**Mechanika kvapalín a plynov**

V kvapalinách sa môžu jednotlivé molekuly príp. atómy navzájom posúvať, takže **tvar kvapaliny je určený tvarom nádoby, v ktorej sa kvapalina nachádza. Voľný povrch kvapaliny tvorí vodorovnú rovinu.**

V plynoch nepôsobia medzi jednotlivými molekulami (atómami) žiadne väzbové sily. Molekuly sú v neustálom pohybe. Keď sa navzájom zrazia alebo dopadnú na stenu nádoby, dôjde k okamžitému vzájomnému pôsobeniu a pružnému odrazu. V dôsledku toho sa častice plynu pohybujú po nepravidelných dráhach. **Molekula plynu vykoná za sekundu za normálnych podmienok vo vzduchu približne 1010 zrážok a stredná voľná dráha medzi dvoma zrážkami je 10-8 m.** S klesajúcim tlakom klesá lineárne koncentrácia molekúl, počet zrážok lineárne klesá a stredná voľná dráha lineárne rastie.

**Tlak je definovaný ako sila pôsobiaca na jednotku plochy.** $p=F÷S$

**Jednotkou tlaku je pascal**, čo je sila 1N pôsobiaca na plochu 1 m2. Niekedy sa používa jednotka **1 bar = 105 Pa**. Staršími jednotkami, ktoré sa ešte niekedy používajú sú 1 torr = 133,322 Pa a **1 atmosféra = 760 torr = 101 325 Pa.**

Aplikácia šírenia tlaku v kvapalinách: *hydraulický lis*.

**Pri práci s hydraulickým lisom sa neušetrí žiadna práca (energia).** Práca vynaložená na menší piest je rovnaká ako práca vykonaná väčším piestom – koľkokrát je sila F2 väčšia ako F1, toľkokrát musí byť dráha menšieho piestu väčšia ako dráha (zdvih) väčšieho piestu. **Hydraulické lisy sa používajú na zdvíhanie ťažkých bremien, ohýbaniu a lisovaniu kovov, pri razení mincí, lisovaní oleja z rastlín, hydraulických brzdách. Princíp hydraulického lisu sa využíva v hydraulickom ovládaní rôznych strojov a zariadení.**

*Hydrostatický tlak* **je spôsobený gravitáciou**. Pre kvapalinu s voľným vodorovným povrchom platí, že na každú vodorovnú vnútornú rovinu pôsobí tlak kvapalinového stĺpca nad ním. **Tento tlak je v určitej hĺbke vo všetkých smeroch rovnaký a rastie s hĺbkou h.** Je úmerný hustote kvapaliny a gravitačnému zrýchleniu. **Ph = h∙ƍ∙g** Rast tlaku vo vode je približne 104 Pa na 1 m hĺbky.

**Stlačiteľnosť kvapalín.**  Kvapaliny je možné trochu stlačiť len pomocou veľkých tlakov, majú len nepatrnú objemovú stlačiteľnosť. Pod stlačiteľnosťou rozumieme pomer relatívnej zmeny objemu k aplikovanej zmene tlaku. Stlačiteľnosť závisí aj od teploty. **U väčšiny kvapalín môžeme stlačiteľnosť prakticky zanedbať a považovať ich za nestlačiteľné.** To je dôležitý predpoklad pri práci s hydraulickým zariadením. **Podstatným rozdielom medzi kvapalinami a plynmi je to, že plyny** ( v dôsledku veľkých stredných vzdialeností molekúl v nich) **sú stlačiteľné, t.j. pôsobením tlaku menia svoj objem.**

**Spojité nádoby:** homogénna kvapalina umiestnená do nádob rôzneho tvaru a navzájom spojených (spojitých nádob) zaujíma všade rovnakú výšku (sifón u výlevky, hadicová vodováha). Výšky dvoch kvapalín s rôznymi hustotami ƍ1 a ƍ2 sa nastaví tak, aby sa v strede trubice tlaky vyrovnali.

