A FIZIKA TANÍTÁSA

MÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

Égitestek mágnessége – avagy kell-e félnünk a csökkenő földi mágnesség miatt?

(Dr. Sós Katalin)

Az energiáról és az energiatermelésről – I. rész

(Király Márton – Dr. Radnóti Katalin)

A klasszikus atomelmélet rövid története

(Prof. Dr. Szabó Árpád – Dr. Szabó Tímea)

XX. ÉVFOLYAM 2012 2

MOZAIK
www.mozaik.info.hu

A FIZIKA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:
Bonifert Domonkosné dr.
főiskolai docens

A szerkesztőbizottság:
Dr. Kövesdi Katalin
főiskolai docens
Dr. Molnár Miklós
egyetemi docens

Szerkesztőség címe:
6723 Szeged, Debreceni u. 3/B
Tel.: (62) 470-101,
FAX: (62) 554-666

Kiadó:
MOZAIK Kiadó Kft.
Felelős kiadó: Török Zoltán
Tördelőszerkesztő: Forró Lajos
Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:
MOZAIK Kiadó Kft.
6701 Szeged, Pf. 301
Éves előfizetési díj: 1680 Ft

A lap megvásárolható a MOZAIK Könyvesboltban: Budapest VIII., Üllői út 70.

ISSN 1216-6634

Készült
az Innovariant Kft.-ben, Szegeden
Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Égitestek mágnessége – avagy kell-e félnünk a csökkenő földi mágnesség miatt?
Dr. Sós Katalin, SZTE

Az energiáról és az energiatermelésről I. rész
Király Márton – Dr. Radnóti Katalin, ELTE

Szakács Jenő Megyei Fizikaverseny 2011/2012-es tanév I–II. forduló
Dr. Molnár Miklós – Dr. Varga Zsuzsa, SZTE

A klasszikus atomelmélet rövid története
Prof. Dr. Szabó Árpád nyugalmazott egyetemi tanár, Nyíregyházi Főiskola;
Dr. Szabó Tímea kandidátus, Ungvári Nemzeti Egyetem

Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2012

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

FÓKUSZ

Dr. Sós Katalin

Égitestek mágnessége – avagy kell-e félnünk a csökkenő földi mágnesség miatt?

Napjainkban egyre több „világvége elmélet” születik meg és kap szárnyra, amelyekkel kapcsolatban felvetődik a kérdés: van-e valamilyen igazságalapjuk, vagy merő fantáziálás az egész. Ezeknek a sorába tartozik többek között az az elmélet is, amely a Föld csökkenő, majd átforduló mágneses terének tulajdonít végzetes következményeket. Vajon ez is csak egy új, hisztériát keltő teória, vagy valós jelenségek állnak mögötte? És ha van is tényszerű igazságalapja, jogos-e, vagy túlzó feltételezni, hogy veszedelmes hatása lehet a földi életre?

A legtöbb kutató egy természetes, semmilyen jelentős hatással nem járó folyamatnak tekinti mágneses terünk változását. Ennek ellenére sokszor még a tudományos sajtó is azt hangoztatja, hogy a csökkenő mágneses mező következtében csökken Földünk védelme a kozmikus sugárzással szemben, ami akár életveszélyes is lehet. Ez a hír természetesen diákjaink figyelmét is felkelti. Azért, hogy felmerülő kérdéseikre válaszolni tudjunk, magunknak is tisztában kell lennünk a jelenség fizikai alapjaival: az égitestek mágnességével, annak magyarázatával, szerepével és időbeli alakulásával.

A részecskék mágnességét két okra vezethetjük vissza. Egyrészt a Maxvell-törvényekből is ismert, hogy a mozgó elektromos töltéseket mágneses mező veszi körül – ezzel magyarázhatjuk pl. az elektron, a proton mozgásból (akár az atomon belüli mozgásából) adódó mágneses tulajdonságát. Másrészt a részecskék – még a semleges neutron is – rendelkeznek ún. saját mágneses tulajdonsággal, ezt jellemezhetjük a részecskék spinjével. Az atomoknak tehát alkotó részecskéi mágnességéből adódóan van mágneses tere. Ezeknek az atomi mágneseknek a mértéke és a külső mágneses térben való viselkedése szabja meg, hogy egy anyag hogyan módosítja a mágneses tér erősségét a vákuumhoz képest. Ha csökkenti, diamágneses; ha kis mértékben növeli, paramágneses; ha a növekedés jelentős, és az anyag a mágneses tér megszünte után is mágneses marad, ferromágneses az anyag.

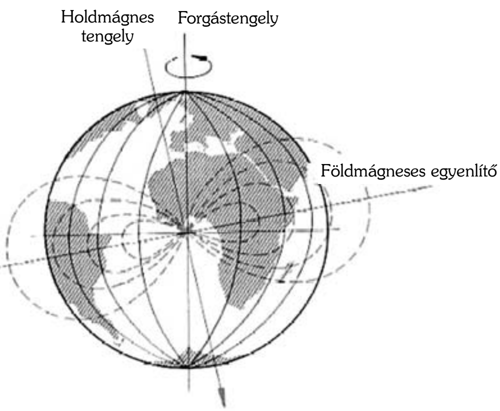
Azok az anyagok, és így azok az égitestek rendelkeznek számottevő mágnességgel, amelyekben található mozgó elektromos töltéssel rendelkező tartomány. Ezt a mágnességet nevezzük az égitestek **belső mágnességének.** Belső mágnességgel rendelkezik ennek értelmében a Föld, hiszen folyékony külső magjában vas- és nikkelionok vannak; ezek mozgása adja a Föld átlagosan 0,5 G indukciójú mágnességének 95%-át. Bolygóink mágnességéről a következő általános megállapítás tehető: a Föld típusú bolygók mágnessége kisebb, mint a Földé; viszont a gázbolygók mágnessége nagyobb.

Ezeknek elsősorban az ún. mágneses momentumuk jelentős, a Jupiteré pl. 10 000-szerese a Földének. (A Föld átlagos mágneses momentuma $8 \cdot 10^{22}$ Am^2.)

Belső mágnessége van a plazma állapotú Napnak is, mágneses indukciója kb. kétszerese a Földének. A Nap mágnessége azonban erősen változó, például 11 évente átfordul a mágneses tér iránya. Ennek a jelentős változékonyságnak az az oka, hogy a gáz halmazállapotú Napban a forgási szögsebesség szélességi körönként változó, ennek következtében a plazma mozgása a tér egy-egy pontjában úgy alakulhat, hogy ott jelentős, akár 1 millió G is lehet az indukció nagysága. Ezeken a helyeken alakulnak ki a napfoltok, mert az erős mágneses mező miatt a Nap felszíne hidegebb, viszont épp az erős mágnesség miatt itt a legjelentősebb a Nap anyagának kiáramlása.

A földi belső mágnességet „mágneses dipólus tér” néven is emlegetik, mivel ez a mágnesség jól szemléltethető egy rúdmágnes mágneses terével. Ehhez a képzeletbeli, forgástengelybe fektetett rúdmágnest eltoljuk Ausztrália felé kb. 400 km-rel, majd elfordítjuk úgy, hogy 11,5 fokos szöget zárjon be a forgástengellyel.

A földi belső mágnesesség magyarázatára több elmélet is született, mindegyik a külső mag mozgását-áramlását veszi a mágnesség alapjául, és erre a mozgásra igyekszik okot találni. Az egyik elmélet szerint a külső magban lévő olvadék viszonylag nagy sebességű mozgását az biztosítja, hogy a Hold tömegvonzása miatt a belső mag és a köpeny sebessége eltérő, ezért a külső mag egyes rétegei is különböző sebességűek. Ennek a sebességgradiensnek köszönhető a viszonylag nagy mágneses térerő. Modellekkel azonban bebizonyították, hogy az így létrejött mágneses mező csak a földmagban észlelhető, a földfelszínen már nem. Egy másik elmélet két hatás eredőjeként tekinti a külső mag bonyolult áramlását: az egyik a belső mag felől induló hőáramlás, a másik a Föld tengely körüli forgása. Ennek a magyarázatnak azonban az a hibája, hogy sokkal gyengébb mágneses teret eredményezne, mint ami a valóságban mérhető. Napjaink legújabb elméletei szerint a belső mágnesség annak is köszönhető, hogy a belső mag aszimmetrikus, emiatt állandóan vándorol a Nap-Föld-Hold rendszerben, így a külső magban egy örökös, igen nagy sebességű anyagáramlás indul meg. Mindegyik elmélet egyet ért azonban abban, hogy a mágneses térerő változása a külső mag áramlási viszonyának megváltozásából adódik.



1. ábra
A földi dipóltér iránya és erővonalai

Az égitestek mágnességének másik forrása a **befagyott mágnesség,** amit a kőzetek mágnessége okoz. Ezt nevezzük földi non-dipol térnek, ami a földi mágnesség 5%-át adja. A ferromágneses anyagok makroszkópikus mágnessége az ún. Curie-pont felett megszűnik, és mivel ez a hőmérséklet a vastartalmú kőzetek esetén kb. 500 °C, emiatt ezek kb. 30 km mélység alatt már nem mágnesesek.

A földi mágnesség értéke szélességi körönként változó: az Egyenlítőn 0,3 G, a sarkokon 0,7 G az indukciója. A térirány megadására használt mennyiség:

– a deklináció, ami a térirány helyi hosszúsági körrel bezárt szöge (Magyarországon kb. 2°),
– az inklináció, ami a térirány vízszintessel bezárt szöge (Magyarországon kb. 60–65°).

A deklinációt függőleges forgástengelyű mágnestűvel, az inklinációt pedig vízszintes forgástengelyű mágnestűvel lehet meghatározni.

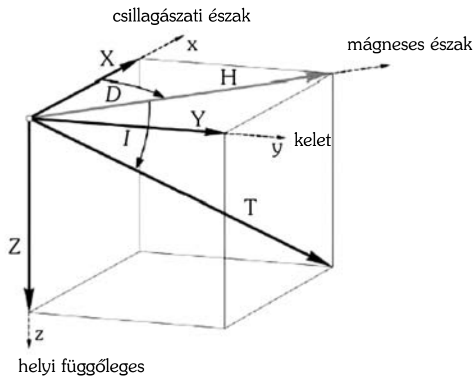
Az inklinációval definiálhatjuk pl. a mágneses sarok és mágneses egyenlítő fogalmát: a mágneses sarkoknál az inklináció 90°, azaz ott a mágneses tér függőleges irányú; a mágneses egyenlítőn az inklináció 0°, vagyis vízszintes a mágneses térirány.

A földi mágneses északi pólus jelenleg Kanadában, a Svedrup szigetnél található, a déli pólus pedig az antarktiszi Wilkes-földnél, de ezeknek a helye változó. Az utóbbi 30 évben az északi mágneses pólus felgyorsult vándorlását figyelhették meg, mérések szerint jelenleg kb. 30 km/év sebességgel mozog észak – észak-nyugat irányban. A pólusmozgásokat a kőzetek befagyott mágnességének vizsgálatával lehet nyomon követni. Ezeket a vizsgálatokat legjobban az óceáni hátságok környezetében lehet elvégezni, ott ugyanis az egymástól eltávolodó kéreglemezek között folyékony magma tör fel, ennek ferromágneses elegyrészei a Curie-pontjuk alá hűlve felmágneseződnek, azaz elemi mágneseik az aktuális földi mágneses tér irányába rendeződnek. Így a megszilárdult és kihűlt kőzet mágnesezettsége „megőrzi” az aktuális földi mágneses mező irányát és nagyságát. Az így létrejött kőzetmágnességet nevezzük termoremanens mágnességnek. Felmérve tehát egy keresztszelvényben a kőzetek mágnesezettségét, meghatározható, hogy mikor merre irányult a geomágneses tér. Ez az eljárás a magnetosztatigráfia.

Szintén a kőzetek mágnesezettségét eredményezi a kémiai remanens mágnesség, amely az üledékes kőzetekre jellemző. Ekkor a már mágnesezett kőzetszemcsék állnak be a mágneses tér irányába üledékképződéskor, ezen kőzetek vizsgálatával a lokális mágnesség időbeli változását lehet jól megfigyelni.

A kőzetvizsgálatok értelmében az utóbbi 76 millió év alatt kb. 170-szer fordult át a földi mágnesség pólusa. (Az átfordulás azt jelenti, hogy a mágneses északi pólus átkerül a déli félgömbre, illetve onnan vissza.) Két átfordulás között átlagosan 450 000 ezer év telik el, de ez az adat nagyon nagy szórást mutat: egy-egy pólusbeállási irány időtartama 50 ezer és 30 millió év között mozog. A jelenlegi pólusbeállás már 700 ezer év óta tart, ami valóban messze meghaladja az átlagos átfordulás-mentes időtartamot, azonban újra meg kell említeni, hogy több millió évig tartó pólusbeállások is előfordultak már a földtörténet során. Csupán ebből a tényből tehát nem jósolható meg egy közeljövőben lejátszódó átfordulás.

2. ábra
Deklináció-, inklinációmérő

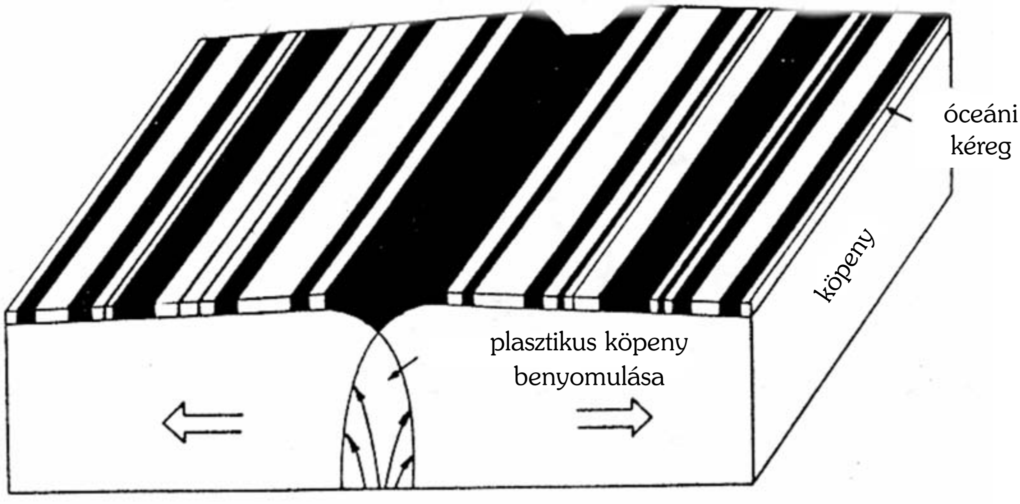


3. ábra
A földi mágneses térerő jellemző mennyiségei
D: deklináció, I: inklináció, T: mágneses indukcióvektor, H: az indukció vízszintes vetülete, Z: az indukció függőleges vetülete

A pólusátforduláson kívül még egy állandó, bár jóval kisebb változást okozó mozgás jellemzi a mágneses pólusokat. Paleomágneses vizsgálatokkal kimutatható, hogy az északi pólus egy, a forgástengellyel 5 fokos szöget bezáró tengely körül ún. precesszáló mozgást végez, kb. 100 000 éves periódusidővel és 15 fokos amplitúdóval, a pólusok helye tehát soha nem állandó. Sőt egy-egy pólusvisszaállás alkalmával a pólusok nem az eredeti helyükre billennek vissza: 1000 millió évvel ezelőtt pl. még az egyenlítői területeken volt a mágneses északi pólus, onnan vándorolt el a sarkok irányába.

Tagadhatatlan azonban, hogy az utóbbi időben jelentősebb változást mutat a földi mágneses tér: 150 év alatt 7%-kal csökkent az indukciója. Egyes feltételezések szerint a pólusátfordulások alkalmával a mágneses térerősség is lecsökken, olyannyira, hogy néhány száz évig akár meg is szűnhet a mágneses tér. A pólusváltás éppen ezért okoz olyan hatalmas félelmet, hiszen a földi mágneses mezőnek a legfontosabb szerepe, vagyis hogy megvédje földünket a nagy energiájú és káros kozmikus sugárzástól, ebben az esetben nem érvényesülhet. Az Amerikai Geofizikai Társaság véleménye szerint azonban a most tapasztalható térerősség-csökkenés csupán egy „kilengés”, ami adott esetben több százezer évig is eltarthat. Mérések és számítások szerint a mai mágneses térerősség kb. kétszerese a millió éves átlagnak, ami egyrészt jól igazolja a térerősség ingadozását, másrészt rámutat arra is, hogy volt már alacsony mágnesességű állapota Földünknek.

A Kaliforniai Egyetem kutatói számítógépes modellt szerkesztettek a külső mag örvénylésére és a mágneses tér keletkezésére. E modell szerint az időnkénti pólusváltás szükségszerű jelenség, ami – az eddigi feltételezésekkel ellentétben – nem a mágneses tér gyengülésén, majd újbóli erősödésén, hanem egy kaotikus változáson keresztül játszódik le. A kaotikusság közben a mágneses térerő nagysága alig változik, iránya azonban nagyon gyors „mozgásba” kezd; a dipólus kvadropólussá, vagy akár oktopólussá válik, a pólusok állandóan vándorolnak, ami miatt pl. a sarki fény szinte bárhol megjelenhet és az iránytűk teljesen használhatatlanná válnak. A földi élet azonban ebben a kaotikus helyzetben sem lesz teljesen védtelen a kozmikus su-



4. ábra
Magnetosztatigráfiás vizsgálat.
(A fekete rész a mai, a fehér a maival ellentétes mágnesezettségű kőzeteket jelöli. A kőzetsáv vastagsága a pólusbeállás időtartamát adja meg, a feltöréstől való távolsága a földtörténeti korát.)

gárzástól, hiszen a mágneses tér erőssége alig változik. A sugárzás földfelszíni eloszlásában azonban történhet változás, mivel azt a mágneses mező a pólusok felé tereli.

A kozmikus sugárzás elleni védelmet nem csak a belső és a befagyott mágnesség nyújtja számunkra, hanem a **Föld teljes magnetoszférája.** A földi magnetoszféra azt a térrészt jelenti az űrben, amelyben a földi mágneses mező hatása érvényesül. Ez az előbb említetteken kívül tartalmazza a **légkör mágnességét** is, amelyet a légkörben található, elektromosan töltött részecskék mozgása eredményez. A légköri mágnességet elsősorban a Nap és a kozmikus sugárzás okozza, hiszen ezek okozzák a légkör ionizációját, ill. a magnetoszféra alakját is a napszél határozza meg.

A magnetoszféra változása a földfelszínen mérhető mágnességre is nagy hatással van, ez okozza a mágneses tér rövidebb idejű változásait. Ezeket a változásokat a **mágneses obszervatóriumok** mérései alapján lehet nyomon követni, ahol rögzítik a mágneses térerő valamennyi jellemző adatát. Magyarországon jelenleg Tihanyban és Nagycenken működik ilyen obszervatórium. A **rövidebb idejű változások** között vannak szabályos napi variációk, ezek mértéke 0,0001 G körüli. De vannak ún. mágneses háborgások is, amelyeknél akár 0,001 G is lehet a változás, mint pl. a hevesebb napkitöréseknél keletkező mágneses viharok esetén. A légköri mágnesség időben ugyan kismértékben változik, de soha nem szűnik meg, így bizonyos mértékben mindig véd bennünket a kozmikus sugárzástól.

