

A MICROSOFT EXCEL PROGRAM HASZNÁLATA A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK TANÍTÁSÁBAN

Szakmány Csaba

ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium, Budapest

A természettudományos megismerés során mérhető mennyiségekkel dolgozunk, amelyek között összefüggéseket, arányosságokat keresünk. Ha diákjainknak be szeretnénk mutatni a természettudományos megismerés útját fizika- vagy kémiaórákon, elkerülhetetlen bizonyos számítások elvégzése. A természettudományos oktatás jelen helyzetében, elsősorban időhiány miatt, az alapórán sokszor egyáltalán nem, vagy csak alig jut idő számításos feladatok gyakorlására. Ráadásul – még ha szerepelnek is feladatok – azok gyakran megrekednek az elemi, képletbe helyettesítés szinten. Ugyanis az ennél nehezebb, összetettebb feladatok megoldására a diákoknak nincs motivációjuk, és sokszor bizonyos matematikai ismeretek, vagy csak az azokban való jártasság hiánya tényleges akadályt jelent. A diákok (legalábbis a közkeletű felfogás szerint) a lenyűgöző, vizuális élményt adó, látványos kísérletekre, prezentációkra, videókra vevők. Ez azonban csak szűkített, akár torzított képe annak, amit a természettudományok valójában jelentenek.

Célom bemutatni, hogy a felmerülő nehézségek (például matematikai ismeretek hiánya) áthidalhatók, és így egy-egy számítási feladat elvégzésével, vagy mérőkísérlet kiértékelésével is élményhez lehet juttatni a diákokat.

Számítógép az adatfeldolgozásban

A tanórákon, szakkörökön elvégzett kísérletek jelentős része mérés. Ez főleg a fizikára igaz, de kémiából is említhetők például a titrálások. A mért adatok feldolgozása – azaz a keresett mennyiség kiszámítása a közvetlenül mért adatból – sokszor hosszadalmas. Különösen igaz ez, ha párhuzamos méréseket végzünk, és többször, egymás után, ugyanazt a számítási folyamatot kell végigvinni.

Sokszor – valamilyen okból – csak a kísérlet eredményét szeretnénk bemutatni diákjainknak, például amikor

- az előző órákon és házi feladatokban a számítás menetét már gyakoroltattuk, most az élő mérőkísérlet a lényeg;

- a mérés elvégzése önmagában is hosszú időt vesz igénybe és sokat elvisz a tanórából, így nem lenne idő a mérés eredményének diszkussziójára;

- alacsonyabb évfolyamos diákokkal a számítás a matematikai apparátus hiányosságai miatt nehézségbe ütközne.

A fenti esetekben a kiértékelés lépéseinek és a számítások elvégzésére eredményesen alkalmazható a Microsoft Excel program. Egy megfelelően előkészített táblázatba csak a mérési adatokat kell beírni, és a dinamikus frissülő táblázat azonnal kiadja az ebből számolható eredményeket, végső soron a meghatározandó mennyiséget.

A táblázatot a tanár maga is készítheti, de a diákok számára igen tanulságos, ha ők maguk készítik egy-egy ilyen file-t. A számítás algoritmusa ugyanis természetesen megegyezik a „papíron” történő feladatmegoldással, a paraméteres számításra hasonlít. A mennyiségek jele helyett itt a megfelelő cellákra kell hivatkozni, a matematikai műveletek egy része helyett pedig a programba beépített függvényeket kell használni.

A módszer fizikai és kémiai tárgyú mérésekben is alkalmazható. További előnyei között megemlíthető, hogy a diákok okostelefonjuk segítségével már az órán vagy szakkörön is használhatják a táblázatot, így az a tanulókísérletek során is alkalmazható. Méréssorozat esetén az adatok grafikus ábrázolása a programban rögtön megoldható. Az esetleges mérési hibák korrekciójával a meghatározott adat értéke is azonnal a pontosabb értékre frissül. A tanár a diákok közt feloszthatja a méréseket, például különböző paraméterek kiadásával, majd az adatokat egyesítve megosztott táblázat (például Google Drive) segítségével megállapíthatják a mennyiségek egymástól való függését és azokat grafikonokon ábrázolhatják. Ez a módszer házi feladatként is alkalmazható, a diákok az otthoni kísérletben mért értékeiket még otthonról feltöltik a közös táblázatba. A módszer fontos, előnyös tulajdonsága, hogy a számolási nehézségekkel, részképességgel küzdő diákok is örömmel bekapcsolódhatnak a mérési feladatokba, azok kiértékelése számukra sem okoz megoldhatatlan problémát s így frusztrációt. A sikerélmény kedvet adhat nekik „hagyományos” számítási feladatok elvégzéséhez. Végül, a módszer a tanári munkát is könnyíti az ismeretlen mennyiség meghatározására irányuló feladatban (például egy ismeretlen koncentrációjú oldat titrálása), hiszen a diákok eredményét könnyen ellenőrizhetjük.



Szakmány Csaba 2010-ben az ELTE-n szerzett fizika-kémia szakos tanári diplomát, az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium tanára, kémia vezetőtanár. Az ELTE Anyagfizikai Tanszékén fizika módszertani tárgyakat oktat. Az ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Doktori Program hallgatója, kutatási területe a természettudományos tárgyak összehangolt, egységes szemléletű tanítása.

A módszer sokféle természettudományos mérés esetén alkalmazható. Ilyen például a nehézségi gyorsulás mérése különböző magasságból történő ejtések adatai, vagy különböző hosszúságú fonálingák lengésideje alapján. Jól használható például ismeretlen tömegű tárgyak tömegének meghatározására a rezgésidő, vagy a súrlódási együttható mérésére tárgyak lejtőn való lecsúszása alapján, természetesen a hajlásszögből számítva. Kémiai példaként sav–bázis vagy redoxititrálás esetén az ismeretlen oldat koncentrációjának meghatározása említhető.

Számítógép a feladatmegoldásban

A Microsoft Excelben készített táblázatok nem csak kísérleti adatok feldolgozására alkalmasak. Bizonyos, pedagógiaileg indokolt esetekben fizikai és kémiai számítási feladatok elvégzésére is használhatjuk ezt a formát.

Microsoft Excellel támogatott feladatmegoldás általánosságban olyan esetekben lehet indokolt és ajánlott, mint például az algoritmikusan megoldható, úgynevezett „típusfeladatok” ellenőrzése, amelyek esetén a feladat megértése után kiderül, hogy a keresett mennyiséget ugyanúgy kell kiszámítani, mint az előző esetekben. Például egy gáz valamely állapotjelzőjének kiszámítása az ideális gáz állapotegyenlete alapján. Elegendően sok számítási feladat füzetben való megoldása és gyakorlása után így új módszert lehet bemutatni a diákoknak arra, hogyan lehet sok adatot egyszerűen és röviden feldolgozni. Például: adott húzóerő hatására – a súrlódás ellenére – elmozdul-e a test és mekkora lesz a gyorsulása? Használható sorozatszámítások leegyszerűsítésére annak érdekében, hogy a kiszámított eredményekből önmagukon túlmutató következtetéseket vonjunk le. Például a Naprendszer bolygóinak felszínén érvényes gravitációs gyorsulás értékének kiszámítása. Jól alkalmazható a tanári munka segítésére típusfeladatok eredményének egyszerű meghatározására gyakorló feladatsorok összeállításánál, illetve dolgozatok összeállításánál (párhuzamos osztályok dolgozatai, valamint A, B és C csoport).

A fentieknek alapján a fizika és a kémia szinte minden témakörében találunk olyan feladat típusokat és eseteket, amelyekben a módszer haszonnal alkalmazható.

Az Excellel történő feladatmegoldás módszerét azonban kellő körültekintéssel kell alkalmazni, nehogy a diákok úgy érezzék, hogy a tanár a munka elkerülésére biztatja őket. Mint minden olyan esetben, amikor a tanulási folyamatot számítógéppel támogatjuk és IKT-eszközöket használunk, itt is fontos, hogy a módszert csak akkor alkalmazzuk, amikor többet és mást nyújt, mintha nem élnénk vele. Azaz nem szabad, hogy a módszer a füzetben való feladatmegoldást és gyakorlást teljes mértékben felváltja, így a diákok gondolkodásának fejlesztése helyett annak elcsökevényesedését indukálja.

Az Excellel történő feladatmegoldást minden esetben meg kell előznie a kellő mennyiségű füzetben

megoldott feladatmegoldás és gyakorlásuk. Csak azután lehet számítógépet használni az összetett feladatok megoldására, amikor az alapszámítások elvégzése már nem okoz elvi nehézséget a diákoknak, csak az időtartamot szeretnénk rövidíteni.

A diákok figyelmét fel kell hívni és tudatosítani kell bennük, hogy a számítógépes módszert csak, mint támogató segítséget használjuk, amely nem helyettesítheti a gondolkodásukat. Hiszen a feladatmegoldás és a gyakorlás célja a rutinszerzés a problémamegoldó gondolkodásban, és a lényeg nem feltétlenül *csak* a végeredmény konkrét értékének a kiszámítása.

Ebben az esetben különösen fontos és szükséges, hogy az Excel-táblázatot a diákok készítsék el, hiszen annak megalkotásakor végig kell követniük azt a gondolatmenetet, amely a feladat papíron történő megoldásához szükséges, sőt a szükséges változtatások (cellahivatkozások, függvények alkalmazása) elvégzése során még absztrakciós készségük és analógiás gondolkodásuk is fejlődik.