**Tlak vzduchu (atmosférický tlak):** celý povrch Zeme je obklopený vzduchom – atmosférou. Na každé teleso obklopené vzduchom pôsobí statický tlak vyvolaný tiažovou silou horných vrstiev – tlak vzduchu (atmosférický tlak). Tento tlak klesá s výškou nad zemou, pretože nad vyššie položenými miestami je hrúbka vrstvy vzduchu a jeho hustota menšia. V určitej výške je atmosférický tlak vo všetkých smeroch rovnaký. Na hladine mora je stredný atmosférický tlak 1,013 bar = 1013 hPa (hektopascalov). Otto von Guericke (1602-1686) demonštroval sily vyvolané atmosférickým tlakom vo svojom slávnom pokuse s Magdeburskými pologuľami. Dve duté pologule boli navzájom spojené dobre utesnenými plochami a z priestoru medzi nimi bol vyčerpaný vzduch. Spojené pologule nemohlo od seba odtrhnúť ani osem koní ťahajúcich na každej strane.

**Prístroje** slúžiace k meraniu tlaku vo všeobecnosti nazývame manometre a prístroje **určené** **k meraniu atmosférického tlaku barometre**. Iným typom barometra je kovový barometer aneroid.

**Archimedov zákon: Teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované vztlakovou hydrostatickou silou, ktorej veľkosť sa rovná tiaži kvapaliny s rovnakým objemom, ako je objem ponorenej časti telesa.** Archimedes bol starogrécky matematik a mechanik. Dôsledkom Archimedovho zákona je i správanie telies v kvapaline. Môžu nastať tri prípady:

1. Pre FG $>F$vz je ƍ1 $>ƍ$2, teleso v kvapaline klesá ku dnu.
2. Keď FG $=F$vz je ƍ1 $=ƍ$2, celkom ponorené teleso sa v kvapaline vznáša.
3. Keď FG $<F$vz je ƍ1 $<ƍ$2, teleso celkom ponorené do kvapaliny stúpa a čiastočne sa vynorí nad hladinu.

Ryba plávajúca vo vode musí dosiahnuť, aby sa priemerná hustota jej tela rovnala hustote vody. Keď chce stúpať, musí sa jej hustota zmenšiť. Ryby majú v tele mechúr, ktorý môžu napĺňať vzduchom, a tým meniť priemernú hustotu svojho tela. S viac naplneným mechúrom ryba stúpa, s vyprázdneným klesá.

V ponorke, ktorá má stúpať, sa pomocou stlačeného vzduchu vypudí voda z k tomu určených nádrží, čím sa zníži stredná hustota ponorky pod hustotu vody.

**Vztlak v plynoch:** je dôsledkom statického tlaku vrstvy tekutiny, uplatňuje sa i v plynoch. Existuje teda aj v zemskej atmosfére. Vzorec na jeho výpočet je úplne rovnaký ako u kvapalín:

Kde ƍ je hustota plynu a V je objem telesa.

**Dynamika kvapalín a plynov: pohyby** **kvapalín a plynov nazývame prúdením**. Príčinou prúdenia sú rozdiely tlaku vznikajúce v dôsledku rôznych vplyvov. **Ak je medzi dvoma miestami v plyne alebo kvapaline rozdiel tlaku, vzniká prúdenie v smere od miesta vyššieho tlaku k miestu s nižším tlakom.** Každá častica prúdiacej látky má rýchlosť s určitým smerom a veľkosťou. Celá oblasť prúdiacej látky tvorí **pole prúdenia**. Smer rýchlosti je znázorňovaný prúdočiarami. Ak si zachovávajú v čase svoj tvar, hovoríme o prúdení **stacionárnom**. Ak svoj tvar menia je prúdenie **nestacionárne.** Pokým sa v kvapaline nevyskytujú víry a sily vnútorného trenia, hovoríme o kvapaline ideálnej a o ideálnom prúdení. Také kvapaliny v skutočnosti neexistujú. Vnútorné trenie sa prejavuje ako sily brzdiace vzájomný pohyb jednotlivých častí kvapaliny.

**Odpor telies pri prúdení:** ak je nejaké teleso umiestnené do kvapaliny (plynu) prúdiacej rýchlosťou *v* alebo sa pohybuje samo v nehybnej kvapaline (plyne) touto rýchlosťou *v* , pôsobí na ne sila *F*, ktorá je úmerná hustote kvapaliny ƍ, druhej mocnine rýchlosti *v* a veľkosti prierezu *A*, vystaveného pôsobeniu prúdu. Konštanta úmernosti *c* je bezrozmerná a nazýva sa súčiniteľ odporu telesa. Závisí od jeho tvaru, najmenšia – asi 0,03 – pre telesá tzv. prúdnicového alebo aerodynamického tvaru, čomu sa prispôsobujú tvary trupu lietadiel, rýchlych vlakov a áut.

**Výtoková rýchlosť *v*** kvapaliny z otvoru v nádobe závisí iba na výške stĺpca kvapaliny ***h*** nad otvorom. Ak má byť stála, je nutné, aby sa hladina kvapaliny v nádobe nemenila. Vzťah pre ***v*** môžeme odvodiť zo zákona zachovania energie:

**Rovnica kontinuity vyjadruje zákon zachovania hmotnosti.**

Za podmienky nestlačiteľnosti kvapaliny platí, že súčin prierezu trubice v určitom mieste a rýchlosti prúdenia v tomto mieste je konštantný. Prúdenie v miestach veľkého prierezu je teda pomalšie, v miestach s malým prierezom väčšie.

**Bernoulliho rovnica je vyjadrením jedného z prípadov zachovania mechanickej energie.** Celkový tlak v prúdiacej kvapaline sa skladá z dvoch zložiek, z tlaku statického a dynamického. V prúde musí byť splnený zákon zachovania mechanickej energie, t.j. súčet energie potenciálnej a kinetickej musí byť konštantné: **Ep + Ek = konst.**

Tlaková potenciálna energia prúdiacej kvapaliny je dôsledkom tlaku pôsobiaceho tlaku pôsobiaceho v kvapaline. Určíme ju ako prácu **W**, ktorú vykoná tlaková sila **F**, ak sa posunie v potrubí s prierezom **S**o dĺžku **s** (kde **V** je objem)**:**

Kinetická energia súvisí s dynamickým tlakom pôsobiacim na plochy kolmé k smeru prúdenia:

S rýchlosťou prúdenia rastie dynamický tlak, zvyšuje sa kinetická energia prúdiacej kvapaliny a klesá statický tlak v dôsledku znižovania potenciálnej energie. V stojacej kvapaline je dynamický tlak rovný nule a celkový tlak sa rovná tlaku statickému, t. j. v tomto prípade tlaku hydrostatickému.

Technická aplikácia Bernoulliho rovnice: Vodná výveva: pomocou vodnej vývevy je možné získať znížený tlak asi na 13 – 20 hPa. Je pripojená k vodovodnému kohútiku. Je to trubica, ktorou prúdi voda, v otvore v stene trubice vzniká záporný tlak, takže vzduch preniká do prúdu vody a je ním unášaný – vzniká vtedy odsávací efekt.

**Laminárne prúdenie:** v skutočnosti neexistuje žiadna kvapalina, u ktorej by bolo trenie rovné nule. Prúdenie kvapaliny, ktorá síce má vnútorné trenie, ale v ktorej nevznikajú žiadne víri, sa nazýva laminárne. Vnútorné trenie rastie s veľkosťou dotýkajúcich sa plôch a s rýchlosťou pohybu. Je charakterizovaný koeficientom vnútorného trenia alebo viskozitou. Toto prúdenie môže existovať iba do určitej kritickej rýchlosti, ak ju prekročí, dochádza k vzniku vírov. Táto medzná rýchlosť závisí od hustoty kvapaliny, jej viskozity a od geometrických veličín (priemer trubice, veľkosť a tvar pohybujúceho sa telesa). Ak znázorňujeme rýchlosti jednotlivých vrstiev kvapaliny ako vektory, tak potom je rozloženie rýchlosti parabolické.

**Turbulentné prúdenie:** pri prekročení určitej, tzv. kritickej rýchlosti prechádza prúdenie z laminárneho na turbulentné. To sa vyznačuje existenciou vírov, v ktorých pôsobia sily proti smeru pohybu kvapaliny. To platí pri prietoku kvapaliny (plynu) potrubím aj pri obtekaní nejakého telesa v prúde kvapaliny (plynu). Sily pôsobiace v okolí obtekaného telesa sú výsledkom rozdielu tlaku pred a za telesom a síl trenia pri jeho povrchu. Víri vznikajú tiež v prípade, že kvapalina obteká s veľkou rýchlosťou nejakú prekážku.

**Štruktúra a vlastnosti kvapalín:** štruktúra kvapalín je podobná štruktúre amorfných látok. Každá molekula kmitá okolo svojej rovnovážnej polohy za čas asi 1ns a potom zaujíma novú rovnovážnu polohu. Stredné vzdialenosti molekúl sú rádovo asi 0,1 nm, preto molekuly na seba navzájom pôsobia veľkými príťažlivými silami. Tieto sily sa prejavujú predovšetkým v povrchovej vrstve kvapaliny. Na každú molekuly, ktorá leží v povrchovej vrstve, pôsobia molekuly výslednou príťažlivou silou smerom do vnútra kvapaliny. Povrchová vrstva má **povrchovú energiu E,** pre ktorej zmenu platí: **∆E = ϭ∙∆S**, kde **ϭ** je **povrchové napätie kvapaliny**. Na okraj povrchovej blany pôsobia molekuly kvapaliny **povrchovou silou**, ktorej veľkosť je **F = ϭ∙l**, kde **l** je **dĺžka okraja blany**.

**Pri väčšine kvapalín sa objem so zvyšujúcou teplotou zväčšuje. V = V1∙(1+β∙∆t),** kde β je súčiniteľ teplotnej objemovej rozťažnosti kvapaliny a jej hodnoty sú uvedené v MFCHT. **So zmenou teploty kvapaliny sa mení tiež jej hustota. ƍ = ƍ1∙(1-β∙∆t)** Jednou z výnimiek je voda v teplotnom intervale od 0°C do 3,98°C. V tomto intervale so zvyšujúcou sa teplotou objem vody klesá. Táto vlastnosť vody sa nazýva **anomália vody.**

**Kapilarita:** keď do čistej sklenenej nádoby nalejeme vodu, pozorujeme, že pri stenách nádoby je povrch dutý (lieh v sklenenej nádobe, ortuť v medenej nádobe). Hovoríme, že v týchto prípadoch kvapalina **zmáča** steny nádoby (α$<90°)$. Keď do čistej sklenenej nádoby nalejeme ortuť, je pri stenách povrch kvapaliny vypuklý. V tomto prípade kvapalina steny nádoby **nezmáča** ($∝>90°)$**.** Zakrivenie voľného povrchu kvapaliny spôsobuje skutočnosť, že molekuly kvapaliny, ktoré sú na jej voľnom povrchu a súčasne v blízkosti steny nádoby alebo iného pevného telesa, vzájomne pôsobia nielen medzi sebou, ale aj časticami pevného telesa a plynu nad voľným povrchom kvapaliny. Dôsledkom týchto príťažlivých síl je **povrchové napätie** kvapaliny. Na molekuly vo vnútri kvapaliny pôsobia zo všetkých strán rovnako veľké sily. Na povrchu kvapaliny však sú priťahované silami nesymetricky (iba zdola a nie zhora). Pokiaľ by sme chceli tieto molekuly z povrchu odstrániť, museli by sme vynaložiť určitú prácu na prekonanie týchto príťažlivých síl. Molekuly majú na povrchu tzv. povrchovú energiu. Vplyvom pôsobenia týchto síl sa kvapalina vždy snaží zaujať tvar s minimálnym povrchom. Napr. malá kvapka ortuti má guľový tvar. Keď do širokej nádoby s vodou ponoríme úzku sklenenú rúrku (kapiláru) pozorujeme, že v kapiláre vystúpi voda do istej výšky **h** nad voľnou hladinou v širokej nádobe. Výška stĺpca h je tým väčšia, čím menší je priemer kapiláry. Toto zvýšenie voľnej hladiny kvapaliny v kapiláre sa volá **kapilárna elevácia. Kapilárnu depresiu** možno pozorovať pri všetkých kvapalinách, ktoré nezmáčajú steny kapiláry. **Kapilárna depresia a elevácia sa súhrne volá kapilarita.** Zakrivený dutý povrch kvapaliny v kapiláre pôsobí na kvapalinu silou Ft v smere von z kvapaliny, teda proti hydrostatickej sile Fh. To má za následok, že v kapiláre vystúpi kvapalina do výšky h, pri ktorej je hydrostatický tlak zodpovedajúci stĺpcu h rovnaký ako kapilárny tlak zodpovedajúci zakriveniu povrchu. Kapilárne javy majú veľký význam v praxi. Napríklad voda vystupuje z hĺbky do povrchových vrstiev pôdy a vyparuje sa. Jav sa volá **vzlínavosť.**

**ph  = pk**

**h∙ƍ∙g =** $\frac{2∙ϭ}{R}$

**h =** $\frac{2∙ϭ}{ƍ∙g∙R}$