

3.2. PRZYRZĄDY POMIAROWE

Przy rozwiązywaniu zadań z przepływów płynów mamy do dyspozycji dwa równania Bernoulliego i ciągłości. Niewiadomych parametrów występujących w tych równaniach może być cztery, a mianowicie: dwie prędkości i dwa ciśnienia. Brakujące parametry musimy określić doświadczalnie, np. za pomocą rurek ciśnieniowych podłączonych do manometrów.

Rurka Pitota. Schemat rurki przedstawiono na rys. 3.3. Na wlocie do rurki (przez $\bar{I}-I$) ustala się ciśnienie spiętrzenia (całkowite) składające się z ciśnienia dynamicznego i statycznego:

$$p_c = p_d + p_{st}$$

Chcąc z tego wzoru obliczyć ciśnienie dynamiczne, potrzebne do znalezienia prędkości, musimy znać dodatkowo wartość ciśnienia statycznego p_{st} .

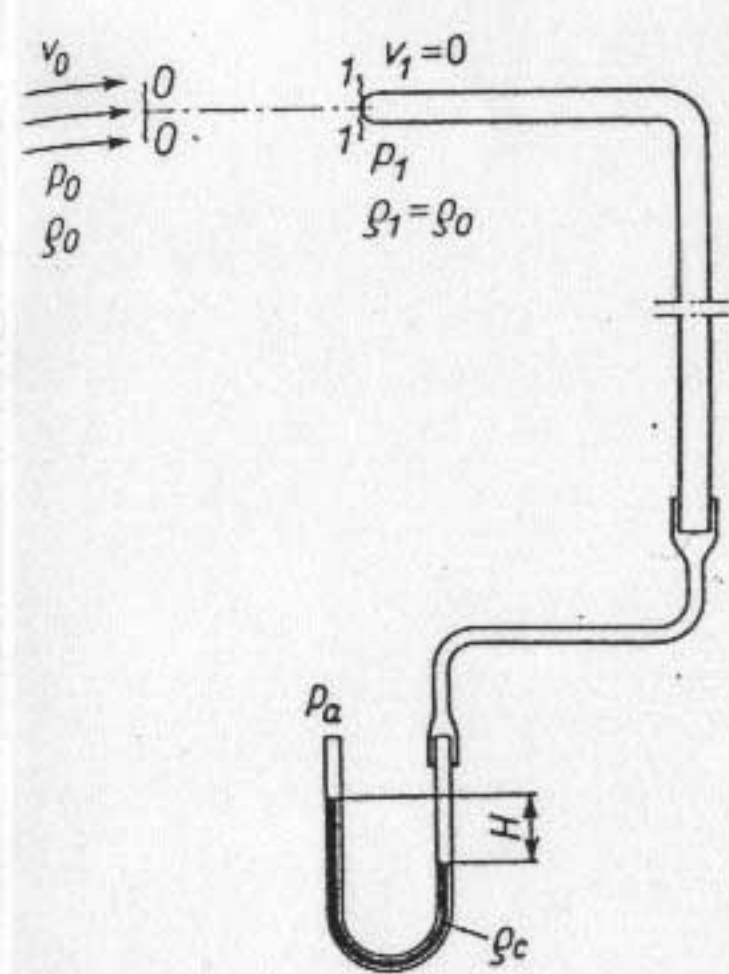
Z równania Bernoulliego, ułożonego dla przekrojów $0-0$ i $1-1$, prędkość niezakłóconego przepływu v_0 (prędkość $v_1 = 0$) będzie:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{\rho_0} (p_1 - p_0)}$$

