

hajlásszögét zérusnak vettük, hogy további koordináta-transzformációkat spóroljunk meg. Ennek csupán didaktikai oka volt: jobban tudunk a mondanivaló lényegére fókuszálni.

Összefoglalás

Kepler-mozgásnál a bolygó pozícióját az idő függvényében megadni nem magától értetődő feladat. Explicit alakban nem is adhatók meg az r és φ koordináták az idő függvényében. Ez azt vonja maga után, hogy számos kérdés megválaszolása (pl. két bolygó távolságának a nyomon követése) nehézségekbe ütközik. Érdekes – és szempontunkból szerencsés – tény, hogy minden Kepler-mozgáshoz rendelhető egy körmozgás, melynek időbeli lefolyása nem túl bonyolult. Ezzel a segédeszközzel két bolygó pozíciója közt egyszerű kapcsolat teremthető, távolságuk időfüggése könnyedén számolható.

Irodalom

1. GYÖRGYI GÉZA: *A Kepler-mozgás és a gravitációs törvény* – Fiz. Szemle 21 (1971) 205
2. GYÖRGYI GÉZA: *A Kepler-problémáról* – Fiz. Szemle 15 (1965) 74
3. GYÖRGYI GÉZA: *A Kepler-probléma „rejtett” szimmetriáiról* – Fiz. Szemle 18 (1968) 142
4. BALÁZS BÉLA: *Csináljuk egyszerűbben!* – Fiz. Szemle 14 (1964) 158
5. P.A. HORVÁTHY: *Bolygómozgásról – egy régi versenyfeladat kapcsán* – Fiz. Szemle 11 (2003) 405
6. P.A. HORVÁTHY: *Bolygómozgás és geometria I.* – Fiz. Szemle 55 (2005) 48
7. P.A. HORVÁTHY: *Bolygómozgás és geometria II.* – Fiz. Szemle 55 (2005) 264
8. VERMES MIKLÓS: *A Kepler-féle bolygópályák szerkesztése* – Fiz. Szemle 14 (1964) 123
9. HRASKÓ PÉTER: *Elméleti mechanika* – Egyetemi tankönyv, PTE, 1995
10. BUDÓ ÁGOSTON: *Mechanika* – negyedik kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1965
11. *Csillagászati Évkönyv 1998* – Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 1997
12. *Csillagászati Évkönyv 2005* – Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2004
13. <http://www.macsed.ngo.hu/z812.htm>

MINDENTUDÁS AZ ISKOLÁBAN

HOGYAN ÁRNYÉKOLHATÓ LE A MOBILTELEFON?

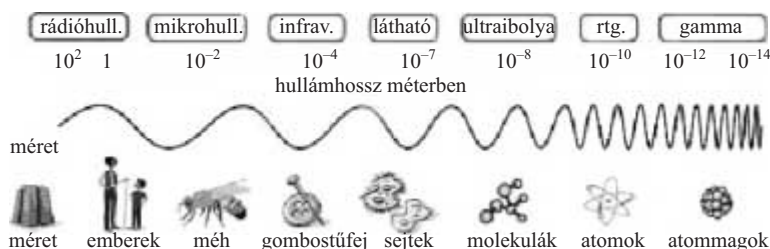
A közmondás szerint „más kárán tanul az okos”. Ha jól megvizsgáljuk ennek a mondásnak a gyakorlati megvalósulását, észrevehetjük, hogy más kárán ritkán tanulunk, az vésődik csak be igazán tudatunkba, amit magunk tapasztalunk, magunk élünk át, amelyet személyes tapasztalattal szereztünk. Hasonló a helyzet a tanulással is. Az elmondott szöveget elhihetjük, jól megtanulhatjuk, de csak akkor válik igazi sajátunké, ha sok tapasztalat révén kapcsolatot teremtünk az elmondottak és az átélt események között. Regények olvasásakor is beleéljük magunkat a szereplő helyébe, és közben felöltik gondolatunkban az az élmény, amely hasonlóságot mutat a szereplő által megélttel.

Hasonló a helyzet a fizikával is. Megtanuljuk a törvényeket, tudjuk *Newton* megállapításait, *Buridan* és *Galilei* által megfogalmazott tehetetlenséget, de csak akkor válik igazán magunkévá, ha tapasztaljuk, hogy a járműben fékezéskor előreesünk, az autót fékezni kell, hogy megálljon.

