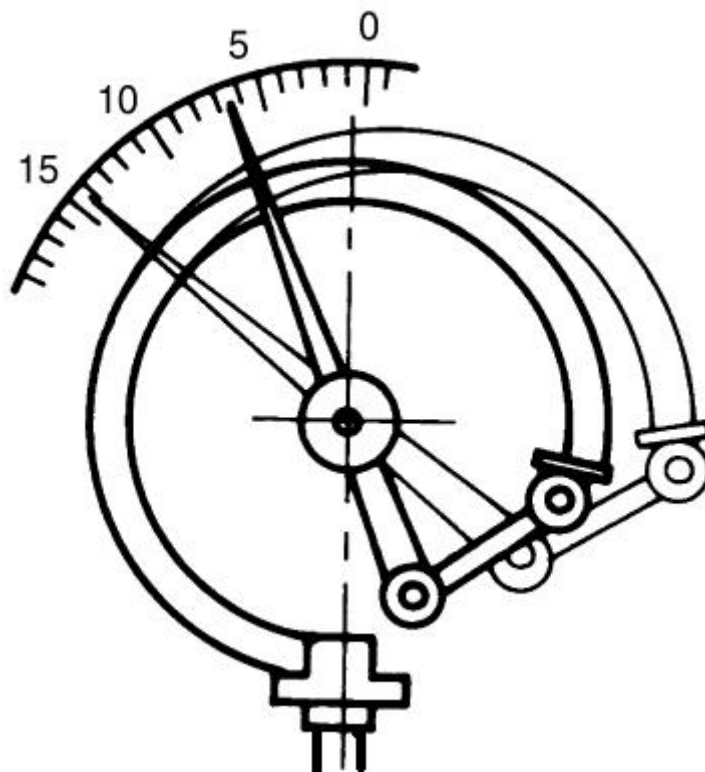
- Sík fémmembrán,
- Csőmembrán,
- Csőrugó.

2. A Bourdon csöves nyomásmérő szerkezete, működése

A Bourdon csöves nyomásmérő a legelterjedtebb nyomásmérő eszköz. Gázban vagy folyadékban uralkodó, illetve gáz vagy folyadék által kifejtett nyomás mérésére alkalmas eszköz. Leggyakrabban zárt edényekben, csövekben uralkodó nyomás mérésére használják.

A műszer mérőeleme egy ív alakban hajlított, ovális keresztmetszetű cső, un. csőrugó. A cső egyik vége rögzített, a másik vége szabadon elmozdulhat (1. ábra). Ha a csőre belülről nyomás hat, akkor az ív külső felületén nagyobb nyomóerő ébred, mint a belső felületen. Ennek megfelelően a cső igyekszik kiegyenesedni, görbületi sugara nő, a szabad csővég elmozdul.

Az elmozdulást egy csuklós rudazat vagy fogasív viszi át egy mutatóra. A mutató egy kalibrált skála előtt mozog, és közvetlenül mutatja a mért nyomás értékét.



1. ábra. A csőrugós (Bourdon csöves) nyomásmérő szerkezete és működése

3.1. feladat

Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomásértékeket tartalmaz az alábbi táblázat. Írja be a táblázatba az értékeket bar-ban, kPa-ban és MPa-ban!

leolvasott nyomásérték: p,	p,	p,	p,
bar	Pa	kPa	MPa
0,1			
0,135			
0,25			
0,35			
0,26			
1			
1,35			
2,6			

