

Kémia jellegű feladatok megoldása

Pólya György, a problémamegoldás elméletének magyar származású nemzetközi szaktekintélye a *Problémamegoldás iskolája* című művében megállapította, hogy bármely probléma megoldása valamilyen nehéz helyzetből kivezető út megtalálását, valamely akadály megkerülését jelenti, olyan cél elérését, amelyhez egyébként közvetlenül nem tudunk eljutni.

A probléma megoldása az értelem jellegzetes teljesítménye. Az értelem az emberiség sajátos képessége, ezért a problémamegoldás az egyik legjellemzőbb emberi tevékenység, a gondolkodás terméke, ahogy ezt I. Kant *A tiszta ész kritikája* című művében jelentette ki: „minden emberi megismerés szemlélettel kezdődik, abból fogalomalkotásba megy át, és eszmékben végződik”. Ez a folyamat a fiatalok tanulóévei alatt teljedik ki. Ezért a szaktantárgyak keretében végzett problémamegoldás gyakorlásának nagy jelentősége van a célszerű gondolkodásmód, alkalmazóképesség fejlesztésében. Minden ismeretünknek a tárgyi tudás és a gondolkodási készség az alapja, melyek közül a gondolkodási készségnek fontosabb szerepe van, mint a tárgyi ismeretek elsajátításának — habár ezek is nélkülözhetetlenek. A gondolkodási készség ítélőképességet, eredetiséget, önállóságot feltételez.

Egy feladatban, ahhoz, hogy problémává váljék, kell lennie valami ismeretlennek (a megoldandó kérdésnek), de ahhoz, hogy megoldható legyen, kell lennie valami ismertnek (az adatok). Ugyanakkor minden problémának kell tartalmaznia valami feltételt, amely meghatározza, hogy hogyan függ össze az ismeretlen az adatokkal. A feltétel a probléma lényeges része, ennek felhasználása feltételezi a tárgyi szakismereteket. Az adatok és ismeretlenek közötti összefüggések, a feltételek különbözőek, ez okozza, hogy a problémák sokfélék. Minden problémát megoldó, egyetemes, ún. „tökéletes módszer” nem létezik. Keresése olyan eredménnyel járna, mint az alkímisták bölcsek kövének keresése, mellyel a közönséges fémeket arannyá akarták változtatni. A feladat megoldása feltételezi annak megértését. Soha ne fogjunk a feladat megoldásához addig, míg saját szavainkkal, szabatosan nem tudjuk megfogalmazni a feladatot, kiemelve az adatokat és az ismeretlent, megmagyarázva a feltételt. Már Descartes megállapította, hogy „a módszer lényege azoknak a dolgoknak a megfelelő összeállítása és elrendezése, amelyekre figyelmünket irányítani kell”.

A középiskolai kémia tananyagban található feladatokat két nagy csoportba oszthatjuk:

I. *Meggondolkodtató feladatok, melyek a hogyan, miért kérdésre a matematikai gondolkodásmód érvényesítésével az elméleti ismeretek alapján, vagy a kísérleti megfigyelésekből észlelt és következtethető érvelésekkel oldhatók meg.*

Példaként válasszunk egy olyan feladatot, amely a gimnáziumi osztályokban megismert fizikai és kémiai jelenségek felhasználásával is megoldható.

Feladat: Elektrolizáló cellába kalcium-hidroxid oldatot töltöttek. Az áramforrás és az elektródok alkotta áramkörbe egy izzót is kapcsoltak, ami erős fénnel világított. Az elektrólitba szén-dioxidot áramoltatva a következőket észlelték: a gáz áramoltatásakor az izzó fényének erőssége gyengülni kezdett, majd kialudt. Folytatva a gáz áramoltatását, ismét erősödni kezdett a fény. Hogyan magyarázható ez a jelenségsor?

Megoldás: a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vizes oldatában (elektrolit oldat) a nagyszámú mozgékony Ca^{2+} és OH^- ion biztosítja az áramvezetést, ezért az izzó fénye erős.

A szén-dioxid bevezetésekor az reagál a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dal, két nagyon gyengén ionizáló anyag keletkezése közben (CaCO_3 , H_2O). Ezért, ahogy csökken az oldatban az ionok száma, aminek következtében az elektrolit ellenállása nő, az izzó fénye gyengül.

