

A ponttöltés elektrosztatikus helyzeti energiája:

$$U_e = \frac{Q \cdot q}{\sqrt{R^2 + h^2}},$$

ha  $h$  a ponttöltésnek a gyűrű síkjától mért távolsága. Ez az energia a gyűrűn elosztott elemi töltések és a golyó  $q$  töltése közötti erőhatásokból származó potenciális energiák összege.

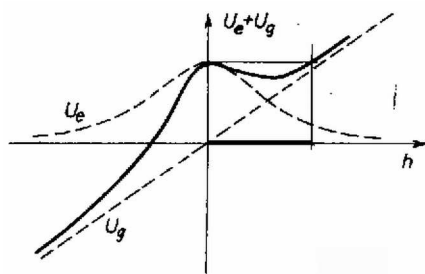
A ponttöltés gravitációs helyzeti energiája:

$$U_g = mgh.$$

Ábrázoljuk a töltés teljes energiáját mint  $h$  függvényét! Két alapvetően különböző esetet kell tárgyalni:

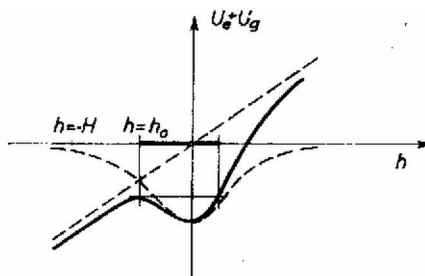
$$a) \quad qQ > 0, \quad b) \quad qQ < 0.$$

Az  $a)$  esetben a két test taszítja egymást; ha a golyó egy kicsit is túljutott a gyűrű síkján, akkor már biztosan leesik. Megoldás tehát minden  $h < 0$ , továbbá azok a  $h$  értékek, amelyeknél a teljes helyzeti energia nagyobb a  $h = 0$ -nál mérhető  $qQ/R$  energiánál. Az 1. ábrán vastag vonallal jelöltük a tiltott  $h$  értékeket.



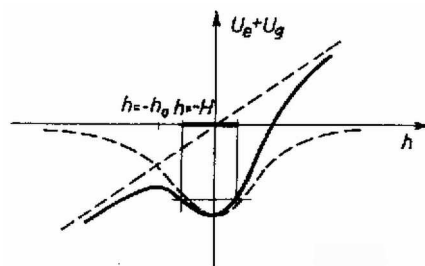
1. ábra

A  $b)$  esetben a két test vonzza egymást, és ekkor a golyó azért nem érheti el a talajt, mert a vonzó erő a lefelé eső mozgást még a talajtérés előtt megállítja. Ez a visszafordulás előállhat, ha a kezdeti  $h$  érték a 2. ábrán vastag vonallal jelölt intervallumon van; ha tehát a gyűrű és a talaj  $H$  távolsága elég nagy, akkor ez az intervallum teljes egészében tiltott.



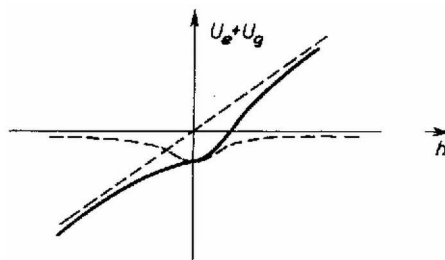
2. ábra

Ha  $H$  a potenciálgörbe vízszintes érintője által megszabott  $h_0$  értéknél kisebb, akkor a 3. ábrán vázolt helyzet áll elő: a tiltott intervallum kisebb, viszont akármilyen magasról ejtjük a golyót, semmiképpen sem fog a talajra érve ott nyugalomban maradni, mert a rá ható eredő erő pozitív, függőlegesen felfelé mutat (a potenciálgörbe érintőjének meredeksége negatív).



3. ábra

Mind az *a*), mind a *b*) esetben lehetséges, hogy az elektromos kölcsönhatás olyan gyenge, hogy a helyzeti energiacurvának nincs vízszintes érintője; akármilyen *h* értéknél leesik a golyó (4. ábra).



4. ábra

Ekkor nem tudunk olyan helyet találni, ahol az elektromos erő kiegyensúlyozná a gravitációs vonzást.

Az algebrai megoldás harmadfokú egyenlethez vezet, amely a numerikus adatok ismeretében numerikus vagy grafikus módszerekkel oldható meg.

Végh Endre (Bonyhád, Petőfi S. Gimn., IV. o. t.)