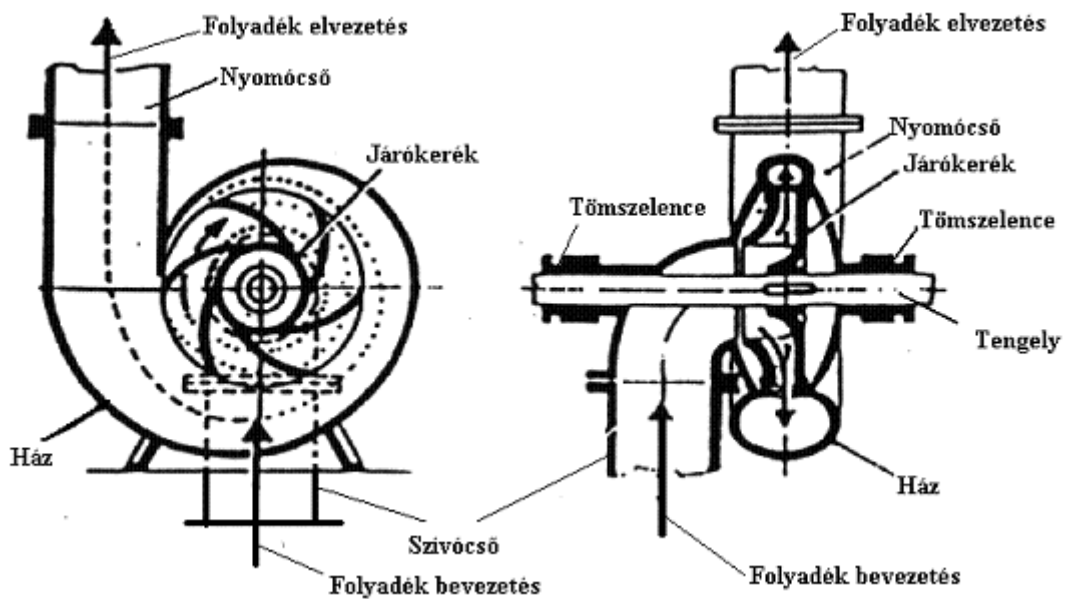
5,25			
10,25			

SZIVATTYÚ JELLEGGÖRBÉJÉNEK FELVÉTELE

A folyadékok mozgatására, szállítására szivattyúkat használunk. Az egyik leggyakrabban alkalmazott szivattyútípus a centrifugálszivattyú (vagy örvényszivattyú).

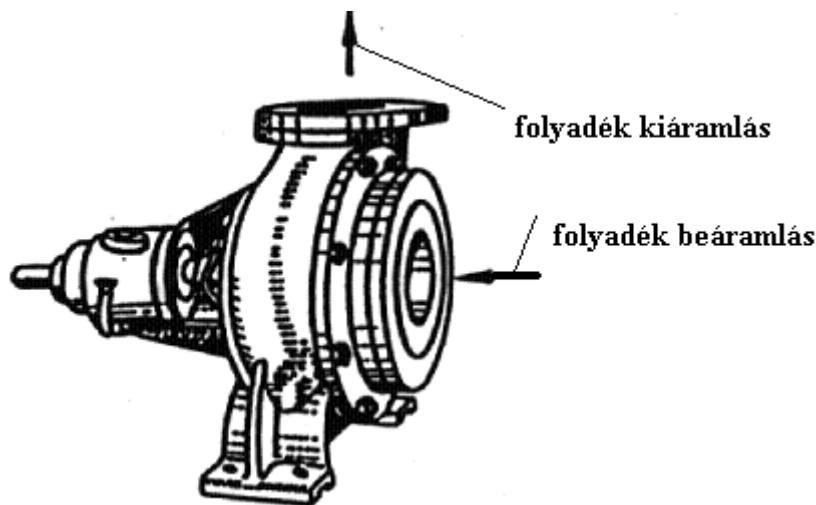
1. A centrifugálszivattyú szerkezete, működése

A centrifugálszivattyú fő alkatrésze a járókeréknek nevezett forgótárca, amelynek lapátjai a centrifugális erő felhasználásával gyorsítják a szivattyúházba belépő folyadékot. A sebességnövekedéssel járó energianövekedés biztosítja a folyadéknak a szállításhoz szükséges nyomást.



2. ábra. Centrifugálszivattyú

A 2. ábrán egyszerű, radiális átömlésű járókerékkel felszerelt szivattyú vonalas vázlatát látjuk. A radiális elnevezés azt jelenti, hogy a folyadék gyorsítása a járókerék lapátjain sugárirányú, azaz a folyadék sugárirányban mozog. A járókerék két párhuzamos tárcsa, amik között egyenlő távolságra egyenes vagy ívelt lapátok találhatók. A folyadék a szivattyú tengelyvonalaiban elhelyezett szívócsonton lép be, majd a járókerék szívócsőoldali tárcsáján lévő nyíláson a lapátok közé jut. A forgó lapátsor magával ragadja a folyadékot, a részecskékre hat a centrifugális erő. A felgyorsított folyadék a lapát éléről a tárcsa érintőjének irányába távozik, majd követve a szivattyúház csigavonal alakú csatornáját, a nyomócsonton át a csatlakozó vezetékbe áramlik és a érintőlegesen távozik a szivattyúházból(3. ábra).



3. ábra. A centrifugálszivattyú folyadékáramlása

A járókereket tengely forgatja, amelyet a szivattyúházból tömszelencén keresztül vezetnek ki. A folyadék a járókerék lapátjai által alkotott csatornában felgyorsul, ezáltal nő a sebességi energiája. A szivattyúház csigavonal alakban bővülő csatornájának fontos feladata, hogy a sebességi energiát nyomási energiává alakítsa.

A szivattyú tengelyét a villamos hálózatról üzemeltetett elektromotor forgatja.

A centrifugálszivattyúban kettős energiaátalakítási folyamat megy végbe. A forgómozgás révén bevitt elektromos energia előbb **sebességi (mozgási) energiává**, majd a csigaházban **nyomási energiává** alakul.