Az elektromágneses hullámok közül csak a fényt érzékeljük, de a technika fejlődése lehetőséget adott széles skálában történő megismerésre (1. ábra). A leghosszabb hullámhossz, amit rádióhullámként tapasztalunk, kilométer nagyságrendű. Ezek a hosszúhullámok. Bár a rádiózás ebben a hullámhossztartományban kezdődött, ma már alig találunk itt adót, és a modern rádiók már ezt a sávot nem is fogják. A középhullám tartománya 100 m-től 1000 m-ig terjed. Itt van a Kossuth adó, és még sok egyéb rádióadó is. Ez a sáv azért terjedt el, mert jó terjedési tulajdonságai vannak. A felületi hullámok, amelyek a Föld felszínén terjednek, sokáig nem csillapodnak, és a sugárzás visszaverődik az ionoszférán, ezért középhullámú adót távoli kontinenseken is lehet fogni. A rádiókon a 600 m-nél hosszabb hullámhosszok nem találhatóak meg, mivel azt a frekvenciasávot a tengeri navigációnak tartják fenn.

A középhullámú tartományban (10–100 m) a felületi hullám már erősebben csillapodik, a hosszútávú rádiózásban nem játszik szerepet, a visszaverődés az ionoszféráról még jelentős. Akik még gyakran hallgatták ezeket az adásokat, emlékezhetnek a *fading* jelenségére. A jelenség abban nyilvánult meg, hogy az adás hol csendesebb, hol hangosabb volt. Ez az érdekes hatás az ionoszféra mozgásának következménye. A mozgó, ionoszféráról visszavert sugár frekvenciája Doppler-eltolódást szenved, és ez a sugár interferál a direkt sugárral.

1. ábra. Az elektromágneses hullámok különböző tartományai



Mivel ennek a lebegésnek frekvenciája 1–0,5 Hz, és a leggyakrabban hallgatott rövidhullámú adó hullámhossza 25 m, kiszámolható az ionoszféra mozgásának sebessége, amelyre körülbelül 12–25 m/s adódik.

Ennél rövidebb hullámhosszúságú elektromágneses hullám már nem verődik vissza az ionoszférán, hanem áthalad rajta, innentől a rádióhullámokkal kitekinthetünk a világűrbe. Az ionoszféra egy plazma, amely pozitív és negatív elektromosan töltött részecskékből, azaz ionokból áll. Elektromos tér hatására a pozitív töltések a tér irányába, a negatívok vele ellentétes irányba igyekeznek elmozdulni. Ha most kikapcsoljuk a teret, akkor a kialakult töltésszétválás okozta tér igyekszik visszamozgatni a töltéseket. Ez a visszatérítő erő harmonikus rezgőmozgást hoz létre, amelynek a frekvenciája az ionok tömegének és sűrűségének felhasználásával meghatározható. Ha a plazmát a rezonanciafrekvencia alatti frekvenciával gerjesztjük, a töltések elmozdulnak. Ezek a mozgó töltések olyan elektromágneses hullámokat keltenek, amelyek interferálva az eredeti hullámmal, a továbbhaladó hullámokat kioltják, a visszamenőket nem. Ez magyarázza az ionoszféráról történő visszaverődést. Nagyobb frekvencia esetén az ionok már nem olyan fűgék, hogy követni tudnák a mozgást, ezért e hullámok terjedésében az ionoszféra nem akadály.

Tehát 10 m alatti hullámhosszok esetében (ultrarövid rádióhullámok) a sugár áthatol az ionoszférán. Az ultrarövid hullámról (URH, UHF, VHF) már azt mondják, hogy egyenes vonalban terjed, ami azt jelenti, hogy nincs felületi hullám, amely követné a Föld görbületét, és nincs visszaverődés sem, a hullám ki tud jutni az űrbe. Ebben a tartományban vannak a jól ismert rádióállomások, és a televízió-adások.

Lassan áttérünk ahhoz a tartományhoz, ahol a mobiltelefonok kommunikálnak. A mobiltelefonok vagy 900 MHz-en, 33 cm-es hullámhosszon, vagy újabban 1,8 GHz-en, 16,6 cm-es hullámhosszon adják és veszik a jeleket. Ezzel a frekvenciasávval fogunk részletesebben foglalkozni. De előbb nézzük meg, mi van a magasabb frekvenciákon.

Az ultrarövid rádióhullámnál kisebb hullámhosszú elektromágneses sugárzást hívjuk mikrohullámnak, vagy centiméteres hullámnak. Ezekkel működnek a radarok, ezek mérik a gyorsajtást, és ezekkel főzünk, sütünk a mikrohullámú sütőben, itt található az a frekvencia, amelyet a mobiltelefonozás használ.

Tovább csökkentve a hullámhosszt, először az infravörös, majd a látható fényhez, azután az ultraibolya sugárzásokhoz jutunk. A látható fényt az emeli ki, hogy szemünk arra érzékeny, erről a tartományról szerezzük a legközvetlenebb információt.

