

$$T_{part} = B \sin \omega t + C \cos \omega t + D, \quad (3)$$

ahol  $B$ ,  $C$ ,  $D$  meghatározandó állandók. A (3) feltételt a (2) egyenletbe tesszük és együttható összehasonlítással határozzuk meg az előbbi állandókat. Erre nézve egyenletrendszert kapunk:

$$\begin{aligned} B \omega + C \lambda &= 0, \\ C \omega - B \lambda + R \lambda &= 0, \\ D \lambda &= \gamma. \end{aligned}$$

Ezt az egyenletrendszert megoldva, kapjuk az előbbi állandók konkrét értékeit:

$$\begin{aligned} B &= \frac{\lambda^2 R}{\omega^2 + \lambda^2}, \\ C &= -\frac{\lambda \omega R}{\omega^2 + \lambda^2}, \\ D &= \frac{\gamma}{\lambda}. \end{aligned}$$

Stacionárius állapotban (jelenleg hosszú időre nézve) a homogén egyenlet megoldása lecseng és ezért (2) stacionárius megoldása:

$$T = B \sin \omega t + C \cos \omega t + T_0 + \frac{P}{\alpha A}. \quad (4)$$

A (4) megoldás diszkussziója tartalmazza a jelenség érdekességét. Ha az első két tagból kiemelünk  $(B^2 + C^2)^{1/2}$ -t, és alkalmazzuk az egyik trigonometrikus addíciós tételt, úgy ismét szinusz-függvénnyel írható le a helyiség periodizáló hőmérséklete. Ez a függvény  $B$ ,  $C$ ,  $D$  fenti képleteivel ilyen lesz:

$$T = R \frac{\lambda}{\sqrt{\omega^2 + \lambda^2}} \sin(\omega t - \varphi) + T_0 + \frac{P}{\alpha A}, \quad (5)$$

lesz, ahol

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega}{\lambda}.$$

Ezek szerint a helyiségben ugyanazzal a periódussal ingadozik a hőmérséklet, de csökkent amplitúdóval, mivel (5)-ben  $R$  szorzója mindig egynél kisebb. Ami külön érdekesség, hogy a fal hatása még abban is jelentkezik, hogy  $\varphi$  fáziskésést hoz létre a hőmérséklet ingadozásában. Minél nagyobb  $\omega$ , annál nagyobb lesz  $\varphi$  és ugyanakkor annál kisebb a hőmérsékleti amplitúdó. A fal mintegy ellenáll, nem tudja követni az ingadozásokat. Úgy viselkedik, mintha tehetetlensége lenne. Viszont  $\lambda$  által, ha  $\alpha$  nagy, érthető módon a belső térben alig csökken a hőmérsékleti amplitúdó és  $\varphi$  is egyre kisebb, vagyis egyre zavartalanabban engedi át a fal a külső ingadozásokat. Végül  $\omega = 0$  esetén visszakapjuk az alapesetet, ha a környezeti hőmérséklet állandó.

Ajánlható mérés itt az lehet, hogy a nap folyamán többször mérjük a külső és belső hőmérsékletet. Ezután felvehetünk egy diagramot ezek időfüggésére, így szemléltetve a kétféle amplitúdót és a két, közelítően szinusz-görbe  $\varphi$  szögű eltolódását.

Megjegyzendő, hogy az amplitúdócsökkenés nem a falban lévő energiadisszipáció következménye, azaz nem a fal nyeli el a beáramlott energia egy részét, hanem stacionárius állapotban úgy hat a fal  $\alpha$  révén, hogy kevesebb energiát enged át. Más kérdés, hogy külön meghatározható a fal energiasűrűsége. Ugyanakkor a periodizáló hőmérséklettől függetlenül hőátmenet csak hőmérséklet-különbség esetén lehetséges, amit az (1) egyenlet ír le. Jelenleg időfüggő a hőmérsékleti gradiens.