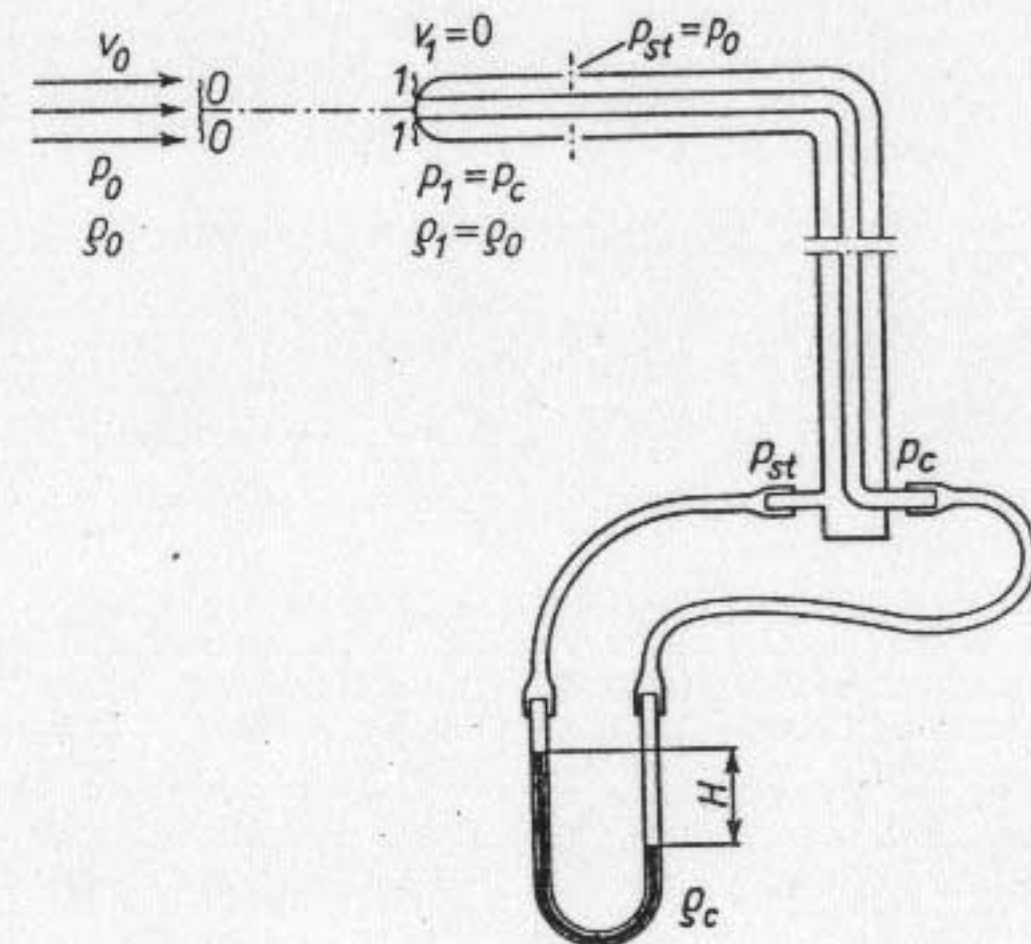
Przy pomiarze prędkości powietrza, gdy ciśnienie p_0 równa się ciśnieniu atmosferycznemu p_a , różnica ciśnień $p_1 - p_0 = p_1 - p_a = h\rho_c g$ i wtedy wzór na prędkość będzie

$$v_0 = \sqrt{2gh \frac{\rho_c}{\rho_0}}$$

Rurka Prandtla. Schemat rurki przedstawiono na rys. 3.4. Rurką Prandtla możemy mierzyć ciśnienie spiętrzenia, ciśnienie statyczne lub różnicę dwóch pierwszych, a także ciśnienie dynamiczne. Podłączony manometr wskazuje tę różnicę.



Rys. 3.3.



Rys. 3.4.

Zrównania Bernoulliego dla przekrojów $0-0$ i $1-1$ prędkość v_0 (dla $v_1 = 0$) będzie się równać

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{\rho_0} (p_1 - p_0)}$$

gdzie $p_1 - p_0 = hg(\rho_c - \rho_0)$.

