A fonalakban fellépő P erők a szimmetriaviszonyok miatt egyenlő nagyságúak, s vízszintes komponenseik egyensúlyban vannak. Így elég a függőleges vetületekkel számolni. Ha a fonál hosszát ℓ-lel, a kampók távolságát d-vel jelöljük, akkor az 1. ábra szerinti α szögre fennáll, hogy

$$\sin\alpha = \frac{OA}{AS} = \frac{d\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{2}{3}}{\ell} = \frac{d}{\sqrt{3}\cdot\ell}.$$

P erő függőleges komponense

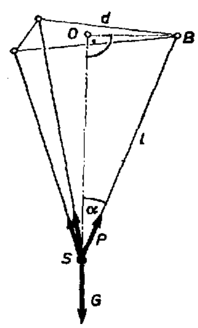
$$P' = P\cdot\cos\alpha = P\cdot\sqrt{1-\sin^2\alpha} = P\sqrt{1-\frac{d^2}{3l^2}}.$$

Ez a súly harmadrészével tart egyensúlyt, így $G/3 = P'$, ahonnan

$$P = \frac{G}{3\sqrt{1-\frac{d^2}{3\ell^2}}}$$

Numerikus adatokkal

$$P = \frac{10\sqrt{3}}{\sqrt{26}} \approx 3{,}39\ \text{kp}.$$



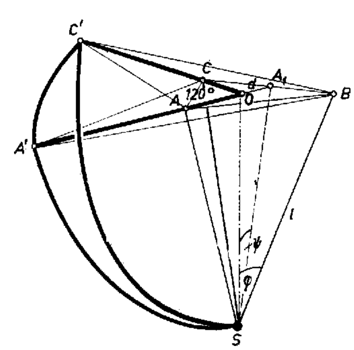
1. ábra

A feladat második részének tárgyalásánál meg kell vizsgálni, hogy a felfüggesztett test milyen módon mozdulhat el oldalirányban. Két minőségileg különböző eset van:

a) a mozgás közben két fonál feszes marad,

b) csak egyetlen fonál gyakorol erőt a testre.

A 2. ábrán látható a test mozgási felülete. A szimmetria miatt csak egy tér-harmadot ábrázoltunk.

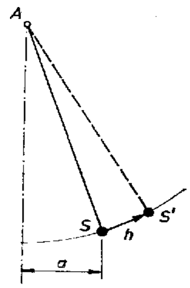


2. ábra

Ha az A és B pontokból kiinduló fonal feszül, akkor a test pályája az SC', ha a B és C pontokhoz tartozó fonal feszes, akkor az SA'. Ha csak a B-hez tartozó fonal feszül, akkor a lehetséges pálya az $SA'C'$ pontok által határolt gömbfelület-darabon helyezkedik el, melynek középpontja B. A teljes kényszerfeltételt a fenti és még két gömbfelület-rész képviseli, melyek a fentihez az OSA' és OSC' síkoknál kapcsolódnak.

A test pályája egy körív, mely az S pontból indul ki. Könnyű belátni, hogy ezen körívek S pontbeli érintői közül a vízszintessel az SA' (vagy SC') körív érintője zár be legkisebb szöget (Ψ) és az OSB síkban levő érintő (középeset) a legnagyobb szöget (φ). Ez azért lényeges, mert az első esetben lehet a legkisebb erővel kimozdítani a testet.

Vizsgáljuk ezek után az SA'-n történő mozgást S kis környezetében! A körpálya sugara SA_1, amelynek hossza $r = SA_1 = \sqrt{\ell^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$. Szükség van még az $a = OA_1 = \frac{AA_1}{3} = \frac{d\sqrt{3}}{2 \cdot 3} = \frac{d}{2\sqrt{3}}$ értékre.



3. ábra

Az ingamozgás összefüggéseit használhatjuk, mivel a C és B pontokhoz tartozó fonal helyettesíthető egyetlen r hosszúságú, A_1-ben rögzített fonallal (3. ábra).

Ahhoz, hogy a testet S pontból kimozdítsuk, $P_s = G\frac{a}{r}$ erőre van szükség. Ha viszont azt akarjuk, hogy a test S' pontba kerüljön és ott stabilan megmaradjon, ahhoz $P_s' = G\frac{a+h}{r}$ erőre van szükség ($h \ll r$). Ez a feladat statikus megoldása. Ha azonban nem szükséges, hogy a test P'-ben maradjon, csak az, hogy odáig kilendüljön, akkor kisebb erő is elegendő. Kis h esetén az erő a kitérés lineáris függvényének tekinthető, s így a keresett erő P_3 és P_s' számtani közepe. Ez az erő $h/2$-ig gyorsítja a testet, majd $h/2$-től h-ig a test éppen zérus sebességre lassul.

Numerikus adatokkal:

$$P_s = G \cdot \frac{a}{r} = G \cdot \frac{\frac{d}{2\sqrt{3}}}{\sqrt{\ell^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}} = 10\ \text{kp} \cdot \frac{0{,}288\ \text{m}}{2{,}958\ \text{m}} = 0{,}98\ \text{kp},$$

$$P_s' = G \cdot \frac{a+h}{r} = 10\ \text{kp} \cdot \frac{0{,}388}{2{,}958} = 1{,}31\ \text{kp}, \quad P_2 = \frac{P_s + P_s'}{2} = 1{,}15\ \text{kp}.$$

Megjegyzés. Ha a kitérítő erő csak vízszintes lehet, akkor a fenti érték

$$P_s = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{r^2}}}\ \text{kp} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0{,}1^2}}\ \text{kp} = \frac{1}{\sqrt{0{,}99}}\ \text{kp}.$$

Gnädig Péter