

ZADANIE T3

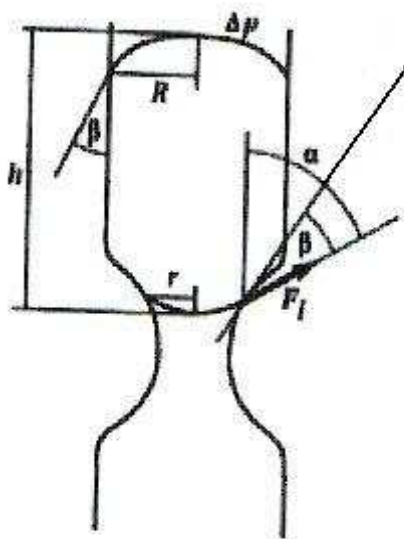
Rozwiąż dowolnie wybrane dwa zadania z podanych niżej trzech zadań:

Nazwa zadania: „, Termometr lekarski ”

B. Termometr lekarski ma tę zaletę, że utrzymuje wskazanie najwyższej mierzonej z jego pomocą temperatury, aż do strząśnięcia słupka rtęci, dzięki czemu możemy bez pośpiechu odczytać zmierzoną temperaturę ciała. Tę charakterystyczną własność termometr lekarski zawdzięcza przewężeniu rurki z rtęcią, tuż przy zbiorniczku, poniżej skali temperatury. Wiemy z doświadczenia, że wraz z zakończeniem pomiaru temperatury ciała w obszarze przewężenia rurki tworzy się przerwa między słupkiem rtęci, a rtęcią znajdującą się w zbiorniczku. Wytłumacz, dlaczego rtęć nie opada do zbiorniczka mimo niższej temperatury zewnętrznej od tej, zmierzonej wcześniej, którą wskazuje słupek rtęci.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

B. Rozważmy słupek rtęci w pozycji pionowej, kiedy mimo niższej temperatury zewnętrznej słupek rtęci nie opada nawet pod wpływem siły grawitacji. Przewężenie powoduje, że słupek ten ulega przerwaniu i pozostaje oddzielony bańką próżni (dokł. pary rtęci) od skurczonej z powodu oziębienia rtęci znajdującej się w zbiorniczku. Rtęć przy szklanej powierzchni tworzy menisk wypukły. W przewężeniu rurki kierunek sił napięcia powierzchniowego rtęci zmienia się wraz ze zmianą kierunku stycznej do powierzchni, rys. 6.



rys. 6

Wypadkowa sił F_i działających na obwodzie menisku (na jednostkę długości brzegu powierzchni menisku) jest skierowana pionowo do góry, $F = \sum_i F_i$ i ma wartość $F = 2\pi r \sigma \cos \alpha$, gdzie σ jest napięciem powierzchniowym rtęci. Ciśnienie związane z tą siłą jest równe

$$p = \frac{F}{\pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \alpha}{r}.$$

Słupek rtęci nie opada w dół, jeżeli tylko ciśnienie p osiąga wartość równą ciśnieniu

$$p = \rho gh + p' + \Delta p,$$

gdzie ρ oznacza gęstość rtęci, h – wysokość słupka rtęci, p' jest związane z górnym meniskiem rtęci ($p' = 2\sigma \cos \beta / R$) oraz Δp jest ciśnieniem gazu zamkniętego w końcu rurki. Ciśnienie Δp jest nieco wyższe od ciśnienia pary rtęci, co wiąże się z niedoskonałym procesem uzyskiwania próżni podczas produkcji termometru. Podczas wchodzenia rtęci w obszar przewężenia zmniejsza się promień przekroju r , natomiast kąt α początkowo rośnie, a następnie maleje. W pewnym miejscu przewężenia ciśnienie p osiąga wartość maksymalną. Kształt przewężenia może być taki, że p osiąga maksimum nieco poniżej przewężenia rurki.

Dokładna analiza problemu równowagi ciśnień powinna uwzględniać zmianę wysokości słupka rtęci podczas jego wchodzenia w przewężenie oraz zmianę ciśnienia gazu zamkniętego w końcu rurki, ale istotą zjawiska są wyżej omówione ciśnienia związane z napięciem powierzchniowym rtęci.

Punktacja:

Zad. 3B (0 – 6 pkt):

1. Wykonanie rysunku pomocniczego: 0 – 2 pkt;
2. Prawidłowe wyjaśnienie zjawiska: 0 – 4 pkt;