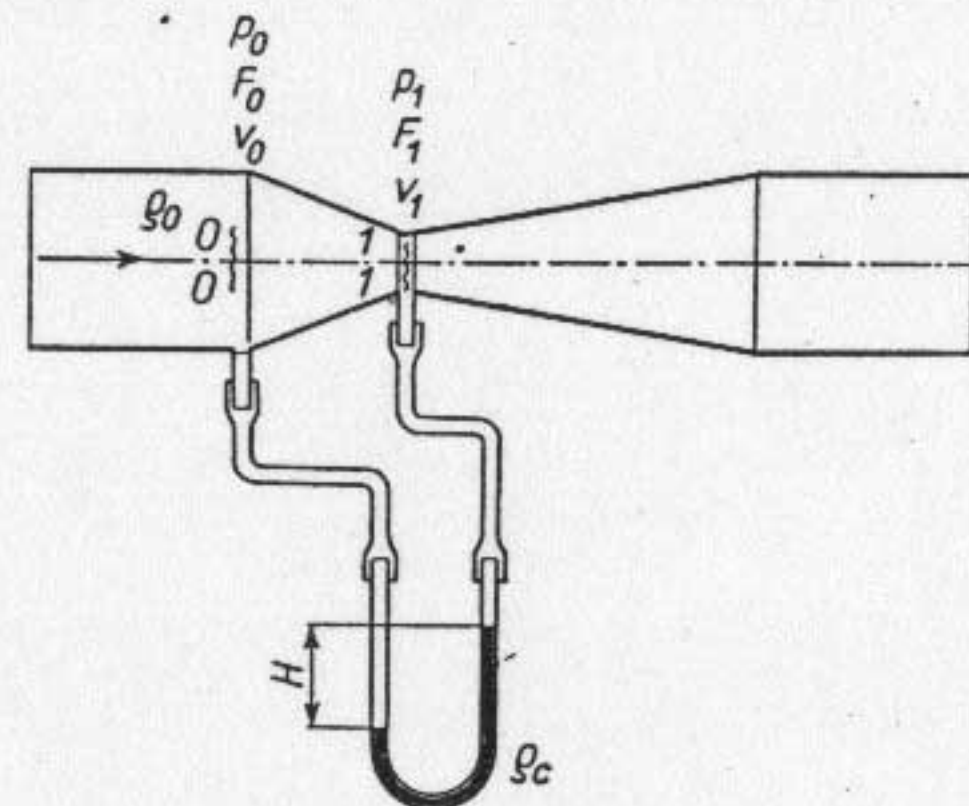
Przy użyciu manometru wodnego do pomiaru prędkości powietrza w warunkach normalnych ($\rho_w = 1,25 \text{ kg/m}^3$) wzór na prędkość będzie następujący:

$$v_0 = 4\sqrt{h} \text{ m/s,}$$

gdzie h w mm słupa wody,

Zwężka Venturiego. Schemat zwężki przedstawiony jest na rys. 3.5. Dla obliczenia prędkości v_0 układamy dla przekrojów $0-0$ i $1-1$ równanie Bernoulliego (dla $z = \text{const}$)

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\rho_0 g} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho_0 g}$$



Rys. 3.5.

i równanie ciągłości

$$F_1 v_1 = F_2 v_2$$

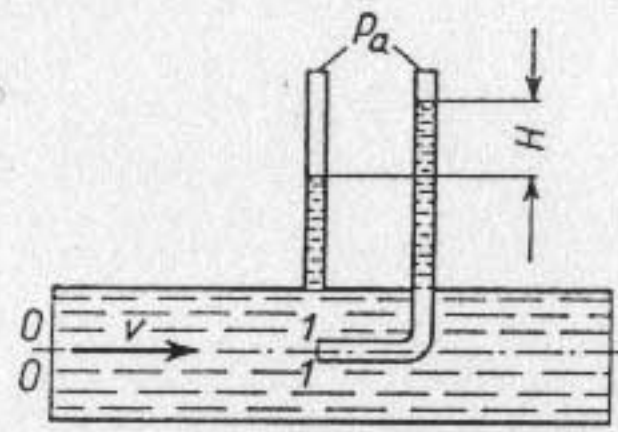
Z tych dwóch równań znajdziemy prędkość

$$v_0 = \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_0 [(F_0/F_1)^2 - 1]}}$$

gdzie $p_0 - p_1 = hg(\rho_c - \rho_0)$.