Amikor gyakorlatilag a Ca^{2+} -ionok csapadék formájában mind kiváltak az oldatból, annak ellenállása annyira megnő, hogy az izzó fénye kialszik. A CO_2 -nak további áramoltatásakor, az részben reagál vízzel szénsavvá alakulva, amely gyenge sav lévén részlegesen ionizál ($\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$), így az oldatban nőni kezd megint az ionok száma, az izzó világitani kezd.

II.. Matematikai problémára vezethető feladatok:

Már R. Descartes (1596-1650) francia filozófus, matematikus, fizikus a „Szabályok a gondolkodás irányítására” című munkájában általános érvényű módszert akart adni bármely probléma megoldására a következő stratégiával:

- először minden problémát vezessünk vissza matematikai problémára,
- másodsor minden matematikai problémát vezessünk vissza algebraira,
- harmadszor minden algebrai problémát vezessünk vissza egyetlen egyenlet megoldására.

Ez az elképzelés sem lett egyetemes érvényű, de a számadatos (numerikus) kémiai feladatok megoldására az esetek többségében követhető eljárás. A Descartes-módszer szemléltetésére kövessünk egy klasszikus feladatot, amilyennel már az elemi iskolában is találkozhatunk matematikaórán és ezzel párhuzamosan egy hozzá hasonló, jellegzetesen kémiai feladatot is oldjunk meg.

Feladat: A gazda udvarán malacok és tyúkok vannak. Az állatoknak összesen 50 feje és 140 lába van. Hány malaca és hány tyúkjá van a gazdának?

a) *Megoldás próbálgatással:* feje mindegyik állatnak van, és csak egy. Tétélezzük fel:

| Malacok száma | Tyúkok száma | Lábak száma |
|---------------|--------------|-------------------------------------|
| 50 | 0 | 200, ez több, mint a valós érték |
| 0 | 50 | 100 kevesebb, mint a valós érték |
| 25 | 25 | 150 kicsit több, mint a valós érték |

Ha a malacok számát növeljük, akkor a lábak száma még nagyobb, tehát a malacok száma kisebb kell legyen, mint 25. Ha a tyúkok számát növeljük 30-ra, akkor csak 20 malac lesz az udvaron. Akkor lábak száma 140. Jó a megoldás!

b) *Deduktív megoldás* (kevesebb találgatás, több okoskodás jellemzi):

Ha a tyúkok féllábon, a malacok csak a hátsó lábaikon állnának, így az állatok lábainak csak a felét használják, tehát 70-et. Ezért, ha a fejekre akarunk következtetni, akkor a tyúkoké egyszer, a malacoké kétszer jön számításba a 70-nél. Ezért, ha a 70-ből levonjuk a fejek számát, akkor a malacfejek száma marad meg. $70 - 50 = 20$, tehát 20 malac van, akkor 30 tyúknak kell lennie.

c) *Algebrai megoldás:* az algebra olyan nyelvnek tekinthető, amely szavak helyett jeleket használ. Ezekkel a jelekkel a mindennapi életben használt mondatokat az algebra nyelvére fordíthatjuk le:

- a gazdának van bizonyos számú tyúkjá: x , és malaca: y
- az állatoknak 50 feje van és 140 lába: $x + y = 50$ $2x + 4y = 140$

Így a feltett kérdést két egyenletből álló egyenletrendszerre fordítottuk. Egyszerű alakban: $x + y = 50$

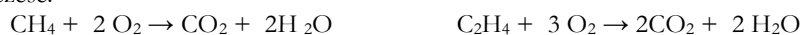
$$x + 2y = 70$$

A második egyenletből kivonva az első $y = 20$, s akkor $x = 30$

A kémia nyelvére fordítva a szót:

Metán és etén 25 dm^3 térfogatú elegyének tökéletes elégetésére 70 dm^3 , a metánnal azonos állapotú oxigén szükséges. Hány dm^3 metánt és etént tartalmazott égetés előtt a gázelegy?