Több obszervatórium együttes adataiból figyelhetők meg a szekuláris, vagy más néven **évszázados változások,** amelyek általában egy periodikus függvényt írnak le. A legrégebbi adatsorral a londoni obszervatórium rendelkezik, ahol már 1550 óta mérik a mágneses térerősséget. Az ottani eredmények egy 500 év periódusidejű, 0,001 G amplitúdójú függvényt adnak a térerősség-változásra. Ezek a szekuláris ingadozások már – ugyanúgy, mint a pólusátfordulás – a külső mag áramlási változásával magyarázhatók.

A földi mágneses térerősség ezek szerint erősen változó, és ez a változékonyság mindig is jellemző volt rá. Természetesen a kutatók vizsgálják, hogy a földi életre volt-e valamilyen hatása a mágneses tér változásainak, de eddig az ősmaradvány-vizsgálatok során semmilyen kapcsolatot nem találtak. Minden bizonnyal kisebb mértékű változások jelentkeznek majd, hiszen a mágneses mező nagy hatással van a madarak, halak életére, de még az emberekre is – gondoljunk csak arra, hogy az űrhajókban mesterséges mágneses mezőt hoznak létre az űrhajósoknak a hirtelen lecsökkenő mágneses térerő miatt. Figyelembe kell venni azt is, hogy a tér gyengülése miatt kevésbé szűrt kozmikus sugárzás következtében az ózonréteg vékonyodása is fokozódhat. A mágneses tér természetes változása azonban nagyon lassú folyamat ahhoz, hogy jelentős hatással lenne a földi életre, és ehhez a nagyon lassú változáshoz az élő szervezetek jól tudnak alkalmazkodni. Az eddigi vizsgálatok szerint tehát nagy horderejű és végzetes hatásokkal nem kell számolnunk a földi mágneses tér most tapasztalható gyengülése miatt. Az azonban kétségtelen, hogy a műholdak, az elektromos hálózatok számára nagy kihívást jelent majd a mágneses térerő változása, ezt napjainkban is tapasztalhatjuk egy-egy mágneses vihar alkalmával. A technikai berendezéseket tehát fel kell „készíteni” erre a sokkra, azonban az ehhez szükséges fejlesztések kidolgozására még kellő időnk van.

Irodalom

[1] Cserepes, Petrovay (2002): *Kozmikus fizika.* ELTE

[2] Glatzmeier, Robert: *Simulating the geodynamo.* Contemporary Physics, 1997/4.

[3] Barta György (1957): *Földmágnesség.* Akadémiai Kiadó

[4] Meskó Attila (1989): *Bevezetés a geofizikába.* Tankönyvkiadó

[5] Vőlgyesi Lajos (2002): *Geofizika.* Műegyetemi Kiadó

Király Márton – Dr. Radnóti Katalin

Az energiáról és az energiatermelésről I. rész

„Takarékoskodjunk az energiával!” Ilyen és ehhez hasonló szlogeneket lehet olvasni, hallani manapság mindenfelé. Az iskolában viszont azt tanítjuk, hogy az energia megmarad. Akkor most mi a helyzet? Mit is jelent mindez?

Cikksorozatunkban az energia fogalmát és az energiaátalakítás jelenlegi lehetőségeit, azok előnyeit és hátrányait, illetve ezek oktatási vetületeit mutatjuk be. Célkitűzésünk a tanárkollégák számára olyan szakmai segítség, háttérismeret nyújtása, mely felhasználásával bátrabban mernek az energiával kapcsolatos különböző projekt jellegű feldolgozást szervezni tanulóik számára, tanulságos, a való életből és valós adatokkal végzett *modellszámításokat* bemutatni. Tesszük ezt azért, hogy a tanulók lássák, miként lehet egyszerű matematikai eszközök segítségével utánaszámolni a különböző híradásokban, tervezetekben számszerűen megjelenő állításoknak, és ne „dőljenek be” megalapozatlan, a tényeket mellőző kijelentéseknek, sokszor a környezetvédelem álcája mögé bújó lobbi csoportoknak, vagy a környezetvédelem irracionális képviselőinek. Ez a háttértudás a tudatos emberré nevelés szerves részét képezi. És *ez a fizikai, a kémiai tudás és a feladatmegoldás tanításának egyik fontos célja.*

Az első részben az energiatermelés fizikai és kémiai alapjait mutatjuk be, majd rövid áttekintést adunk a világ, az Európai Unió és hazánk energia-előállítási terveiből, végül a különböző energia-termelési lehetőségeket vesszük számba.

Az energia a fizikai objektumok egyik skalár jellegű állapothatározója, amelynek a Világmindenség összes fizikai objektumára megállapított értékeinek összege állandó. Az energia-megmaradás törvényének felfedezése az egyik legnagyobb hatású esemény a természettudományok történetében.

Az energia – mai tudományos szemléletünkben – egy konstrukció, emberi alkotás, amely azért lehet hasznos a törvényszerűségek feltárása során, mert a „világ valahogy úgy működik”, hogy az energia összmennyisége állandó marad.

Az energia szó a görög *ενεργεια* kifejezésből ered, ahol az *εν*- jelentése „be-” az *εργον*-é pedig „munka” az -*ια* pedig absztrakt főnevet képez. Az *εν-εργεια* összetétel az ógörögben „isteni tett”-et vagy „bűvös cselekedet”-et jelentett, Arisztotelész később „ténykedés, művelet” értelemben használta.

Az energia-átalakulásokat számos egyszerű kísérlettel lehet demonstrálni. Például egy kiskocsit helyezhetünk egy olyan pályára, amely enyhén lejt a súrlódás kiküszöbölése érdekében. A kiskocsit megfeszített gumiszalag segítségével mozgásba hozzuk. Ekkor a megfeszített gumiszalagban tárolt potenciális energia a mozgó kiskocsi kinetikus energiájává alakul, majd a kocsi nyugalomba kerül és az energiát újra a megfeszített gumiszalag tárolja, mint potenciális energiát. Ha valóban sikerül kiküszöbölni a súrlódást, akkor a gumiszalag ugyanolyan mértékben feszül meg a kocsi nyugalomba jutásakor, mint volt kezdetben. A kísérlet szerint a *potenciális energia kinetikus energiává és a kinetikus energia potenciális energiává alakulhat veszteség nélkül, ha nincs súrlódás.* Az ilyen rendszert konzervatív rendszernek is nevezik.

Ezután képzeljünk el nagy számú oszcillátort. Ki lehet mutatni, hogy minden oszcillátor energiát tárol, miközben folyamatosan egymásba alakul a kinetikus és a potenciális energia, mely megmarad, ha nincs súrlódás. Ez a gondolatmenet a belső energia fogalmának bevezetésére alkalmas. A szilárd testben energia tárolható a szilárd anyagot alkotó atomok vagy ionok oszcillációja révén. Ezt követően beláthatjuk, hogy a súrlódás éppen a mozgási energia belső energiává való alakulása. Ez a gondolatmenet azt szemlélteti, hogy zárt rendszerben az energia mindig megmarad.

A belső energia a molekulák, atomok vagy ionok mozgásával és kölcsönhatásával függ össze, sőt valójában a nukleáris energiát is értelmezhetjük így. A nehéz magokban sokkal több energia van felhalmozva, mely úgy magyarázható, hogy a protonok rendkívül kis távolságra vannak egymástól, mely azt jelenti, hogy potenciális energia formájában nagy mennyiségű energia raktározódik. Az energiaforrások gyakorlatilag tárolt energiák, melyek láthatatlan rugóknak tekinthetők. Meg lehet beszélni a tanulókkal azt, hogy az emberiség miként fedezett fel egyre több „rugót” és tanulta meg az azokban tárolt energia hasznosítását, például tűz felfedezése, puskapor feltalálása, ipari forradalom, nukleáris energia felszabadítása (*Thomsen,* 1984).

A munka és a hő fogalmát egy anyaghalmaz energiaváltozásaival kapcsolatban alkalmazzuk, melyek az energiaközlés kétféle módját jelentik az első főtétel szerint. Mértékegységük is azonos, a Joule (J). Az energia fogalmának kialakulását és vele együtt az energia megmaradásának, a termodinamika első főtételének a viszonylag késői felismerését a hő és a (mechanikai, elektromos, kémiai) munka „rokon” voltának empirikus alátámasztása tette lehetővé. A *munka és a hő analóg fogalmak,* mindkettő energiaközlési forma, *de egyik sem energiafajta.* Tehát a „hőenergia” helyett szerencsésebb a „termikus energia” használata. A termikus energia valójában részecske-mozgási energia (hőmozgás) és sugárzási energia (infravörös fény). Az energia állapotfüggvény, értéke csak a kezdeti és a végállapottól függ, míg az úttól nem, megmaradási törvény alkalmazható rá. A hőről és a munkáról mindez nem mondható el.

A disszipáció egy zárt rendszerben az energia munkavégző képességének csökkenése, mivel a hőmérséklet-kiegyenlítődés megszünteti a munkavégzés lehetőségét a rendszerben. Mindez úgy következik be, hogy az energia megmarad. Vigyázat, *az energia nem azonos a munkavégző képességgel,* ez a definíció csak akkor volna igaz, ha nem lenne disszipáció! Másrészt az energia ténylegesen megmarad a folyamatok során, ellenben csak egy része alakítható át munkává, másik része szétszóródik, diszszipálódik a környezetben a termodinamika második főtétele szerint. De éppen ez a szétszóródás teremti meg annak a lehetőségét, hogy egy részét munkavégzésre lehessen felhasználni.

Nézzünk erre példákat! Amikor egy kazánban olajat, fát vagy szenet égetünk el, akkor szándékosan belső energiává alakítunk át más energiaformákat. A kémiai energia is csak tárolt termikus energia. A kémiai energia felszabadulhat, ha a részecskék kémiai állapota valamilyen kölcsönhatásban megváltozik. De energia ekkor sem keletkezik. Amikor az olaj, fa stb. molekulái és az oxigénmolekulák reakcióba lépnek az égési folyamatban, új molekulákat alkotnak. Annyi történik, hogy az eredeti molekulák atomjai úgy rendeződnek át, hogy kevesebb energia raktározódjon, a felszabadult energia pedig a rendszert fűti, termikus energiáját növeli, így magas hőmérsékletet érünk el. Szerkeszthetünk olyan gépeket, melyek számunkra munkát végeznek. Példaként tekinthetjük a benzinmotort, és megmagyarázhatjuk, miként alakul át a benzin és az oxigén energiája az égéstermékek belső energiájává. A hőmérséklet az égés során nagyon magas lesz, melynek következményeképp a hengerben magas lesz a nyomás (gáztörvény), mely mozgásra készteti a dugattyút (mechanikai munka).

Ha például a motor egy autót mozgat hegynek felfelé, akkor a betáplált kémiai energia egy része potenciális (gravitációs) energiává, másik része mozgási energiává alakul, a többi pedig „szétszóródik”. Egy hegyi úton felfelé menő autó motorja néha annyira felforrósodik, hogy meg kell állni, és hagyni kell hűlni a motort, mert nem elég nagy a leadott teljesítmény még csúcsra járatva sem és nincs ideje visszahűlni. E példával tehát rámutathatunk arra a tényre, hogy a betáplált energia egy része mindig a környezet belső energiájává alakul. És ezzel eljuthatunk a *hatásfok* fogalmához.

A fenti példa alapján be lehet látni, hogy az a kifejezés, hogy *„elhasználjuk az energiát”, mindössze azt jelenti, hogy az előidézett folyamat során a különböző energiafajták egy része használhatatlan belső energiává alakul, általában valamilyen számunkra hasznos folyamat közben.*

Az energia-átalakító ipari üzemeket általában erőműveknek nevezik, ahol a villamos energiát előállítják. A köznyelvben és a szaknyelvben is sokszor így használjuk, bár nem energiatermelésről, előállításról, hanem az *energia átalakításáról* van szó. Ennek ellenére jelen cikkben is sokszor használjuk a fenti fogalmakat egyszerűen a köznyelvbe és a műszaki nyelvbe való beépülésük miatt, nem megfeledkezve e kifejezések valós tartalmáról.

Az energiafelhasználás problémaköre két lényeges pontra koncentrálódik. Egyrészt az energiaforrásokra, a természetben található „nyers” vagy primer formákra, a különböző „rugókra” (mint kőolaj, földgáz, kőszén, nap-, víz- és szélenergia stb.), másrészt mindezek használatára, azaz az emberek számára hasznosítható munkára (mint például világítás, fűtés, főzés, szállítás, ipari cikkek előállítása stb.). A két rész között kell elhelyeznünk az erőműnek nevezett ipari üzemeket, melyek abban vannak segítségünkre, hogy az energiaforrások által „raktározott” energiát számunkra hasznosítható formába alakítsák át. Létrejön az energialánc, mely az energia-átalakítók olyan sorozata, amelyek összekötik az energiaforrásokat a végső felhasználókkal (*Duclaux,* 1984).

Mai életvitelünk fenntartásához a következő három területen van szükségünk energiára:
- elektromos energia, egyre nagyobb számú elektromos berendezéseink működtetéséhez,
- termikus energia a fűtéshez és a legkülönfélébb technológiai folyamatokhoz,
- fosszilis üzemanyag a közlekedéshez, szállításhoz, vegyipari alapanyagnak.

A *primer energiaforrásokat* a következőképp csoportosíthatjuk:
- A Napból származó energia, melyen nem csak a napfény energiáját kell érteni, hanem a különböző körülmények között „eltárolt napenergiát” is, mint a biomassza, de ide tartoznak a különböző szerves fosszilis energiaforrások, mint a szén, a kőolaj és a földgáz. Ezek több millió év alatt keletkeztek a régen élt növények és állatok maradványaiból.
  Valójában a *szélerőművek* is a Napból származó energiát használják fel, hiszen a levegő áramlása amiatt alakul ki, hogy a Nap sugarai nem egyenletesen melegítik a Föld felszínét, így hőmérsékletkülönbség és ennek következtében nyomáskülönbség alakul ki.
  A *vízenergia* is visszavezethető a napenergiára, ugyanis a víz úgy jut el a Föld magasabb pontjaira, hogy a napsugárzás hatására elpárolgó víz felhőket képez, majd a felhőkből a víz csapadék formájában a magasan fekvő helyekre is hullik.
- Az *ár-apály* energiája, mely valójában a Hold gravitációs mezőjének köszönhető.
- A *Föld mélyéből származó energia,* mint a *geotermikus* és a *nukleáris* energia. Valójában a geotermikus energia is nukleárisnak tekinthető, hiszen a földet a radioaktív izotópok bomlása következtében felszabaduló hő melegíti.

Azt is tudatosítani kell a tanulókban, hogy valójában majdnem *minden primer energiaforrás nukleáris eredetűnek tekinthető,* hiszen a napenergia is nukleáris fúzió eredménye. Ennek az „energiatermelési módnak” is van számunkra káros hatása, pl. UV sugárzás, amely bőrrákot okozhat, vagy a Napból kiáramló töltött részecskék, amelyek bizonyos esetekben távközlési és elektromos hálózatokat tehetnek tönkre.

Az energiaátalakítás hatásfoka

Carnot már a 19. század elején felismerte, hogy **folyamatos munkavégzésre csak körfolyamat alkalmas.** Folyamatosan, elvileg tetszés szerinti mennyiségben, hőt csak olyan berendezésben alakíthatunk munkává, amelyben hőmérséklet-különbség áll fenn, s mód van arra, hogy a magas hőmérsékletű közeg munkavégzés következében lehűl és az előbbinél alacsonyabb hőmérsékletű közeg távozik a rendszerből. Ez lénygében azt jelenti, hogy a berendezést egyik helyén fűteni, másik helyén pedig hűteni kell, ami által munkavégzés közben hő megy át a melegebb helyről a hidegebbre.

A *Carnot-féle körfolyamat* négy lépésből áll, két adiabatikus és két izotermikus állapotváltozásból. A teljes körfolyamatban végzett munka az 1. és a 3. lépés munkájának algebrai összege:

$$W = W_1 + W_2 = -R\left(T_2 - T_1\right)\ln\frac{V_2}{V_1}.$$

A termikus hatásfok annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérséklet-különbség a hőfelvétel és a hőleadás között, továbbá minél kisebb a hőmérséklet abszolút értéke:

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

a hőerőgépek termikus hatásfokának felső határa, amennyiben ideális gázzal, reverzibilisen vezetnénk a folyamatot.

A gőzgépek működéséhez szükséges magas hőmérsékletű és nyomású vízgőzt a gőzkazán termeli. A legegyszerűbb fajtája az acéllemezekből összeszegecselt hengeres kazán az alatta kiképzett tüzelőtérrel. A dugattyús gőzgépben a kitáguló gőz dugattyút mozgat. Ezeknek a berendezéseknek a hatásfoka elég alacsony, még a modern gőzgépeknél is csak 10–20%. A híres magyar 424-es gőzmozdony hatásfoka is 10% alatt volt. A veszteségek közel 25%-a az úgynevezett kazánveszteség, 60%-a pedig a kondenzátor hűtővizének átadott hő.

Az energia átalakítását végző erőműveknek is a termodinamika szabja meg az elérhető hatásfokát. **Minden elektromos energiát előállító erőmű esetében szükséges egy turbina,** melyet a vízerőmű esetében a lezúduló víz, más esetben a felforrósított gőz vagy a szél megforgat. A turbinalapátok egy tengelyen vannak a generátorral, így az megforgatja a generátort, melyben az elektromágneses indukció elvének megfelelően elektromos feszültség jön létre. Termodinamikai szempontból fontos, hogy a turbinákra kerülő forró gőzt ez után kondenzáltatni kell, hogy újra el lehessen forralni, ehhez hűtés szükséges. Ezért építik az erőműveket sok esetben folyók mellé, mert így a folyó vize tölti be a hűtőkör szerepét, ellenkező esetben hűtőtornyokat kell építeni. A lecsapatott víz az erőműben alkalmazott energiaforrásból felszabaduló energia hatására ismét felmelegszik és folytatódik a kör. A Paksi Atomerőmű teljes villamos/termikus hatásfoka például 34%.

Elektromágneses indukció, az elektromos energia előállításának és szállításának fizikai alapja

Az elektromos energia előállításában nagy szerepe van a *Michael Faraday* által felfedezett indukció jelenségének. Az, hogy az elektromos áram mágneses mezőt hoz létre maga körül, ismert jelenség volt Oersted 1820-as felfedezése óta. Az a gondolat, hogy ez szimmetrikus jelenség kell, hogy legyen, vagyis a mágnességnek elektromos áramot kell létrehoznia, ebben az időben már a levegőben volt. Sok fizikus igyekezett megfigyelni a hatást, de csak statikusan elrendezett mágnesekkel, drótokkal próbálkoztak. Az elektromos áram indukálása a tekercsben viszont *dinamikus jelenség,* melyet Faraday fedezett fel. Naplójában részletesen leírta a felfedezés folyamatát és leszögezte, hogy az áram csak addig létezett, ameddig a mágnest betolta vagy kihúzta a tekercsből. A mező szemléltetéséhez kitalálta az erővonalképet. A mai tankönyvekben ahhoz teljesen hasonló ábrák találhatók, mint amilyeneket Faraday a Naplójába rajzolt. Innen csak egy lépés volt a fluxus fogalmának a megalkotása.

