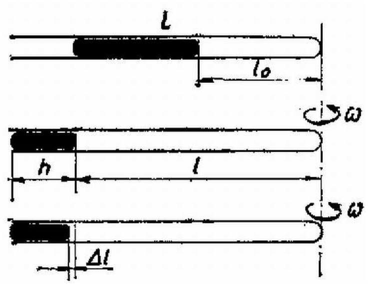
Ahhoz, hogy a levegőoszlop 0,4 m lehessen, a higany felének ki kell folynia. A csőben maradt higany ω szögsebességgel körpályán mozog. Az ehhez szükséges $Ah\varrho\omega^2\left(l+\frac{h}{2}\right)$ centripetális erőt (h a higany hossza, ϱ a sűrűsége, l a levegőoszlop hossza, $l+h/2$ a higany súlypontjának pályasugara, A a cső keresztmetszete) a külső p_0 és a belső $p_0\frac{l_0}{l}$ (l_0 a levegőoszlop eredeti hossza) nyomásokból származó erők eredője adja:



$$A\cdot p_0\left(1-\frac{l_0}{l}\right)=Ah\varrho\omega^2\left(l+\frac{h}{2}\right),$$

innen

(1) $$p_0\left(1-\frac{l_0}{l}\right)=h\varrho\omega^2\left(l+\frac{h}{2}\right),$$

$$\omega=\sqrt{\frac{p_0\left(1-\frac{l_0}{l}\right)}{h\varrho\left(l+\frac{h}{2}\right)}}.$$

Adatainkat behelyettesítve $\omega=9{,}04\ \mathrm{s}^{-1}$ adódik. Vizsgáljuk meg a kapott egyensúlyi helyzet stabilitását. Tegyük fel, hogy a higany valami miatt elmozdul befelé! Ekkor a bezárt levegő nyomása az egyensúlyihoz képest nő, ugyanakkor a higany pályán tartásához szükséges centripetális erő csökken, tehát a belső nyomás növekedéséből adódó „erőfölösleg” kifelé, azaz az egyensúlyi helyzet felé mozdítja a higanyt. Most tegyük fel, hogy a higany az egyensúlyból kifelé mozdul el, és tegyük fel, hogy ez az elmozdulás olyan kicsi, hogy nem cseppen ki higany (pl. a felületi feszültség megakadályozza)! Ebben az esetben a belső nyomás csökken, a külső és a belső nyomás különbsége nő. Az ebből adódó befelé mutató erőnövekedés

$$\Delta F=Ap_0\cdot\left(\frac{l_0}{l}-\frac{l_0}{l+\Delta l}\right),$$

ahol Δl az elmozdulás. Ugyanakkor a higany súlypontja Δl-lel nagyobb sugarú pályára kerül, tehát a szükséges centripetális erő növekedése $F_{\mathrm{cp}}=h\varrho\omega^2\Delta lA$. Ahhoz, hogy a higany visszajusson az egyensúlyi helyzetbe

(2) $$\Delta F>\Delta F_{\mathrm{cp}},\quad \text{azaz}$$

$$p_0\frac{l_0\Delta l}{l(l+\Delta l)}>h\varrho\omega^2\Delta l\quad \text{szükséges.}$$

Egyszerűsítsünk Δl-lel és szorozzuk mindkét oldalt $l+\Delta l$-lel, így kapjuk:

(3) $$p_0\frac{l_0}{l}>h\varrho\omega^2(l+\Delta l).$$

Használjuk ki, hogy $\frac{l_0}{l}=0{,}5$, azaz $p_0\frac{l_0}{l}=p_0\left(1-\frac{l_0}{l}\right)$. Így (3) bal oldalába (1) jobb oldalát írhatjuk, tehát az alábbi feltételt nyerjük:

$$h\varrho\omega^2\left(l+\frac{h}{2}\right)>h\varrho\omega^2(l+\Delta l).$$

Ez viszont teljesül, mert feltételezésünk szerint Δl elég kicsi. Az egyensúly tehát stabil. Ha az elmozdulás akkora, hogy higany kicsöppen, a stabilitás (2) feltétele nyilvánvalóan teljesül: ekkor ugyanis ΔF_{cp} negatív, mert $h-\Delta l$ hosszúságú higanyszál ugyanolyan pályán mozog, mint az elmozdulás előtt, de nem kell „gondoskodni” a hiányzó Δl hosszúságú darab pályán tartásáról.

Csatár János (Nagykanizsa, Lander J. Gimn., III. o. t.)

Ditrói Gyula (Győr, Révai M. Gimn., III. o. t.) dolgozata alapján

Megjegyzés. A számításoknál nem vettük figyelembe a Bernoulli–törvény hatását: a cső szája előtt a levegő áramlik, tehát ott a nyomás nem p_0, hanem annál $\varrho_{\text{levegő}} \cdot (v^2/2) = \varrho_l \dfrac{L^2\omega^2}{2}$-vel kevesebb. A felírt (1) egyenletben szereplő tagok nagyságrendje $\varrho_{\text{higany}}\; h\omega^2 \left(l + \dfrac{h}{2}\right)$. L, h és l azonos nagyságrendbe esnek, tehát a külső nyomás csökkenésének és az egyenletben szereplő tagok nagyságrendjének a viszonya $\varrho_l/\varrho_h \approx 10^{-4}$, így jogosan hanyagoltuk el ezt a hatást.