A „fej-láb” módszer szerint (b-módszer) a feltétel az égési reakcióegyenletek értelmezése:



Rendeljünk minden térfogat elégett gázhoz 2 térfogatnyi oxigént, mintha csak metánt tartalmazna az elegy, akkor a 25 dm^3 elégetéséhez $50 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$ volna szükséges. A ténylegesen fogyott 70 dm^3 , ehhez képest 20 dm^3 többletet mutat. A metán és etén 1-1 térfogategységnyi elégetéséhez szükséges oxigének térfogatai közti különbség $3-2=1$. Tehát az 1 dm^3 többlet 1 dm^3 etént, az 1 dm^3 hiány 1 dm^3 metánt jelent. Így a 20 dm^3 többletet az etén okozza (ehhez a következtetéshez ismerni kell, hogy azonos anyagmennyiségű gázok egyforma körülmények között azonos térfogatúak).

Ezek szerint a metán térfogatának akkor $25-20 = 5 \text{ dm}^3$ -nek kell lennie.

Az algebra nyelvén (c - módszer):

$$V_{\text{elegy}} = 25 \text{ dm}^3 \qquad V_{\text{O}_2} = 70 \text{ dm}^3$$

$$V_{\text{CH}_4} + V_{\text{C}_2\text{H}_4} = 25 \text{ dm}^3$$

$$2V_{\text{CH}_4} + 3V_{\text{C}_2\text{H}_4} = 70 \text{ dm}^3$$

$$\text{Megoldva az egyenletrendszert: } V_{\text{C}_2\text{H}_4} = 20 \text{ dm}^3 \text{ és } V_{\text{CH}_4} = 5 \text{ dm}^3$$

A feladat megoldására használt különböző módszereket (a, b, c) összehasonlítva tanulságos következtetéseket vonhatunk le.

A próbálgatással történő megoldásnál mindegyik próbálgatás az előző hibáját igyekszik helyrehozni. Az egymást követő próbálgatások egyre közelebb jutnak a kívánt végeredményhez. A „fokozatos próbálgatás” (szukcesszív approximáció) alapvető módszer bizonyos bonyolult problémák megoldásánál. Egyszerű feladatoknál az algebrai módszer gyorsabban és biztosabban vezet célhoz. A feladat mondandója addig nem fordítható algebrai egyenlet nyelvére, amíg a rá vonatkozó fizikai, kémiai tényeket nem ismerjük.

A legtöbb szöveges számítási feladat arányossági probléma. A megoldás elkezdésénél lényeges eldöntenünk (ezt a kérdés-feltevésre adott válasszal tegyük), hogy kielégíthetjük-e a feltételt. Elegendő-e a feltétel az ismeretlen meghatározására? Nem tartalmaz-e feleslegest, esetleg ellentmondót a feltétel? A bonyolultabb feladatok megoldásánál először egyszerűsítsük a problémát, vezessük vissza legegyszerűbb alakjára. Példaként kövessük az egyik leggyakoribb kémiai feladat típus megoldásának menetét:

Egy bizonyos mennyiségű, adott tisztasági fokú **R** anyagból olyan kémiai átalakítás során, mely csökkentett határfokú, **T** terméket nyerünk, mely a reakciókörülmények következtében szennyezett. Meghatározandó a termék mennyisége.

1. Alapfeladatként tekintjük az **R** anyag átalakulását **T**-vé. A kémiai reakció egyenlete: $r\text{R} \rightarrow t\text{T}$, ahol r , t a sztöchiometrikus együtthatók. A mennyiségi viszonyok alapján írhatjuk:

$$r \cdot M_{\text{R}} \dots t \cdot M_{\text{T}}$$

$$m_{\text{R}} \dots m_{\text{T}}$$

$$m_{\text{T}} = m_{\text{R}} \cdot t \cdot M_{\text{T}} / r \cdot M_{\text{R}}$$

Kémiai jellegű valós példák:

1. 11,2 g vasnak megfelelő mennyiségű kénnel való hevítéskor milyen mennyiségű vas-szulfid keletkezik?

A kémiai változás reakcióegyenlete: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$

mivel $M_{\text{Fe}} = 56\text{g/mol}$, $M_{\text{S}} = 32\text{g/mol}$, $M_{\text{FeS}} = 88\text{g/mol}$, írható:

56g Fe ... 88g FeS

11,2g ... m_{FeS} $m_{\text{FeS}} = 17,6\text{g}$

2. 11,2 g 98%-os tisztaságú vasat hevítettünk kénnel. Milyen mennyiségű vas-szulfid keletkezett?

Az előző példánál ez bonyolultabb, mert nem ismerjük a reagáló vas tömegét, de annak értékét a tisztasági kikötésből kiszámíthatjuk, s akkor a feladat azonossá válik az 1. példáéval.