ZADANIA

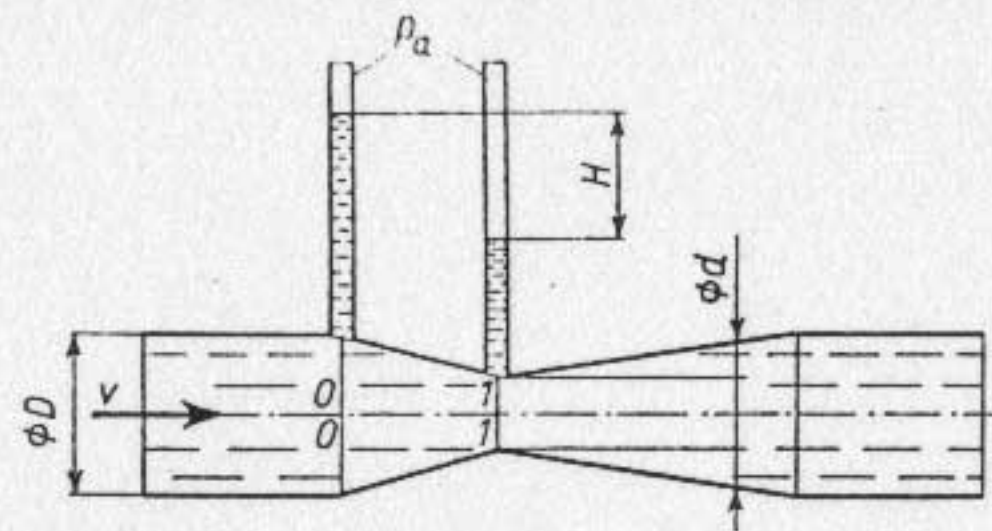
3.2.1. Znaleźć prędkość przepływu v wody w rurze, jeśli różnica wysokości ciśnienia całkowitego, zmierzonego rurką Pitota i statycznego wynosi $H = 500 \text{ mmH}_2\text{O}$.



Rys. do zad. 3.2.1.

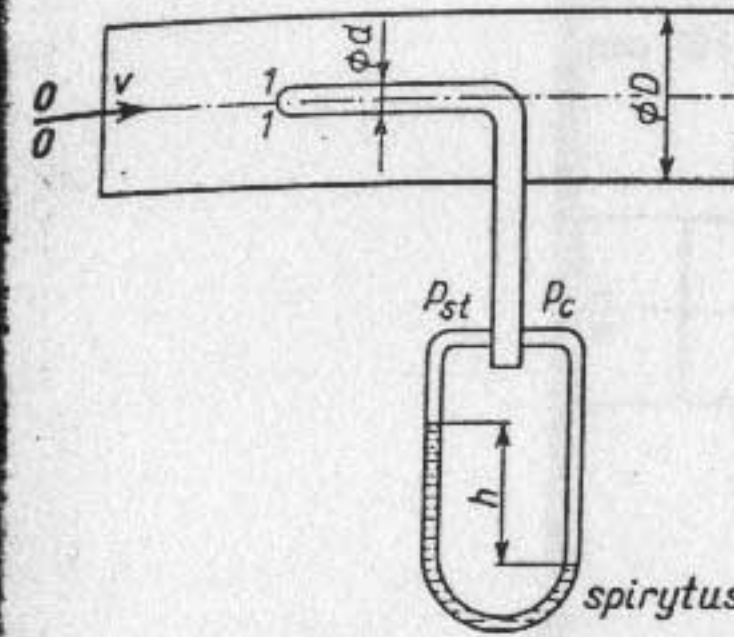
3.2.2. Na osi pionowego przewodu o średnicy $D = 200 \text{ mm}$ zmierzono rurką Pitota ciśnienie całkowite. W tym samym przekroju drugą rurką zmierzono ciśnienie statyczne. Obliczyć wydatek wody płynącej przez przewód, jeśli poziom ciecchy w rurce mierzącej ciśnienie całkowite znajduje się na wysokości $H = 300 \text{ mm}$ powyżej obranego przekroju a poziom wody w rurce mierzącej ciśnienie statyczne $H_1 = 200 \text{ mm}$ poniżej danego przekroju.