A fémekben az ionok pozitív háttére előtt szabad elektronok mozognak. Ez is egy plazma, melynek ugyanúgy kiszámíthatjuk a plazmafrekvenciáját, mint az ionoszférának. Az elektronok sokkal könnyebbek, mint az ionoszférát alkotó ionok, illetve a fémekben az elektronok sűrűsége jóval nagyobb, mint az ionok sűrűsége az ionoszférában, ezért a plazmonfrekvencia jóval magasabb. A fémek plazmonfrekvenciája az ultraibolya sugárzás frekvenciatartományába esik. Ennek következtében olyan frekvenciákon,



2. ábra. Mobiltelefon-antennák egy pesti háztetőn

amelyek alacsonyabbak ennél a plazmafrekvenciánál a fém tükröző: a beeső sugárzás meg tudja mozgatni az elektronokat, melyek olyan sugárzást bocsátanak ki, amely interferál a beeső sugárral, úgyhogy továbbhaladó sugár nincs, csak visszaverődés. Ezért a fémek tükröként működnek.

A rövidebb hullámhosszú sugarak, a röntgen-, és gamma-sugarak, már behatolnak a fémekbe, számukra a fém már nem jelent tükröt.

Jól ismert, hogy a fém hogyan viselkedik elektromágneses tér hatására. Jól ismert, hogy a Faraday-kalitkába – amely egy zárt fémháló – nem hatol be az elektromágneses tér, ezért nem kell félnünk az autóban vagy vonaton, hogy megcsap a villám. A Faraday-féle kalitka leárnyékolja a rádióhullámokat is. Bárki kipróbálhatja, hogy a rádió nem szól a liftben, és a villamoson, autóbuszban, vonaton is csak akkor jó a vétel, ha a rádió az ablak mellett van. Az autónak azért van kívül antennája, hogy az adást fogni lehessen.

Mi a helyzet a mobiltelefonnal (2. ábra)? Ha bemelegítünk egy alagútba, akkor a kapcsolat megszakad, tehát oda nem jutnak be a hullámok, míg az autóban, vonaton, liftben van vétel. Mi lehet tehát az effektus, amely ezt lehetővé teszi. Ez a kérdés izgatott, mikor én is mobiltelefon-tulajdonos lettem. Különböző próbákat tettem, hogy mi árnyékolja le a telefont, mivel úgy véltem, a mobiltelefon jó eszköz arra, hogy a mikrohullámok tulajdonságát amatőr módon megtapasztalhassam.

Tapasztalatom, hogy ha egy elég nagy vékony falú fémdobozba zárom a telefont, akkor megszólal. Ez akár egy fémhálóból kialakított doboz – amilyen a bemutatásra szolgáló Faraday-kalitka –, akár ez egy vasláda, vagy egy nagyobb süteményes doboz lehet. Ennek magyarázata nem lehet az, hogy a nagyfrekvenciás teret fémekben a lévő elektronok nem tudják követni, mivel a plazmonfrekvenciáig, amely az ultraibolya tartományban van, az elektronok mozgékonyak. Akkor mi lehet az effektus magyarázata?

Ha kisebb dobozba tesszük a telefont, például egy konzervdobozba, vagy becsomagoljuk alufóliával, akkor a leárnyékolás teljes. Mi a különbség a nagy és a kis doboz között? A megoldást szintén a rezonancia effektusában kell keresnünk, de itt nem a plazmongerjesztés jelentős, hanem a doboz – amit a mikrohullámmal foglalkozó szakemberek üregnek neveznek – rezonanciája.

Alacsony frekvenciánál az elektromos tér hatására elmozdulnak a töltések. Ezek addig mozognak, míg létezik az a tér, amely mozgatja. Elmozdulnak a fém széléig, ahol feltorlódnak, helyi töltéssűrűség jön létre, és a töltéssűrűség által keletkezett tér kompenzálja a külső teret, a fémdoboz belsejében megszűnik az elektromos tér. Ez a Faraday-kalitka ismert magyarázata. Ha növeljük a frekvenciát, a töltés még mindig tudja követni a teret, mert kis elmozdulás is elég, és a fém közepétől nem megy a töltés a széléig, hanem mindegyik töltés csak kicsit mozdul el. Az effektus kulcsa abban van, hogy az elmozdult töltések nem rögtön kompenzálják a teret, mivel az elektromágneses hatás fénysebességgel terjed. Idő kell arra, hogy a terjedő hatás eltolja a töltéseket. A karakterisztikus frek-

vencia az, amikor a hatás a doboz egyik felétől a másikig éppen el tud jutni, azaz a doboz mérete hullámhossznyí.