100g vas ... 98gFe

M_{Fe} ... M_{FeS}

m_{vas} ... m_{Fe}

m_{Fe} ... m_{FeS}

ahonnan $m_{\text{Fe}} = m_{\text{vas}} \cdot 98/100 = 10,98\text{g}$ ahonnan $m_{\text{FeS}} = 10,98 \cdot 88/56 = 17,25\text{g}$

Általánosítva, ha $C_R\%$ a reagáló anyagnak az R vegyület tartalma, akkor az keletkező termék-mennyiség tömege:

$$m_T = m_R \cdot C_R \cdot M_T / 100 \cdot M_R$$

3. A 11,2 g 98% tisztaságú vas kénnel 80%-os hozammal (hatásfokkal) reagál. Mennyi vas-szulfid keletkezik?

Az előző feladat kijelentésével ellentétben a vasnak csak a 80%-a reagál (vagyis minden száz tömegegység vasból 80).

tehát $m_{\text{Fe}} = 10,98 \cdot 80/100 = 8,78\text{g}$ $m_{\text{FeS}} = 8,78 \cdot 88/56 = 13,8\text{g}$

Általánosán: ha $\eta\%$ az átalakítási fok (a hozam), akkor a termék tömege:

$$m_T = m_R \cdot C_R \cdot M_T \cdot \eta / 100 \cdot 100 \cdot M_R$$

4. A 11,2 g 98% vastartalmú fém kénnel reagál 80%-os hozammal, miközben 75%-os tisztaságú FeS termék keletkezik. Határozzuk meg a termék tömegét!

$C_T = 75\% \text{FeS}$ 100g termék ... 75gFeS

$m_{\text{termék}}$... 13,8 g $m_{\text{termék}} = 18,4\text{g}$

Általánosán, ha $C_T\%$ a termék százalékos T-anyag tartalma:

$$m_T = m_R \cdot C_R \cdot M_T \cdot \eta \cdot 100 / 100 \cdot 100 \cdot M_R \cdot C_T = m_R \cdot C_R \cdot M_T \cdot \eta / 100 \cdot M_R \cdot C_T$$

A példaként vett számfeladat megoldása során egyértelművé válik, hogy:

- valahányszor a reakcióra használt nyersanyagok szennyeződések tartalmaznak, vagyis a reagensek tisztasági foka 100%-nál kisebb, a kémiai folyamat során előállítható termék mennyisége kisebb, mint a reakcióegyenlet alapján számított mennyiség;
- amennyiben adott mennyiségű terméket kell előállítanunk szennyezett anyagból ($C < 100\%$), a szükséges szennyezett kiinduló anyag mennyisége nagyobb, mint a reakcióegyenlet alapján számított reagens mennyiség
- amennyiben az átalakítás nem teljes ($\eta < 100\%$), az adott mennyiségű reagensből előállítható termékennyiség kisebb lesz, mint a reakcióegyenlet alapján számított mennyiség;

- amennyiben az előállított termékanyag szennyeződések tartalmaz, a tisztasági foka < 100%, a termék mennyisége nagyobb lesz mint a reakcióegyenlet alapján számított mennyiség (a benne levő szennyezések növelik a tömegét).

Amikor a bonyolultabb problémákat az algebra nyelvére fordítjuk, egy bizonyos fokú egyszerűsítés nem kerülhető el. A konkrét kémiai jelenség alapos ismerete szükséges ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy milyen mértékig lehet egyszerűsíteni, milyen részleteket lehet elhanyagolni, milyen hatásokat figyelmen kívül hagyni.

Az egyszerűsítés érdekében elkövetett elhanyagolás, mely az esetek többségében jogos, néha viszont megengedhetetlen. Jó példa erre a vizes oldatok pH értékének kiszámításánál felvetődő problémák együttese. Például a laboratóriumi, vagy ipari gyakorlatban a semlegesítésre használt sav-, vagy bázis-oldatok esetén, vagy az analitikai kémiában sav-bázis reakciónál használt erős savak, illetve bázisok oldata pH-jának ($\text{pH} = -\lg\text{H}^+$) kiszámításánál a víz disszociációjából származó H^+ -ion mennyisége (ami 10^{-7}mol/L) elhanyagolható a sav oldása során az oldatba került H^+ -ionok mennyisége mellett.