3.2.3. Określić wydatek Q_v wody za pomocą zwężki Venturiego o wymiarach $D = 100 \text{ mm}$, $d = 50 \text{ mm}$ wstawionej do poziomego przewodu, którym płynie woda, jeśli różnica wskazań ciśnień na wlocie do zwężki i w przewężeniu wynosi $H = 50 \text{ mm}$.

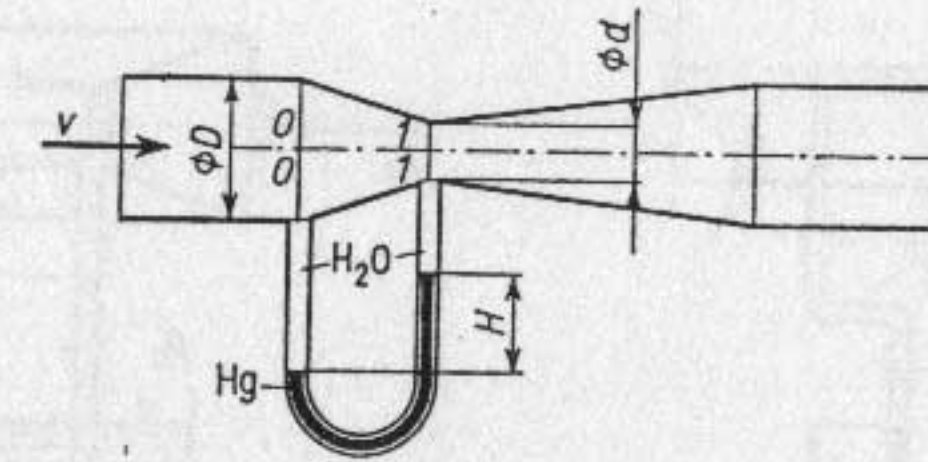


Rys. do zad. 3.2.3.

3.2.4. W celu zmierzenia prędkości przepływających przez przewód spalin wstawiono do niego rurkę Prandtla i podłączono ją do manometru spirytusowego. Różnica poziomów wynosiła $h = 5 \text{ mm}$. Temperatura spalin $t = 400^\circ\text{C}$. Gęstość spalin w warunkach normalnych $\rho_0 = 1,29 \text{ kg/m}^3$. (Średnica d rurki Prandtla jest dużo mniejsza od średnicy przewodu D).



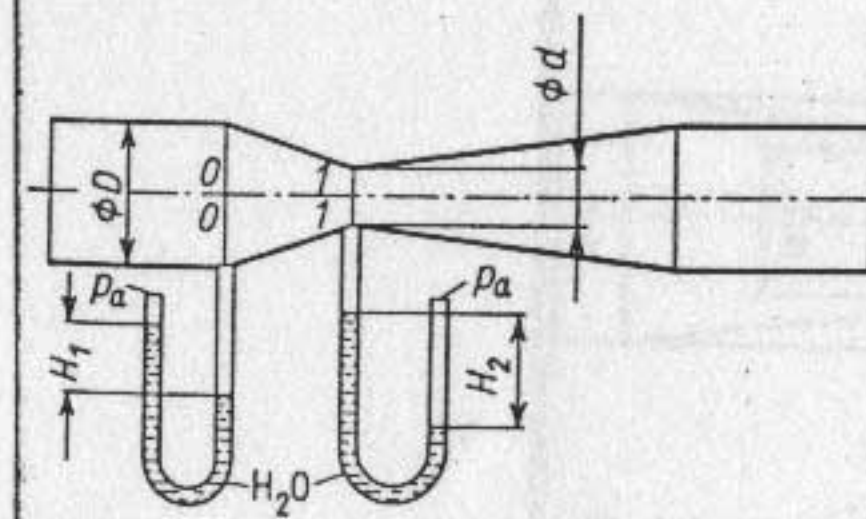
Rys. do zad. 3.2.4.