A következőkben vizsgáljunk meg néhány indukcióval kapcsolatos jelenséget, hogy melyik lehet alkalmas arra, hogy elektromos energia előállításához fel lehessen használni! Nézzünk néhány feladatot az egyik, napjainkban is sokak által használt fizikai példatárból, a Dér – Radnai – Sós: *Fizikai feladatok* című könyvből!

20.21. feladat

„Homogén B = 0,01 Tesla mágneses indukciójú mágneses mezőben, az indukcióvonalakra merőleges síkban egy l = 10 cm hosszúságú egyenes vezető mozog, melynek sebessége merőleges a vezetőre. Határozzuk meg az indukált feszültséget az idő függvényében, ha a vezető
a) 10 m/s állandó sebességgel mozog,
b) zérus kezdősebességről indulva 1 m/s² gyorsulással mozog!”

Megoldás:

A mozgási indukció esetéről van szó mindkét esetben, amikor is az indukált feszültség $U = B \cdot l \cdot v$ módon számítható.

a) Az a) esetben ez 0,01 V lesz, időben állandó feszültség jön létre.

b) A b) eset már érdekesebb. Mivel a sebesség változik, így a feszültség is változó lesz, a sebességhez hasonlóan egyenletesen változik az idő függvényében, mely $U = B \cdot l \cdot v = B \cdot l \cdot a \cdot t = 0{,}001$ V/s $\cdot$ t alakban írható fel. Tehát az idő függvényében egyenletesen nő a feszültég értéke.

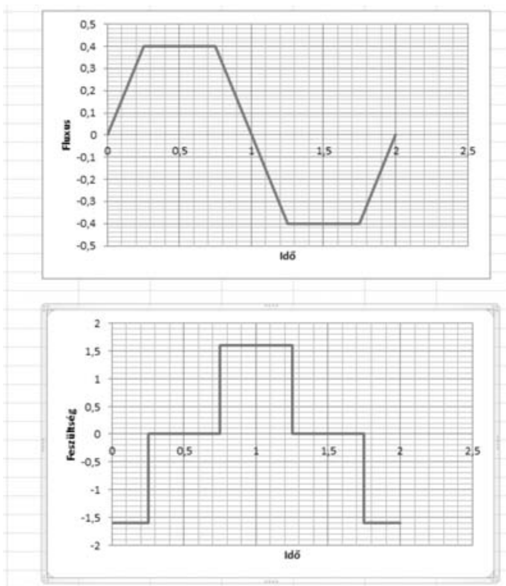
A feladatban leírt módszer tehát az, hogy egy vezetőt egy mágneses mezőben állandóan egyirányú mozgásban kell tartani. Ezt azonban csak korlátozott mértékben lehet megtenni több okból is. Egyrészt a mágneses mező terjedelme véges, másrészt milyen módon lehet a vezetődarab állandó egyenletes, illetve egyenletesen változó mozgását biztosítani a megadott körülmények között? Tehát mint jelenség érdekes, de elektromos energia előállítására nem alkalmas a fenti módszer.

20.23. feladat

„Egy vezetőkörben a fluxus a felső ábrán látható módon változik az idő függvényében. Hogyan változik az indukált feszültség az idő függvényében?”

Például egyik tekercsben egyenletesen változtatjuk az áramerősséget és a mellette lévő, vagy az elsőt körülölelő tekercsben vizsgáljuk a feszültség alakulását.

Az indukált feszültség időbeli változását a fluxus idő szerinti deriváltja szorozva -1-gyel adja meg az indukciós törvény értelmében, mely az *1. ábrán* látható. A fenti módon változó fluxus esetében csak az időtartam felében alakul ki feszültség, amikor a fluxus változik.



1. ábra
A fluxus és az indukált feszültség időbeli alakulása

20.24. feladat

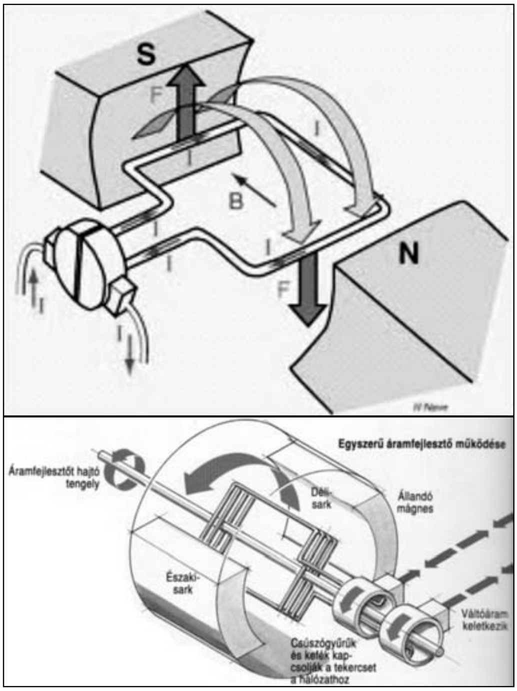
„Homogén 0,2 Tesla indukciójú mágneses mezőben egy 10 cm átmérőjű gyűrű forog valamely átmérőjének meghosszabbítását képező és a mágneses mező indukcióvonalaira merőleges tengely körül 3000 1/perc fordulatszámmal. Hogyan változik az indukált feszültség az idő függvényében?” (2. ábra)

A fluxus ebben az esetben a következőképp változik az idő függvényében:

$\Phi(t) = B \cdot (A \cdot \cos\varphi) = B \cdot A \cdot \cos\omega \cdot t$

Az indukált feszültség időbeli változását a fluxus idő szerinti deriváltja szorozva –1-gyel adja meg az indukciós törvény értelmében, vagyis: $U = B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin\omega \cdot t = U_0 \cdot \sin\omega \cdot t$, ahol $U_0 = B \cdot A \cdot \omega$.

Amennyiben egy *n* menetszámú tekercs forog körbe, akkor természetesen *n*-nel szorozni kell az indukált feszültséget. A tekercsben tehát szinuszosan váltakozó feszültség és áram keletkezik. Ez a jelenség már ígéretesnek tűnik.



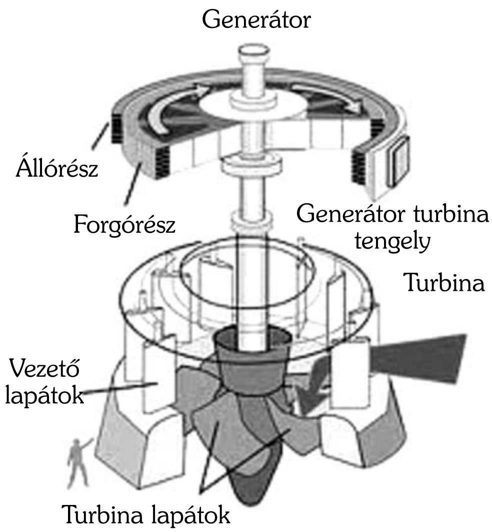
2. ábra
Vezetőkeret forgatása mágneses mezőben

A forgómozgást kell folyamatosan biztosítani, melyre már vannak lehetőségek.

Ez az elektromos energia előállításában, az erőművekben használatos váltakozó áramú generátor működésének alapja, csak „fordítva”. Egy mágnes forog, ez változó mágneses mezőt ad, és a körülötte lévő tekercsekben indukálódik a váltakozó feszültség. A generátor egy forgórészből, mely elektromágnes (áramjárta tekercs, a rotor) és egy többfázisú tekercsrendszerrel ellátott állórészből (sztátor) tevődik össze (*Budó,* 1977). A forgórészt mechanikai energiával (mely a különböző energiaátalakítási folyamatokból származik), a generátor tengelyére csatlakozó *turbinával* forgatják. Ennek a hatására a forgórész indukcióvonalai metszik az állórész tekercsrendszerét, és abban indukálódik feszültség *(3. ábra).* Európában a normál háromfázisú generátorok fordulatszáma minden pillanatban „hajszálpontosan” 3000 fordulat/perc, azaz 50 Hz.

Hogyan lehet kielégíteni az állandóan változó elektromos energiaigényeket?

A háromfázisú generátor forgórészének tekercseire egyenfeszültséget kapcsolnak, mely az elektromos energiaigény függvényében változtatható az erőmű vezérlőjéből. Ez ténylegesen egy elektromágnes, melynek erőssége ily mó-

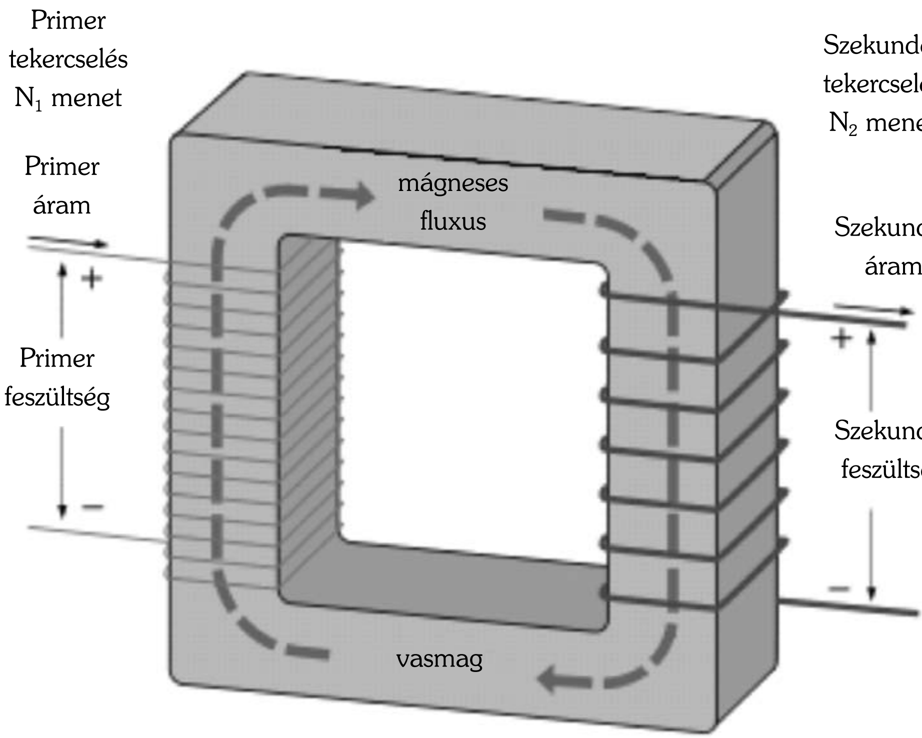


3. ábra
A turbina és a generátor

don szabályozható. Erre azért van szükség, mert így lehet vezérelni az erőmű által leadott teljesítményt. Az állórészben indukálódó feszültség nagysága attól függ, hogy mekkora munka árán lehet a forgórészt a szigorúan megadott frekvenciával forgatni. Ha nagy munka árán, akkor nagyobb feszültség jön létre, nagyobb az erőmű teljesítménye. Ez azt jelenti, hogy például nagyobb a turbinákat hajtó gőz nyomása, nagyobb a vízsugár mozgási energiája stb. Ellenben ha bármilyen okból változik a gőznyomás, akkor változtatni kell a forgórészre kapcsolt feszültséget, és így változik az erőmű teljesítménye is.

Ha sok energiát veszünk ki a hálózatból, akkor csökken a feszültség, és ezt érzékelik a központi vezérlőben, tehát akkor valamelyik erőműnek nagyobb teljesítményen kell működni ezt követően. Ellenben ha nem veszünk ki annyi elektromos energiát a hálózatból, akkor növekedne a feszültség. Ekkor vagy csökkentik valamelyik erőmű teljesítményét, vagy bekapcsolnak olyan berendezéseket, melyek „raktározni” tudják az energiát. Például ilyen esetben egy szivattyús tározóban vizet pumpálnak fel az alsó vízszintről a víztározóba, melyből az később a hozzá kapcsolódó vízerőmű gátján átfolyik, így az energia nem veszett kárba. Kérdés, hogy mi történne, ha nem kapcsolnánk be egyéb berendezéseket, illetve iktatnánk ki valamekkora elektromos energiát a rendszerből? Ilyen esetben az energia a rendszerben maradna, és növekedne a feszültség. Az éppen bekapcsolt állapotban lévő elektromos berendezésekre is nagyobb feszültség jutna, ebből adódóan megnövekedne az áramerősség és előfordulhat, hogy a berendezések leégnének.

Általában nem csak egy póluspárt alkalmaznak. A váltakozó feszültség egy teljes periódusa 2 póluspár esetében természetesen 1/2, p számú póluspár esetében pedig $1/p$ fordulat alatt jön létre. Az előírt frekvenciájú *(f)* váltóáram előállítására a rotort szigorúan rögzített fordulatszámmal



4. ábra
A transzformátor

(n = f/p) kell forgatni. Ilyenek az úgynevezett szinkrongenerátorok, a közös hálózatra dolgozó generátorok a különböző erőművekben.

A *transzformátor* működési elve is az indukció jelenségén alapul. A fenti módon előállított szinuszos váltakozó feszültség és áram másik lényeges tulajdonsága, hogy az idő szerinti deriválások során nem változik meg a jel alakja. A transzformálásra pedig azért van szükség, hogy kisebb legyen a szállítási veszteség. Ezért az elektromos energia könnyen „szállítható”, fel-le transzformálható.

A transzformátorban a legegyszerűbb esetben két tekercs (primer és szekunder) helyezkedik el a közös, többnyire zárt vasmagon. A *4. ábrán* + illetve – jelű polaritás egy meghatározott időpillanatban értendő. A primer tekercs huzaljában folyó áram a jobb kéz szabállyal meghatározható irányú mágneses mezőt hoz létre, ezek hozzák létre az ábrán jelölt mágneses fluxust. Mivel ez a mágneses fluxus az időben változó (szinuszosan), a szekunder tekercsben feszültséget indukál. Ha a szekunder kört terheljük, zárt áramkört hozunk létre, akkor ebben a körben áram fog folyni. Működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a nyitott vagy zárt vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget indukál. *A szekunder oldalra terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel. A működés alapfeltétele a primer oldali váltakozó áramú táplálás, mivel csak a változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget indukálni.*

A működési alapelvekből adódik az is, hogy a két áramkörben a frekvencia azonos, míg a primer és szekunder oldali feszültségek aránya jó közelítéssel a megfelelő oldali tekercsek menetszámainak arányával egyezik meg. A transzformátorban állandósult állapotban az átmenő energia nem halmozódhat, tehát a bemenő és a kimenő teljesítmény különbsége a transzformátor veszteségeivel egyenlő. Mivel a transzformátorok jó hatásfokkal működnek, a két teljesítmény gyakorlatilag ugyanakkora. Ebből adódik, hogy a primer és szekunder oldali áramok aránya durva közelítéssel megegyezik a menetszám-áttétel reciprokával.

A transzformátort az élet minden terén használják, mint a háztartási gépekben, szórakoztató elektronikai eszközökben, továbbá a nagy teljesítményű elektromos hálózatokban a feszültségszint megváltoztatására. Ezek az eszközök természetesen, más-más primer és szekunder oldali menetszám estén alkalmasak a feszültség csökkentésére és növelésére is. A mai transzformátorok hatásfoka 95% feletti. A feltranszformálás jelentősége abban áll, hogy azonos teljesítmény magasabb feszültségű átviteléhez kisebb áramerősségre van szükség, így az átviteli hálózat ohmos veszteségei (melegszik a vezeték), valamint a vezetékek keresztmetszetei jelentősen csökkenthetők, és így lehetővé válik az elektromos energia nagy távolságokra történő gazdaságos továbbítása. 1885-ben a budapesti Ganz-gyár mérnökei (Bláthy, Déri és Zipernovszky) szabadalmaztatták a transzformátort, amely lehetővé tette az energia nagy távolságra való gazdaságos szállítását. Minél nagyobb a feszültség, adott teljesítmény átviteléhez annál kisebb áram szükséges. A vezeték vesztesége az árammal négyzetesen arányos ($P_v=I^2R$), így ha az áramerősség csökken, akkor csökken a veszteség és a vezeték keresztmetszete is. Viszont a nagy feszültség miatt a vezetéket tartó oszlopok magassága és a szigetelő porcelánláncok hossza nő meg.

Nézzük a következő számítást!

A Tiszaújvárosban található Tisza II Hőerőmű 4 db 215 MW teljesítményű egységből áll. Az I. és II. számú blokk 3 fázisú 220 kV-on, a III. és IV. számú blokk 3 fázisú 400 kV-on keresztül csatlakozik az országos alaphálózatra. Az előállított elektromos teljesítményből mennyi veszik el, ha az itt termelt villamos energia mennyiségét távvezetéken a 150 km-re levő fővárosba továbbítjuk az I és II-es blokktól, vagy a III és IV-es blokktól? A vezeték alumíniumból van, és az 1 fázishoz tartozó vezetékek összes keresztmetszete 160 mm^2.

Megoldás:

Egyszerű becslésünk esetében hanyagoljuk el az áram és a feszültség közti fáziseltolódást, mely ténylegesen nem jelentős, tehát $\cos\varphi = 1$.

$P = \cdot U \cdot I$, ebből kifejezve a távvezetéken létrejövő áramerősséget: – $I = P/U$.

Az I és II. blokkok esetében 430 000 000/ 220 000 = 1954,5 A, míg a III. és a IV. blokkok esetében 430 000 000/400 000 = 1075 A.

A távvezetékeken veszendőbe menő teljesítmény a következőképp számolható:

$$P_{v3f} = \frac{\cdot I^2 \cdot l \cdot p}{A \cdot 1000000}[MW]$$

Jelölések:

I	Áramerősség	[A]
l	Kábel (vezeték) nyomvonalhossza	[m]
A	Kábel (vezeték) keresztmetszete	[mm2]
P_{v3f}	Veszteségteljesítmény a kábelen a 3 fázisú rendszerben	[MW]
ρ	A vezető fajlagos ellenállása alumínium: 0,030	[Ωmm^2/m]

Az I és II. blokkok esetében 107,4445 MW megy veszendőbe, míg a III. és a IV. blokkok esetében 32,5 MW, tehát jóval kevesebb! Ennek az az oka, hogy nagyobb feszültségen történik a „szállítás”, ezért kisebb lesz a távvezetékben az áramerősség, melytől a veszteség négyzetesen függ. Ebből is látható, hogy nem érdemes kontinenseket átívelő vezetékhálózatokat létesíteni, mert nem tudunk több MV-os távvezetékhálózatokat készíteni, így a megtermelt villamos energia jelentős része elveszne.

A fel- és letranszformálhatóság, az elektromos energia viszonylag kis veszteséggel való „szállítási és elosztási lehetősége” jelentette a váltakozó áram nagy előnyét az egyenárammal szemben. A távoli helyeken előállított elektromos energiát felhasználó berendezések nélkül mai modern életünk elképzelhetetlen. Sőt, az elektromos energiát felhasználó technológiák száma a jövőben növekedni fog, új alkalmazási területek komoly térhódítása várható, mint fűtés, hűtés, közlekedés, automatizálás.