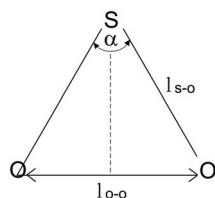
Amikor viszont nagyfokú hígítás következtében a H^+ -ionok koncentrációja nagyságrendileg megközelíti a vízben levő értéket, akkor ez az elhanyagolás már nem megengedhető. Nem véve számba a víz ionizációjából származó H^+ -ionokat, akkor a híg savas oldat a pH-értékére 7-nél nagyobb értéket kapnánk, ami azt jelentené, hogy már nem savunk, hanem bázisos oldatunk van. Ez pedig nem igaz, hamis állítás, mivel a savas oldat hígítással nem válhat bázissá, a hígítás során nem történik kémiai átalakulás, nem történhet anyagi minőségváltozás.

Bizonyos feladatokban gondolatainkat mértani szimbólumokkal (pontok, összekötő vonalak, képletek) is kifejezhetjük. A grafikus módszerrel például a molekulaszervezettel kapcsolatos feladatokban atomtávolságot, kötésszögeket tudunk kiszámolni. Példaként kövessük a következő feladatokat:

1. A kén-dioxid molekulában elektrondiffrakciós mérésekkel meghatározták a S-O atomtávolságot, amire 1,432 Å értéket, az O-S-O szögre $119,5^\circ$ -t kaptak.

Milyen távolságra található a két oxigénatom a molekulában?

A három atom a síkban egy egyenlőoldalú háromszög három csúcsán található. A kénatomnak megfelelő pontból ha meghúzzuk a szembelevő oldalra a merőlegest (magasságvonal), annak talppontja pont a két oxigénatom közti távolság felezőpontjában van. $l_{\text{S-O}} = 1,432\text{Å}$ $\alpha = 119,5^\circ$

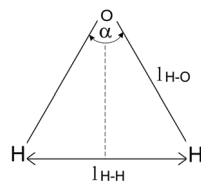


$$\alpha = 119,5 / 2 \quad \sin\alpha = l_{\text{O-O}} / 2 \cdot 1,432$$

$$l_{\text{O-O}} = 2.474\text{Å}$$

2. Szerkezetvizsgálati mérésekből a vízben a H-O távolságra 0,958 Å-t, a két hidrogénatom közötti távolságra 1,514 Å értéket kaptak. Mekkora az adatok alapján a vízmolekulában az atomok közötti kötésszög mértéke?

Az előző feladathoz hasonlóan itt is a molekula atomjai által meghatározott háromszög segítségével jutunk a válaszhoz.

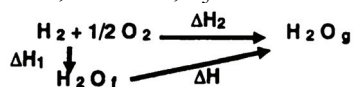


$$\sin \alpha = 0,154 / 0,958$$

$$\alpha = 104,4$$

Termokémiai feladatoknál a reakcióhőknek Hess-tétele alapján való kiszámolásánál szintén előnyös a grafikus módszer alkalmazása. Tekintsük a következő példákat:

3. Cseppfolyós víznek elemi hidrogénből és oxigénből való képződésekor mólonként 286,0kJ hő szabadul fel. Ha viszont a két gáz egyesülésekor 1mol vízgőz képződik, akkor 242,0kJ a felszabaduló hőmennyiség. Mekkora a víz párolgáshője?

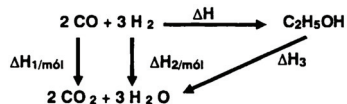


$$\Delta H_1 + \Delta H - \Delta H_2 = 0$$

$$\Delta H = 44\text{kJ/mol}$$

4. Ismert a CO, a H₂ és az etanol égéshője (-282,5 kJ/mol, -285,5 kJ/mol, -1367,7 kJ/mol). Határozzuk meg az etanolnak a szintézisgázból való képződéshőjét!