Tehát eljutottunk oda, hogy hullámhossznál nagyobb doboz nem tud leárnyékolni, kisebb pedig árnyékol. Itt most olyan dobozról van szó, melynek fala vékony. Az alagútban annak ellenére, hogy az egy nagy doboz, nem működik a mobiltelefon, hacsak az alagút belsejében nincs adó.

Ennyi, amit előljáróban elmondtam azokról a gondolataimról, melyek akkor keletkeztek, mikor a mobiltelefonnal elkezdtem kísérletezni. A mobiltelefon ideális kísérletező eszköz, még a tér erősségét mutató műszer is van rajta. Zárószóként mindenkinek jó kísérletezését kívánok!

Tichy Géza

A FIZIKA VILÁGÉVE HÍREI

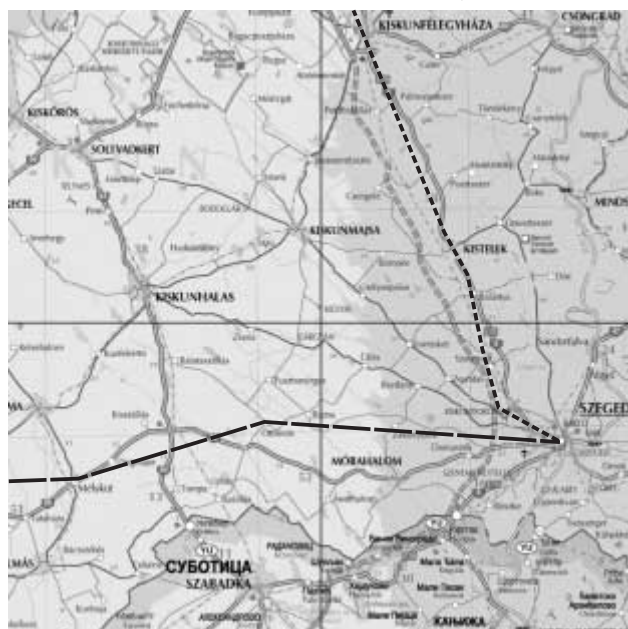
FÉNY A VILÁG KÖRÜL – IN MEMORIAM ALBERT EINSTEIN

Beszámolók a fénystafétáról

2005. április 18-a, *Albert Einstein* halálának 50. évfordulója a fizika évének nevezetes eseménye.

Két osztrák fizikus ötlete volt, hogy egy sok tízezer embert megmozgató rendezvénnyel emlékezzünk a fizika egyik legnagyobb alakjára. A terv szerint április 18-án este fénysugár indult az Egyesült Államokból, Princetonból, és 24 óra múlva a Földet megkerülve érkezett vissza. A fényt az emberek adták tovább egymásnak. A továbbítás módja mindenkinek a kreativitására volt bízva. A staféta útvonala Magyarországon keresztül az alábbi térkép szerint vezetett.

A Szegedre érkező fény további útjai



A szervezés természetesen az Eötvös Loránd Fizikai Társulat dolga volt. Az útba eső megyékben egy-egy központi szervező osztotta be az útvonalakat, szervezte a fénystafétához kapcsolódó programokat.

A részt vevő országok versenyben álltak egymással abban, hol sikerült a népszerűséghez képest a legtöbb embert bevonni. Azoknak tehát, akik részt kívántak venni, regisztrálniuk kellett magukat az Interneten. *Nyerges Gyula* Esztergomból és *Härtlein Károly* a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemről készítette el és tartotta karban a rendezvény honlapját, ahol most is megtekinthető a részletes program, a felhívások és az alább közölt beszámolók teljes verziója.

Következzen néhány részlet az eseményekről a szervezők helyszíni beszámolóiból (megközelítőleg keletnyugati irányban):

... A Horgosról Röszkénél belépő fényjelet Szegeden két irányban kellett továbbítani: egyrészt Kecskemét, másrészt Pécs irányában. A megye térképét szemlélve és eszténként különböző helyekről próbákat tartva, végül az alábbi útvonalakat jelöltük ki:

Kecskeméti vonal: Szeged – Kiskundorozsma (templortorony) – Szatymaz (víztorony) – Balástya (templortorony) – Kistelek (templortorony) – Kiskunfélegyháza (adótorony)

Pécsi vonal: Szeged – Öttömös (kilátó) – Mélykút (gabonatóráló) – Baja (Ólom-hegy)

Ezúton is szeretnénk kifejezni köszönetünket azoknak a lelkes tanároknak, diákoknak, csillagászoknak, plébánosoknak és plébániai munkatársaknak, akik nélkül a fényjel továbbítása aligha sikerülhetett volna. ...Lelkes fizikatanárok megszervezték, hogy a Dómtól a saját isko-