A módszer hátránya, hogy egy adott táblázat csak egy-egy konkrét feladatban egy-egy konkrét mennyiség kiszámítására alkalmas. Ezt a tényt bizonyos szempontból előnyvé is alakíthatjuk, ha felhívjuk a diákok figyelmét arra, hogy a „program” csak egy-egy speciális, konkrét esetre alkalmazható, az emberi gondolkodás azonban univerzális.

A továbbiakban konkrét példákat lássunk a módszer alkalmazására!

Képzletbeli űrutazás – Excellel számítva

A gravitációs erőt (talán annak csillagászati vonatkozásai miatt) a diákok, de sokszor a felnőttek részéről is mindig körbeveszi egyfajta „misztikum”. Emiatt sok a témakörrel kapcsolatos bizonytalanság, sőt időnként tévképzet is. Például ilyen kijelentések és kérdések formájában: „Az űrhajósok azért lebegnek az űrhajóban, mert olyan magasan vannak, hogy ott már nem vonzza őket a Föld. Vajon milyen távol kell ehhez menni a Föld felszínétől?”

A gravitációs erő erőtvényének alkalmazásával, számítási feladatok elvégzésével a diákok elmélyíthetik tudásukat és saját „tapasztalatokat” szerezhetnek ezekről a kérdésekről. A számítások azonban matematikai nehézségeket okozhatnak a tanulóknak. A képletben szereplő mennyiségek ugyanis vagy olyan nagyok (például bolygó tömege), vagy olyan kicsik (gravitációs állandó), hogy azokat általában normálalakban írjuk fel. A távolságtól való négyzetes függés is bonyolíthatja a képlettel való számítást. Ezen felül, ha sorozatos számításokat szeretnénk elvégezni, akkor a fenti problémákkal is sorozatosan találkozunk. Így a tanulságok levonása helyett a diákokban csak a nehézség és a gondok tudatosulnak.

Fentiek megoldására a gravitációs erővel való számítások elvégzésére a Microsoft Excel programot használjuk. Ennek előnye, hogy a normálalakból való számításból adódó hibák esélyét csökkentve a munkát a

| | A | B | C | D | E |
|----|----------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------|---|
| 1 | Bolygó | Bolygó sugara (km) | Bolygó sugara (m) | Bolygó tömege (kg) | |
| 2 | Merkúr | 2439 km | 2439000 m | 3,30E+23 kg | |
| 3 | Vénusz | 6052 km | 6052000 m | 4,87E+24 kg | |
| 4 | Föld | 6378 km | 6378000 m | 5,97E+24 kg | |
| 5 | Mars | 3394 km | 3394000 m | 6,42E+23 kg | |
| 6 | Jupiter | 71492 km | 71492000 m | 1,90E+27 kg | |
| 7 | Szaturusz | 60268 km | 60268000 m | 1,68E+26 kg | |
| 8 | Uránusz | 25559 km | 25559000 m | 8,68E+25 kg | |
| 9 | Neptunusz | 24764 km | 24764000 m | 1,02E+26 kg | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | Gravitációs állandó: | 6,67E-11 N·m ² /kg ² | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | Próbatest tömege: | 60 kg | | | |

1. ábra. A készülő táblázat a szükséges adatokkal.

számítógép elvégzi helyettünk, valamint hogy egymáshoz hasonló problémák/feladatok során a sorozatszámítások egyszerűvé válnak.

Oldjuk meg a következő két konkrét feladatot!

1. Ellenőrizzük, miként változik a Föld által kifejtett gravitációs erő a Földtől való távolodás során! Számítsuk ki, hogy mekkora a Föld tömegvonzásából adódó gravitációs gyorsulás értéke

- a Föld felszínén;
- az űrhajók keringési pályájának magasságában;
- a Hold távolságában!

2. Csak a Star Wars filmekben igaz (sok más furcsaság mellett), hogy minden bolygón ugyanakkora gravitációs erő hat a szereplőkre. Képzeljük el, hogy egy kirándulás keretében végiglátogatjuk a Naprendszer bolygóit! Számítsuk ki, mekkora a bolygók felszínén a gravitációs gyorsulás értéke, és oda érkeve mekkora súlyúnak éreznénk magunkat! Adjuk meg ezt az értéket a Föld felszínén mért súlyunkhoz képest! (A bolygók tengely körüli forgásából adódó centrifugális erő-től tekintsünk el!)

A számításokat mindegyik esetben Microsoft Excel programmal végezzük, a szükséges adatokat keressük meg az interneten!

A megoldás lépései:

- A gravitációs erőtvény:

$$F_{grav} = \gamma \frac{mM}{r^2},$$

ahol: F_{grav} a két test között fellépő gravitációs erő nagysága, γ a gravitációs állandó, m és M a két test tömege, r pedig a testek tömegközéppontja közti távolság. A fenti feladatok megoldására alkalmazva M a bolygó tömege, m egy „próbatest” (=ember) tömege, például 60 kg, r pedig a bolygó sugara (jelölése: R_b).

A képletből a g gravitációs gyorsulás értéke a felszíntől mért h magasság függvényében:

$$g = \gamma \frac{M}{(R_b + h)^2},$$

2. Tehát mindkét feladat elvégzéséhez szükséges összegyűjteni a Naprendszer bolygónak tömegét és sugarát.

A következőkben egy módszert javasolunk a táblázat megszerkesztéséhez (1. ábra). A mértékegységeket célszerű a táblázat fejlécében jelezni, de informatikában járta-sabb diákok a cellaformátum megadásával minden egyes adatot elláthatnak mértékegységgel. Hívjuk fel tanulóink figyelmét arra, hogy az Excel milyen formában jelöli a normálalakot!

3. A bolygók felszínén érvényes gravitációs gyorsulás kiszámítását a következő oszlopban (E oszlop) tehetjük meg. A számítás elvégzése tulajdonképpen megegyezik a gravitációs gyorsulás fenti képletébe való behelyettesítéssel, csak a mennyiségek jele helyett a megfelelő cellahivatkozást kell beírni. Például a Merkúr esetén: „=(\$B\$13*D2)/(C2*C2)”.

Megjegyzés: a B13 cellára (azaz a gravitációs állandóra) való hivatkozást érdemes rögzíteni,¹ hiszen az minden bolygóra ugyanazon érték.

4. A többi bolygó felszínén érvényes gravitációs gyorsulás kiszámításához nem kell mást tennünk, mint az E2 cellát kijelölve a keret jobb alsó sarkát lefelé húzva a képlettel kitölteni az alatta levő cellákat. Így az összes többi adatot egy mozdulattal megkapjuk!

5. A próbatest súlyának kiszámítása az F oszlopban történik, hasonló módon. Az F2 cellába írjuk: „=E2*\$B\$15”, majd lehúzással töltsük ki az alatta levő cellákat.

6. Ahhoz, hogy ezt az értéket a Föld felszínén mért értékhez tudjuk viszonyítani, a G oszlopban ezeket az értékeket osszuk el az F4 cellában lévő értékkel! A G2 cellába tehát írjuk: „=F2/\$F\$4”, majd lehúzással töltsük ki az alatta levő cellákat.

Érdemes megbeszélni a diákokkal, hogy mit fejeznek ki a kapott arányszámok, ezt hogyan lehet elképzelni, érzékelhetővé tenni. A megbeszélés során mindenképpen tudatosítsuk a tanulóknak, hogy a bolygók felszínén az eltérő súly az eltérő gravitációs gyorsulásból adódik, a tömegünk végig állandó!

7. A Föld felszínétől való távolság vizsgálatához a ki kell bővíteni táblázatot (2. ábra). A J4 cellába a fenti képlet alapján: „=(B13*D4)/((C4+I4)*(C4+I4))” kerüljön.

Az így elkészített táblázatban, ha a felszíntől mért magasságra a H4 cellába tetszőleges értékeket írunk be, a J4 cella értéke annak megfelelően, azonnal, dinamikus frissül. Így könnyen és gyorsan tudjuk szemléltetni, hogy az űrhajósok magasságában (körrülbelül 200 km) a gravitációs gyorsulás értéke a földfelszíni értékhez képest alig csökken (9,20 m/s²-re). Kipróbálható, hogy a gravitációs erő erőtvénye szerint a bolygó középpontjától mért kétszeres távolság,

¹ Ezt a szerkesztőlécben a „B13” kifejezést kijelölve F4 billentyű egyszerű lenyomásával tehetjük meg.

| | A | E | F | G | H | I | J |
|---|-----------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| | Bolygó | Gravitációs gyorsulás a felszínen (m/s ²) | Próbatest súlya a bolygón (N) | Próbatest súlya a Föld felszínén mért értékhez képest | felszíntől mért magasság (km) | felszíntől mért magasság (m) | Gravitációs gyorsulás adott magasságban (m/s ²) |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | Merkúr | 3,70 m/s ² | 222 N | 0,38 | | | |
| 3 | Vénusz | 8,86 m/s ² | 532 N | 0,91 | | | |
| 4 | Föld | 9,80 m/s ² | 588 N | 1,00 | 200 km | 200000 m | 9,21 m/s ² |
| 5 | Mars | 3,72 m/s ² | 223 N | 0,38 | | | |
| 6 | Jupiter | 24,80 m/s ² | 1488 N | 2,53 | | | |
| 7 | Szturnusz | 3,09 m/s ² | 185 N | 0,31 | | | |
| 8 | Uránusz | 8,86 m/s ² | 532 N | 0,90 | | | |
| 9 | Neptunusz | 11,09 m/s ² | 666 N | 1,13 | | | |

2. ábra. A kész táblázat képernyőképe (a jobb átláthatóság érdekében a B–D oszlopok elrejtve).

azaz földugárnyi magasság esetén g értéke a felszíni érték negyedére, $2^{1/2}$ -szeres távolság, azaz körülbelül 2600 km-es magasság esetén pedig felére csökken.

Telített szénhidrogének fajlagos égéshőjének összehasonlítása

A telített szénhidrogének (alkánok) jelentős szerepet töltenek be az energiatermelésben. Gáz halmazállapotú képviselőik (metán, etán, propán, bután) vezetékes és palackos földgáz formájában jutnak el a felhasználókhoz, a folyékony halmazállapotú, kis szénatomszámú alkánok pedig többnyire a benzin összetevői.

Az alkánok által hordozott energiát például étéssel lehet felszabadítani, amely során szén-dioxid és vízgőz keletkezik. A különböző alkánok esetén – az eltérő szén- és hidrogénatomszám miatt – eltérő a moláriségéshő-érték. Ezen értékeket tömegegységre vonatkoztatva érdemes összehasonlítani, azaz fajlagos égéshőt számítani annak érdekében, hogy lássuk, melyik alkánt éri meg a legjobban elégetni.

A moláris égéshő kiszámítása a rendezett reakcióegyenlet alapján Hess tételének figyelembe vételével könnyen megtehető, a kilencedik évfolyamos termokémiai ismeretek segítségével. Eszerint a keletkezett anyagok képződéshőjének összegéből ki kell vonni a kiindulási anyagok képződéshőjének összegét. Ugyanakkor fontos figyelembe venni, hogy ha akár csak az első tíz alkán esetén szeretnénk ezt a számítást elvégezni, akkor is tíz reakcióegyenletet kell rendezni és tízszer kell elvégezni a reakcióhő számításának fenti algoritmusát!

Természetesen, amennyiben a gyakoroltatás a célunk, érdemes ezt a feladatot a hagyományos módon kiadni a diákoknak: dolgozzanak papíron, segédeszközként legfeljebb számológépet használva. Viszont elképzelhető – például szerves kémia témakörben az alkánok tárgyalásakor –, hogy csak a végeredmény a lényeges. Ilyenkor a tíz számítás feleslegesen sok időt vesz igénybe, illetve előfordulhat, hogy a diákok egy részének termokémiai emlékei már megfakultak. De az is lehet, hogy energiagazdálkodás témában szeretnénk a kérdést megvitatni alacsonyabb évfolyamú tanulókkal, akik a reakcióhő számításáról még egyáltalán nem vagy csak keveset tanultak. Ezen ese-

tekben – mind a reakcióegyenletek rendezésére, mind pedig a reakcióhő kiszámítására – jól alkalmazható az Excel. Előnye, hogy a szükséges kémiai ismeretek hiányos vagy elhalványult mivolta nem okoz nehézséget, illetve az algoritmikus lépések elvégzéséhez szükséges idő a töredékére csökken. Fontos szempont, hogy eme módszerrel sem számolási vagy előjelhibák, sem pedig az egymás utáni gépies számítások közbeni figyelmetlenségből adódó hibák nem fordulhatnak elő.

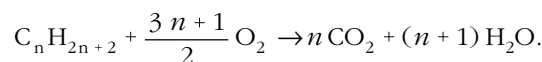
Végezzük el az alábbi feladatot!

Tegyük fel, hogy az első tíz alkánból azonos tömegű mennyiséget töltöttek egy-egy palackba.² Ha mindegyik palackot ugyanazon az áron vásárolhatjuk meg, akkor a legjobban melyiket éri meg megvennünk, feltéve, hogy a szénhidrogént elégetve azt megégetésre szeretnénk használni?

A megoldás lépései:

A válasz megadásához az első tíz alkán fajlagos égéshőjét kell összehasonlítani. Ehhez előbb – a rendezett reakcióegyenletek alapján – ki kell számítani a moláriségéshő-értékeket, majd azokat a moláris tömeggel elosztva megkapjuk az 1 g alkán égését kísérő energiaváltozás mértékét. Ezeket kell összehasonlítani.

1. A reakcióegyenletek rendezése az alkánok égésére vonatkozó általános reakcióegyenlet alapján történik:



Minden képletet és sztöchiometriai együtthatót külön cellába írjunk, sőt az alkán esetén még a szén és a hidrogén vegyjelét, valamint ezek indexét is! Így a reakcióegyenlet az A-tól az M oszlopig terjed. Ennek köszönhetően a program számként kezeli az együtthatókat és a szénatom számának függvényében kiszámítja azokat. Ehhez a H indexét, az O_2 , a CO_2 és a H_2O együtthatóját a C utáni cellára hivatkozva kell megadnunk. Így – ezt az értéket változtatva – tetszőle-

² A metán és az etán szobahőmérsékleten kizárólag gáz állapotban vannak, ezért nem ezeket a gázokat, hanem a propánt és a butánt töltik palackokba. A feladat szempontjából ez a tény azonban mellékes.

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|----|----------|-----|----------------|---|---|-----------------|---|---|------------------|
| F2 | : | X | ✓ | fx | =I2+L2/2 | | | | | | | | |
| ▲ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | C | 1 | H | 4 | + | 2 | O ₂ | = | 1 | CO ₂ | + | 2 | H ₂ O |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | C | 2 | H | 6 | + | 3,5 | O ₂ | = | 2 | CO ₂ | + | 3 | H ₂ O |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |

3. ábra. Alkánok égési reakcióegyenlete Excellel rendezve.

| | | | |
|----|--------------------------------------------|----|---------------|
| AA | AB | AC | AD |
| | Képződéshők | | |
| | $\Delta_f H(\text{CO}_2)$ | = | -394 kJ/mol |
| | $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))$ | = | -242 kJ/mol |
| 1 | $\Delta_f H(\text{CH}_4)$ | = | -74,9 kJ/mol |
| 2 | $\Delta_f H(\text{C}_2\text{H}_6)$ | = | -84,6 kJ/mol |
| 3 | $\Delta_f H(\text{C}_3\text{H}_8)$ | = | -104,0 kJ/mol |
| 4 | $\Delta_f H(\text{C}_4\text{H}_{10})$ | = | -124,0 kJ/mol |
| 5 | $\Delta_f H(\text{C}_5\text{H}_{12})$ | = | -146,4 kJ/mol |
| 6 | $\Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_{14})$ | = | -198,7 kJ/mol |
| 7 | $\Delta_f H(\text{C}_7\text{H}_{16})$ | = | -224,4 kJ/mol |
| 8 | $\Delta_f H(\text{C}_8\text{H}_{18})$ | = | -249,9 kJ/mol |
| 9 | $\Delta_f H(\text{C}_9\text{H}_{20})$ | = | -274,7 kJ/mol |
| 10 | $\Delta_f H(\text{C}_{10}\text{H}_{22})$ | = | -300,0 kJ/mol |

4. ábra. Adattáblázat a képződéshőkkel.

ges alkán képletét és égésének egyenletét megadja a program (3. ábra).

2. Az égéshők kiszámításhoz az alábbi adatok szükségesek:

- szén-dioxid képződéshője: $\Delta_f H(\text{CO}_2(\text{g}))$;
- vízgőz képződéshője: $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))$;
- az adott alkánok képződéshője: $\Delta_f H(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})$.

Ezen adatokat a függvénytáblázatból, egyéb termodinamikai táblázatokból, vagy az internetről lehet összegyűjteni. Az oxigén képződéshője, mivel elem, definíció szerint nulla.

Ezen adatokat célszerű az egyenletektől sokkal jobbra lévő cellákba írni, és egy kis adattáblázatot létrehozni (4. ábra).

3. Az égéshő kiszámításához a reakcióegyenlet mellett, a következő cellába jobbra kell a képlet beírni. A számítás elve természetesen megegyezik a papíron történő számításával, csak itt a megfelelő adatokat tartalmazó cellákra való hivatkozásokat kell a képletbe írni.

Az adott szénatomszámú alkán képletét FKERES függvénnyel tudjuk kikerestetni a táblázatból. Ennek egyszerűvé tételéhez a képződéshőket tartalmazó kis táblázat rész első oszlopába írjuk be az alkán szénatomszámát, hogy a keresés ennek alapján valósuljon meg. A képletben a CO₂ és a H₂O képződéshőjét tar-

talmazó cellát, valamint az FKERES függvény tartományát célszerű rögzíteni, hogy lehetővé tegyük a képlet másolását. Így az égéshőt kiszámító képlet: „=I2*\$AD\$2+L2*\$AD\$3-FKERES(B2,\$AA\$5:\$AD\$14;4)”, lásd az 5. ábrát.

4. Az alkánok moláris tömege a képletükből számítható, figyelembe véve, hogy a szén relatív atomtömege kerekítve 12, a hidrogéné 1. A hivatkozást itt is a szén-, illetve a hidrogénatom indexére kell megtenni. A beírandó képlet: „=B2*12+D2”.

5. Végül, a fajlagos égéshő kiszámításához nem kell mást tennünk, mint egy következő oszlopban a moláris égéshő (egy mol alkán égését kísérő energia-változás) értékét el kell osztanunk az alkán moláris tömegével (egy mol alkán tömege).

6. Az összehasonlítás megtételéhez mind a tíz alkán esetén el kéne végezni a fenti műveleteket, amit papíron való számítás esetén ténylegesen el kell végezni.

5. ábra. A kész táblázat képernyőképe.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|----|------------------------------------------------------|------|----------------|---|----|-----------------|---|----|------------------|---|---|----------------|----------------|---------------|-------------|---|-------------------------|-------------|---|---|---|---|----|---------------------------|----|--------------------------------------------|---|-------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Q2 | : | X | ✓ | fx | =I2*\$AD\$2+L2*\$AD\$3-FKERES(B2,\$AA\$5:\$AD\$14;4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ▲ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | Moláris égéshő | Moláris tömeg | | | Fajlagos égéshő | | | | | | | | | Képződéshők | | | | | | | | | |
| 2 | C | 1 | H | 4 | + | 2 | O ₂ | = | 1 | CO ₂ | + | 2 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -803,1 kJ/mol | M = | 16,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -50,19 kJ/g | | | | | | $\Delta_f H(\text{CO}_2)$ | = | -394 kJ/mol | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))$ | = | -242 kJ/mol | | | | | | | |
| 4 | C | 2 | H | 6 | + | 3,5 | O ₂ | = | 2 | CO ₂ | + | 3 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -1429,4 kJ/mol | M = | 30,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -47,65 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | C | 3 | H | 8 | + | 5 | O ₂ | = | 3 | CO ₂ | + | 4 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -2046,0 kJ/mol | M = | 44,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -46,50 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | C | 4 | H | 10 | + | 6,5 | O ₂ | = | 4 | CO ₂ | + | 5 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -2662,0 kJ/mol | M = | 58,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -45,90 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | C | 5 | H | 12 | + | 8 | O ₂ | = | 5 | CO ₂ | + | 6 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -3275,6 kJ/mol | M = | 72,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -45,49 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | C | 6 | H | 14 | + | 9,5 | O ₂ | = | 6 | CO ₂ | + | 7 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -3859,3 kJ/mol | M = | 86,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -44,88 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | C | 7 | H | 16 | + | 11 | O ₂ | = | 7 | CO ₂ | + | 8 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -4469,6 kJ/mol | M = | 100,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -44,70 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | C | 8 | H | 18 | + | 12,5 | O ₂ | = | 8 | CO ₂ | + | 9 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -5080,1 kJ/mol | M = | 114,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -44,56 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | C | 9 | H | 20 | + | 14 | O ₂ | = | 9 | CO ₂ | + | 10 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -5691,3 kJ/mol | M = | 128,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -44,46 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | C | 10 | H | 22 | + | 15,5 | O ₂ | = | 10 | CO ₂ | + | 11 | H ₂ O | | | $\Delta_f H =$ | -6302,0 kJ/mol | M = | 142,0 g/mol | | $Q_{\text{fajlagos}} =$ | -44,38 kJ/g | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Az Excel használatának előnyei itt mutatkoznak meg: csupán a metánra vonatkozó sort kell egymás alá lemásolnunk – tetszőleges (célszerűen tíz) példányban –, és a szénatomszám indexét átírni. (Az Excel lehúzással ráadásul ezt is megteszi helyettünk.) Így néhány kattintással azonnal rendelkezésünkre állnak a szükséges adatok. A végső táblázatot az 5. ábra mutatja.

7. Úgy járunk el korrekt módom, ha feltüntetjük a mennyiségek jelét és mértékegységét is (ez egyben átláthatóbbá, esztétikusabbá is teszi a táblázatot). Előbbieket érdemes külön cellában a számított vagy beírt mennyiség elé írni, mögé pedig egyenlőségjelet, utóbit pedig cellaformázással megoldani. Ezen műveleteket folyamatosan érdemes végezni, illetve – a biztonság kedvéért – fejléccel is elláthatjuk a táblázatot.

8. A kapott táblázatból azonnal megállapítható, hogy egységnyi tömegű anyag elégetése során a metán esetében szabadul fel a legnagyobb energia. Így tehát a metános palackot érdemes megvásárolnunk.³

Az eredmények értelmezése

Az eredményekből észrevehető, hogy a fajlagos égéshő abszolút értéke a szénatomszám növekedésével enyhén, ráadásul egyre kisebb mértékben csökken. Ez egyszerre két állítás, amelyeket érdemes megvitatni diákjainkkal. A megbeszélés során néhány szempont mindenképpen kerüljön elő:

- A tapasztalt tendencia hasonló ahhoz, mint amit az alkánok olvadás- és forráspontjáról megállapíthattunk: azok az értékek a szénatomszám növekedésével egyre növekednek, de egyre kisebb mértékben. A metilén-csoport ($-\text{CH}_2$ -csoport) „beépülése” okozza a növekedést, de a teljes molekulamérethez képest ez egyre kisebb arányú növekményt jelent.