A centrifugálszivattyúk nem önfelszívóak, ami azt jelenti, hogy a szivattyú magától nem szívja fel a folyadékot, így indítás előtt a szivattyúházat fel kell tölteni folyadékkal (kivéve azt az esetet, ha a folyadék ráfolyik a szivattyúra). A szívócső végére szerelt lábszeleppel akadályozzák meg a folyadék visszaáramlását a szivattyú kikapcsolása után.

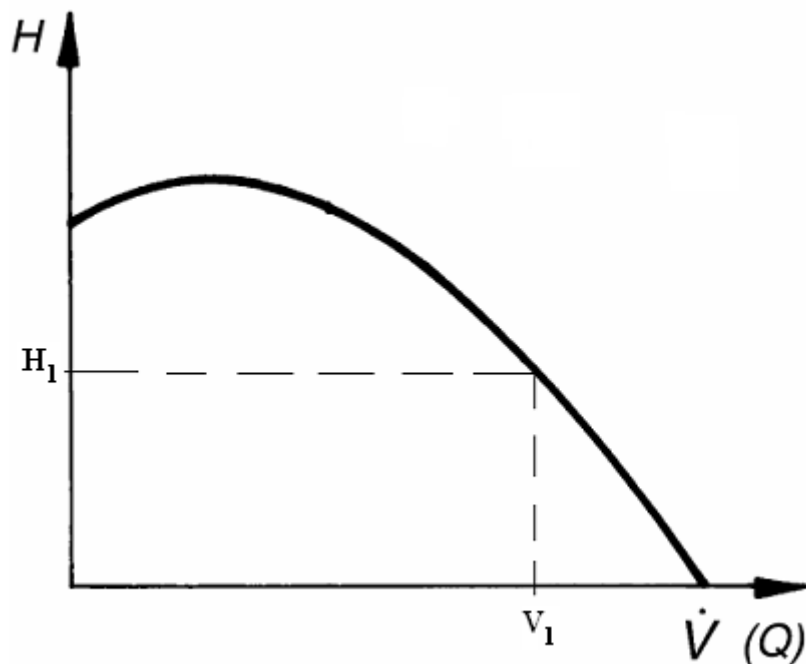
2. A szivattyú jelleggörbéje

A centrifugálszivattyú legfontosabb adata a **szállítómagasság** (az un. **manometrikus szállítómagasság**) és a **szállított folyadék mennyisége**.

A szállítómagassággal azt az energiát jellemezzük, amit a szivattyú a folyadék egységnyi mennyiségével közöl. Ez az energia biztosítja, hogy a szivattyú a folyadékot egy kisebb energiaszintről egy nagyobb energiaszintű helyre képes szállítani. Ilyen eset pl. ha a folyadékot magasabb szintre kell szállítani, vagy egy kisebb nyomású helyről egy nagyobb nyomású helyre kell eljuttatni.

A centrifugálszivattyú manometrikus szállítómagasság–folyadékszállítás ($H-\dot{V}$) jelleggörbéje a szállított folyadékmennyiség függvényében ábrázolja az un. szállítómagasságot, szivattyú által közölt fajlagos energiát (4. ábra).

A manometrikus szállítómagasság a szivattyú által a **folyadék egységnyi mennyiségével közölt energia**.



4. ábra. A szivattyú szállítási jelleggörbéje

A diagram vízszintes tengelyén a szivattyú által szállított folyadék mennyiségét (\dot{V} , mértékegysége: m^3/s), a függőleges tengelyen a szállítómagasságot (H, mértékegysége: J/N) tüntetjük fel. Az ábrán bejelölt értékek szerint ezzel a jelleggörbével jellemezhető szivattyú a V_1 mennyiségű folyadék egységnyi mennyiségével H_1 fajlagos energiát képes közölni.

A gyakorlatban a m^3/s mértékegység helyett gyakran alkalmaznak más egységeket is, pl. m^3/h (köbméter/óra), l/min (liter/perc) stb. A függőleges tengelyen a J/N mértékegység

$$\frac{J}{N} = \frac{N \cdot m}{N} = m$$

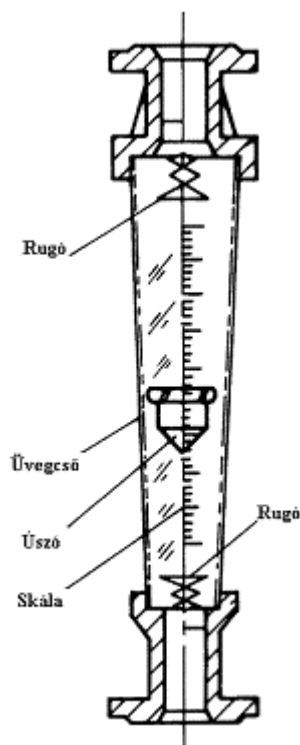
formálisan "m" mértékegységű ($\frac{J}{N} = \frac{N \cdot m}{N} = m$). Sokszor így, "m" mértékegységben adják meg a szállítómagasságot, de tudnunk kell, hogy ez az érték mindig fajlagos energiát jelent.

