

charakter. Valenčným kryštálom je napr. diamant. Každý atóm uhlíka je v ňom v strede pravidelného štvorstena, ktorého vrcholy sú tiež obsadené atómami uhlíka, pričom každý uhlíkový atóm je zviazaný so svojimi 4 najbližšími susedmi kovalentnou väzbou. Jeho štruktúra je znázornená na obr. 6.10, na ktorom je vyznačených spolu 18 atómov uhlíka. Z nich 8 je vo vrcholoch kocky, 6 v stredoch jej stien a 4 vnútri.

Kovové kryštály sú v podstate valenčné kryštály. Valenčné sily v nich sú však vytvárané valenčnými elektrónmi chaoticky meniacimi svoje polohy, takže v skutočnosti sú vlastníctvom kryštálu ako celku a nie jednotlivých atómov. V dôsledku toho sa v kove práve tak ako v iónových kryštáloch stráca smerový charakter väzbových síl, takže okolo každého atómu kovu je toľko najbližších susedov, koľko sa ich po jeho obvodě v určitom usporiadaní zmestí. V najtesnejších štruktúrach je každý atóm obklopený až dvanástimi susedmi.

V niektorých kryštáloch sa atómy v dôsledku medzi nimi pôsobiacich, najčastejšie kovalentných väzbových síl grupujú do molekúl a až molekuly ako celky vytvárajú pravidelnú štruktúru. Pritom medzi nimi pôsobia pomerne slabé van der Waalsove sily, ktoré vznikajú ako dôsledok nedokonaléj nábojovej súmernosti molekúl. Takéto kryštály sa nazývajú *molekulové*.

7. HYDROMECHANIKA A AEROMECHANIKA

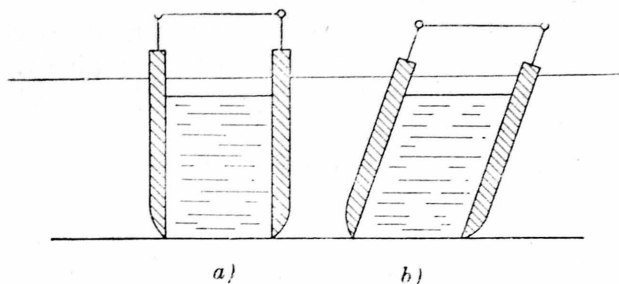
7.1. Všeobecné vlastnosti kvapalín a plynov. Na zmenu objemu alebo tvaru pevného telesa sú potrebné pomerne veľké vonkajšie sily, ktoré pri malých deformáciách sú určené modulmi pružnosti príslušnej látky. O plynoch, ak máme na mysli len tvarovú a objemovú stálosť, môžeme povedať, že sú to látky, ktoré v porovnaní s látkami pevnými majú práve opačné vlastnosti. Každý plyn vyplňuje veľmi dokonale nádobu, v ktorej sa nachádza, a moduly objemovej pružnosti plynov v porovnaní s pevnými látkami sú číselne tiež veľmi malé.

Prechod medzi látkami pevnými a plynými tvoria kvapaliny, ktoré sa — práve tak ako pevné látky — vyznačujú veľkou objemovou stálosťou, avšak — podobne ako plyny — skoro nijakou tvarovou stálosťou. Nedostatok tvarovej stálosti kvapalín aj plynov spôsobuje, že tieto látky môžu tiecť, takže sa dajú prelievať z nádoby do nádoby. Kvapaliny a plyny sa preto označujú aj spoločným názvom ako *tekuté látky*.

Pre priebeh mechanických dejov veľmi významná spoločná vlastnosť kvapalín a plynov, ich tvarová nestálosť, je príčinou, že zákony hydromechaniky a aeromechaniky sú si veľmi podobné, takže by bolo možné zaoberať sa nimi

aj súčasne. Pre určitosť a lepšiu prehľadnosť budeme sa však napriek tomu zaoberať najprv poväčšine len vlastnosťami a pohybom látok kvapalných, t. j. zákonmi hydromechaniky. Keď však pri odvodzovaní zákonov hydromechaniky budeme pripúšťať aj prípadnú značnú stlačiteľnosť, dostaneme vzťahy platné súčasne aj pre látky plynné.

Predstavme si žlab s vodorovným dnom a pravouhlým prierezom, v ktorom sú dve — k stenám žlabu dokonale priliehajúce — prepážky, otáčavé okolo svojich dolných okrajov (obr. 7.1). Horné okraje prepážok nech sú spojené



Obr. 7.1

lankom a v priestore medzi prepážkami nech je nejaká kvapalina. Keďže kvapaliny nemajú tvarovú stálosť, je zrejmé, že na súčasné naklonenie oboch prepážok z pôvodnej zvislej polohy (obr. 7.1a) do polohy šikmej (obr. 7.1b) stačí ľubovoľne malá sila. To značí, že relatívne posunutie

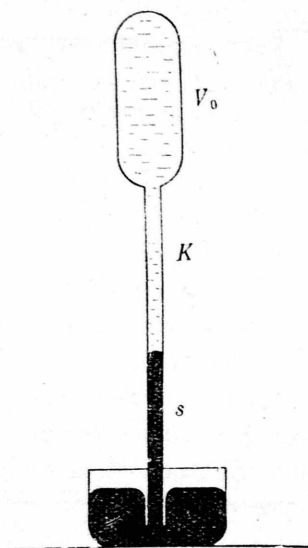
vrstiev kvapaliny nevyžaduje nijakých tangenciálnych napätí. Zo vzorca $\tau = G\gamma$, platného pre takúto deformáciu, potom však (súčasne je $\tau = 0$, $\gamma \neq 0$) vyplýva, že modul pružnosti kvapalín v šmyku G sa rovná nule. Skutočnosť, že kvapaliny nemajú tvarovú stálosť, je teda vyjadrená aj pre plyny platnou rovnicou $G = 0$.

Pri prúde tekutín môžu však susedné vrstvy, pohybujúce sa rozličnou rýchlosťou, pôsobiť na seba aj tangenciálnymi silami, ktoré sa volajú *vnútorné trenie*.

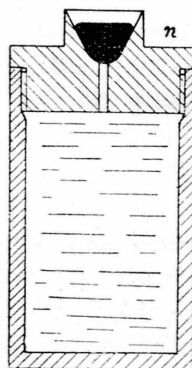
Stlačiteľnosť kvapalín, vyjadrená koeficientom stlačiteľnosti $\kappa = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$ (jeho recipročná hodnota $K = 1/\kappa$ sa volá *modul objemovej pružnosti*), určuje sa pomocou *piezometrov*. Piezometer Oerstedov (obr. 7.2) pozostáva zo sklenej nádoby objemu V_0 , prechádzajúcej v kapiláru K , v ktorej ortuťovým stĺpcom s je uzavretý určitý objem skúmanej kvapaliny. Pri meraní piezometer sa vloží do druhej, hrubostennej nádoby, naplnenej vodou a všestranne uzavretej, kde sa piezometer vystaví potrebnému tlaku. Podľa pozorovaného stúpnutia hladiny ortuti v kapiláre možno určiť zmenšenie objemu $-\Delta V$, spôsobené zväčšením tlaku Δp .

Pohodlnejšie ako s piezometrom Oerstedovým pracuje sa s piezometrom Bridgmanovým (obr. 7.3). Tento piezometer pozostáva z ocelevej nádoby

objemu V_0 , ktorá sa uzatvára vekom n . Vo veku je jamka, ktorá prechádza v úzku zvislú rúrku. Objem V_0 sa naplní skúmanou kvapalinou a pri zaskrutkovaní veka sa nadbytočná kvapalina vytlačí do jamky vo veku. Do jamky sa naleje trochu ortuti, ktorá nepretečie cez úzku kapilárnu trubičku, a tým oddeľí skúmanú kvapalinu vo vnútri piezometra od nadbytočnej kvapaliny. Takto pripravený piezometer sa potom celý vloží do väčšej, hrubostennej nádoby, kde sa vystaví potrebnému tlaku. V dôsledku stlačenia skúmanej kvapaliny sa trochu ortuti vtlačí do piezometra; jej objem sa rovná zmenšeniu objemu $-\Delta V$ skúmanej kvapaliny vyvolanému zväčšením tlaku o hodnotu Δp . Objem ortuti vtlačenej do piezometra sa určí vážením po rozobraní piezometra.



Obr. 7.2



Obr. 7.3

Stlačiteľnosť kvapalín je väčšia ako stlačiteľnosť látok pevných. Ako príklady sú v *tabuľke 7.1* uvedené stlačiteľnosti niekoľkých kvapalín a látok pevných pri laboratórnej teplote.

Tabuľka 7.1

Stlačiteľnosť κ niektorých kvapalín a pevných látok

Látka	κ [cm ² /kp]	Látka	κ [cm ² /kp]
Ortuť	$4 \cdot 10^{-6}$	Olovo	$2,3 \cdot 10^{-6}$
Voda	$49 \cdot 10^{-6}$	Cín	$1,9 \cdot 10^{-6}$
Alkohol	$100 \cdot 10^{-6}$	Meď	$0,7 \cdot 10^{-6}$
Éter	$188 \cdot 10^{-6}$	Železo	$0,6 \cdot 10^{-6}$

Pri veľkých tlakoch je stlačiteľnosť kvapalín menšia. Napríklad stlačiteľnosť vody pri 500 at je 39, pri 1 000 at 33 a pri 2 500 at $9 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{kp}$. S rastúcou teplotou sa stlačiteľnosť kvapalín obyčajne zväčšuje.

Kvapalinu nazývame *ideálnou*, keď okrem všeobecne platnej vlastnosti $G_{\text{f}} = 0$ je aj 1. nestlačiteľná ($\kappa = 0$) a 2. niet v nej vnútorného trenia ($\eta = 0$).

7.2. Základné rovnice hydrostatiky. Pre svoju tvarovú nestálosť kvapalina, ktorá sa nepohybuje, môže účinkovať na stenu nádoby, alebo aj na akúkoľvek hoci len myslenú rovinnú plôšku len kolmou silou. Veľkosť tejto sily prepočítaná na plošnú jednotku sa volá *hydrostatický tlak*. Tvarová nestálosť kvapaliny spôsobuje aj to, že tlak vo zvolenom bode vo vnútri kvapaliny je vo všetkých smeroch rovnaký, inými slovami — ako sa o tom môžeme presvedčiť aj pokusom — sila účinkujúca v kvapaline na plošnú jednotku nezávisí od smeru jej normály. Na elementárnu plôšku s absolútnou hodnotou dS , ktorej sme priradili plošný vektor $d\mathbf{S}$, v mieste, kde tlak v kvapaline je p , zo strany orientácie plôšky účinkuje teda sila $-p d\mathbf{S}$.

Predstavme si, že v kvapaline bez vnútorného trenia je plocha, ktorá je v sebe uzavretá; jej vnútro nech má objem τ . Na kvapalinu, ktorá je v tomto objeme, účinkuje jednak *objemová sila*, napr. jej tiaž, jednak *plošná sila*, tlak okolnej kvapaliny. Keď merná hmotnosť kvapaliny je s , tiaž objemovej jednotky je $s\mathbf{g}$, kde $\mathbf{g}$ je zrýchlenie voľného pádu. Tiaž kvapaliny v objeme τ je teda $\mathbf{F}_1 = \int s\mathbf{g} d\tau$. Za tlaku p vo vnútri kvapaliny na povrchový plošný element dS účinkuje z vonkajšej strany sila $-p d\mathbf{S}$. Na celý objem τ účinkuje teda plošná sila $\mathbf{F}_2 = -\oint p d\mathbf{S}$.

Aby sme mohli upraviť tento plošný integrál pomocou Gaussovej vety, budeme upravovať jeho skalárny súčin s ľubovoľným konštantným vektorom $\mathbf{a}$.

$$\mathbf{a} \cdot \oint p d\mathbf{S} = \oint p \mathbf{a} \cdot d\mathbf{S} = \int \text{div} (p\mathbf{a}) d\tau = \int \nabla \cdot (p\mathbf{a}) d\tau = \int (\text{grad } p) d\tau \cdot \mathbf{a}$$

a teda

$$\mathbf{F}_2 = -\oint p d\mathbf{S} = -\int (\text{grad } p) d\tau$$

Podľa zákonov mechaniky súčet obidvoch síl $\mathbf{F}_1$ a $\mathbf{F}_2$ sa rovná súčinnu hmotnosti kvapaliny v objeme τ a zrýchlenia $\mathbf{a}$ jej ťažiska, teda

$$\int s\mathbf{g} d\tau - \int (\text{grad } p) d\tau = \int s\mathbf{a} d\tau$$

alebo, keďže integračný rozsah bol zvolený ľubovoľne,

$$\mathbf{g} - \frac{1}{s} \text{grad } p = \mathbf{a} \quad (1)$$