Hess tétele értelmében egy körfolyamat hőhatása nulla. Ezzel egyenértékű lesz, ha a grafikus kép vektorai közül az azonos irányítottságúakat összegezzük, és az ellentétesen irányítottakat levonjuk.



$$\Delta H + \Delta H_3 - 2\Delta H_1 - 3\Delta H_2 = 0$$

$$\text{ahonnan } \Delta H = -53,8\text{kJ/mol}$$

Pólya szavaival élve: „a nagy felfedezések nagy feladatokat oldanak meg, de nincs olyan feladat, amelynek megoldásához ne volna szükség egy kis felfedezésre. Lehet, hogy a feladat amelyen gondolkozol, egyszerű, de ha felkelti érdeklődésedet, mozgatja találményságodat, és végül, ha sikerül önállóan megoldanod, átéled a felfedezés izgalmát és diadalát”. Ennek érdekében oldjatok feladatokat!

Kémia

K. 829. 400g 25tömeg%-os cukor oldatban még feloldottak 100g cukrot. Mekkora a keletkezett oldat töménysége tömegszázalékban kifejezve? Milyen molarányban tartalmazza a vizet és cukrot ez az oldat, ha a cukor kémiai összetétele a C₁₂H₂₂O₁₁ molekulaképlettel jellemezhető?

K. 830. 400cm³ oldatot készítettek 8,96 dm³ normál állapotú HCl-nak desztillált vízben való oldásával. Állapítsátok meg az oldat moláros töménységét és a pH-értékét!

K. 831. Egy alumíniumot, vasat és rezet tartalmazó fémleegyből két, egyformán 12g tömegű mintát a következő módon használtak:

- az egyiket 1M-os töménységű NaOH oldattal kezelték, mérve a felszabaduló gáz térfogatát. A gázfejlődés megszűntekor a mért térfogat normál körülményekre számolva $6,72\text{dm}^3$ volt.
- a másik mintát 2M-os sósavoldattal kezelték, ekkor $8,96\text{dm}^3$ normálállapotú gáz fejlődött.

Állapítsátok meg:

- a fémminta tömegszázalékos elemi összetételét
- az elemzéshez felhasznált NaOH és HCl-oldatok térfogatát!

K. 832. Magas hőmérsékleten ($800\text{-}900^\circ\text{C}$) az etán részlegesen eténné alakul. 45%-os átalakulás esetén a reakcióterben mekkora lesz a gázelegy sűrűsége normálállapotra számítva? Hogyan változik a gáznyomás a reakcióterben a kezdeti állapothoz viszonyítva?

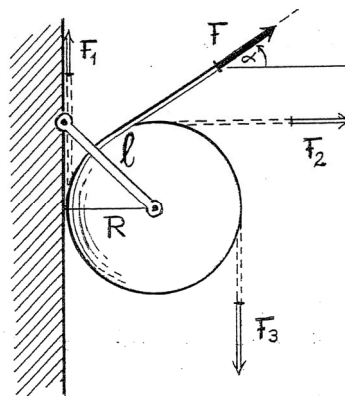
Fizika

F. 567. (a feladat megoldását lásd az 53. oldalon)

Egy $R = 4\text{ cm}$ sugarú papírtekercsről, melynek tengelye l hosszúságú tartókkal csuklósan a falhoz van rögzítve, a papírt lassan húzzuk. Mérjük a szükséges F húzóerőt, és annak vízszintessel alkotott α szögét (ábra).

A mért erő értékei, ha a papírt felfelé, vízszintesen, majd lefelé húzzuk: $F_1 = 4/3\text{ N}$, $F_2 = 10/7\text{ N}$, valamint $F_3 = 20/7\text{ N}$.

Határozzuk meg a tengelyt tartó kar l hosszát, a papírtekerecs G súlyát, és a papír valamint a fal közti csúszósúrlódási együttható értékét.



F. 568. Képzeljünk el egy egyenletes eloszlású, nagyon apró testekből álló m tömegű, R sugarú gyűrűt (például a Szaturnusz gyűrűjét a Szaturnusz nélkül).

- Bizonyítsuk be, hogy a kezdeti pillanatban nyugalomban levő gyűrű minden apró részecskéje úgy fog zuhanni a gyűrű középpontja felé, mintha azt egy bizonyos M tömegű, a gyűrű középpontjába rögzített test gravitációs vonzó hatása idézné elő.
- Ahhoz, hogy a gyűrű megőrizze sugarát, megfelelő szögsebességgel kell forogjon.

Mutassuk ki, hogy *az ilyen* egyensúlyi állapotban levő, adott tömeggel rendelkező gyűrű forgási periódusának a négyzete arányos sugarának a köbével, (hasonlóan Kepler harmadik törvényéhez).

Bíró Tibor feladatai