A szivattyú szállítási jelleggörbáját a szivattyú gépkönyvében szokták megadni. Ennek alapján meghatározható, milyen feladatok megoldására alkalmas a szivattyú, milyen folyadékmennyiséget képes szállítani, ill. milyen fajlagos teljesítményt (szállítómagasságot) tud leadni.

3. A rotaméter

A szivattyú által szállított folyadék mennyiségét valamilyen mennyiségmérő műszerrel lehet meghatározni. Ilyen műszer pl. a rotaméter.

A **rotaméter** igen elterjedt áramlásmérő (. ábra). Elsősorban helyi leolvasást tesz lehetővé, de vannak távadóval kiegészített típusai is. A mérőeszköz fő alkatrésze a bór-szilikátból készült kúpos üvegcső, amelybe egy áramlástechnikailag megfelelően méretezett fém vagy műanyag úszót helyeznek el. Az úszó felső hengeres peremén két ferde horony látható, amely az úszót állandó forgásra kényszeríti, hogy az esetleges falhoz súrlódás káros hatását kiküszöböljük.



5. ábra. Rotaméter

A rotaméter működésének alapja, hogy az áramló folyadék impulzusereje és úszó tömegéből származó súlyerő egymással egyensúlyban van. Ha a csőben áramló folyadék mennyisége megnő, növekedni fog a sebessége is, tehát növekszik az impulzuserő. Ennek hatására az úszó elmozdul felfelé. Emelkedés közben viszont az üvegcső átmérője növekszik, tehát az áramlási sebesség csökken. Az úszó addig emelkedik, míg egy új helyzetben az erőegyensúly ismét beáll.

A csőben minden pozícióhoz tartozik egy sebesség és egy ennek megfelelő áramlási mennyiség, amit az úszó helyzete jelez. Megállapodás szerint ezt a mennyiséget az úszó felső peremével azonos magasságban az üvegcső oldalán bemarással jelölik.

A rotaméterrel mért érték úgy határozható meg, hogy leolvassuk a rotaméter-úszó felső élénél lévő skálaértéket.

Az üvegcső kúposága 10%, és egy csővel egy nagyságrenden belül lehet mérni, pl. 10–100 m³/h, vagy 3–30 dm³/min stb. között. Az úszót véghelyzetben ütközés ellen egy rugóval fékezik. A műszer a csőhálózathoz karimával csatlakoztatható.

A rotamétereket általában valamilyen közegre hitelesítve készítik. A hitelesítőközeget és a hitelesítés hőmérsékletét az üvegcsővön feltüntetik. Újabban egyes műszergyárak milliméter osztású rotamétereket hoznak forgalomba, amelyeket a felhasználó hitelesíthet tetszése szerinti közegre.

4. A mérés megoldása

A jelleggörbe felvételéhez egy olyan mérőhelyre van szükségünk, amelynél szabályozható és mérhető a szállított folyadékmennyiség, valamint mérhető a szivattyú által leadott energia, a manometrikus szállítómagasság.

Ha a szivattyú nyomócsövébe beépítünk egy nyomásmérő műszert, pl. egy Bourdon csöves nyomásmérőt, akkor a műszer azt a nyomásértéket méri, ami megfelel a csigaházban kialakult nyomási energiának, vagyis **a szivattyú által közölt energia nyomási energia formájában mérhető.**

A nyomás alapján kiszámítható a fajlagos nyomási energia, a fajlagos szállítómagasság értéke.

A szivattyú által közölt fajlagos nyomási energia, **a manometrikus szállítómagasság nagysága:**

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g}, \frac{J}{N};$$

ahol: p a szivattyú nyomóágába beépített Bourdon csöves nyomásmérő műszer által mutatott nyomásérték, Pa; ρ a folyadék sűrűsége, kg/m³; g a nehézségi gyorsulás, m/s².

A szivattyú jelleggörbe felvételére egy olyan mérőhelyet állíthatunk össze, amelynél egy tartályból szállítjuk a folyadékot a szivattyúval egy másik tartályba, vagy az egyszerűsített változatban a szállított folyadékot visszavezetjük az eredeti tartályba.

A szállított folyadék mennyiségét a nyomásmérő műszer után, a nyomóágba épített szabályozó szeleppel változtatjuk, a szállított folyadék mennyiségét a szelep után elhelyezett rotaméterrel mérjük.

A mérés végrehajtása során a szabályozó szeleppel beállítunk különböző mennyiségértékeket és leolvassuk a hozzá tartozó nyomásértékeket. Az összetartozó mennyiség–nyomásértékek alapján megszerkeszthető a szivattyú jelleggörbéje.

4.1. feladat

Egy vizet szállító centrifugálszivattyú nyomóágába épített Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomás értéke: $p = 0,5$ bar. Számítsa ki a szivattyú manometrikus szállítómagasságát! (A víz sűrűsége 1000 kg/m^3 , a nehézségi gyorsulás értéke 10 m/s^2 .)