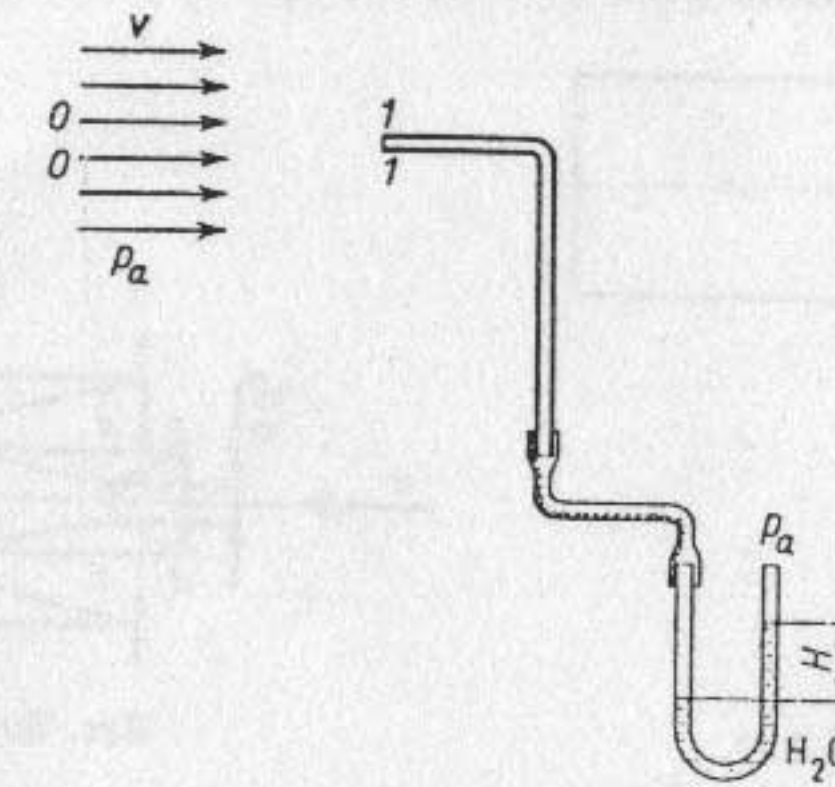
Rys. do zad. 3.2.5.

3.2.5. W przewód o średnicy $D = 100 \text{ mm}$ wstawiono zwężkę Venturiego. Do zwężki podłączono manometr rtęciowy. Obliczyć wydatek wody przepływającej przez przewód, jeśli różnica poziomów rtęci w manometrze $H = 200 \text{ mm}$. Nad rtęcią w jednym i drugim ramieniu znajduje się woda. Średnica przewężenia zwężki $d = 50 \text{ mm}$.

3.2.6. Do przewodu, przez który przepływa powietrze, wbudowano zwężkę Venturiego. Do zwężki podłączono dwa manometry wodne. Obliczyć wydatek powietrza, jeśli $H_1 = 200 \text{ mmH}_2\text{O}$, a $H_2 = 100 \text{ mmH}_2\text{O}$. Gęstość powietrza $\rho_p = 1,3 \text{ kg/m}^3$; $D = 54 \text{ mm}$, $d = 36 \text{ mm}$.