- A szénatomszám növekedésével arányosan növekszik a keletkező CO_2 és H_2O mennyisége, így a moláris reakcióhőben ezek mindig azonos változást jelentenek. A fajlagos égéshőben való eltérést tehát az alkánok képződéshője okozza, amelynek abszolút értéke a szénatomszám emelkedésével növekszik, de nem egyenes arányban, hanem egyre kisebb mértékben. Ennek megértéséhez további magyarázatra van szükség. A következőket mondhatjuk:

- A szénatomszám növekedésével a vegyületek relatív hidrogéntartalma csökken.

- A fenti két állítást figyelembe véve adódik a magyarázat: a szénatomszám növekedésével változik a szén–szén és a szén–hidrogén kötések egymáshoz viszonyított mennyisége, valamint a termékekben a szén–oxigén és az oxigén–hidrogén kötések egymáshoz viszonyított mennyisége is. Ez a változás a kötési energiák egymáshoz viszonyított összértékében eltérést okoz. A kötési energiák értékei ugyanis: C–C: 348 kJ/mol, C–H: 412 kJ/mol, C=O: 799 kJ/mol, O–H: 463 kJ/mol.

- Megállapítható, hogy egy C–H kötés felszakadásából és az O–H kötés, valamint a C=O kötés kialakulásából

összességében több energia szabadul fel, mint a C–C kötés felszakadásából és a C=O kötések kialakulásából. Így a csökkenő relatív hidrogéntartalom miatt az alkánok égéshőjének abszolút értéke csökken. A relatív hidrogéntartalom csökkenése egyre kisebb mértékű, ezért az égéshő is egyre kisebb mértékben csökken.

- Fenti állítást alátámasztandó érdemes az égéshőket a kötési energiák alapján is kiszámítani, természetesen szintén Excel segítségével. Ez a feladat a fenti módszer órai, közös végigbeszélése után akár házi feladatként is feladható.

Összegzés

Tapasztalatom szerint a Microsoft Excel program jól alkalmazható segítség a természettudományos oktatásban abban az esetben, ha a számítások elvégzése valamilyen okból nehézséget jelentene a diákoknak, de a számítások eredményére mégis feltétlenül szükségünk van. A módszer ezen felül – bizonyos esetekben – nagy mértékben megkönnyíti a tanári munkát is. A diákok motivációját is növeli, mert szívesen foglalkoznak számítógéppel elvégezhető feladatokkal.

A módszer használatának csak a fantázia szab határt, a cikk elején felsorolt témák csak néhány kiragadott példát jelentenek. A fizikai és a kémiai számítások minden területén találunk olyan feladattípusokat, amelyekhez készíthet algoritmus, így elvégzésükhöz az Excel segítése igénybe vehető. Tanári mérlegelést igényel, hogy pedagógiailag mely esetekben indokolt ez a módszer, de a megfelelő alkalommal mindenképpen érdemes alkalmazni.

A gravitációs erőtvénnyel kapcsolatos feladatot az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium 9.b osztályos diákjai páros munkában a 2017. évi digitális témahét keretében nagy lelkesedéssel végezték el. Az informatikateremben tartott tanórán a módszer alapjait előzetesen megbeszéltük, majd a továbbiakban ők önállóan oldották meg a feladatot. A munka befejezésére otthon volt lehetőségük, az elkészített táblázatot tartalmazó file-t e-mailben küldték el nekem. A tapasztalatok megbeszélését, az eredmények értelmezését és a beadott táblázatok értékelését a következő tanórán tettük meg.

A diákok visszajelzéseit kérdőív segítségével gyűjtöttem össze. Ezekből megállapítható, hogy legtöbbször szívesen fogadta ezt a szokatlan feladattípust, és örült, hogy a megszokottól eltérő módon foglalkozhat fizikával. Ugyanakkor többen megemlítették, hogy a feladatmegoldás gördülékenyebb lett volna, ha előtte átismételték volna az Excel alapvető funkcióit és függvényeit. Örömteli, hogy a feladatot elvégző diákok közül sokan válaszolták, hogy a jövőben önállóan is szívesen használnák a módszert.

Irodalom

<http://www.physicsthisweek.com/microsoft-excel-in-physics/>
<http://mmsphyschem.com/excelPhys1.htm>
<http://www.excelunusual.com/category/excel-physics/>

³ Persze, ha lehetséges volna (lásd korábban). A létező palackok közül a propánnal telít érdemes megvásárolni.