4.1. feladat _____

4.2. feladat

Az alábbi táblázatban egy vizet szállító centrifugálszivattyú jelleggörbéjének felvételénél kapott adatok szerepelnek. Számítsa ki a hiányzó adatokat és a számítás alapján szerkessze meg milliméter papíron a szivattyú jelleggörbéjét! (A víz sűrűsége 1000 kg/m^3 , a nehézségi gyorsulás értéke 10 m/s^2 .)

A mérés sor-száma	A Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomásérték	A nyomásérték SI alapegységben	A manometrikus szállítómagasság	A szállított folyadék mennyisége (a rotaméterről leolvasott érték)
	p , bar	p , 10^5 Pa	H , J/N (m)	\dot{V} , m^3/h
1	0,58			0
2	0,55			0,25
3	0,51			0,5

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

4	0,47			1
5	0,4			1,5
6	0,35			2
7	0,22			3

MUNKANYAG

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

5.1. feladat

Ismertesse vázlatrajz alapján a csőrügős (Bourdon csöves) nyomásmérő működését!

5.2. feladat

Ismertesse vázlatrajz alapján a centrifugálszivattyú működését!

5.3. feladat

Milyen energiaátalakulás megy végbe egy centrifugálszivattyúban? Egészítse ki az alábbi megfogalmazást!

A centrifugálszivattyúnál a forgómozgás révén bevitt energia először energiává, majd a csigaházban energiává alakul.

5.4. feladat

Rajzoljon le egy centrifugálszivattyú jelleggörbét és válaszoljon a következő kérdésekre!

- A szivattyúnak milyen adatait tüntetjük fel a diagram vízszintes és függőleges tengelyén?
- Mit nevezünk manometrikus szállítómagasságnak?
- Rajzoljon be a szivattyú jelleggörbére egy összetartozó adatkört! Értelmezze a szivattyú jelleggörbéjének egy pontját!

a)

Adatok:

b) _____

c) _____

5.5. feladat

Egy centrifugálszivattyú nyomóágába beépített Bourdon csöves nyomásmérő 1,25 bar nyomást mutat. Számítsa ki a manometrikus szállítómagasság értékét!

5.6. feladat

Hogyan kell leolvasni a rotamétert? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A rotaméterrel mért érték úgy határozható meg, hogy leolvassuk a _____

5.7. feladat: (Mérési feladat)

Centrifugálszivattyú jelleggörbéjének felvétele

Feladat

Vegye fel egy centrifugálszivattyú szállítomagasság–folyadékszállítás jelleggörbáját.

A méréshez olyan mérőhely áll rendelkezésére, amely tartalmaz egy, a szivattyú után elhelyezett nyomásmérőt (a szivattyú által közölt nyomási energia, a manometrikus szállítomagasság meghatározásához), egy áramlást szabályozó szelepet és egy rotamétert (a szivattyú által szállított folyadék mennyiségének mérésére)

Határozza meg méréssel a szivattyú által közölt fajlagos energiát (a manometrikus szállítomagasságot)! Ábrázolja diagrampapíron a szivattyú jelleggörbáját: manometrikus szállítomagasság–folyadékszállítás ($H-\dot{V}$) jelleggörbét!

Információs lap

A mérés elvégzéséhez rendelkezésére álló idő:

A beadás határideje:

Mérés lépései (javaslat)

Ellenőrizze a mérőhely üzemre kész állapotát (mérőfolyadék, kapcsolódások, szelepek helyzete stb.)

Helyezze üzembe a szivattyút

Állítsa be a szabályozószelep segítségével a szivattyú után elhelyezett nyomásmérőn a teljesen nyitott szelepálláshoz tartozó nyomásértéket, és olvassa le a rotaméteren a szállított folyadék mennyiségét

A mérést – a szabályozó szelep zárásával növelve a nyomásértéket – ismételje meg 8–12 mérési ponton a teljes szelepszárásig

A mérések befejezése után állítsa le a szivattyúkat

Az adatokat foglalja táblázatba

Ábrázolja a szivattyú jelleggörbáját diagramban (a léptékek megválasztásához esetleg kérjen segítséget)

Készítsen a jegyzőkönyvbe vonalas vázlatot a mérőhelyről

A mérésről készítsen jegyzőkönyvet

Dokumentálás szempontjai:

Jegyzőkönyv elkészítése

Értékelés szempontjai:

A mérés szakszerű végrehajtása, értelmezése

A jegyzőkönyv tartalmi és formai kivitele

A jegyzőkönyv megvédése

A táblázat javasolt kivitele:

Sorszám	p , 10^{-5} Pa	H , J/N (m)	\dot{V} , 10^{-4} m ³ /s
1			
2			
stb.			