◇

A demonstrációs kísérletek előnyösen tovább fejleszthetők fizikai mérésekké, ahogy erre történt már utalás. Ezáltal tevőlegesen belenyúlunk egy megismerési folyamatba, bár itt sem valami újnak a felfedezéséről van szó, hanem például a vonatkozó törvényekben szereplő paraméterek konkrét méréséről, mint a hőátbocsátási tényező, vagy rugalmas szál vonalsűrűsége. Ha a jelenség időbeli lefolyását vizsgáljuk, akkor a méréssel a folyamat megragadása jelent mélyebb megértést. Tág tere nyílik a különböző szintű megközelítésnek a tanulók tehetsége szerint.

## A FIZIKUS KERTJE – AVAGY A MECHANIKA TANÍTÁSÁNAK EGY ÚJ MEGKÖZELÍTÉSE

Baló Péter  
Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen

Sok éve már, hogy az általános iskolától a középiskolán át az egyetemig ugyanolyan felépítésben tanítják a mechanikát. Kinematikával kezdődik, és ezen belül valamennyi speciális mozgást bemutatják, velük a jellemzésükhöz szükséges fogalmakat és törvényeket is. Ezután következik a dinamika. A magára hagyott test mozgása alapján eljutunk Newton I. törvényéhez. A lendület, a lendületmegmaradás törvénye vezeti be

az erő fogalmát. Megtárgyalják az egyes erők erőtvényét, majd Newton II. törvénye segítségével megkezdődik a mozgások dinamikai tárgyalása. Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás, szabadesés, hajítások, egyenletes körmozgás – megannyi speciális eset, amelyek elemzéséhez a már megtárgyalt kinematikai ismeretekre lenne szükség. Mivel a diákok régebben tanulták és túl sok a hozzájuk tartozó for-

mula, nehezen boldogulnak. Súrlódás, tapadás, közegellenállás, és újra szükség lenne a kinematikára. Normál osztályokban ez bizony nem egyszerű feladat. A dinamika zárása után kezdődik a munka-energia fejezet. A munka fogalma, a gravitációs erő és a rugóerő munkájának kiszámítása, valamint a mozgási energia bevezetése után a munkatétel megismerése lenne a következő lépés. Érdekes módon a jelenlegi követelményrendszer szerint a munkatétel emelt szintű tudás. Érthetetlen, hiszen minden ismeret, ami benne van, az a középszinthez tartozik. Ráadásul sok feladat a munkatétel segítségével oldható meg a legegyszerűbben. A munkák kiszámításához egyébként kellenek az erőtvények, amelyek megint túl régen voltak már, nehéz gyorsan felidézni azokat. Ezt követi a helyzeti energia, a rugalmas energia bevezetése és a mechanikai energiák megmaradásának törvénye. Most már elvileg mindent tudnak a gyerekek, lehetne elmélyíteni az ismereteket – de itt az év vége, erre nincs lehetőség.

A nehézségeket elsősorban az okozza, hogy szorosan összekapcsolódó fogalmakat és törvényeket időben egymástól távol tanítunk, s ráadásul a szövegekörnyezet is más. Pedig ez a szétválasztás mesterséges és erőltetett. Pontosan olyan, mintha a fizikus a kertjében lévő gyönyörű növényeket részenként mutatná meg a látogatóknak. Egyik sarokban lennének a levelek, egymás hegyén-hátán az összes fajta levél. Egy másik sarokban tartaná a szárazakat, egy harmadikban a gyökereket. A virágzatok egy negyedik helyen lennének felhalmozva. A látogató pedig, miután mind a négy sarkot megtekintette, hazamehet s megpróbálhatja magának összerakni ezek alapján az egyes növényeket. Képzeltük, hogy mekkora sikerrel!

Sokkal természetesebb lenne, ha egy kertészről vennénk példát. Tegyük a látogatók elé egy növényt s engedjük, hogy azt teljesen körbejárják és alaposan megismerjék. Ezután következhet egy újabb növény, majd még egy s még egy. Egészen addig, amíg a kertünket teljesen be nem mutattuk. Vendégünk minden növény vizsgálatánál egyre tapasztaltabb és ügyesebb lesz.

Most nézzük meg, hogyan lehet ezt megvalósítani! A most következő vázlat a középszintű mechanikai ismeretekből építkezik. Nem nehéz az olvasónak ebben a rendszerben elhelyezni az emelt szintű ismereteket sem.