Szinte mindegyik energiaforrás felhasználható arra, hogy elektromos energiát állítsunk elő belőle, és az elektromos energiát is át lehet alakítani arra például, hogy melegítsen, hűtsön, világításra, szállításra, kommunikációra. Tetszőlegesen osztható, kényelmes, könnyen ellenőrizhető.

A transzformátorral azonban nem lehet:
- egyenfeszültséget átalakítani,
- egyenfeszültséget váltakozó feszültséggé alakítani (se fordítva),
- a feszültség frekvenciáját módosítani.

Mi történik, ha a transzformátorra véletlenül egyenfeszültséget kapcsolunk? Mivel ekkor a tekercsek esetében nincs induktív ellenállás, csak a huzalok ohmikus ellenállása, ami jóval kisebb, ezért a körben jóval nagyobb lesz a tervezetthez képest az áramerősség. Előfordulhat, hogy emiatt a transzformátor tekercsei annyira felmelegszenek, hogy kigyulladhatna, ha nem lennének biztosítékok.

Energiatároló vegyületek

Az energiatermelés egyik „Achilles-sarka” a *tárolhatóság*. Nem mindig tudunk energiát termelni (pl. szélcsendben a szélerőmű nem termel elektromos energiát) és nincs is mindig szükség energiára (pl. csak éjszaka kell világítanunk), tehát határozott igény van az energia rövidebb-hosszabb idejű tárolására. Ennek sajnos technikai akadályai vannak. Akkumulátorokban történő villamos energia tárolására csak kis teljesítmények esetén van lehetőség (autókban, mobiltelefonokban stb.). Egyes helyeken, pl. a hegyekben magasabban fekvő víztározókat és vízerőműveket lehet kialakítani, ott lehetőség van a kisebb napi ingadozások kiegyenlítésére. Amikor például egy kis vízerőműnél nincs szükség az elektromos energiára, akkor a megtermelt energiával a fölső tározókba szivattyúzzák a vizet, és később, az energiaigény jelentkezésénél a tározóból turbinákon átáramoltatott vízzel elektromos energiát termelnek.

Magasabb hőmérsékletű anyagok termikus energiájának tárolására a hőveszteségek, valamint a nagy és szigetelt tárolótér szükségletek miatt csak korlátozott megoldások állnak rendelkezésre. Például erre szolgálnak a háztartási forróvíz tárolók, köznapi nyelven bojlerek, amelyekből az éjszakai árammal felmelegített vizet nappal használjuk el. Ezt az elgondolást használják egyes korszerű naperőműveknél is, ahol még naplemente után is folytatódhat az áramtermelés. Ezekben a Nap egy sóolvadékot melegít fel, mely a tükrök fókuszában felmelegszik, hőátadó közegként szerepel gőzfejlesztéshez és az olvadék kicsi hővezetése miatt még órákon át forró marad. Éjszakára a sóolvadékot több hőszigetelt tartályba engedik le, ahol még reggelre sem hűl olvadáspontja alá.

Szinte korlátlan mértékű és idejű tárolási lehetőség az, amikor szilárd (kifejtett szén), folyékony (kőolaj tartályok) vagy gáz állapotban (földalatti gáztározók) tároljuk az energiát, pontosabban fogalmazva az energiahordozókat, és csak akkor szabadítjuk fel a bennük tárolt energiát, amikor arra éppen szükségünk van.

Kémiai energiából lehet elektromos energiát előállítani, de milyen lépéseken keresztül? A tüzelőanyagokat elégetjük. De mi a tüzelőanyag? A vizet nem tudjuk eltüzelni, de például a fát már igen, a gázt meggyújtjuk és ég, meleget ad, főzni lehet rajta. A szerves vegyületek egyik fontos típusát jelentik azok, melyek a kémiai kötéseikben energiát tárolnak (tüzelőanyag), és a kötések átalakításával (égetés) ezen energia átalakítható más formába (új kötések, égéstermékek), egy része pedig felszabadítható (hő). Nézzük meg, mi is történik a legegyszerűbb szénhidrogén, a metán égésének példáján keresztül?

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + \ldots 891..\text{kJ/mol}$$

A szénhidrogének égésekor tehát szén-dioxid és víz keletkezik, valamint hő szabadul fel. Az anyagmegmaradás értelmében az égés előtti anyagok tömege megegyezik az égéstermék tömegével. A kipufogógáz jelentős része is vízgőz. Ezt látjuk télen az autótól egy kicsit távolabb fehér ködként lecsapódni.

Az elektronok átrendeződnek, mely a kémiai reakció alapja, valójában elektromos munkavégzés történik, az elektronok mélyebb energiaszintre kerülnek. Az energiakülönbség a felszabaduló energia, melyet többféle formában is észlelhetünk, majd hasznosíthatunk. Nézzünk egy egyszerű „szervetlen” példát, a hidrogén égését!

A víz képződéshője $242\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Számítsuk ki, hogy mekkora a potenciálesés az O-H kötés kialakulásakor?

A képződéshő azt jelenti, hogy mennyi energia szabadul fel abban az esetben, ha egy vegyület egy mólja elemeiből keletkezik. Tehát esetünkben 1 mól víz képződése 242 kJ energia felszabadulással jár. Egy mól O-H kötés létrejötte ennek a fele, vagyis 121 kJ, egy darab pedig 0,2 kJ energia felszabadulását eredményezi.

$$2 \cdot e \cdot U = 0{,}2\ \text{aJ}, \quad U = \frac{0{,}2\text{aJ}}{2 \cdot e} = \underline{\underline{0{,}63\ \text{V}}}$$

a potenciálesés. Ennyit csúszik a kötő elektronpár a nagyobb elektronegativitású oxigénatom felé az oxigénatom potenciállejtőjén. Általánosságban is megfogalmazva, *a poláros kötések nagyobb kötési energiája lehetőséget ad arra, hogy az apoláros kötésekben energiát tároljunk, ez az energia bármikor felszabadítható.* Ezen alapul a kémiai energiahordozókból történő energiafelszabadítás és az élőlények energiacseréje is (*Radnóti,* 1995).

Cikksorozatunk következő részében a lehetséges energiastratégiáról és az energia előállításának néhány kérdéséről írunk.

Irodalom

[1] Budó Ágoston (1977): *Kísérleti fizika.* Tankönyvkiadó. Budapest

[2] Dér – Radnai – Sós (1984): *Fizikai feladatok.* Tankönyvkiadó, Budapest

[3] Duclaux, L. Timbal: Kemény energia – lágy energia. *Fizikai Szemle,* XXXIV. évfolyam 1984/3–4. szám 117–124.

[4] Radnóti Katalin (1995) (szerk.): *Így oldunk meg atomfizikai feladatokat.* MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged

[5] Thomsen, Poul: Termodinamika minden fiatal számára. *Fizikai Szemle,* XXXIV. évfolyam 1984/3–4. szám 129–134.

IMPULZUS

Dr. Varga Zsuzsa – Dr. Molnár Miklós

Szakács Jenő Megyei Fizikaverseny

2011/2012. tanév, I–II. forduló

I. forduló

*Minden versenyzőnek a számára kijelölt **négy** feladatot kell megoldania. A **szakközépiskolásoknak** az **A** vagy a **B** feladatsort kell megoldani a következők szerint:*

A: Minden 9. és 10. évfolyamos szakközépiskolai tanuló, és azok a 11–12. (13.) évfolyamos szakközépiskolai tanulók, akik két évig tanulnak fizikát.

B: Azok a 11–12.(13.) évfolyamos szakközépiskolai tanulók, akik több mint két évig tanulnak fizikát.

*A rendelkezésre álló idő **180 perc**. A feladatok megoldásait önállóan kell elkészítenie, függvénytáblázat és számológép használható. Egy feladat teljes és hibátlan megoldása 15 pontot ér. Minden feladatot külön lapon oldjon meg!*

Jó munkát kívánnak a feladatkitűzők: Molnár Miklós és Varga Zsuzsa!

A gimnazisták feladatai:		*A szakközépiskolások feladatai:*	
9. osztály	*1, 2, 3, 4.*	*A*	*1, 2, 3, 4.*
10. osztály	*3, 4, 5, 6.*		
11. osztály	*7, 8, 9, 10.*	*B*	*4, 6, 7, 10.*
12. osztály	*6, 11, 12, 13.*		

1. Egy 5 dm^2 területű, homogén tömegeloszlású, hasáb alakú deszka a vízben úszik. Egy ködarabot a deszkára helyezve a deszka 4 mm-rel mélyebbre merül (a kő nem merül a vízbe). Ugyanezt a követ alulról egy fonállal a deszkára akasztjuk. A deszka bemerülése az eredeti bemerüléshez képest csak 2,4 mm-rel növekszik meg. A víz sűrűsége

$$10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}.$$

Mennyi a kő sűrűsége?

2. h =3 m magasságból 2m/s kezdősebességgel függőlegesen lefelé dobunk egy testet.

a) Mekkora sebességgel ér a talajra a test?

b) Mekkora a test átlagsebessége a mozgás teljes időtartamára vonatkozóan?

$$(g = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2})$$

3. Valamely balesetnél egy 1500 kg tömegű autó maximális fékezéssel 36 m-es úton állt meg. A helyszínre kiérkezett rendőrök ugyanezzel a gépkocsival végzett kísérlettel megállapították, hogy a gépkocsit 54 km/h sebességről 18 m hosszú úton lehet teljesen lefékezni.

a) Mekkora volt az autó sebessége a baleset előtt?

b) Betartotta-e az autó vezetője a 70-es tábla előírását?

c) Mekkora volt az állandónak tekinthető fékezőerő?

4. A 0,8 kg tömegű testre időben egyenletesen növekvő Fh húzóerő hat.

a) Ábrázoljuk a test gyorsulását és a súrlódási erőt a $0 \le F_h \le 2,4\text{N}$ intervallumban, ha a súrlódási együttható értéke 0,15!

b) Mekkora a test által elért maximális gyorsulás?

Tételezzük fel, hogy a tapadási és a csúszási súrlódási együttható értéke jó közelítéssel egyenlő, $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

5. Vízszintes síkon egy 10 kg tömegű alumíniumhenger áll az alaplapján. A hőmérséklet 0 °C, a henger alaplapjának területe 2 dm^2.

a) Mekkora pascalban mért nyomást fejt ki a síkra az oszlop?

b) Mennyivel változik meg a síkra kifejtett nyomás, ha a hőmérséklet 40 °C-ra emelkedik?

Az alumínium hőtágulási együtthatója

$2,5 \cdot 10^{-5}\frac{1}{°\text{C}}$, $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

6. Oxigéngáz térfogata 3 liter, hőmérséklete 27 °C, nyomása 8 · 10^5 Pa. A gáz olyan állapotok sorozatán megy át, amelyekre nézve a térfogat és az állapothoz tartozó, Kelvinben mért hőmérséklet hányadosa állandó. A gáz térfogata a végső állapotban 4,5 liter.

a) Mennyi a gáz belső energiájának megváltozása?

b) Mennyi a gáz hőfelvétele az állapotváltozás során?

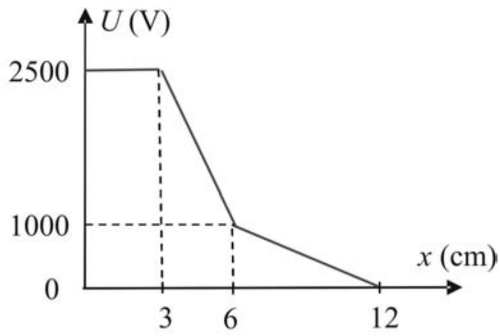
c) Mekkora munkát végez a gáz?

(Az univerzális gázállandó értéke $8,31\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$,

a Boltzmann-állandó értéke $1,38 \cdot 10^{-23}\frac{\text{J}}{\text{K}}$.)

7. 10^{-4} C töltésű kis test 2500 V potenciálkülönbségen halad át a térerősséggel ellentétes irányban.

a) Mekkora az elektromos mező munkavégzése?



b) A megadott potenciál 12 cm hosszú úton az ábra szerint változik. Ábrázoljuk a töltésre ható erőt!

8. A levegő átütési szilárdsága E = 3 106 V/m.

a) Mennyi töltést helyezhetünk el ekkor egy magában álló 10 cm sugarú vezető gömbön?

b) Mekkora a gömb potenciálja?

c) Mekkora a térerősség a gömb középpontjától 15 cm távolságra?

9. Az 1200 ohmos tolóellenállást feszültségosztóként alkalmazzuk. A tolóellenállás két kivezetésére 12 V nagyságú feszültségforrást csatlakoztatunk. A tolóellenállás baloldali csatlakozója és a csúszka közé egy R_x ellenállást kötünk. Egy ideális feszültségmérővel mérjük az ezen ellenálláson eső U_x feszültséget. Amikor a tolóellenállás háromnegyed részéhez húzzuk a csúszkát, akkor a feszültségmérő 4,235 V nagyságú feszültséget mutat.

a) Készítsük el a kapcsolási rajzot!

b) Határozzuk meg az R_x ellenállás értékét!

c) Mekkora munkát végez az áram ekkor az R_x ellenálláson 5 perc alatt?

10. Határozzuk meg annak a telepnek az elektromotoros erejét (üresjárási feszültségét), ha tudjuk, hogy a külső ellenállást háromszorosára növelve a kapocsfeszültség 20%-kal növekszik. A külső ellenálláson a feszültség kezdetben 3 V.

11. Kis méretű, 80 g tömegű szigetelő gömb elhanyagolható tömegű fonálon lóg. A gömb töltése 0,6 μC. Egy –0,9 μC töltésű másik gömböt úgy tartunk rögzítve, hogy a két töltést összekötő egyenes vízszintes, és a fonál φ szöget zár be a függőlegessel. A két töltés távolsága ekkor 0,15 m.

a) Határozzuk meg a φ szöget!

b) Mekkora a fonálban ébredő erő?

c) Milyen távol kell ugyanilyen elrendezésben rögzíteni a másik töltést, ha azt szeretnénk, hogy a fonal 60°-os szöget zárjon be a függőlegessel?

$(g = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

12. Egy vízszintes síkon harmonikus rezgőmozgást végző test rugalmas energiája a nyugalmi helyzeten való áthaladás után 2 másodperccel lesz először háromszorosa a mozgási energiájának.

a) Mekkora a fáziskülönbség ekkor a nyugalmi helyzethez képest?

b) Mekkora a rezgés periódusideje?

13. Fénysugár a rajz szerinti teljes visszaverődést szenved az egyenlő oldalú prizmában. A prizmát minden oldalról levegő veszi körül. A fény frekvenciája $5 \cdot 10^{14}$ Hz.

a) Mekkora sebességgel halad a fény a prizmában, ha a prizmában haladó fény hullámhossza 200 nm-rel kisebb, mint levegőben?

b) Mekkora a prizma levegőre vonatkoztatott törésmutatója?

c) Mekkora a maximálisan megengedhető beesési szög, hogy a teljes visszaverődés létrejöjjön?

Megoldások

1. Adatok:

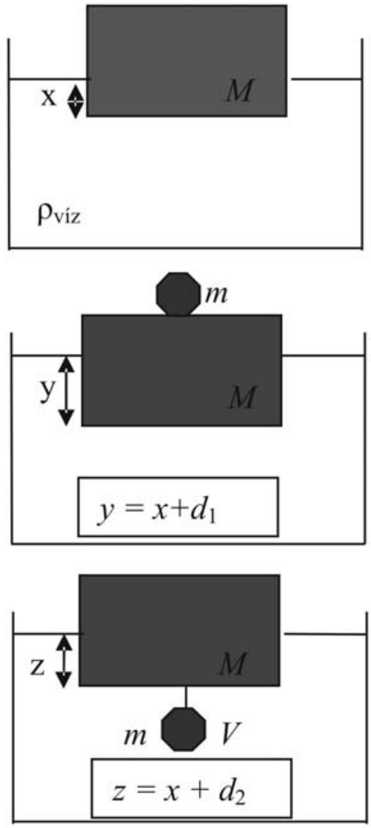
$A = 5\ \text{dm}^2$,

$d_1 = 4$ mm,

$d_2 = 2{,}4$ mm,

$\rho_{\text{víz}} = 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Az alaphelyzetre nézve fennáll, hogy a deszkára ható gravitációs erő egyenlő a deszka bemerülő részére ható felhajtóerővel: $M \cdot g = x \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$, azaz $M = x \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}}$.



A második esetre: $(M + m) \cdot g = (x + d_1) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$, azaz $(M + m) = (x + d_1) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}}$

A harmadik esetre a V térfogatú kőre ható felhajtóerő is figyelembe veendő:

$(M + m) \cdot g = (x + d_2) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g + V \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$, azaz $(M + m) = (x + d_2) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} + V \cdot \rho_{\text{víz}}$.

Az első két összefüggésből $x \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} + m = (x + d_1) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}}$, ahonnan $m = d_1 \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} =$

$$= 4 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 5 \cdot 10^{-2}\text{m}^2 \cdot 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0{,}2\ \text{kg}.$$

(Ez utóbbit rögtön fel is írhatjuk, hiszen a deszka éppen a rátett tömeg miatt merül mélyebbre, azaz a pluszban kiszorított víz tömege megegyezik a kő tömegével.)

8 pont

A harmadik összefüggést átalakítva:

$x \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} + m = (x + d_2) \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}} + V \cdot A \cdot \rho_{\text{víz}}$,

$$x \cdot A \cdot \rho_{víz} + d_1 \cdot A \cdot \rho_{víz} =$$
$$= (x + d_2) \cdot A \cdot \rho_{víz} + V \cdot \rho_{víz},$$

$$x + d_1 = (x + d_2) + \frac{V}{A}, \text{ ahonnan}$$

$$V = A \cdot (d_1 - d_2) =$$
$$= 5 \cdot 10^{-2}\text{m}^2 \cdot (4 - 2{,}4) \cdot 10^{-3}\text{m} = 8 \cdot 10^{-5}\text{m}^3.$$

A kő sűrűsége:

$$\rho_{kő} = \frac{m}{V} = \frac{0{,}2\text{kg}}{8 \cdot 10^{-5}\text{m}^3} = \underline{\underline{2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}.$$

7 pont

Ha paraméteresen végigvisszük a számítást, a kő sűrűsége

$$\rho_{kő} = \frac{d_1}{d_1 - d_2} \rho_{víz} = \frac{4}{4 - 1{,}6} 10^3 \frac{kg}{m^3} =$$
$$= \underline{\underline{2500 \frac{kg}{m^3}}}.$$

2. Adatok:
$h = 3$ m,

$$v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

a) A lefelé történő hajításra fennáll, hogy

$$h = v_0 \cdot t + \frac{g}{2} \cdot t^2, \text{ azaz}$$

$$3\text{m} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot t^2.$$

Ennek a másodfokú egyenletnek a gyöke: $t = 0{,}6$ s (és $t_2 = -1$ s, ami fizikailag értelmetlen).
A test végsebessége így:

$$v = v_0 + g \cdot t = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}6 \text{ s} = \underline{\underline{8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}.$$

10 pont

(Alkalmazható az energia-megmaradás törvénye is:

$$mgh + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2, \text{ innen}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h + v_0^2} = \sqrt{60 + 4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}.)$$

b) Az átlagsebesség:

$$v_{\text{átlag}} = \frac{h}{t} = \frac{3 \text{ m}}{0{,}6 \text{ s}} = \underline{\underline{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}.$$

5 pont

(Vagy, mivel egyenletesen növekvő sebesség esetén az átlagsebesség megegyezik az ún. középsebességgel:

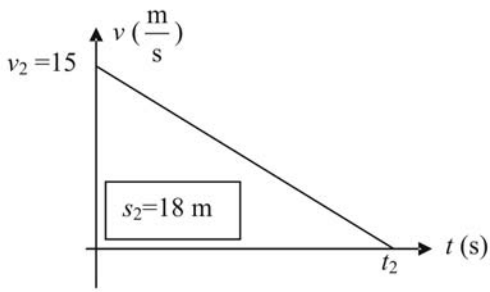
$$v_{\text{átlag}} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} = \underline{\underline{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}.)$$

3. Adatok:
$m = 1500$ kg,
$s_1 = 36$ m,

$$v_2 = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$s_2 = 18$ m,
megengedett maximális sebesség: $70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

a) Ha a fékezőerő állandó, akkor a test gyorsulása (lassulása) is állandó, az autó egyenletesen lassul. A rendőrségi vizsgálat során végzett kísérlet alapján az autó sebességét az idő függvényében az ábra mutatja.