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

- olvassa el figyelmesen a "A Bourdon csöves nyomásmérő" és a "Szivattyú jelleggörbéjének felvétele" fejezeteket
- jegyezze meg a Bourdon csöves nyomásmérő és a centrifugálszivattyú szerkezeti kialakítását, működését
- jegyezze meg, tanulja meg pontosan a **szivattyúban végbemenő energiaátalakulás módját, a manometrikus szállítómagasság fogalmát, értelmezését**
- jegyezze meg, hogyan néz ki egy szivattyú szállítási jelleggörbéje, és tudja értelmezni a szivattyú szállítási jelleggörbét
- jegyezze meg pontosan, hogyan kell a rotamétert leolvasni

- jegyezze meg, hogyan lehet ki a szivattyú nyomóágába épített nyomásmérő műszer segítségével **meghatározni és kiszámítani a manometrikus szállítómagasság értékét**
- jegyezze meg a manometrikus **szállítómagasság** és a szállított **folyadékmenyiség mértékegységeit**
- oldja meg 4.1. és 4.2 feladatokat

A számításos feladatokat először önállóan próbálja megoldani. A jegyzetben közölt megoldásokat csak akkor nézze meg, ha a feladat megoldásával nem boldogul.

Ha úgy érzi, feldolgozta a tananyagot, elsajátította a szükséges ismereteket, **ellenőrizze tudásszintjét**. Oldja meg az Önellenőrző feladatokat! Ha valamelyik önellenőrző feladatot nem tudja megoldani, lapozzon vissza a megfelelő fejezethez és keresse meg a definíciót, összefüggést, vagy a Önellenőrző feladatokhoz hasonló feladat megoldását. (A jegyzetben megtalálhatók az Önellenőrző feladatok megoldásai is, de ezt a segítséget lehetőleg ne vegye igénybe.) 0

Eredményesnek csak akkor tekintheti a tananyagegység elsajátítását, ha az önellenőrző feladatokat önállóan, segítség nélkül meg tudja oldani.

Végezzen el egy mérési feladatot a centrifugálszivattyú jelleggörbéjének felvételére

MEGOLDÁSOK

1.1. feladat

2 m² nagyságú felületre merőlegesen 5000 N nagyságú erő hat. Állapítsuk meg a felületre ható nyomás értékét!

Adatok:

$$F = 5000 \text{ N},$$

$$A = 2 \text{ m}^2.$$

A nyomás nagysága:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{5000 \text{ N}}{2 \text{ m}^2} = 2500 \text{ Pa}$$

1.2. feladat

Egy téglalap keresztmetszetű oszlop 10000 N nagyságú erővel hat a talajra. Az oszlop méretei 400x250 mm. Mekkora nyomással hat az oszlop a talajra?

Adatok:

$$F = 10000 \text{ N},$$

$$A = 400 \times 250 \text{ mm}.$$

A téglalap keresztmetszetű alap felülete:

$$A = 0,4 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$$

A nyomás nagysága:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{10000 \text{ N}}{0,1 \text{ m}^2} = 100000 \text{ Pa}$$

1.3. feladat

Egy 200 mm átmérőjű hengeres tartályban vizet tárolunk. A tartályban lévő víz súlya (súlyerő) 3140 N. Számítsuk ki, mekkora nyomás hat a tartály aljára! Adjuk meg a nyomásértéket bar-ban és MPa-ban is!

Adatok:

Tartályátmérő: $d = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$

A víz súlya: $F = 3140 \text{ N}$

A tartály aljára ható nyomás:

$$p = \frac{F}{A},$$

A tartály keresztmetszete, aljának felülete:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(0,2 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 0,0314 \text{ m}^2$$

A tartály aljára ható nyomás:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{3140 \text{ N}}{0,0314 \text{ m}^2} = 100000 \text{ Pa}$$

$$100000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$$

$$10^5 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa}$$

1.4. feladat

Egy gép alapjának nagysága $1,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$. A gép tömege $1,5 \text{ t}$. Számítsa ki, mekkora nyomással hat a talajra a gépalap! A nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s^2 .

Adatok:

$$m = 1,5 \text{ t} = 1500 \text{ kg}$$

a gépalap méretei: $1,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$

A gép súlya:

$$G = m \cdot g = 1500 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 15000 \text{ N}$$

Az alapterület:

$$A = a \cdot b = 1,5 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

A gépalap nyomása a talajra:

$$p = \frac{G}{A} = \frac{15000 \text{ N}}{3 \text{ m}^2} = 5000 \text{ Pa}$$

1.5. feladat

Az alábbi táblázatban a szabványos (szokványos) nyomásjelöléseket látjuk. Írja be az "Elnevezés" oszlopba a jelölésekhez tartozó nyomás-elnevezéseket!