#### *Magára bagyott test viselkedése*

Elsőként mutassuk meg, hogyan adhatjuk meg a testek helyét és mondjuk meg, mi a nyomkép, a pálya és az út! Majd jellemezzük a mozgás gyorsaságát az átlagsebességgel és a pillanatnyi sebességgel! Ezután foglalkozzunk az egyenletes, majd az egyenes vonalú egyenletes mozgással! Eddig tiszta kinematika volt, de ez utóbbi speciális mozgás tárgyalásánál teljesen természetes a kérdés: „Mikor mozog így egy test?” és hasonlóan természetes a válasz is, azaz Newton I. törvénye.

#### *Párkölcsönhatás*

Ezután vizsgáljuk meg a testek párkölcsönhatását! Vezessük be a tömeget (mint azt a fizikai mennyiséget, amely megszabja párkölcsönhatás során a testek sebességváltozásainak arányát), ezután definiáljuk a lendületet és mondjuk ki a lendületmegmaradás törvényét! Az ütközések osztályozásához vegyük elő a mozgási energia fogalmát. Nem kell tőle most félni, hiszen általános iskolában már hallottak róla a gyerekek, ismerős lesz nekik. Az egyes testek lendületváltozása segítségével vezessük be az erő fogalmát és máris kimondhatjuk Newton III. törvényét. Az ütközés előtt, illetve ütközés után a testek egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek, a feladatmegoldások során gyakorolni lehet az idetartozó kinematikai ismereteket.

#### *Gravitációs kölcsönhatás*

Ezt követi a gravitációs kölcsönhatás vizsgálata, ezen belül az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás tárgyalása és a gravitációs erőtvény megismerése. Az erő munkájának bevezetése után, mivel a mozgási energiát már az előző részben átismételték, következhet a munkatétel, még csak szigorúan a gravitációs erő munkájával. Ez utóbbi elvezet a helyzeti energia bevezetéséhez és a mechanikai energiák megmaradása egy egyszerűsített változatának kimondásához. Egy fejezeten belül egy kis kinematika és dinamika, a munkatétel és energiamegmaradás egymást támogatják. Sokféle feladat megfogalmazható már, és többségük olyan, amelyet akár kinematikailag, akár munkatétellel, illetve a mechanikai energiák megmaradási törvényének egyszerű alakjával meg tudnak oldani a tanulók.

#### *Rugalmas kölcsönhatás*

Ezután a rugalmas kölcsönhatás tárgyalása következhet. A rugóerőtvénye után már meg lehet vizsgálni az egyszerre két erő hatása alatt mozgó testek viselkedését is – azaz Newton II. törvénye, a dinamika alaptörvénye, és azon belül a mozgásegyenlet bemutatása a cél. A rugóerő munkájának kiszámítása után a munkatétel gyakorlásának újabb lehetőségei tárulnak fel. Majd a rugalmas energia bevezetése után a mechanikai energiák megmaradásának törvénye mondható ki teljesen általánosan. Ebben a fejezetben megint szorosan összekapcsolódva gyakorolhatók a kinematikai, a dinamikai és az energetikai ismeretek. A tanulók ekkora már nagyon jártasak lesznek a különböző problémák elemzésében és a mechanika törvényeinek az alkalmazásában.

#### *Súrlódás, tapadás, közegellenállás*

Most következhet a súrlódási erő, a tapadási erő és a közegellenállási erő bemutatása. Segítségükkel gazdagíthatók a már megismert esetek és újabb lehetőség nyílik a mozgásegyenlet, valamint a munkatétel gyakorlására. Akár egyenletes, akár egyenletesen gyorsuló mozgást vizsgálunk, a tanulók nagyon ügyesen alkalmazzák a megtanult összefüggéseket.

### *Körmozgás, bolygómozgás, általános tömegvonzás*

Az egyenes vonalú mozgások után tárgyalhatjuk az egyenletes körmozgást. Elég csak most bevezetni a szögsebességet, valamint a centripetális gyorsulást, és újabb lehetőségek nyílnak a dinamikai és energetikai ismeretek gyakorlására. Most érdemes foglalkozni az általános tömegvonzás törvényével, majd tágítani a kört és az ellipszis alakú bolygópályák megemlézése után bemutatni a Kepler-törvényeket.