Az ábra alapján (a $v - t$ grafikon alatti terület):

$$s_2 = \frac{v_2 \cdot t_2}{2}, \text{ amiből } t_2 = \frac{2 \cdot s_2}{v_2} = 2{,}4\text{s}.$$

Az autó lassulása:

$$a = \frac{v_2}{t_2} = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2{,}4 \text{ s}} = 6{,}25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

A baleset előtt megtett fékezőútra fennáll, hogy

$$s_1 = \frac{a}{2} \cdot t_1^2, \text{ azaz } 36 \text{ m} = \frac{6{,}25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot t_1^2,$$

innen $t_1 = \sqrt{11{,}52}\ \text{s} = 3{,}394\ \text{s}$.

Az autó sebessége a baleset előtt:

$$v_1 = a \cdot t_1 = 6{,}25\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3{,}394\ \text{s} = \underline{\underline{21{,}21\frac{\text{m}}{\text{s}}}}.$$

9 pont

b) $v_1 = 21{,}21\frac{\text{m}}{\text{s}} = 76{,}356\frac{\text{km}}{\text{h}} > 70\frac{\text{km}}{\text{h}}$, tehát az autós **nem tartotta be a tábla előírását!**

3 pont

c) Az állandónak tekintett fékezőerő nagysága:

$$F = m \cdot a = 1500\ \text{kg} \cdot 6{,}25\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{9375\ \text{N}}}.$$

3 pont

4. Adatok:

$m = 0{,}8$ kg,

a húzóerő: $0 \le F_\text{h} \le 2{,}4\,\text{N}$,

$\mu \approx \mu_0 = 0{,}15$,

$g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

a) A testre ható súrlódási erő nagysága abban az esetben, amikor a test már mozog:

$$F_\text{s}^* = \mu \cdot F_\text{ny} = \mu \cdot m \cdot g = 0{,}15 \cdot 0{,}8\ \text{kg} \cdot 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2} =$$

$$= 1{,}2\ \text{N} = \text{állandó. Feltétel: } F_\text{h} \ge F_\text{s}^*$$

A testre ható súrlódási erő nagysága egyenlő a húzóerővel mindaddig, amíg a test még nem mozog, nyugalomban van: $F_\text{s} = F_\text{h}$.

A test gyorsulásának nagysága abban az esetben, amikor a test már mozog:

$$a = \frac{F_\text{h} - F_\text{s}^*}{m} = \frac{F_\text{h} - 1{,}2\,\text{N}}{0{,}8\,\text{kg}} =$$

$$1{,}25 \cdot F_\text{h}\frac{1}{\text{kg}} - 1{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}^2},\ ha\ F_\text{h} > 1{,}2\ \text{N},$$

azaz lineárisan növekszik.

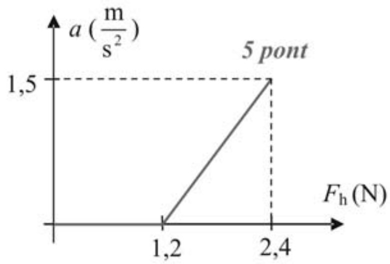
b) A test maximális gyorsulása a húzóerő maximumánál adódik:

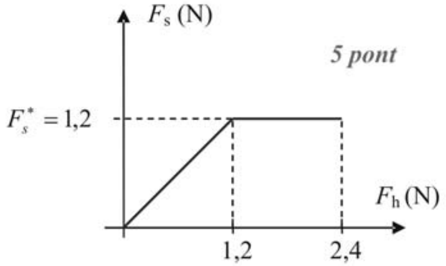
$$a_\text{max} = \frac{2{,}4\,\text{N} - 1{,}2\,\text{N}}{0{,}8\,\text{kg}} = 1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

5 pont

A test gyorsulásának nagysága abban az esetben, amikor a test még nem mozog: $a = 0$.

a) A grafikonok az előbbiekben meghatározott adatok alapján:





5. Adatok:

$m = 10$ kg,

$t_1 = 0$ °C,

$A = 2\ \text{dm}^2$,

$t_2 = 40$ °C,

$\alpha = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{°\text{C}}$,

$g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

a) A nyomás nagysága $t_1 = 0$ °C-on:

$$p = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{10\ \text{kg} \cdot 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2\ \text{dm}^2} = 50\frac{\text{N}}{\text{dm}^2} = \underline{\underline{5000\,\text{Pa}}}.$$

5 pont

b) Az oszlop alapterülete megnő:

$$A_2 = A \cdot (1 + \alpha\Delta t)^2 =$$

$$2\ \text{dm}^2 \cdot (1 + 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{°\text{C}} \cdot 40\,°\text{C})^2 =$$

$$2{,}004002\,\text{dm}^2$$

4 pont

Vagy így is számolhatunk, mivel α és a hőmérsékletváltozás is kicsi: $A_2 = A \cdot (1 + 2\alpha\Delta t) =$ $= 2\ \text{dm}^2 \cdot (1 + 2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot 40) = 2{,}004\ \text{dm}^2$.

A nyomás:

$$\text{A nyomás } p_2 = \frac{m \cdot g}{A_2} = \frac{10\ \text{kg} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2{,}004002\ \text{dm}^2} =$$

$$= 49{,}90\,\frac{\text{N}}{\text{dm}^2} = 4990\ \text{Pa}.$$

4 pont

A nyomás megváltozása: $\Delta p = \underline{\underline{-10\,\text{Pa}}}$, azaz a nyomás csökken.

2 pont

6. Adatok:
$V_1 = 3\ l = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$,
$T_1 = (27+273)\ \text{K} = 300\ \text{K}$,
$p_1 = 8 \cdot 10^5\ \text{Pa}$,
$V_2 = 4{,}5\ \text{dm}^3 = 4{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$,
$\frac{V}{T} = \text{állandó}$,
$f = 5$.

a) Az a feltétel, hogy $\frac{V}{T} = \text{állandó}$, azt jelenti, hogy a folyamat állandó nyomáson megy végbe, azaz a folyamat izobár. A hőmérséklet értéke a végállapotban a Gay-Lussac-törvény alapján:

$$T_2 = \frac{T_1}{V_1} \cdot V_2 = \frac{300\,\text{K}}{3 \cdot 10^{-3}\text{m}^3} \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 = 450\,\text{K}.$$

3 pont

A hőmérséklet-változás $\Delta T = 150\ \text{K}$.

1 pont

A gáz belső energiájának megváltozása (felhasználva az állapotegyenletet is):

$$\Delta E_b = \frac{f}{2} \cdot N \cdot k \cdot \Delta T = \frac{f}{2} \cdot \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} \cdot \Delta T =$$

$$= \frac{5}{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3}{300\,\text{K}} \cdot 150\ \text{K} = \underline{\underline{3000\ \text{J}}}.$$

4 pont

b) A gáz hőfelvétele:

$$Q = \frac{f+2}{2} \cdot N \cdot k \cdot \Delta T = \frac{f+2}{2} \cdot \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} \cdot \Delta T =$$

$$= \frac{7}{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3}{300\,\text{K}} \cdot 150\ \text{K} = \underline{\underline{4200\ \text{J}}}.$$

4 pont

c) A gáz által végzett munka:

$$W_{gáz} = p_1 \cdot \Delta V =$$

$$8 \cdot 10^5\text{Pa} \cdot (4{,}5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3})\,\text{m}^3 = \underline{\underline{1200\ \text{J}}}.$$

3 pont

(Másként: Az első főtételt alkalmazva: $W = \Delta E_b - Q$, a gáz által végzett munka pedig $W_{gáz} = -(\Delta E_b - Q) =$ $= -(3000 - 4200)\ \text{J} = \underline{\underline{1200\ \text{J}}}$.)

7. Adatok:
$q = 10^{-4}\ \text{C}$,
$U = 2500\ \text{V}$,
$x = 0{,}12\ \text{m}$.

a) Az elektromos mező munkavégzése:

$$W = q \cdot U = 10^{-4}\text{C} \cdot 2500\ \text{V} = \underline{\underline{0{,}25\ \text{J}}}.$$

b) Az erő a potenciálváltozásból számítható ki:

$$F = -q\frac{\Delta U}{\Delta x}.$$

Ahol a potenciál konstans, ott az erő nulla, ahol egyenletesen változik, ott az erő állandó. Tehát az erő értékei:

$0 \le x \le 3\ \text{cm} \qquad F = \underline{\underline{0}}$

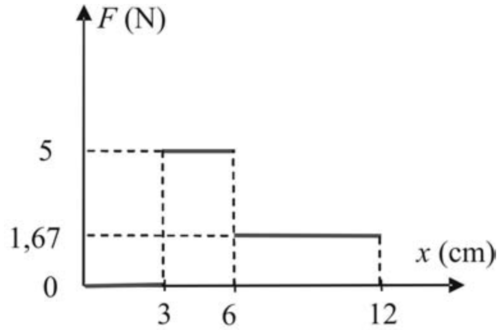
2 pont

$3\ \text{cm} \le x \le 6\ \text{cm} \quad F = 10^{-4}\text{C} \cdot \frac{1500\ \text{V}}{0{,}03\ \text{m}} = \underline{\underline{5\ \text{N}}}.$

2 pont

$6\ \text{cm} \le x \le 12\ \text{cm} \quad F = 10^{-4}\text{C} \cdot \frac{1000\ \text{V}}{0{,}06\ \text{m}} = \underline{\underline{1{,}67\ \text{N}}}.$

2 pont



5 pont

8. Adatok:

$E_{áü} = 3 \cdot 10^6 \ \frac{\text{V}}{\text{m}}$,

$R = 0{,}1$ m,

$r = 0{,}15$ m,

$k = 9 \cdot 10^9 \ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{N}}{\text{C}^2}$.

a) Az átütési szilárdság az a maximális térerősség, amelyet a gömb felszínén létre lehet hozni anélkül, hogy a töltések a levegőn át semlegesítődnének.

Egy vezető gömb felszínén a gömb térerőssége:

$$E_{áü} = k\frac{Q}{R^2}, \ ahonnan \ Q = \frac{E_{áü} \cdot R^2}{k} =$$

$$= \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9}\,\text{C} = \underline{\underline{3{,}33\ \mu\text{C}.}}$$

5 pont

b) A potenciál a gömb felszínén:

$$U = k \cdot \frac{Q}{R} = E_{áü} \cdot R = 3 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1\,\text{m} = \underline{\underline{3 \cdot 10^5\ \text{V}.}}$$

5 pont

c) A gömbön kívül a térerősség olyan, mintha a középpontban elhelyezett ponttöltéstől származna:

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = E_{áü} \cdot \frac{R^2}{r^2} =$$

$$= 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{0{,}01}{0{,}15^2} = \underline{\underline{1{,}33 \cdot 10^6\ \frac{\text{V}}{\text{m}}}}.$$

5 pont

9. Adatok:

$R = 1200\ \Omega$,

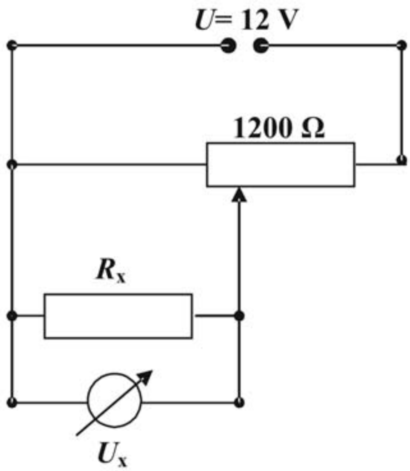
$U = 12$ V,

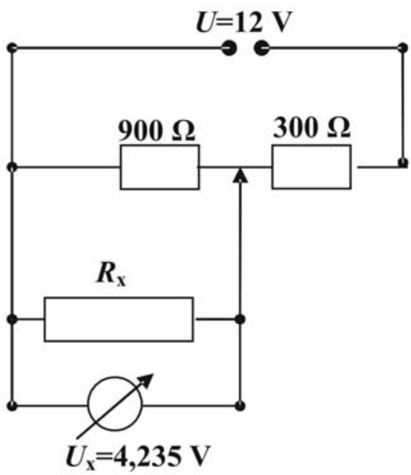
$R_{be} = \frac{3}{4} \cdot R = 900\ \Omega$,

$U_x = 4{,}235$ V,

$t = 5$ min $= 300$ s.

a) A kapcsolási rajz:





4 pont

b) A jobb oldali ábra alapján felírható, hogy $U - U_x = I \cdot 300\ \Omega$, azaz $12\ \text{V} - 4{,}235\ \text{V} = \text{I} \cdot 300\ \Omega$, így

$$I = \frac{7{,}765\ \text{V}}{300\,\Omega} = 0{,}02588\ \text{A}.$$

Jelölje R az R_x és a 900 Ω eredőjét:

$$R = \frac{U_x}{I} = \frac{4,235\ \text{V}}{0,02588\,\text{A}} = 163,64\ \Omega.$$

Másrészt $R = \dfrac{900\,\Omega \cdot R_x}{900\,\Omega + R_x}$, ahonnan

$$R_x = \frac{900\ \Omega \cdot 163,64\,\Omega}{900\ \Omega - 163,64\,\Omega} = \underline{\underline{200\ \Omega.}}$$

8 pont

c) Az R_x ellenálláson végzett elektromos munka:

$$W = \frac{U_x^2}{R_x} \cdot t = \frac{(4,235\ \text{V})^2}{200\ \Omega} \cdot 300\ \text{s} = \underline{\underline{26,9\ \text{J.}}}$$

3 pont

10. Adatok: $U_k = 3$ V

Legyen a telep üresjárási feszültsége U, belső ellenállása R_b, a külső ellenállás R.

A teljes áramkörre vonatkozó Ohm-törvény szerint

$$U_k = I \cdot R = \frac{U}{R + R_b} R.$$

Ha a külső ellenállás $3R$, akkor

$$U_k' = \frac{U}{3R + R_b} 3R,$$

és a feladat szerint $U_k' = 1,2\,U_k$.

Behelyettesítve U_k' és U_k kifejezését

$$\frac{1,2U \cdot R}{3R + R_b} = \frac{3U \cdot R}{3R + R_b}$$

Ebből $R = 3R_b$.

10 pont

Visszahelyettesítve $U_k = \dfrac{U \cdot R}{R + R_b} = \dfrac{U \cdot R}{R + \frac{R}{3}} = \dfrac{3}{4} U$,

azaz a telep feszültsége $U = \dfrac{4}{3} U_k = \underline{\underline{4\ \text{V.}}}$

5 pont

11. Adatok:

$m = 0,08$ kg,

$q = 0,6\ \mu$C,

$x = 0,15$ m,

$g = 10 \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$,

$k = 9 \cdot 10^9 \dfrac{\text{m}^2 \cdot \text{N}}{\text{C}^2}$.

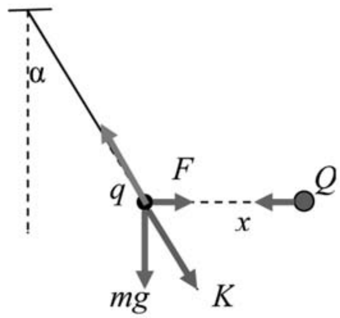
a) Az F Coulomb-erő és az mg nehézségi erő eredője fonalirányú.

$$a)\ F = k\frac{qQ}{x^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 \cdot 10^{-6}}{0,15^2}\,\text{N} =$$

$$= 0,216\,\text{N},$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{F}{mg} = \frac{0,216}{0,08 \cdot 10},\ \alpha = \underline{\underline{15°}}$$

6 pont



b) A fonalerő : $K = \dfrac{mg}{\cos\alpha} = \dfrac{0,8\,\text{N}}{\cos 15°} = \underline{\underline{0,828\ \text{N.}}}$

3 pont

c) $\alpha = 60°$ esetén az elrendezés az előzőhöz hasonló.

A rajz alapján az $F = k\dfrac{qQ}{x^2}$ Coulomb-erő meghatározható:

$F = mg \cdot \text{tg}\,60° = 0,8\ \text{N} \cdot \text{tg}\,60° = 1,38\ \text{N}$

Ennek alaján $x = \sqrt{k\dfrac{qQ}{F}} =$

$$= \sqrt{9 \cdot 10^9 \frac{0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 \cdot 10^{6}}{1,38}}\,\text{m} =$$

$$= 0,0593\ \text{m} = 5,93\ \text{cm}.$$

6 pont

12. Adatok:

$t = 2$ s,

$E_{rug} = 3 \cdot E_{mozg}$

a) A rezgőmozgást végző test y kitérése, illetve v sebessége az idő függvényében:
$y = A \cdot \sin\omega t$, illetve $v = A \cdot \cos\omega t$. Így a rugalmas, illetve mozgási energia mint az idő függvénye:

$$E_{rug} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot y^2 = \frac{1}{2} \cdot D \cdot A^2 \cdot \sin^2 \omega t,$$

$$E_{mozg} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2 \omega t.$$

Mivel $E_{rug} = 3 \cdot E_{mozg}$, így fennáll, hogy

$$E_{rug} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot A^2 \cdot \sin^2 \omega t =$$

$$= 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2 \omega t.$$

Ebből $\sin^2\omega t = 3 \cdot \cos^2\omega t$, azaz $\mathrm{tg}^2\omega t = 3$, $\mathrm{tg}\omega t = \sqrt{3}$.

Tehát $\omega t = \frac{\pi}{3}$, azaz a fáziskülönbség nagysága:

$$\alpha = \omega t = \frac{\pi}{3} = \underline{\underline{60°}}.$$

11 pont

b) Mivel $\omega t = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t$, *ezért* $\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t = \frac{\pi}{3}$ *és így a rezgés periódusideje* : $T = 6 \cdot t = 6 \cdot 2\ \mathrm{s} = \underline{\underline{12\ \mathrm{s}}}.$

4 pont

13. Adatok:
$f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz,
$\Delta\lambda = 200$ nm,
$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

a) A fény hullámhossza levegőben:

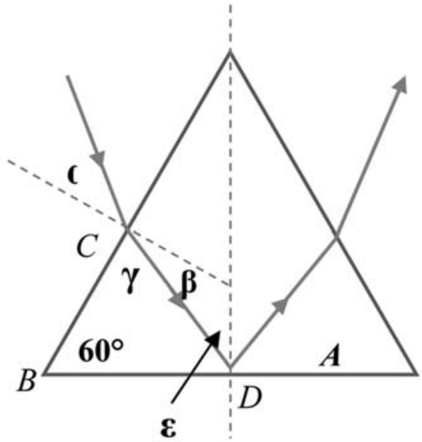
$$\lambda_{levegő} = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} \mathrm{m} = 6 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m} = 600\ \mathrm{nm}.$$

A fény hullámhossza a prizmában:
$\lambda_{prizma} = \lambda_{levegő} - \Delta\lambda = 400$ nm.
Így a fény sebessége a prizmában:

$$c_{prizma} = \lambda_{prizma} \cdot f =$$

$$= 400 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m} \cdot 5 \cdot 10^{14} \frac{1}{\mathrm{s}} = \underline{\underline{2 \cdot 10^8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}}.$$

4 pont



b) A prizma anyagának levegőre vonatkoztatott törésmutatója:

$$n = \frac{c}{c_{prizma}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = \underline{\underline{1{,}5}}.$$

2 pont

c) Ahhoz, hogy az A lapon teljes visszaverődés jöjjön létre, az szükséges, hogy ε nagyobb legyen, mint az α_h határszög.
A határszögre nézve fennáll, hogy

$$\sin\alpha_h = \frac{1}{n} = \frac{1}{1{,}5}.$$

A határszög nagysága: $\alpha_h = 41{,}8°$.

2 pont

A CBD háromszögből:
$\gamma = 180° - 60° - (90° - \varepsilon) = 30° + \varepsilon.$
Így $\beta = 90° - \gamma = 60° - \varepsilon.$

A törési törvény alapján:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\sin\alpha}{\sin(60° - \varepsilon)}.$$

Helyettesítsük be ε helyett a nála kisebb α_h szöget. Ekkor fennáll, hogy

$$\frac{\sin\alpha}{\sin(60° - \alpha_h)} < 1{,}5.$$

Azaz $\sin\alpha < 1{,}5 \cdot \sin 18{,}2° = 0{,}4685$, ahonnan $\alpha < 27{,}94°$.

Így $\alpha_{max} = \underline{\underline{27{,}94°}}.$

7 pont

II. forduló

Minden versenyzőnek a számára kijelölt ***négy*** *feladatot kell megoldania. A* ***szakközép-iskolásoknak*** *az* ***A*** *vagy a* ***B*** *feladatsort kell megoldani a következők szerint:*

A: Minden 9. és 10. évfolyamos szakközépiskolai tanuló, és azok a 11–12. (13.) évfolyamos szakközépiskolai tanulók, akik két évig tanulnak fizikát.

B: Azok a 11–12.(13.) évfolyamos szakközépiskolai tanulók, akik több mint két évig tanulnak fizikát.

A rendelkezésre álló idő ***180 perc.*** *A feladatok megoldásait önállóan kell elkészítenie, függvénytáblázat és számológép használható. Egy feladat teljes és hibátlan megoldása 15 pontot ér. Minden feladatot külön lapon oldjon meg!*

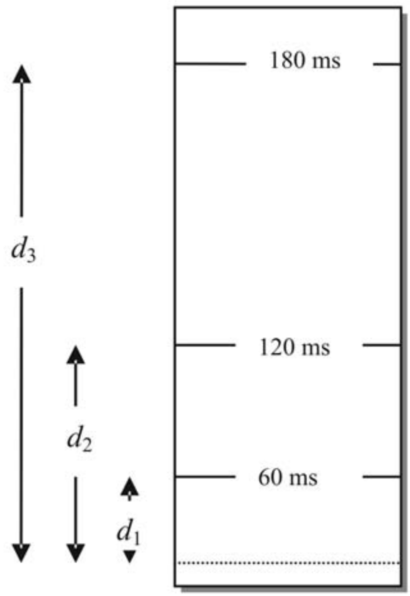
Jó munkát kívánnak a feladatkitűzők: Molnár Miklós és Varga Zsuzsa!

A gimnazisták feladatai:		*A szakközépiskolások feladatai:*	
9. osztály	*1, 2, 3, 4.*	A	*1, 2, 3, 5.*
10. osztály	*4, 5, 6, 7.*		
11. osztály	*5, 7, 8, 9.*	B	*5, 6, 8, 9.*
12. osztály	*6, 10, 11, 12.*		

1. Turista gyalogol nyugat felé 1,34 m/s átlagsebességgel. Ez az átlagsebesség annak eredménye, hogy 6,44 km-t 2,68 m/s sebességgel haladt nyugat felé, aztán megfordult, és utána 0,447 m/s sebességgel kelet felé túrázott.

a) Mekkora távolságot tett meg keleti irányban?
c) Mennyi ideig túrázott kelet felé?
b) Mekkora a turista elmozdulásának nagysága?

2. Az ábra egy egyszerű eszközt mutat, amellyel meg lehet mérni egy személy reakcióidejét. Az eszköz egy kartonlap, amit megfogunk a tetején, aztán hirtelen (függőlegesen) elengedünk. A barátunkat megkérjük, hogy próbálja elkapni a mutató- és hüvelykujjával. Kiinduló helyzetben barátunk az ujjait a lap aljánál (a szaggatott vonalnál) tartja, de nem fogja a lapot. Ha megjelöljük az elkapás helyét, abból a reakcióidő milliszekundumban rögtön megkapható.



a) Kalibráljuk a lapot, azaz határozzuk meg a d_1, d_2, d_3 távolságokat centiméterben!

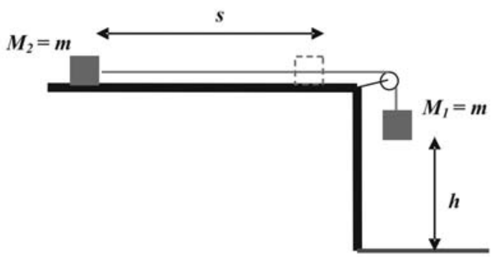
b) Mekkora a reakcióideje a barátunknak, ha a szaggatott vonaltól 6 cm-re kapta el a papírlapot? $(g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

3. Egy 10 cm · 10 cm alapterületű (egyenes hasáb alakú) fémoszlop vízszintes talajon fekszik. Az oszlop egyik, 2 m hosszúságú része $4050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ sűrűségű ötvözetből készült, a másik rész sűrűsége az előbbinek 2/3-szorosa. Az oszlop tömegközéppontja az ötvözetből készült rész végétől 1,375 m-re található.

a) Milyen hosszú az oszlop?
b) Mekkora az oszlop tömege?
c) Mekkora nyomást fejt ki az oszlop a talajra, ha azt függőlegesen az alaplapjára állítják? $(g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

4. Az ábra szerinti elrendezésben az $M_1 = m$ tömegű test kezdetben h = 0,6 m magasságban található, innen kezdi mozgását. Az M_2 = m tömegű test az indulásától a megállásáig s = 0,9 m

hosszúságú utat tesz meg. A csiga tömege elhanyagolható ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$).



a) Mekkora a súrlódási együttható a talaj és az M_2 tömegű test között?
b) Mekkora úton és mekkora gyorsulással mozog az M_2 tömegű test?
c) Mekkora úton és mekkora lassulással mozog az M_2 tömegű test?

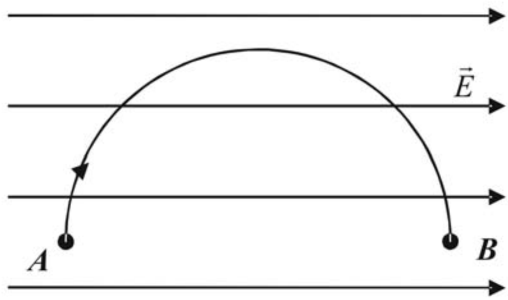
5. Állandó térfogatú, hőszigetelt tartályban 0°C-os, 26 g tömegű, ideálisnak tekinthető gáz van. A gázzal $2{,}15 \cdot 10^5$ J nagyságú hőt közlünk, így a gáz nyomása 300%-kal növekszik meg.

a) Mekkora lesz a gáz hőmérséklete a melegítés befejezésekor?
b) Mekkora a gáz állandó térfogathoz tartozó fajhője?
c) Mekkora a gáz állandó nyomáson vett fajhője, ha a gáz kétatomos molekulákból áll?
d) Milyen gázról lehet szó? Hány mol a gáz mennyisége?

6. Két kicsiny, egyforma méretű rézgolyó szigetelő lapon nyugalomban van. A golyók távolsága ekkor *d*. Az egyik golyónak $Q = 8\ \mu$C nagyságú töltése van, a másiknak nincs töltése. A töltött golyót megérintjük egy töltetlen, az előző golyókkal megegyező méretű harmadik rézgolyóval. Ezután ezt a harmadik golyót hozzáérintjük a második golyóhoz.

a) Mekkora most a harmadik golyó töltése?
b) A hozzáérintések megtörténte után a harmadik golyót az első két golyó összekötő egyenesében a szigetelőlapra helyezzük. Hová kell elhelyezni ezt a golyót, hogy az is nyugalomban maradhasson?
c) Milyen messze van a golyó az első golyótól, ha $d = 14$ cm?

7. Homogén elektromos mezőben egy elhanyagolható tömegű, 50 μC nagyságú pozitív töltés 0,06 J munka árán jut el egy 3 cm sugarú félkörív mentén *A*-ból *B*-be. (A félkörív végpontjait összekötő egyenes párhuzamos a térerősség-vonalakkal.)



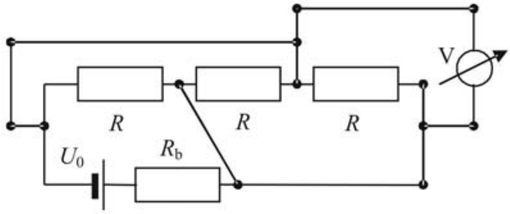
a) Mekkora a mező térerősségének nagysága?
b) Mekkora a *B* pont potenciálja az *A* pontéhoz képest?
c) Mekkora munka árán jut a töltés előbbi útjának negyedéig?

8. Valamely lemezes kondenzátor kapacitása 10 μF. Az egyik fegyverzetét leföldeljük, a másik fegyverzetét pedig 2000 V potenciálú elektromos forrással kötjük össze. Ezután egy 1 mm^2 keresztmetszetű és 5 cm hosszú ezüst huzalon át kisütjük a kondenzátort.

a) Mekkora töltés halmozódik fel a fegyverzeteken?
b) Mennyivel emelkedik az ezüstszál hőmérséklete, ha feltételezzük, hogy a kisütésnél „eltűnő” összes elektromos energia 90%-a az ezüstszál felmelegítésére fordítódik? Az ezüst sűrűsége $10{,}5 \frac{g}{cm^3}$, fajhője $0{,}23 \frac{kJ}{kg \cdot °C}$.

9. Az ábrán feltüntetett kapcsolásban $R = 48\ \Omega$, a V-vel jelölt feszültségmérő 3,2 V-ot mutat. A telep összes teljesítménye 0,9 W.

a) Mekkora a telep belső ellenállása?



b) Mekkora a telep üresjárási feszültsége?

c) Mekkora a rövidzárási áram?

d) Mekkora ebben az esetben a telep hatásfoka?

10. A $0,8\ \frac{V\cdot s}{m^2}$ indukciójú homogén mágneses mezőben az 50 cm hosszú vezető 20 cm sugarú körpályán forog, miközben állandóan párhuzamos marad az indukcióvonalra merőleges forgástengellyel. A fordulatszám 3000 min^{-1}.

a) Mekkora a vezetőben indukálódott feszültség maximális értéke?

b) Adja meg a feszültséget az idő függvényében!

c) Mekkora értéket mutat egy elektrodinamikus műszer, ha ezt a feszültséget kapcsoljuk rá?

d) A vezetőben indukálódott feszültséget egy 0,5 H indukciójú tekercsre kapcsoljuk. Mekkora a tekercsen átfolyó áram effektív értéke?

11. A vas egyik izotópja (Z = 26, A = 59) béta-bomlással stabil kobalt izotóppá alakul. Egy kísérletben 30 nap alatt a radioaktív vasminta $N_1 = 10^{20}$ számú atomjából $N_2 = 6{,}25 \cdot 10^{19}$ számú atom maradt.

a) Hány proton, illetve neutron található a keletkező kobalt izotóp magjában?

b) Mekkora a vas izotóp felezési ideje?

12. Az egypenny-s érme 3 g rézből van. Számítsuk azt az energiát, ami ahhoz szükséges, hogy az összes rézatomot protonra és neutronra bontsuk! Hanyagoljuk el az elektron-mag kötési energiákat, és tegyük fel, hogy az összes mag $^{63}_{29}Cu$ izotóp, melynek atomi tömege 62,939 598 a.u. (Az a.u. rövidítés jelentése atomi tömegegység).

Megoldások

1.

$v = 1{,}34\,\frac{m}{s}$,

$s_1 = 6440$ m,

$v_1 = 2{,}68\,\frac{m}{s}$,

$v_2 = 0{,}447\,\frac{m}{s}$.

Az átlagsebesség $v = \dfrac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$.

Nyugat felé t_1 ideig mozgott:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{6440\ \text{m}}{2{,}68\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2403\,\text{s}.$$

Kelet felé való mozgására felírhatjuk, hogy $s_2 = v_2 \cdot t_2$. Beírva ez utóbbit az átlagsebesség összefüggésébe, egyenletet kapunk t_2-re (vagy s_2-re).

$$v = \frac{s_1 + v_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2} \Rightarrow v(t_1 + t_2) = s_1 + v_2 \cdot$$

$$t_2 = \frac{s_1 - v\cdot t_1}{v - v_2} = \frac{6440 - 1{,}34\cdot 2403}{1{,}34 - 0{,}447}\,\text{s} = \underline{3606\,\text{s}}.$$

Ez a válasz a *b)* kérdésre.

7 pont

a) $s_2 = 0{,}447\ \frac{m}{s}\ \ 3606\ s = \underline{1612\ m = 1{,}61\ km.}$

Ez a kelet felé megtett távolság.

4 pont

c) Az elmozdulás a kiindulóhelytől $\Delta s = s_1 - s_2 =$ 6,44 km – 1,61 km = <u>4,82 km</u> nyugati irányban.

4 pont

2.

t_1 = 60 ms,

t_2 = 120 ms,

t_3 = 180 ms,

$g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$.

a) A kartonlap elég könnyű és nagy kiterjedésű, de mivel rövid ideig fog esni, föltehetjük, hogy a közegellenállás elhanyagolható, és a lap teljesen függőlegesen mozog.

A lap mozgása szabadesés, így a távolságokra fennáll:

$$d_1 = \frac{g}{2}t_1^2 = \frac{9,81 \cdot 60^2 \cdot 10^{-6}}{2}\,\text{m} =$$
$$= 0,01766\,\text{m} = 1,7666\,\text{cm}.$$

3 pont

$$d_2 = \frac{g}{2}t_2^2 = \frac{9,81 \cdot 120^2 \cdot 10^{-6}}{2}\,\text{m} =$$
$$= 0,0706\,\text{m} = 7,06\,\text{cm}.$$

3 pont

$$d_3 = \frac{g}{2}t_3^2 = \frac{9,81 \cdot 60^2 \cdot 10^{-6}}{2}\,\text{m} =$$
$$= 0,1589\,\text{m} = 15,89\,\text{cm}.$$

3 pont

b) $x = 0,06$ m. A kalibrálás a reakcióidő 60 ms és 120 ms között van, inkább ez utóbbihoz közel. Számolással ellenőrizhetjük:

$$t = \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,06\ \text{m}}{9,81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 0,11\,\text{s} = 110\,\text{ms}.$$

6 pont

3. Adatok:
$A = 10\ \text{cm} \cdot 10\ \text{cm} = 100\ \text{cm}^2 = 10^{-2}\ \text{m}^2$,
$l_1 = 2$ m,
$$\rho_1 = 4050\frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$
$$\rho_2 = 4050\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{2}{3} = 2700\frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$
$x = 1,375$ m (az ötvözet szabad végétől számolva).

a) Legyen az oszlop teljes hossza: d. Az egyes részek tömegei:

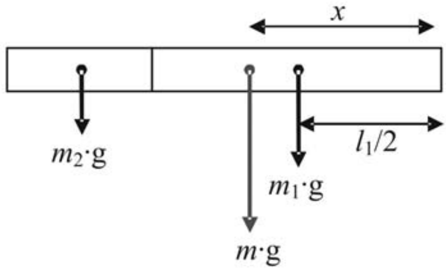
$$m_1 = l_1 \cdot A \cdot \rho_1 = 2\text{m} \cdot 10^{-2}\text{m}^2 \cdot 4050\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 81\,\text{kg},$$

$$m_2 = l_2 \cdot A \cdot \rho_2 = (d - 2\ \text{m}) \cdot 10^{-2}\text{m}^2 \cdot 2700\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} =$$
$$= (d - 2\ \text{m}) \cdot 27\frac{\text{kg}}{\text{m}}.$$

A tömegközéppont helyére nézve fenn kell állnia, hogy

$$m_1 \cdot (x - \frac{l_1}{2}) = m_2 \cdot [(\frac{d - l_1}{2}) + (l_1 - x)],\ \text{azaz}$$

$$81\,\text{kg} \cdot (1,37\,\text{m} - 1\,\text{m}) =$$
$$= (d - 2\,\text{m}) \cdot 27\frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (\frac{d - 2\ \text{m}}{2}) + 2\,\text{m} - 1,375\,\text{m})$$
$$3 \cdot 0,37\,\text{m} = (d - 2\,\text{m})\frac{1}{\text{m}} \cdot (\frac{d}{2} - 0,375\,\text{m})$$



$$6 \cdot 0,37\,\text{m} = (d - 2\,\text{m})\frac{1}{\text{m}} \cdot (d - 0,75\,\text{m})$$

$d^2 - 2,75\ \text{m} \cdot d - 0,75\ \text{m}^2 = 0$

Ennek az egyenletnek a megoldása $d = 3$ m.

9 pont

b) A másik rész tömege

$$m_2 = (d - \text{m}) \cdot 27\frac{\text{kg}}{\text{m}} =$$
$$= (3\,\text{m} - 2\,\text{m}) \cdot 27\frac{\text{kg}}{\text{m}} = 27\,\text{kg, így}$$

az oszlop tömege $m = 81$ kg $+ 27$ kg $= 108$ kg.