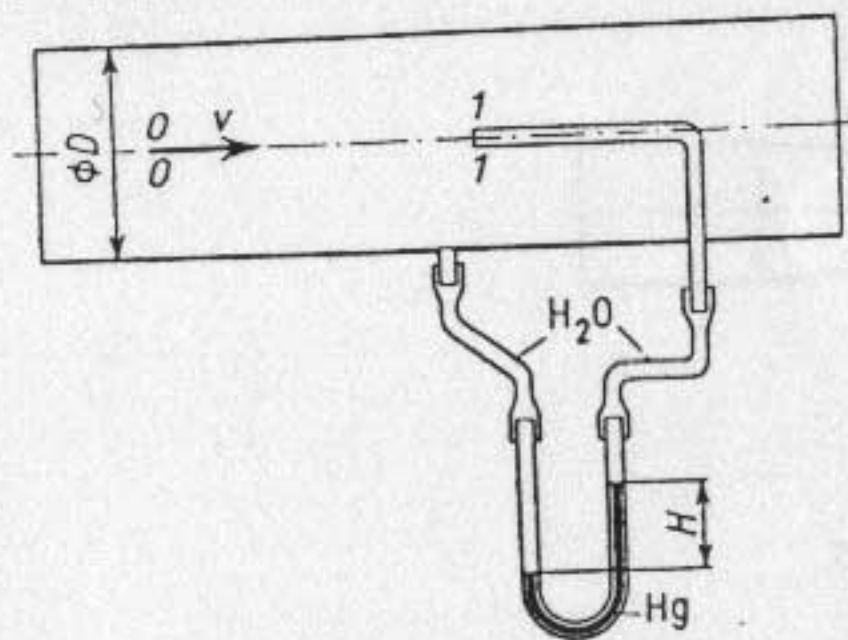
Rys. do zad. 3.2.6.



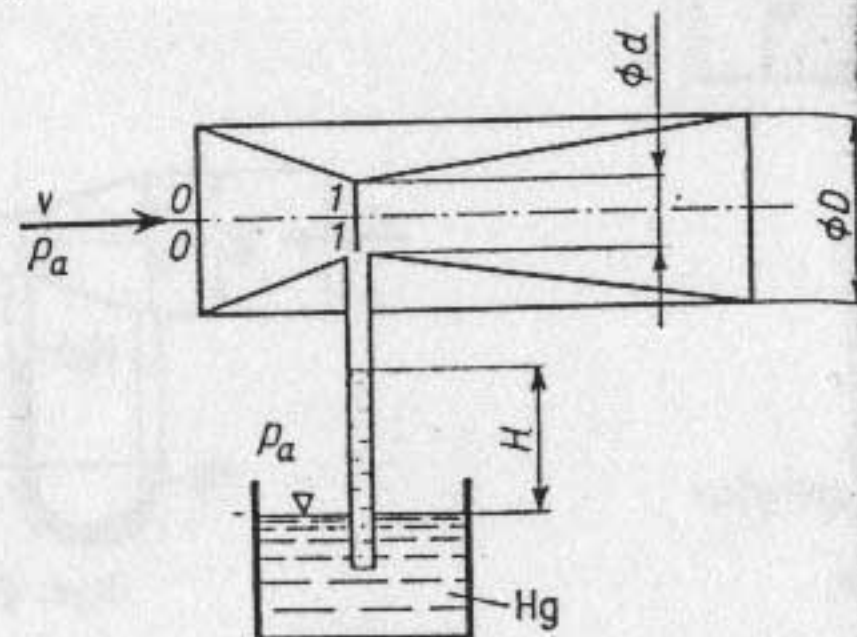
Rys. do zad. 3.2.7.

3.2.7. Do zmierzenia prędkości przepływającego powietrza o ciśnieniu atmosferycznym użyto rurki Pitota podłączonej do manometru wodnego. Różnica poziomów wody w manometrze $H = 50 \text{ mm}$. Obliczyć tę prędkość. Gęstość powietrza $\rho_p = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

3.2.8. W przewodzie o średnicy $D = 200$ mm płynie woda. W celu obliczenia wydatku wstawiono do przewodu rurkę Pitota i podłączono ją do manometru rtęciowego. Drugie ramię manometru przyłączono do końcówki na ścianie przewodu. Obliczyć wydatek przepływającej wody, jeśli różnica poziomów rtęci w manometrze wynosi $H = 100$ mm.



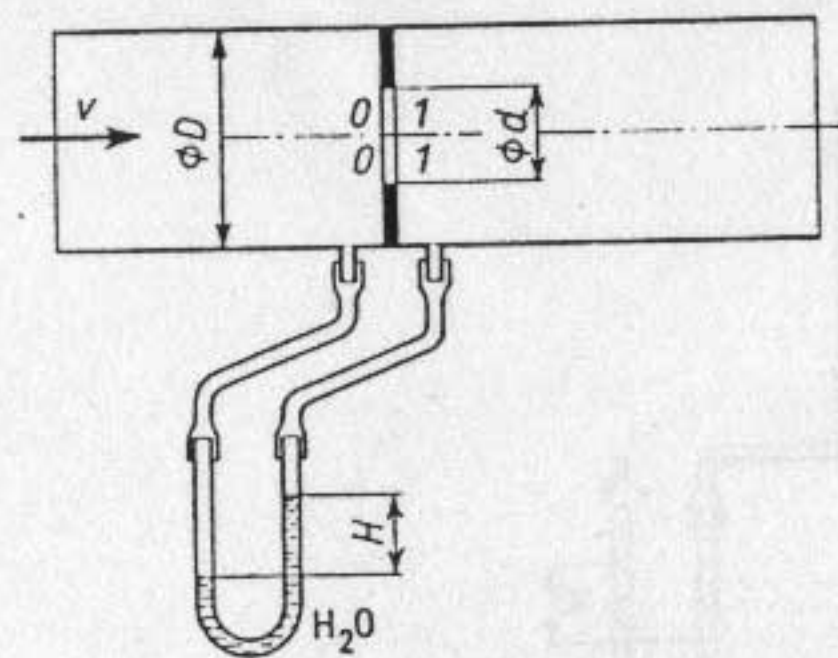
Rys. do zad. 3.2.8.



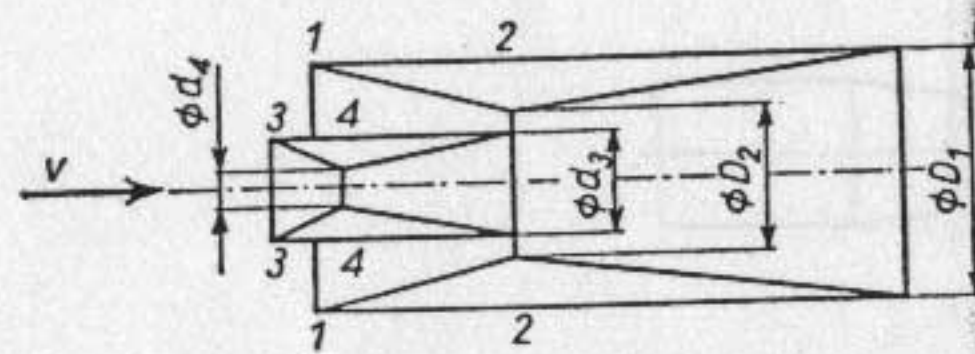
Rys. do zad. 3.2.9.

3.2.9. Na jaką wysokość H podniesie się rtęć w rurce podłączonej jednym końcem do zwężki Venturiego, a drugim do otwartego naczynia z rtęcią, jeśli zwężkę umieścimy w powietrzu przepływającym z prędkością $v = 40$ m/s. Wymiary zwężki: $D = 80$ mm, $d = 40$ mm.

3.2.10. W przewod o średnicy $D = 120$ mm wbudowano kryzę o otworze, którego średnica $d = 50$ mm. Pomiar różnicy ciśnień statycznych przed i za kryzą wykonano manometrem wodnym, którego wskazanie wynosi $H = 250$ mm. Obliczyć wydatek powietrza przepływającego przez przewód. Gęstość powietrza $\rho_p = 1,3$ kg/m³.



Rys. do zad. 3.2.10.



Rys. do zad. 3.2.11.

3.2.11. Dla otrzymania większego podciśnienia stosuje się układ dwóch zwężek Venturiego. Należy znaleźć podciśnienie w przewężeniu małej zwężki Venturiego w zależności od stałej prędkości v .