### *Forgatónyomaték, merev test egyensúlya, egyszerű gépek*

Már csak a forgatónyomaték, a merev testek egyensúlyának kérdése és az egyszerű gépek áttekintése van hátra.

A tanulók december közepére a legfontosabb dolgokat megismerik és év végéig alaposan begyakorolhatják azokat. Heti másfél órában is kényelmesen tartható ez az ütem. Heti két óra esetén pedig még a hőtananyag első fele (hőtágulás, gázok állapota és állapotváltozása) is tárgyalható a kilencedik osztályban.

Ezt a felépítést először a korábbi évek érettségire előkészítő foglalkozásain alkalmaztam a mechanika tananyag ismételtesére, megszilárdítására. A sikeren felbuzdulva a tavalyi, 2009/2010-es tanévben két kilencedikes osztályomban már az új anyagot is eszerint tanítottam és így tanítom a jelenlegi kilencedikes osztályomban is.

A cikk elején felsorolt nehézségeket – tapasztalataim szerint – teljesen ki lehet küszöbölni. Szinte teljesen megszűnt az említett anyagrészek újratanításának szükségessége. Másrészt a tanulók jobban látják a fizikai ismeretek közötti összefüggéseket, és év végére nagy gyakorlatot szereznek az elméleti és számítási feladatok megoldásában.

A jelenleg kapható fizika tankönyvek közül egyelőre egyetlen tankönyvben található meg ez a felépítés [1]. Ez a kötet egy több szempontból is újszerű tankönyvcsalád első darabja.

### Irodalom

1. Baló Péter: *Fizika 9*. Apáczai Kiadó, 2010.

## AZ ORSZÁGOS SZILÁRD LEÓ FIZIKAVERSENY MEGHIRDETÉSE A 2010/2011. TANÉVRE

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány és a paksi Energetikai Szakközépiskola és Kollégium a 2010/2011. tanévre meghirdeti az Országos Szilárd Leó fizikaversenyt az általános és a középiskolák tanulói számára.

### A versenyre

I. kategóriában a versenykiírás tanévében a rendes érettségi vizsgát tevő évfolyam vagy az azt közvetlenül megelőző évfolyam tanulói,

II. kategóriában az általános és középiskolák 7–10. osztályos tanulói vagy a 13. évfolyammal befejeződő középiskolai képzésben a 11. évfolyamos tanulók nevezhetnek.

A versenyre a hazai és határon túli iskolák nevezését egyaránt várjuk. Nevezési díj nincs, a versenyen a részvétel ingyenes.

Az iskolák a versenyre 2011. január 15-ig jelentkezhetnek a [www.szilardverseny.hu](http://www.szilardverseny.hu) honlapon vagy levélben a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítványnál (7030 Paks, Dózsa György út 95., tel.: 75-519-326) a versenyzők kategóriánkénti létszámának, valamint az iskolai kapcsolattartó fizikatanár elérhetőségeinek (név, postai cím, telefonszám, e-mail cím) megadásával.

A verseny kétfordulós. Az első forduló időpontja 2011. február 21. 14–17 óráig.

A feladatlapokat a javítókulccsal együtt a Versenybizottság küldi meg a benevező iskoláknak a jelentkezések számának megfelelően.

### A versenyen való részvétel kizáró okai

A versenyfeltételek be nem tartása a versenyből való kizárást eredményezheti. Például:

– A versenykiírásban kiírt kategóriától eltérő kategóriában való indulás.

– Nem megengedett segédeszköz használata.

### A verseny témája, ismeretanyaga, felkészüléshez felhasználható irodalom

A verseny a középiskolás tananyag modern fizikai – elsősorban magfizikai-sugárvédelmi fejezeteinek alkalmazás szintű tudását és környezetvédelmi alapismereteket kér számon. A kijelölt témakörök a következők:

Mikrorészecskék leírásának alapjai, az anyag kettős természete

Hőmérsékleti sugárzás törvényei, fotonok, fény-elektromos jelenség, Compton-jelenség.

De Broglie-összefüggés, elektronok interferenciája.

Heisenberg-féle határozatlansági összefüggés.

A hidrogénatom hullámmmodellje.

A kvantumszámok szemléletes jelentése: 's', 'p', és 'd' állapotok.