3 pont

c) A talajra kifejtett nyomás:

$$p = \frac{G}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{108\,\text{kg} \cdot 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10^{-2}\,\text{m}^2} =$$
$$= 1,059 \cdot 10^5\,\text{Pa}.$$

3 pont

4. Adatok:
$M_1 = $ m,
$M_2 = $ m,
$h = 0,6$ m,
s $= 0,9$ m.

a) Legyen a talaj és az M_2 tömegű test közötti súrlódási együttható értéke μ, a testek sebessége abban a pillanatban, amikor az M_1 tömegű test a talajra ér, v. A munkatétel alapján felírható, hogy

$$\frac{1}{2}(M_1+M_2)\cdot v^2-0=M_1\cdot g\cdot h-\mu\cdot M_2\cdot g\cdot h,$$

azaz $\frac{1}{2}(m+m)\cdot v^2-0=m\cdot g\cdot h-\mu\cdot m\cdot g\cdot h,$

ahonnan $v^2 = g \cdot h \cdot (1-\mu)$.

Az M_2 tömegű test ezzel a sebességgel tovább halad, és még s-h utat tesz meg, majd ez a test is megáll. A munkatétel alapján

$0-\frac{1}{2}\cdot M_2\cdot v^2=-\mu\cdot M_2\cdot g\cdot(s-h)$, azaz

$$v^2=2\cdot\mu\cdot g\cdot(s-h).$$

A sebesség-négyzetekre kapott összefüggések összehasonlításából

$2\cdot\mu\cdot g\cdot(s-h)=g\cdot h\cdot(1-\mu)$, azaz

$2\cdot\mu\cdot s-2\cdot\mu\cdot h=h-\mu\cdot h$, ahonnan

$$\mu=\frac{h}{2\cdot s-h}=\frac{0{,}6\,\mathrm{m}}{2\cdot 0{,}9\,\mathrm{m}-0{,}6\,\mathrm{m}}=0{,}5.$$

9 pont

b) Az M_2 tömegű test addig gyorsul, míg az M_1 tömegű test a talajra nem ér, azaz $h = 0{,}6$ m hosszúságú úton. A testekre felírt erők, mozgásegyenletek alapján a gyorsulás

$$a_{gy}=\frac{M_1\cdot g-\mu\cdot M_2\cdot g}{M_1+M_2}=g\cdot\frac{1-\mu}{2}=$$

$$=9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{1-0{,}5}{2}=2{,}45\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\left(=\frac{g}{4}\right).$$

3 pont

c) Az M_2 tömegű test még $s-h = 0{,}3$ m hosszú úton mozog, de már lassulva. A rá ható súrlódási erő miatt lassul, lassulása

$$a_{las}=\mu\cdot g=0{,}5\cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}=4{,}905\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\left(=\frac{g}{2}\right).$$

3 pont

5. Adatok:

$t_1 = 0°$ C,

$T_1 = 273$ K,

$m = 0{,}026$ kg,

$Q = 2{,}15 \cdot 10^5$ J,

$p_2 = p_1 + 3 \cdot p_1 = 4 \cdot p_1$,

$f = 5$.

a) A melegítés izochor folyamat, így fennáll, hogy

$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$, ahonnan

$$T_2=T_1\cdot\frac{p_2}{p_1}=4\cdot T_1=1092\,\mathrm{K}=819\,°\mathrm{C}.$$

3 pont

b) A melegítés során közölt hőre nézve fennáll, hogy $Q = c_v \cdot m \cdot \Delta T$, ahonnan az állandó térfogathoz tartozó fajhő

$$c_V=\frac{Q}{m\cdot\Delta T}=\frac{Q}{m\cdot(T_2-T_1)}=$$

$$=\frac{2{,}15\cdot 10\,\mathrm{J}}{0{,}026\ \ \mathrm{kg}\cdot 3\cdot 273\,\mathrm{K}}=$$

$$=10096{,}7\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}\approx 10{,}1\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}.$$

3 pont

c) A szabadsági fokok összekapcsolják a kétféle fajhőt:

$$\frac{c_p}{c_V}=\frac{\frac{f+2}{2}}{\frac{f}{2}}=\frac{f+2}{f}=\frac{5+2}{5}=1{,}4,$$

így az állandó nyomáshoz tartozó fajhő

$$c_p=1{,}4\cdot c_V=1{,}4\cdot 10{,}1\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}=14{,}14\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}.$$

5 pont

d) A fajhőadatok alapján a gáz pl. hidrogén (H_2) lehet. A hidrogén molekulasúlya

$$M=2\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}},$$

így a tartályban lévő gáz mennyisége

$$n=\frac{m}{M}=13\,\mathrm{mol}.$$

4 pont

6. Adatok:

$Q = 8\,\mu$C,

$d = 14$ cm.

a) A harmadik golyó és az első golyó töltése az első hozzáérintés után

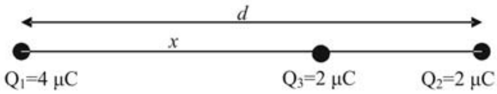
$Q_1=Q'=\frac{Q}{2}=4\,\mu\mathrm{C}$ lesz.

Ennek a golyónak a második golyóhoz való érintésével a második golyó töltése és a harmadik golyó töltése is

$Q_2 = Q_3 = \frac{Q'}{2} = 2\,\mu\text{C}$ lesz.

5 pont

b) A harmadik töltés csak az első és a második töltés között helyezhető el, ha azt akarjuk, hogy az nyugalomban legyen az adott helyen. A töltések elhelyezése:



A Q_3 töltés nyugalomban lesz azon a helyen, ahol az egyensúlyban van. Egyensúlyának az a feltétele, hogy a rá ható Coulomb-erők eredője zérus legyen:

$$k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{x^2} = k \cdot \frac{Q_3 \cdot Q_2}{(d-x)^2},$$

ahonnan $x^2 = 2 \cdot (d-x)^2$,

amiből $x = \sqrt{2} \cdot (d-x)$.

8 pont

c) A harmadik töltés távolsága az elsőtől

$$x = \frac{\sqrt{2} \cdot d}{1+\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 14 \text{ cm}}{1+\sqrt{2}} = 8{,}2\,\text{cm}.$$

2 pont

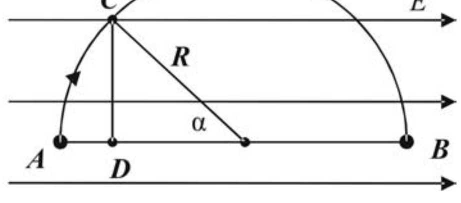
7. Adatok:

$Q = 50\,\mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-5}$ C,

$W = 0{,}06$ J,

$R = 3$ cm $= 0{,}03$ m.

a) Az elektromos mező konzervatív mező. Így a töltés mozgatásakor végzett munka független



az úttól, csak az út két végpontja helyzetétől függ. Így a végzett munka a félkör mentén megegyezik azzal a munkával, ami ahhoz kell, hogy a töltés az ***AB*** szakasz mentén *A*-ból *B*-be jusson. Így a végzett munka $W = F \cdot R = E \cdot Q \cdot R$, amiből a térerősség nagysága

$$E = \frac{W}{2 \cdot R \cdot Q} = \frac{0{,}06 \text{ J}}{0{,}06 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}} =$$

$$= 20000\frac{\text{N}}{\text{C}} = 20000\frac{\text{V}}{\text{m}} = 20\frac{\text{kV}}{\text{m}}.$$

5 pont

b) A *B* pont potenciálja az *A* pontéhoz képest

$$U = E \cdot 2 \cdot R = 20000\frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0{,}06\,\text{m} = 1200\,\text{V}.$$

2 pont

c) Ha a töltés megteszi a negyedkörnyi utat, akkor a *C* pontba jut. Mivel az elektrosztatikus mező konzervatív, az *AC* ív menti munkavégzés megegyezik az *AD* szakaszon végzett munkával. A szakasz hossza:

$$AD = R - R \cdot \cos\alpha = R \cdot (1 - \cos 45^\circ) =$$

$$= R \cdot (1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) = 0{,}03\,m \cdot (1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) =$$

$$= 8{,}786 \cdot 10^{-3}\text{m}.$$

Így a munkavégzés nagysága

$$W_{AC} = W_{AD} = E \cdot Q \cdot AD =$$

$$= 20000\frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 5 \cdot 10^{-5}\,\text{C} \cdot 8{,}786 \cdot 10^{-3}\,\text{m} =$$

$$= 8{,}786 \cdot 10^{-3}\,\text{J}.$$

8 pont

8. Adatok:

$C = 10\,\mu\text{F} = 10^{-5}$ F,

$U = 2000$ V,

$A = 1$ mm^2,

$l = 5$ cm $= 0{,}05$ m,

$\Delta t = 2$ s $= 10^{-3}$ s,

$\eta = 0{,}9$,

$$\rho_{\text{Ag}} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10500\frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$

$$c = 0{,}23\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot {}^\circ\text{C}}.$$

a) A fegyverzeteken felhalmozódott töltés nagysága $Q = C \cdot U = 10^{-5}\ \text{F} \cdot 2000\ \text{V} = 0{,}02\ \text{C}$.

10 pont

b) A kondenzátorban tárolt energia

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2.$$

A melegítésre fennáll, hogy $\eta \cdot W = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot l \cdot A \cdot \rho_{Ag} \cdot \Delta T$, azaz

$$\eta \cdot \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = c \cdot l \cdot A \cdot \rho_{Ag} \cdot \Delta T,$$

ahonnan a hőmérsékletnövekedés

$$\Delta T = \frac{\eta \cdot C \cdot U^2}{2 \cdot c \cdot l \cdot A \cdot \rho_{Ag}} =$$

$$= \frac{0{,}9 \cdot 10^{-5}\,\text{F} \cdot 4 \cdot 10^6\,\text{V}^2}{2 \cdot 230 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 0{,}05\,\text{m} \cdot 10^{-6}\,\text{m}^2 \cdot 10500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} =$$

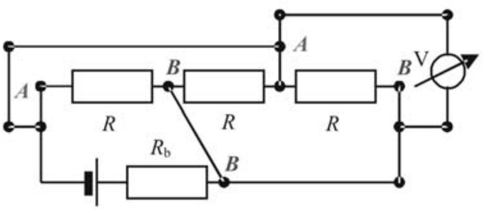
$$= 149\,{}^\circ\text{C}.$$

10 pont

9. Adatok:
$R = 48\ \Omega$,
$U_k = 3{,}2\ \text{V}$,
$P_{össz} = 0{,}9\ \text{W}$

a) Jelöljük meg az azonos potenciálú pontokat (*A* és *B*). Így kiderül, hogy az *R* nagyságú ellenállások párhuzamos kapcsolásban vannak. Az ellenállásokat tartalmazó ágakban folyó áramok erőssége:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U_k}{R} = \frac{3{,}2\ \text{V}}{48\ \Omega} = \frac{1}{15}\,\text{A} = 0{,}067\,\text{A}.$$



A telepen átfolyó áram erőssége így

$$I = 3 \cdot I_1 = \frac{3}{15}\,\text{A} = 0{,}2\,\text{A}.$$

A telep összes teljesítményére nézve fennáll, hogy $P_{össz} = I^2 \cdot (R_b + R_k)$. Az ellenállások párhuzamos kapcsolás miatt

$$R_k = \frac{R}{3} = \frac{48\,\Omega}{3} = 16\,\Omega.$$

Így a telep belső ellenállásának nagysága

$$R_b = \frac{P_{össz}}{I^2} - R_k = \frac{0{,}9\,\text{W}}{(0{,}2\,\text{A})^2} - 16\,\Omega = 6{,}5\,\Omega.$$

9 pont

b) A telep üresjárási feszültsége $U_0 = \text{I} \cdot (R_b + R_k) =$

$$= 0{,}2\,\text{A} \cdot (6{,}5\,\Omega + 16\,\Omega) = 4{,}5\,\text{V}.$$

2 pont

c) A rövidzárási áram értéke

$$I_r = \frac{U_0}{R_b} = \frac{4{,}5\,\text{V}}{6{,}5\,\Omega} = 0.692\,\text{A}.$$

2 pont

d) A telep hatásfoka

$$\eta = \frac{P_{hasznos}}{P_{össz}} = \frac{I^2 \cdot R_k}{P_{össz}} = \frac{(0{,}2\,\text{A})^2 \cdot 16\,\Omega}{0{,}9\,\text{W}} =$$

$$= 0{,}711 = 71{,}1\%.$$

2 pont

10. Adatok:

$$B = 0{,}8 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2},$$

$l = 50\ \text{cm} = 0{,}5\ \text{m}$,
$R = 20\ \text{cm} = 0{,}2\ \text{m}$,

$$n = 3000\,\text{min}^{-1} = 50 \frac{1}{s},$$

$L = 0{,}5\ \text{H}$.

a) Alkalmazzuk a Neumann-féle törvényt:

$$U_{max} = B \cdot l \cdot v_{max} = B \cdot l \cdot R \cdot \omega =$$

$$= B \cdot l \cdot R \cdot 2 \cdot \pi \cdot n =$$

$$= 0{,}8 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \cdot 0{,}5\,\text{m} \cdot 0{,}2\,\text{m} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} = 25{,}13\,\text{V}.$$

4 pont

b) A feszültség időbeli lefolyása

$$U = B \cdot l \cdot v = B \cdot l \cdot v_{max} \cdot \sin\alpha =$$

$$= B \cdot l \cdot v_{max} \cdot \sin 2 \cdot \pi \cdot n \cdot t =$$

$$= 25{,}13\,\text{V} \cdot \sin 314 \frac{1}{s} \cdot t.$$

3 pont

c) Az elektrodinamikus műszer effektív értéket mutat, azaz

$$U = U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 17{,}77\,\text{V}.$$

3 pont

d) A tekercs induktív ellenállásának nagysága

$$X_L = L \cdot \omega = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot n =$$
$$= 0{,}5\,\text{H} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = 157{,}08\,\Omega.$$

A tekercsen átfolyó áram erőssége

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{X_L} = \frac{17{,}77\,\text{V}}{157{,}08\,\Omega} = 0{,}113\,\text{A}.$$

5 pont

11. *a)* A béta-bomlásban elektron keletkezik, amelynek negatív töltése van, így a reakcióban a kobalt rendszáma 27 kell legyen, a tömegszám változatlanul marad 59. A rendszám a protonok számával egyenlő (27), a neutronok száma $N = A - Z = 59 - 27 = 32$.

6 pont

b) $N_1 = 10^{20}$, $N_2 = 6{,}25 \cdot 10^{19}$. $t = 30$ nap

Felírhatjuk a bomlási törvényt: $N_2 = N_1 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$,

ahol T a keresett felezési idő.

Az egyenletből fejezzük ki a felezési időt ($N_1/N_2 = 1{,}6$):

$$T = t \cdot \frac{\ln 2}{\ln \frac{N_1}{N_2}} = \frac{\ln 2}{\ln \frac{N_1}{N_2}} \cdot 30\,\text{nap} = 44{,}24\,\text{nap}.$$

9 pont

12. m = 3g, a mag tömege $M = 62{,}939\,598$ a.u, a proton tömege $m_p = 1{,}007\,276$ a.u., a neutron tömege $m_n = 1{,}008\,665$ a.u., az atomi tömegegység 1 a.u. = $1{,}660\,566 \cdot 10^{-27}$ kg, a fény sebessége $c = 3 \cdot 10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A protonok száma $Z = 29$, a neutronok száma $N = A - Z = 63 - 29 = 34$.

Egy rézatomra vonatkozó kötési energia a tömeghiányból számolható:

$E = \Delta m\, c^2 = (Z\, m_p + N\, m_n - M)\, c^2$.

Adatokkal:

$\Delta m = (29 \cdot 1{,}007\,276 + 34 \cdot 1{,}008\,665 - 62{,}939\,598)$ a.u. $= 0{,}566\,016$ a.u $= 0{,}939907\ 10^{-27}$ kg.

9 pont

A kötési energia egy rézatomra nézve:

$$E_1 = \Delta m\, c^2 = 0{,}939907 \cdot 10^{-27}\,\text{kg} \cdot 9 \cdot 10^{16}\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} =$$
$$= \underline{8{,}459163 \cdot 10^{-11}\,\text{J}} = 522{,}48\,\text{MeV}.$$

2 pont

Az $m = 3$ g rézben levő összes rézatomok száma, mivel a mag tömege $M = 62{,}939598$ a.u:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3g}{62{,}939598 a.u} =$$
$$= \frac{3 \cdot 10^{-3} kg}{62{,}939598 \cdot 1{,}660566 \cdot 10^{-27} kg} =$$
$$= 2{,}8687 \cdot 10^{22}$$

2 pont

A 3 g réz protonokra és neutronokra való szétbontásához szükséges energia:

$E_{\text{összes}} = \text{n}\,\text{E}_1 = 2{,}8687 \cdot 1022 \cdot 8{,}459163 \cdot 10^{-4}$ J $= 2{,}4267 \cdot 10^{12}$ J.

KONTINUITÁS

Dr. Szabó Árpád – Dr. Szabó Tímea

A klasszikus atomelmélet rövid története

Az atomelmélet kialakulásának kezdeti csírái már az ókori görög gondolkodók műveiben megtalálhatók. *Leukipposz* és *Démokritosz* voltak talán az elsők, akik az atom gondolatát felvetették. *Démokritosz* (i. e. 461–370) vezette be a tudományba az atomhipotézist (i. e. 427-ben), azt a feltevést, hogy minden anyag parányi, tovább már nem osztható részecskékből áll, és ezeket az „oszthatatlan” szó görög megfelelője után atomoknak nevezték el. Ez a később mások által is elfogadott felfogás azonban több mint kétezer évig – kísérleti tapasztalatok híján, kísérletek végzése nélkül – az atomelmélet, az anyag szerkezetének pusztán egy elméletileg elképzelt leírásmódja maradt.

1. Anyagszerkezet, periódusos rendszer, katódsugár

Komolyabb vizsgálatok tárgyává az atomelmélet csak a XVIII. században vált. A legeredményesebben először a XVIII. és a XIX. század fordulója táján a kinetikus gázelmélet és a kémia járult hozzá az atomfogalom, az atomelmélet kialakulásához, az atomelmélet természettudományos megalapozásához. *Antoine Lavoisier* (1743–1794) francia kémikus, a tudományos kémia egyik megalapítója volt a kezdeményező. Párizsban, 1764-ben jogot végzett, de őt csak a természettudományok, a kísérletek érdekelték, az egyetemen már tanult is kémiát és fizikát. 1790 táján végzett vizsgálataival már tisztázta az elem fogalmát és súlyarányukat a vegyületekben. 1789-ben összeállította az egyszerű anyagok táblázatát, melyben a kémiai elemeket fémekre és nem fémekre osztotta. 1801-ben *Joseph Proust* (1754–1826) francia fizikus fogalmazta meg az állandó súlyviszonyok törvényét. Majd *John Dalton* (1766–1844) angol fizikus, kémikus bevezette az atomsúly fogalmát. Az 1803 és 1808 között végzett kísérletei alapján pedig megállapította, hogy minden kémiai elemnek meghatározott atomsúlya van és felállította az egyszeres és többszörös súlyviszonyok törvényét. Dalton atomsúlytáblázatot is közölt.