Elnevezés	Szokványos jelölés
Abszolút nyomás	ata
Túlnyomás	att
Vákuum	-
Atmoszférikus (légköri) nyomás	atm
Üzemi nyomás	atü

2.1. feladat

Mit nevezünk nyomásnak? Írja le a nyomás definícióját! Fejezze be a mondatot!

Nyomásnak nevezük a felületre merőleges nyomóerő és a nyomott felület hányadosát.

2.2. feladat

A nyomás számítása és mértékegysége

A nyomás számítására alkalmas összefüggés (írja be az alábbi táblázatba a nyomás számítására alkalmas összefüggést, a mértékegységet, valamint az összefüggésben lévő betűk jeleit, megnevezését és mértékegységét!):

$p = \frac{F}{A}$,	Pa	
összefüggés	mértékegység	
ahol: p	a nyomás	
1. betűjel a képletben: F	neve: erő	mértékegysége: N
2. betűjel a képletben: A	neve: felület	mértékegysége: m ²

2.3. feladat

0,1 m átmérőjű talapzatra 12000 N nagyságú erő hat. Számítsa ki a talapzaton ébredő nyomás nagyságát! A nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s².

Adatok:

$$D = 0,1 \text{ m}$$

$$F = 12000 \text{ N.}$$

$$p = \frac{F}{A},$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(0,1 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{12000 \text{ N}}{7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,529 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,529 \text{ MPa}$$

2.4. feladat

Egy 2 m átmérőjű hengeres tartályban 10000 liter vizet tárolunk. Mekkora nyomás terheli a tartály alját? (1 liter víz tömege 1 kg, a nehézségi gyorsulás értéke: 10 m/s². Adja meg a nyomás értékét bar-ban és kPa-ban és MPa-ban is.

Adatok:

$$D = 2 \text{ m}$$

$$m = 10000 \text{ kg}$$

A tartály aljára ható nyomás:

$$p = \frac{F}{A},$$

A tartály keresztmetszete, aljának felülete:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(2 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 3,14 \text{ m}^2$$

A folyadék súlya:

$$G = m \cdot g = 10000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 100000 \text{ N}$$

A tartály aljára ható nyomás:

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

$$p = \frac{F}{A} = \frac{100000 \text{ N}}{3,14 \text{ m}^2} = 31850 \text{ Pa}$$

$$31850 \text{ Pa} = 0,3185 \text{ bar}$$

$$31850 \text{ Pa} = 31,85 \text{ kPa}$$

$$31850 \text{ Pa} = 0,03185 \text{ MPa}$$

2.5. feladat

Egészítse ki az alábbi mondatot!

Gázok és folyadékok nyomásának mértékegységeként a Pa mellett használjuk a **bar** mértékegységet.

2.6. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be a cellákba az átszámítási összefüggéseket! Mintaképpen a bar és Pa kapcsolatot beírtuk.

	Pa	bar	MPa
Pa	1	10^{-5}	10^{-6}
bar	10^5	1	0,1 (10^{-1})
MPa	10^5	10	1

2.7. feladat

Az alábbi táblázatban a szabványos (szokványos) nyomás-elnevezéseket látjuk. Írja be a "Szokványos jelölés" oszlopba az elnevezésekhez tartozó jelöléseket!

Elnevezés	Szokványos jelölés
Abszolút nyomás	ata
Túlnyomás	att
Vákuum	-
Atmoszférikus (légköri) nyomás	atm
Üzemi nyomás	atü

2.8. feladat

Mit nevezünk túlnyomásnak? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Túlnyomásnak nevezük azt a nyomást, amelynél a nyomásskála 0 pontja a légköri nyomás.

2.9. feladat

Mit nevezünk vákuumnak? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Vákuumnak nevezük azt a nyomást, amely a légkörinél kisebb nyomás.

3.1. feladat

Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomásértékeket tartalmaz az alábbi táblázat. Írja be a táblázatba az értékeket bar-ban, kPa-ban és MPa-ban!

leolvasott nyomásérték: p, bar	p, Pa	p, kPa	p, MPa
0,1	10 000	10	0,01
0,135	13 500	13,5	0,0135
0,25	25 000	25	0,025
0,35	35 000	35	0,035
0,26	26 000	26	0,026
1	100 000	100	0,1
1,35	135 000	135	0,135
2,6	260 000	260	0,26
5,25	525 000	525	0,525
10,25	1 025 000	1025	1,025

4.1. feladat

Egy vizet szállító centrifugálszivattyú nyomóágába épített Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomás értéke: $p = 0,5$ bar. Számítsa ki a szivattyú manometrikus szállítómagasságát! (A víz sűrűsége 1000 kg/m^3 , a nehézségi gyorsulás értéke 10 m/s^2 .)

Adatok:

$$p = 0,5 \text{ bar} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ J/N(m)}$$

4.2. feladat

Az alábbi táblázatban egy centrifugálszivattyú jelleggörbéjének felvételénél kapott adatok szerepelnek. Számítsa ki a hiányzó adatokat és a számítás alapján szerkessze meg milliméter papíron a szivattyú jelleggörbéjét!

Megoldás

A mérés sor-száma	A Bourdon csöves nyomásmérőről leolvasott nyomásérték	A nyomásérték SI alapegységben	A manometrikus szállítómagasság	A szállított folyadék mennyisége (a rotaméterről leolvasott érték)
	p, bar	p, 10 ⁵ Pa	H, J/N (m)	\dot{V} , m ³ /h
1	0,58	0,58	5,8	0
2	0,55	0,55	5,5	0,25
3	0,51	0,51	5,1	0,5
4	0,47	0,47	4,7	1
5	0,4	0,4	4	1,5
6	0,35	0,35	3,5	2
7	0,22	0,22	2,2	3

A diagram szerkesztése

A (célszerűen A4 méretű) milliméterpapírra koordináta rendszert rajzolunk. A koordinátarendszer függőlege tengelyén a H, szállítómagasságot tüntetjük fel J/N (m) mértékegységben. A léptéket úgy válasszuk meg, hogy a diagram kitöltse az A4-es területet. Jelen esetben álló A4-es lap esetén a lépték: 1 J/N = 4 cm.

A vízszintes tengelyen a szállított folyadék mennyiségét tüntetjük fel. A javasolt lépték: $1 \text{ m}^3/\text{h} = 5 \text{ cm}$.

A diagramba berajzoljuk az összetartozó szállítómagasság–szállított folyadékmennyiség pontokat, és a pontokra ráfejtve megrajzoljuk a jelleggörbét.

5.1. feladat

Ismertesse vázlatrajz alapján a csőrugós (Bourdon csöves) nyomásmérő működését!

Megoldás

Az 1. ábra és a hozzá tartozó a Bourdon csöves nyomásmérő szerkezetét és működését leíró szöveg alapján. Az ábra vázlatát saját maga is elkészítheti.

5.2. feladat

Ismertesse vázlatrajz alapján a centrifugálszivattyú működését!

Megoldás

A 2. ábra és a hozzá tartozó a Bourdon csöves nyomásmérő szerkezetét és működését leíró szöveg alapján. Az ábra vázlatát saját maga is elkészítheti.

5.3. feladat

Milyen energiaátalakulás megy végbe egy centrifugálszivattyúban? Egészítse ki az alábbi megfogalmazást!

Megoldás

A centrifugálszivattyúnál a forgómozgás révén bevitt energia először **sebességi (mozgási)** energiává, majd a csigaházban **nyomási** energiává alakul.

5.4. feladat

Rajzoljon le egy centrifugálszivattyú jelleggörbét és válaszoljon a következő kérdésekre!

- A szivattyúnak milyen adatait tüntetjük fel a diagram vízszintes és függőleges tengelyén?
- Mit nevezünk manometrikus szállítómagasságnak?
- Rajzoljon be a szivattyú jelleggörbére egy összetartozó adatpárt! Értelmezze a szivattyú jelleggörbéjének egy pontját!

Megoldás

A jelleggörbe a 4. ábrának megfelelő vázlatrajz.

NYOMÁSMÉRÉS BOURDON CSÖVES NYOMÁSMÉRŐVEL

a) A diagram függőleges tengelyén a **manometrikus szállítómagasságot**, a vízszintes tengelyén a **szállított folyadék mennyiségét** tüntetjük fel.

b)

A manometrikus szállítómagasság a szivattyú által a folyadék egységnyi mennyiségével közölt energia.

c) Az összetartozó adatpár: a szivattyú a bejelölt szállított folyadékmennyiség egységnyi mennyiségével a jelleggörbéről leolvasható fajlagos energiát közli (lásd 4. ábra).

5.5. feladat

Egy centrifugálszivattyú nyomóágába beépített Bourdon csöves nyomásmérő 1,25 bar nyomást mutat. Számítsa ki a manometrikus szállítómagasság értékét!

Megoldás

Adatok:

$$p = 1,25 \text{ bar} = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{1,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 12,5 \text{ J/N(m)}$$

5.6. feladat

Hogyan kell leolvasni a rotamétert? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Megoldás

A rotaméterrel mért érték úgy határozható meg, hogy leolvassuk a **rotaméter-úszó felső élénél lévő skálaértéket**.

A(z) 2699–06 modul 003–as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 544 02 0010 54 01	Fluidumkitermelő technikus
54 544 02 0010 54 02	Gázipari technikus
54 544 02 0010 54 03	Megújulóenergia-gazdálkodási technikus
54 544 02 0010 54 04	Mélyfúró technikus
54 544 02 0100 31 01	Cső-távvezeték üzemeltető (olaj, gáz)
54 544 02 0100 31 02	Fluidumkitermelő
54 544 02 0100 31 03	Mélyfúró

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

10 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató