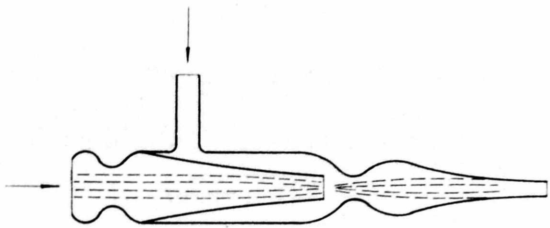
šom vyhotovení *(obr. 7.11)*. Jej skutočná konštrukcia je znázornená na *obr. 7.12*. Pomocou vodnej vývevy možno znížiť tlak v evakuovanej nádobe až na hodnotu zodpovedajúcu niekoľko cm vodného stĺpca.



Obr. 7.12

Torricelliho vzorec (4) možno odvodiť aj pomocou zákona o zachovaní energie, a to takto: Cez prierez q za čas dt pri výtokovej rýchlosti v vytečie kvapalina hmotnosti $sqv\,dt$; jej kinetická energia je $\frac{1}{2}sqv^3\,dt$. Podľa zákona o zachovaní energie táto energia sa prakticky rovná zmenšeniu len polohovej energie kvapaliny v nádobe, zapríčinenému poklesom jej hladiny, teda $sghq_0v_0\,dt = sghqv\,dt$. Porovnaním dostávame hneď $v = \sqrt{2gh}$.

Podľa tohto vzorca výtoková rýchlosť kvapaliny z nádoby nezávisí od jej meranej hmotnosti, ani od veľkosti otvoru. Objem kvapaliny V, ktorý pretečie za čas t otvorom s prierezom q, by mal byť: $V = qvt = qt\sqrt{2gh}$. V skutočnosti však býva menší, pretože častice tekutiny prúdiace pozdĺž steny, v ktorej je otvor, nemôžu náhle zmeniť smer svojho pohybu a zapríčiňujú zúženie vytekajúceho lúča. Pokusne sa zistilo, že lúč kvapaliny vytekajúci z kruhového otvoru v tenkej stene sa zužuje na 62 % výtokového otvoru.

7.5. Pitotova a Venturiho trubica. Pitotova aj Venturiho trubice slúžia na meranie rýchlostí prúdenia tekutín v potrubiach a obidve sú založené na Bernoulliho rovnici.

Predstavme si, že do vodorovného potrubia, ktorým prúdi kvapalina rýchlosťou $\mathbf{v}$, v dostatočne veľkej vzájomnej vzdialenosti od seba sú vložené dve rúrky tvaru a spôsobom, ako je to znázornené na *obr. 7.13*. Prvá z nich sa volá *Pitotova trubica*. Podľa Bernoulliho rovnice v bodoch A_1 a A_2 hodnota dvojčlena $p + \frac{1}{2}sv^2$ je rovnako veľká. Nech je p_1 tlak v bode A_1, a p_2 tlak v bode A_2. Pretože sa v priereze dopredu ohnutého konca Pitotovej trubice rýchlosť prúdenia kvapaliny rovná nule, tlaky p_1 a p_2, udávané (až na adívnu konštantu) výškami hladín v obidvoch trubiciach h_1 a h_2, splňujú rovnicu

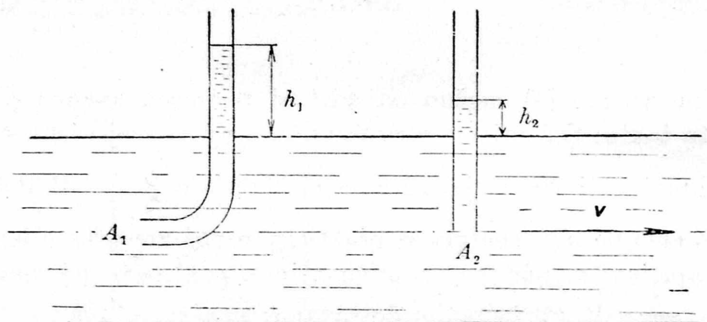
$$p_1 = p_2 + \frac{1}{2} s v^2$$

takže je správna aj rovnica

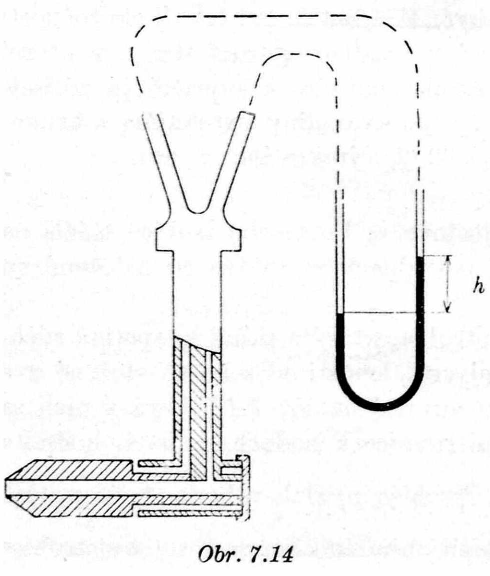
$$sgh_1 - sgh_2 = \frac{1}{2} s v^2$$

podľa ktorej rýchlosť prúdenia kvapaliny v potrubí je:

$$v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \tag{1}$$



Obr. 7.13



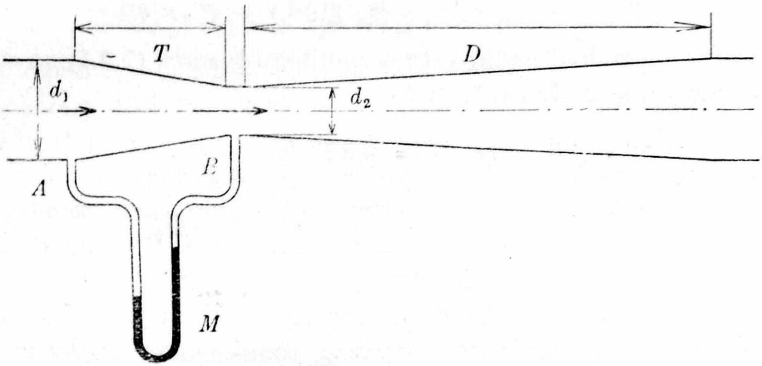
Obr. 7.14

Vhodnou praktickou úpravou Pitotovej tlakomernej trubice pre meranie rýchlostí plynov je *Prandtlova trubica (obr. 7.14)*, ktorá sa pri meraní spojuje s kvapalinovým diferenciálnym manometrom.

Na meranie rýchlostí prúdenia kvapalín aj plynov v potrubiach slúži *Venturiho trubica (obr. 7.15)*. Je to trubica T, ktorá sa v smere pohybu kvapaliny alebo plynu v potrubí zužuje z pôvodného priemeru potrubia d_1 na priemer d_2, rovnajúci sa polovici až tretine d_1. K trubici T sa pripojuje druhá trubica D (difúzor), mierne sa rozširujúca na pôvodný priemer d_1. K začiatku A a koncu

B trubice T sú pripojené ramená manometra M, ktorý polohou svojich hladín vyjadruje rozdiel tlakov v bodoch A a B. Podľa Bernoulliho rovnice tento rozdiel je

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} s(v_2^2 - v_1^2)$$



Obr. 7.15

Podľa vety o spojitosti rýchlosti v_1 a v_2 splňujú aj rovnicu

$$\frac{1}{4} \pi d_1^2 v_1 = \frac{1}{4} \pi d_2^2 v_2$$

Riešením obidvoch rovníc dostávame, že napríklad

$$v_1 = d_2^2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{s(d_1^4 - d_2^4)}} \tag{2}$$

7.6. Veta o hybnosti pri ustálenom prúdení kvapalín. Podľa prvej vety impulzovej súčet všetkých vonkajších síl pôsobiacich na teleso sa rovná derivácii jeho hybnosti podľa času. Objemový element $d\tau$ kvapaliny s mernou hmotnosťou s nech sa v čase t pohybuje rýchlosťou $\mathbf{v}$. Hybnosť hmotnosti $s\, d\tau$ v čase t je potom $s\mathbf{v}\, d\tau$. Aj pri náhodilom pohybe stlačiteľnej kvapaliny v čase $t' = t + dt$ bude hybnosť toho istého objemového elementu $s'\mathbf{v}'\, (d\tau)' = s(\mathbf{v} + d\mathbf{v})\, d\tau$, lebo podľa zákona o zachovaní hmotnosti súčin $s\, d\tau$ ostáva nezmenený. Zmena hybnosti objemového elementu za čas dt je preto len $s\, d\mathbf{v}\, d\tau = s\left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} dt + d\mathbf{r} \,.\, \mathrm{grad}\, \mathbf{v}\right) d\tau = s\left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \,.\, \mathrm{grad}\, \mathbf{v}\right) dt\, d\tau$ a zmena hybnosti ľubovoľného množstva kvapaliny

$$d\mathbf{H} = \int s \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \,.\, \mathrm{grad}\, \mathbf{v}\right) dt\, d\tau$$