*Dalton*nal új korszak kezdődött a kémia történetében. Megszületett a Dalton-féle atomelmélet, amely új alapokon álló, új szemléletű kémiát hozott létre. A Dalton-féle atomelmélet megállapítja, hogy az anyag nem folytonos, hanem atomokból áll, és ezek az atomok az elemek legkisebb oszthatatlan részei. *Dalton* a többszörös súlyviszonyok törvényét is atom-elmélete alapján magyarázta. Szerinte *minden elem atomjai azonosak, az elemeket egyforma gömb alakú atomok alkotják.* Az atomok tovább nem oszthatók, azok változatlanok, egymásba semmiképpen át nem alakíthatók. Munkájának a jelentősége, az ő érdeme elsősorban abban rejlik, hogy felismerte: *az atomoknak jól meghatározott tulajdonságaik vannak. Dalton*t és *Lavoisier*t tartják a modern atomelmélet, az új kémia elindítóinak. Daltont a Francia Akadémia is tagjai sorába választotta.

Huszonkét évszázad telt el *Démokritosz*tól *Dalton*ig, amíg a kémiai elemek tulajdonságai és atomsúlyai közötti összefüggésre felfigyeltek.

Az atomelmélet egyik továbbfejlesztője, az atomok oszthatatlanságát valló *William Prout* (1785–1850) angol orvos 1815-ben azt a hipotézist fogalmazta meg, amelyben azt állította, hogy mivel sok elem atomsúlya jó megközelítéssel egész szám, és mivel a hidrogén atomsúlya = 1, a kémiai elemek hidrogénatomokból épülnek fel, vagyis a kémiai elemek atomsúlyai a hidrogén atomsúlyának egész számú többszörösei. Kortársai nem fogadták el nézetét, így hipotézise csaknem egy évszázadra feledésbe merült. A Prout-hipotézis csak 1907-ben, a csősugárzás vizsgálatakor, tanulmányozásakor került ismét a kutatás homlokterébe.

A Dalton-féle atomelmélet fontos kiegészítését jelentette 1808-ban a *Gay-Lussac* által felfedezett térfogati törvény és 1911-ben az Avogadro-törvény. *Joseph Louis Gay-Lussac* (1778–1850) francia fizikus, kémikus volt a titrimetria (térfogati vegyelemzés) első kutatója.

Amadeo Avogadro (1776–1856) olasz fizikus és kémikus. Nevét őrzi a kémia egyik alaptétele, az Avogadro-törvény és az egyik igen fontos természeti állandó, az Avogadro-szám. *Avogadro* törvényével a kémiai szerkezetelmélet egyik megalapozója lett. 1811-ben ugyanis a gázokkal kapcsolatos vizsgálati eredményei alapján rámutatott az atom és a molekula különbségére, és a molekulák felépítésére olyan újszerű elméletet dolgozott ki, amely az atom- és molekulasúlyok meghatározásához elengedhetetlenül szükséges volt. Feltárta a róla elnevezett térfogati törvényt, amely szerint *az azonos állapotú, de különböző anyagi minőségű gázok azonos térfogataiban a molekulák száma megegyezik.* Ez azt jelenti, hogy azonos nyomáson és hőmérsékleten a különböző gázok ugyanakkora térfogataiban a molekulák száma azonos. A törvényt bár Avogadro publikálta, de hosszú ideig nem vettek róla tudomást, a kutatók a hipotézist elvetették. Nem volt sikere az elmélet „új kiadás"-ának sem 1842-ben. Később *Stanislao Cannizzaro* (1826–1910) olasz kémikus az atom-molekula elmélet kutatója felismerte a fontosságát, és 1860-ban a karlsruhei nemzetközi vegyészkonferencián felelevenítette *Avogadro* hipotézisét. És ekkor kezdődött el a kémiában az atomelmélet diadalútja.

A XIX. század egyes tudósai már felfigyeltek arra is, hogy a különböző kémiai elemek között valamilyen belső kapcsolat van, és többen kísérletezni kezdtek azzal, hogy az elemeket atomsúlyuk alapján rendszerbe foglalják. Az elemek rendszerbe foglalására törekvő kutatók közül ebben az időben vált ismertté *Dimitrij Ivanovics Mengyelejev* (1834–1907) orosz kémikus. *Mengyelejev* a Szentpétervári Egyetemet 1856-ban végezte el. 1859-től 1861-ig, németországi tanulmányútján Heidelbergben is dolgozott. 1864-től volt a Szentpétervári Egyetemen a kémia professzora. 1865-ben doktorált. 1869-ben előadásaira való felkészülése közben, az akkor ismert 63 kémiai elem rendszerezése során felfedezte az elemek periódusos törvényét, és megalkotta, felállította az elemek periódusos rendszerét. Rendszere a *Mengyelejev* nevet világszerte ismertté, elismerté tette.

A kémiai elemek periódusos rendszerének rövid leírását 1869-ben az Orosz Vegyésztársaság folyóiratában jelentette meg *A kémia alapelvei* címmel. A rendszer részletes leírását pedig *A vegyelemek periódusos törvényszerűsége* című írásában közölte (1871). Táblázatának először *Az elemek természetes rendszere* nevet adta. *Mengyelejev* atomsúlyuk alapján sorolta rendszerbe az elemeket, néhány akkor még ismeretlen elem létezését is megjósolta, s rendszerével utat nyitott az atomszerkezet, az atom összetett voltát igazoló kutatások számára.

Németországban *Julius Lothar Meyer* (1830–1895) német kémikus 1870-ben ugyancsak összeállított egy periódusos rendszert. Elgondolásait *A kémia modern elmélete* című könyvében fejtette ki. Az elemek periódusos rendszerének összeállításánál *Meyer* elsősorban az elemek fizikai jellemzőit, *Mengyelejev* viszont a kémiai sajátságokat tartotta fontosabbnak. *Meyer* figyelt fel elsőnek az atomok fizikai tulajdonságaira, de mindketten megfogalmazták: a kémiai elemek fizikai tulajdonságai periódusosan változnak.

Kezdetben mind a *Mengyelejev,* mind a *Meyer* által kidolgozott periódusos rendszert közömbösség kísérte. Amikor viszont felfedezték azokat az elemeket, amelyek létezését és tulajdonságait táblázata alapján *Mengyelejev* előre megjósolta, nevezetesen a galliumot (1875), a szkandiumot (1879) és a germániumot (1886), akkor elmúltak a kételyek, elfogadták a nézetét, miszerint az elemek tulajdonságai atomsúlyuknak megfelelően periódusosan változnak.

A Mengyelejev-féle, többször bővített és javított periódusos rendszert a modern atomszerkezeti kutatások igazolták. *Mengyelejev* periódusos rendszere van bizonyos kiegészítésekkel napjainkban is használatban. A periódusos rendszer felépítését jelentősen megváltoztatta a ritkaföldfémek és nemesgázok felfedezése. *William Ramsay* (1852–1916) angol kémikus, fizikus a nemesgázok felfedezése után javasolta, hogy bővítsék a rendszert. 1902-ben megtörtént, a rendszert kiegészítették a nemesgázok oszlopával. Az idők folyamán a kémiai elemek periódusos rendszerének körülbelül 400 új változata jelent meg. 1923-ban az atomszerkezet új koncepciója alapján még a Nobel-díjas *Niels Bohr* is összeállított egy periódusos rendszert. Magyarországon ugyancsak használatos volt a Szabó-Lakatos-féle rendszer.

A kutatók számára a periódusos rendszer hamarosan hasznos munkaeszközzé vált, útmutatást, ellenőrzési lehetőséget jelentett az atom összetételének, struktúrájának megállapításánál.

A XIX. század hatvanas éveiben a kinetikus gázelmélettel foglalkozó tudósok elég sokat tudtak az atomokról, molekulákról. A század második felére a kinetikus gázelmélet tudatosan használta az atom és a molekula fogalmakat. Hatalmas sikernek számított, hogy konkrét számszerű adatokat tudtak adni a molekulák mikrofizikai jellemzőire vonatkozóan. Ismerték az egyes molekulák tömegét, a körülbelüli méretét. Meg tudták határozni a molekulák számát. Nem tudtak azonban pontos feleletet adni több kérdésre, például arra, hogy hogyan kapcsolódnak molekulává a vegyületekben a kémiai elemek atomjai, és arra sem tudtak felelni, hogy milyen az atom belső felépítése, azaz a struktúrája. Ebben az időben a kinetikus gázelmélet tudósai már számoltak ugyan az atomok felépítésével, struktúrájával, de nem festettek semmilyen konkrét képet arról.

Az elektrolízis Faraday-féle törvényei (1833), illetve az ezekből levont Helmholtz-féle következtetés (1881) alapján a XIX. század második felében a tudósok közül már többen megkérdőjelezték az atomok Démokritosz-féle, Dalton-féle oszthatatlanságát, és céltudatosan az atomok szerkezetének, az atomok összetételének feltárására irányuló kísérletezésekhez kezdtek.

A katódsugarakkal végzett kísérletek is nagy valószínűséggel az atomok létezését sugallták, az atom összetett voltára utaltak. Több híres fizikus a katódsugarak vizsgálata során nemcsak az atom létezését mutatta ki, hanem döntő bizonyítékot is szolgáltatott az anyag atomos szerkezetére, így *Lénárd, Crookes, Perrin.* A katódsugár közel fél évszázados rejtélyét végül 1897-ben *J. J. Thomson* oldotta meg, aki 1897-ben felfedezte az első elemi részecskét, az elektront. 1904-ben pedig megalkotta a Thomson-féle atommodellt, amelyben már az elektron alkotórésze az atomnak. Az atom első modelljét viszont 1903-ban *Lénárd Fülöp* alkotta meg, aki a katódsugaras (Lénárd-ablakos) szórásikísérletei alapján azt feltételezte, hogy az atom tömegének nagy része kis térfogatra koncentrálódik, hogy minden elem alapvető építőeleme egy pozitív és negatív töltés kötött rendszere, a „dynamida”. (A Lénárd-féle dynamida elmélet volt a Rutherford-féle atommodell alapja is). *J. J. Thomson* modellje megalkotásakor azt a tényt igyekezett figyelembe venni, hogy az atomból radioaktív bomlásnál *béta*-sugárzás alakjában elektronok távoznak, vagyis az atomban elektronoknak kell lenni. Mindketten, *Lénárd Fülöp* és *Joseph Thomson* az atom létezését és felépítését modellel illusztrálták.

Az atomos felfogás elfogadtatását segítette továbbá a színképelemzés (spektroszkópia), amely az anyag kémiai összetételére és fizikai állapotára utalva fontos felvilágosításokat nyújt az atomok és a molekulák szerkezetéről. *Joseph Fraunhofer* német optikus készítette az első spektroszkópot. *Robert Wilhelm Bunsen* és *Gusztav Robert Kirchhoff* német tudósok közösen, együtt dolgozták ki a színképelemzés elméleti módszerét.

Teljesen meggyőző, elfogadott bizonyítékokat az atomok és molekulák létezésére azonban csak a XX. század eleje óta sikerül felsorakoztatni. Például ilyenek voltak: a Brown-féle mozgásnak Einstein által megadott értelmezése (1905), vagy a röntgensugaraknak a kristályokon való elhajlására vonatkozó Laue-féle kísérlet (1912).

2. Atomszerkezeti ismeretek. Rutherford munkássága

Az atomok szerkezetére vonatkozólag egészen alapvető eredményekre vezettek a radioaktivitás jelenségei. A radioaktivitás jelenségét a későbbi Nobel-díjas francia fizikus, *Antoine Becquerel* (1852–1908) fedezte fel. 1896-ban észlelte, hogy az uránsó külső behatások nélkül igen nagy energiájú láthatatlan sugarakat bocsát ki. *Becquerel* azt is megállapította, hogy az uránsó spontán sugárzása csak az urán szerkezetével függ össze, hogy a sugárzás az uránatomok sajátossága. Ő ugyanis az uránt lehűtötte, porrá őrölte, savakban feloldotta, megvilágította, vagyis minden elképzelhetőt megtett vele, de a titokzatos sugárzás intenzitása mindig ugyanaz volt. 1898-ban *Pierre Curie* (1895–1906) Nobel-díjas francia fizikus és felesége, *Marie Curie* (1867–1934), a kétszeres (fizikai és kémiai) Nobel-díjas lengyel származású francia kémikus és fizikus, két addig ismeretlen spontán sugárzó kémiai elemet fedeztek fel: a polóniumot és a rádiumot. A spontán sugárzó jelenséget a Curie-házaspár nevezte el radioaktivitásnak.

A radioaktivitás felfedezése a tudományos világ számára meglepő és hihetetlen volt. Több szaktudós, maga *Ernest Rutherford* is hozzálátott a radioaktivitás tanulmányozásához. 1902-ben *Frederick Soddy*val arra a következtetésre jutott, hogy a radioaktivitás a radioaktív elemek atomjainak spontán bekövetkező bomlásán alapszik, vagyis a radioaktív sugárzás atomátalakulási folyamatok következménye. Azaz, radioaktív bomlás során az egyes elemek atomjai más elemek atomjaivá alakulnak át. Merész megállapítás volt, ugyanis ellenkezett az elemek változatlanságáról vallott akkori felfogással. Hamarosan azonban azt is megsejtették, hogy a radioaktív anyagok sugárzása összetett természetű. Később bizonyítást is nyert, hogy a természetes radioaktív anyagok esetében háromféle sugárzást lehet megkülönböztetni. Ezeket a görög ábécé betűivel jelölték. Az *alfa-* és a *béta*-sugárzást először *Rutherford* választotta szét egymástól (1897), a gamma-sugarakat *Paul Villard* (1860–1934) francia fizikus fedezte fel (1900). A radioaktivitás felfedezése és a vele kapcsolatos megállapítások sokban hozzájárultak az atom létezésének, összetett voltának, a struktúrájának bizonyításához.

Az atomszerkezet megismerésében nagy szerepet játszott több atomtudós, de közülük is a legjelentősebb eredményeket érte el *Rutherford.*

Ernest Rutherford (1871–1937) Nobel-díjas (1908) angol fizikus. Huszonhárom évesen, 1894-ben doktorált, ezután Cambridgeben *J. J. Thomson* munkatársa. 1898-tól 1907-ig professzor a montreali McGill Egyetemen. Aztán Manchester, majd Cambridge következett. 1919-ben, *J. J. Thomson* nyugdíjazásakor a Cavendish laboratórium igazgatója lett.

Rutherford egyike azoknak, akik több olyan felfedezést tettek, amelyek az atomos felfogást, az atomelmélet természettudományos megalapozását biztosították. A XX. század első éveiben az atomos felfogás, az atomok oszthatóságának kérdése még nem volt teljesen elfogadott, még többen elutasították. Az atomszerkezet feltárásában, a megismerésében döntő fordulatot hozott a *Rutherford* és munkatársai által 1909–1911-ben végezett kísérletek. Ezek a kísérletek már céltudatosan az atom szerkezetének, az atom összetételének feltárására irányultak. Ők a radioaktív bomlásból származó *alfa*-részecskékkel „szondázták” az atom belsejét. Az *alfa*-részecskék fémfólián való áthaladásának vizsgálata során azt tapasztalták, hogy az *alfa*-részecskék jelentős része irányváltoztatás nélkül halad át az útjába tett (arany, ezüst) füstlemezeken. A sugárzás egy része (néhány részecske) viszont irányt változtatott, illetve visszaverődött. A kísérletek (szóráskísérletek) eredményei alapján azt a következtetést vonták le, hogy az atom nem tömör felépítésű, hanem „szellős” szerkezetű. És a feltárt eredmények alapján alakult ki a Rutherford-féle atommodell, amelyben egy központi pozitív töltésű atommag körül mozognak az elektronok. Ezt a modellt gyakran az atom planetáris modelljeként is emlegetik. Ezt a modellt fejlesztette tovább 1912-ben *Niels Bohr* dán fizikus, és lett belőle a Bohr-Rutherford-féle, később a Bohr-Sommerfeld-féle atommodell.

1913-ra az atomról a következő fizikai kép alakult ki: az atom egy központi részből, a pozitív töltésű atommagból és a körülötte keringő elektronokból áll. És ekkor lett teljesen elfogadott az atomelmélet, amely szerint az atom összetett, tovább osztható, elemi részecskékből áll.

Pályázati Felhívás
Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2012

biológia-, matematika-, fizika-, kémiatanárok elismerésére

Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft R&D. és a Richter Gedeon közös díjat alapított magyarországi tanároknak, melyet a Fasori Gimnázium legendás hírű matematikatanáráról „RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJ”-nak nevezett el.

A díjra a közoktatás **5–12. évfolyamain biológiát, matematikát, fizikát vagy kémiát tanító** (vagy egykor tanító) tanárok terjeszthetők fel írásban szakmai és társadalmi szervezetek, az ajánlott tanár tevékenységét jól ismerő kollektívák, kivételes esetekben magánszemélyek által.

A felterjesztés feltétele, hogy a jelölt a magyarországi közoktatás területén – nem szervezői munkakörben – dolgozó, az 5–12. évfolyamokon kimagasló oktató-nevelő tevékenységet végző/végzett olyan életművel rendelkező tanár legyen:

- aki legalább 10 éves közoktatási tanári gyakorlattal rendelkezik,
- akinek tanítványai az országos hazai és/vagy nemzetközi versenyeken a fenti tantárgyak valamelyikében az elsők között szerepeltek vagy többször a döntőbe jutottak,
- aki tevékenységében gondot fordít a hátrányos helyzetű, tehetséges diákok felfedezésére, tudásuk gyarapítására,
- aki jelentős szerepet vállal a fenti négy tantárgy valamelyikéhez kapcsolódó országos, regionális vagy iskolai szakmai programok (pl. versenyek, továbbképzések, tanácskozások) megszervezésében, a program tartalmának felépítésében és kivitelezésében (pl. előadások tartása, szakanyagok készítése, friss információ továbbítása),
- aki rendszeresen továbbképzi magát, tájékozott az adott tudomány területén elért eredményekről, a tantárgy tanításával kapcsolatos aktualitásokról, tapasztalatait megosztja kollégáival,
- aki szakmai lapokban publikál, könyveket, tankönyveket, tanítási segédleteket írt vagy ír,
- aki a szaktárgyi felkészítés mellett hivatásának tekinti tanítványai nevelését, személyiségük fejlesztését, problémáik megoldásához segítséget nyújt,
- akinek személyisége, szakértelme, egész életvitele példamutató.

A díjakat a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat díjbizottságai, a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a Magyar Biológia Társaság, a Magyar Biofizikai Társaság, illetve a Magyar Biokémiai Egyesület ajánlásai alapján a három cég által felkért Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma – melynek elnöke Dr. Kroó Norbert akadémikus – ítéli oda az adott év kitüntetettjeinek.

A négy tudományos társaság a beérkezett ajánlásokat a fenti feltételek szellemében értékeli, s ennek alapján teszi meg javaslatait a díjazottakra 2012. október 8-ig. Ezen javaslatok alapján hozza meg döntését az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma 2012. október 15-ig. A díj átadására várhatóan 2012 novemberében kerül sor.

Az írásos felterjesztéseket legkésőbb 2012. szeptember 26-ig kérjük eljuttatni elektronikusan az info@ratztanarurdij.hu e-mail címre.

A felterjesztéshez szükséges adatlap a http://www.ratztanarurdij.hu honlapon található, a „Pályázati felhívás” oldalról letölthető.

A pályázattal vagy a felterjesztéssel kapcsolatos kérdések feltehetők munkaidőben Lukovics Ildikónak a következő telefonszámon: **06-20-203-5507.**

Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma