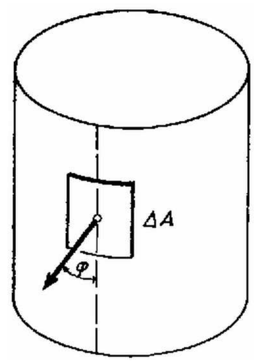
Tekintsük a dugó egy $\Delta A$ nagyságú kis felületelemét! Ha a dugó az üvegben mozog, akkor erre a felületelemre

$$\Delta S = p \cdot \Delta A \cdot \mu$$

súrlódási erő hat. Az erő iránya függ a dugó és az üveg közötti relatív elmozdulástól, és általában a dugó hengerfelületének alkotójával $\varphi$ szöget zár be (l. az ábrát); $\varphi = 0$, ha a dugót nem csavarjuk.




A súrlódási erők alkotóirányú összetevőinek összege:

$$S_1 = \Sigma \Delta S \cdot \cos\varphi = A \cdot p \cdot \mu \cdot \cos\varphi,$$

ahol $A = d\pi l$ a dugó üveggel érintkező felülete.

A súrlódási erők érintőleges összetevői forgatónyomatékot eredményeznek, mert minden felületelemmel szemben található egy ugyanolyan nagyságú felületelem, melyre az előzővel ellentétes irányú erő hat. Az erőpár forgatónyomatéka:

$$\Delta N = p \cdot \Delta A \cdot \mu \cdot \sin\varphi \cdot d.$$

A forgatónyomatékok összege (figyelembe véve, hogy minden felületelemet csak egyszer számolhatunk):

$$N = (A/2) \cdot p \cdot \mu \cdot \sin\varphi \cdot d.$$

Ha a dugó tömege kicsi, akkor Newton II. törvényéből következik, hogy a kihúzáshoz szükséges $H$ húzóerő egyenlő $S_1$-gyel, a kifejtett $M$ forgatónyomaték pedig $N$-nel. A $\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$ relációt felhasználva kapjuk, hogy

$$H = \sqrt{(pl \cdot \mu d\pi)^2 - \left(\frac{2M}{d}\right)^2}.$$

Számadatainkkal $H = 30$ N.

A forgatott dugót azért könnyebb kihúzni, mert – mint a végeredményből látható – nagyobb forgatónyomaték esetén a kihúzáshoz kisebb erő is elegendő. Nagy forgatónyomatékot pedig nagy erőkarral viszonylag könnyen kifejthetünk.

*Faragó Béla* (Csongrád, Batsányi J. Gimn., III. o. t.)