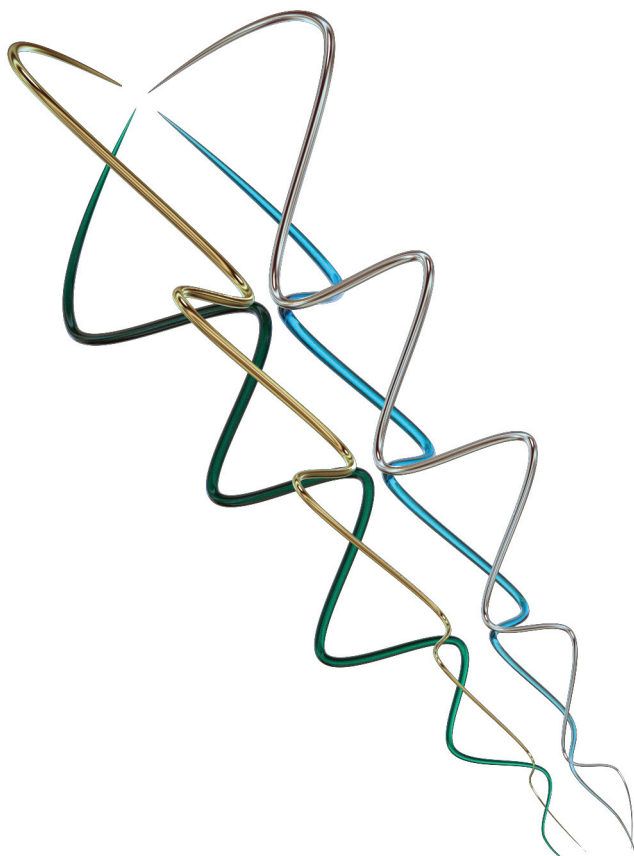


lfj. Zátanyi Sándor

Fizika

Tankönyv a gimnáziumok 9.
évfolyama számára

9



Készült az OM Kerettanterv, **28/2000 (IX.21.)OM** rendelet alapján A tankönyv engedélyszáma: **13679-3/2003**

Bírálok:

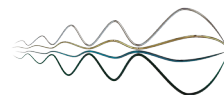
Dr. Kedves Ferenc
egyetemi tanár

Sebestyén Zoltán
szakvezető tanár

Felelős szerkesztő:
Medgyes Sándorné

Anyanyelvi lektor:
Falussy Anna

TARTALOM



1. A testek haladó mozgása 5

1.1	A fizikai megismerés módszerei	5
1.2	A pontszerű test. Vonatkozási rendszerek. Pálya, út, elmozdulás . .	10
1.3	Az egyenes vonalú egyenletes mozgás kísérleti vizsgálata	14
1.4	Az átlagsebesség és a pillanatnyi leírása	18
1.5	A gyorsulás fogalma	25
1.6	Az egyenes vonalú mozgások leírása	28
1.7	Az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás	32
1.8	Mozgás lejtőn	37
1.9	A szabadesés. A nehézségi gyorsulás	40
1.10	A körmozgás kinematikai leírása	43
1.11	Az egyenletes körmozgás kísérleti vizsgálata	47
1.12	A centripetális gyorsulás	50
1.13	Mozgások összegződése	53
1.14	A függőleges és vízintes hajítás	57

2. Dinamika 61

2.1	A tehetetlenség törvénye	61
2.2	Newton II. törvénye	64
2.3	A hatás-ellenhatás törvénye. A pontrendszerek	68
2.4	Az erők együttes hatása, az eredő erő	71
2.5	A nehézségi erő és a súly	74
2.6	Pontrendszerek, tömegközéppont. A merev test	79
2.7	Rugalmas alakváltozások. A rugóerő	84
2.8	A súrlódás	87
2.9	A közegellenállás	91
2.10	A testek egyensúlya	94
2.11	A lendület. A lendületmegmaradás törvénye	98
2.12	Az egyenletes körmozgás dinamikai leírása	102
2.13	A Newton-féle gravitációs törvény	104
2.14	Kepler törvényei	107
2.15	A mesterséges égitestek mozgása	110
2.16	Az űrhajózás legfontosabb állomásai	114

3. Munka, energia 119

3.1	A munka	. . . . .	119
3.2	A munkavégzés fajtái . . . . .	. . . . .	123
3.3	Az energia. A mechanikai energia fajtái	. . . . .	127
3.4	A munkatétel . . . . .	. . . . .	131
3.5	A mechanikai energia megmaradása	. . . . .	135
3.6	A teljesítmény és a hatások . . . . .	. . . . .	139

1. A TESTEK HALADÓ MOZGÁSA.

A *kinematika* a testek mozgását, a mozgások időbeli lefolyását vizsgálja, de nem foglalkozik a különféle mozgások okával. (a kinematika görög eredetű szó, jelentése: mozgástan.)

1.1 A fizika megismerési módszerei

Az éret alma le hull a fáról, télen a tavak vize befagy, olvadáskor a hó a fák tövében hamarabb elolvad, mint másutt, a Hold alakja periodikusan változik. Ezeket a jelenségeket az emberek már évtizedek óta megfigyelhették. A megfigyelés során a természetben zajló folyamatok az ember közreműködése nélkül mennek végbe.

Ha a testek esését szeretnénk tanulmányozni, nem kell megvárni az alma leesését, egy kődarab vagy egy vascső segítségével is vizsgálhatjuk a leeső testek mozgását. Ha nyáron a víz megfagyásával akarunk foglalkozni, akkor magunknak kell a hideg környezetet biztosítani, például úgy, hogy hűtőszekrénybe tesszük a vizet. A kísérlet során az ember hozza létre azokat a feltételeket, amelyek a vizsgálandó folyamatokhoz szükségesek, így az adott jelenség bármikor tanulmányozható. A kísérletekben a feltételek módosíthatók, így az egyes tényezők közötti összefüggéseket is felismerhetjük. (például a magasabbról leeső testek hosszabb ideig esnek; minél hidegebb helyre tesszük a vizet, annál gyorsabban megfagy.) Az így kapott összefüggéseket minőségi (latin eredetű szóval kvalitatív) összefüggésnek nevezzük.

A megfigyelést és a kísérletet gyakran egészítjük ki méréssel, mert így az egyes tényezők között mennyiségi (latin eredetű kifejezéssel kvantitatív) összefüggéseket állapíthatunk meg. Például megmérhetjük, hogy mekkora utat tesznek meg a leeső testek különböző időtartamok alatt, vagy mennyi idő kell különböző hőmérsékleteken a víz megfagyásához.

Méréskor mindig azt határozzuk meg, hogy a mért mennyiség hányszorosa a mértékegységnek. A mérések szerint például a leejtett acélgolyó az elengedés utáni első másodpercben 4,9 m utat tesz meg. Ez azt jelenti, hogy a mért érték 4,9-szerese a mértékegységül választott méternek. A mérés eredményét mindig egy mérőszám és egy mértékegység szorzatából álló mennyiség adja meg. Az előző példában a 4,9 a mérőszám, a méter a mértékegység. A mennyiségnek mérőszámának és a mértékegységének a szokásos jelölését a következő táblázat szemlélteti:

A mértékegységek használatát a világ legtöbb országában nemzetközi egyez-

	MENNYISÉG	MÉRŐSZÁM	MÉRTÉKEGYSÉG
JELÖLÉSE	s	{s}	[s]
ÉRTÉKE	4,9 m	4,9	m

mények, illetve jogszabályok rögzítik. A hazánkban ma használt mértékrendszer az SI (Système International =Nemzetközi Rendszer). Az SI-ben hét alapmennyiség és két kiegészítő mennyiség van, ezeket a következő táblázat tartalmazza, mértékegységükkel együtt.

MENNYISÉG		MÉRTÉKEGYSÉG	
HOSSZÚSÁG	l	méter	m
TÖMEG	m	kilógramm	kg
IDŐ	t	másodperc	s
ÁREMERŐSSÉG	I	amper	A
HŐMÉRSÉKLET	T	kelvin	K
ANYAGMENNYISÉG	n	mól	mol
FÉNYERŐSSÉG	Iv	kandela	cd
SZÖG	α	radián	rad
TÉRSZÖG	Ω	szteradián	sr

A többi mennyiségek mértékegységeit ezekből a mértékegységekből származhatjuk. A származtatott mennyiségek egységei az alap- és kiegészítő mértékegységekből szorozással és osztással állíthatók elő. Például a terület mértékegysége a méter önmagával való szorzatként m², a sebesség egysége a méter és a másodperc hányadosaként m/s.

A mértékegységek a gyakorlatban gyakran sokszor túl kicsik vagy túl nagyok, ezért az eléjük illesztet prefixumok segítségével a többszörösüket vagy törtrészüket képezzük. Például a méterből a kilo- prefixummal képzett kilométernél 1000-szer nagyobb, a mili- prefixummal képzett milliméter pedig a méter ezredrésze. (Az SI-ben használható prefixumokat a Függvénytáblázat is tartalmazza.)

A megfigyelések, kísérletek, mérések eredményeit gyakran matematikai képletek segítségével fejezzük ki. Például a gömbtükör fókusz távolsága feleakkora, mint a gömb sugara, Ez az összefüggés a fókusz távolság = sugár/2 képlettel írható fel. Ha a tükör sugarát r, fókusz távolságát pedig f jelöli, akkor a képlet az $f = r/2$ alakban rövidebben is felírható.

A tapasztalati úton felismert összefüggésekből kiindulva gondolkodás útján, a matematika és a logika segítségével további törvények fogalmazhatók meg. Az ellenállás és az eredő ellenállás fogalmából kiindulva például elméleti úton meghatározható, hogy két fogyasztó soros kapcsolásánál az eredő ellenállás a két fogyasztó ellenállásának összegével egyezik meg. Képlettel felírva: $R = R_1 + R_2$. A levezetéssel kapott összefüggéseket azonban egybe kell vetni a tapasztalatokkal, és meg kell vizsgálni érvényességi körüket. Például az előző összefüggésnél ellenőrizni kell, hogy a képlet váltakozó feszültségnél is érvényes-e.

Ha a vizsgálni kívánt jelenség bonyolult, méretei túl nagyok vagy túl kicsik, illetve lefolyása nagyon gyors vagy nagyon lassú, akkor a közvetlen megfigyelés, mérés nem lehetséges. Például egy repülőgép tervezésekor a repülés során kialakuló áramlási viszonyokat, az atomreaktorba lejátszandó folyamatokat, vagy a Naprendszer 4,5 milliárd évvel ezelőtti kialakulását nem lehet közvetlenül tanulmányozni. Ilyenkor modelleket használunk, és a modell „viselkedéséből” vonunk le következtetéseket. A modell a valóság olyan leegyszerűsített másolata,

amelyben csak a számunkra lényeges elemeket tartjuk meg, a lényegteleneket pedig elhagyjuk. A modell segítségével a jelenségek és azok törvényszerűségei könnyebben megérthetőek, és az így szerzett ismereteket felhasználhatók a valóság megismerésére.

A modell lehet a vizsgált rendszer kicsinyített másolata (pl. a repülőgép tervezésekor), de gyakran lényegtelen a külső, formai hasonlóság. A gyógyszerkutatók például az új hatóanyagokat nem próbálhatják közvetlenül embereken, ezért modellezik az embert. Számukra nem a külső megjelenés a fontos, ezért ennek megfelelően választanak modellt (pl. fehér egeret).

Egy rendszert azonban többféle módon is modellezhetünk. A lehetséges modellek közül mindig azt kell alkalmazni, amely az éppen vizsgált szempontból leginkább hasonlít a tanulmányozni kívánt rendszerhez. Az ember modellje ként például a gyógyszerkutató a fehér egeret, a szabó a próbababát, a rendőr a körözött személyekről készített fényképet, a gyerek a babáját használja. Mindegyikük az általa fontosnak tartott szempont alapján választott modellt, de modelleik egymás számára teljesen használhatatlanok. A különböző modellek ellentmondására is vezethetnek, ha a modell olyan tulajdonsága alapján vonunk le következtetést, amelyet eredetileg lényegtelennek ítéltünk. Például a fehér egeret tanulmányozva arra a következtetésre juthatunk, hogy az embereknek is négy lába van, ugyanakkor a próbababba vizsgálata alapján megállapíthatnánk, hogy az ember egy lábú lény.

A modell alapján kapott eredményeket, összefüggéseket össze kell hasonlítani a valósággal, és tisztázni kell az így kapott törvények érvényességi körét. Szükség esetén a modellt pontosítani, finomítani kell. Az új (többnyire azonban bonyolultabb) modell segítségével a valóságot pontosabban írhatjuk le. Természetesen a legbonyolultabb modell sem egyezik meg a modellezett rendszerrel, de az egyre pontosabb modellek alapján egyre tökéletesebb képet kaptunk a vizsgált rendszerről.

A fizikában számos modellt használunk, most csak néhányat sorolunk fel ezek közül: a pontszerű test, a merevtest, a tökéletesen rugalmas test, az ideális gáz, a különféle atommodellek.

Olvasnivaló

1. A megfigyelés szerepét és a tapasztalat fontosságát már Albertus Magnus (1206 – 1280) német természetfilozófus is felismerte: „Egy olyan következtetés, amely az érzékek tanulságának ellentmond, nem hihető. Egy elv, amely a tapasztalattal nem egyezik, nem elv.”

2. Az egyik első tudatosan kísérletező természettudós Galileo Galilei (1564 – 1642) olasz fizikus volt. Galilei a kísérletek és mérések alapján fogalmazta meg törvényeit, és ezzel teljesen új alapokra helyezte a fizikát. Kísérleteket végzet például a szabadeséssel, lejtővel és ingával kapcsolatban, és távcsövet épített. Távcsöves megfigyelései során felfedezte a Hold hegyeit, illetve Jupiter négy holdját.

3. Az SI alapjának tekinthető mértékrendszer kidolgozását a nagy francia forradalom idején kezdték meg. A hosszúság egységéül a Föld Párizson átmenő



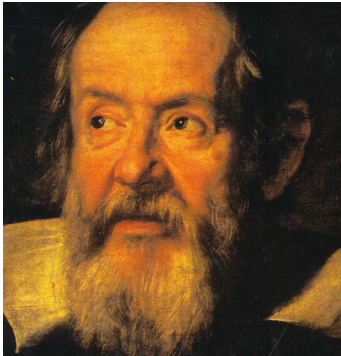
Bay Zoltán
(1900-1992)

délkörének negyvenmilliomod részét választották, és ezt méternek nevezték. A tömeg egységét, a kilógrammot az 1 dm³, 4°C-os desztillált víz tömegeként határozták meg. Az idő egységeként (mivel a nap hossza változó) a középnap 86400-ad részét választották, ez a másodperc. (1 nap = 86400 másodperc). Azóta a mérőeszközök és a mérési módszerek fejlődése miatt már más, pontosabb meghatározások érvényesek, ezek megértéséhez azonban néha a középiskolai anyagot meghaladó ismeretekre is szükség van.

Bay Zoltán (1900-1992) magyar fizikus javaslatára a Nemzetközi Mértékügyi Konferencia 1983-ban a korábbinál 10.000-szer pontosabb méretdefiniíciót fogadott el. Bay Zoltán USA-ban élt, 1955-1972 között az ottani szabvány-ügyi hivatal osztályvezetője volt.

4. A prefixum latin eredetű szóösszetétel. A pre- jelentése előzetes, a fix pedig a rögzítettet jelent.

5. A mértékegységek használatát Magyarországon a mérésügyről szóló törvény (1991. évi XLV. Törvény) szabályozza. Ennek előírásai szerint számos nem SI-egység is használható. Ezek közül néhányat az alábbi táblázat is tartalmaz:



Galileo Galilei
(1564 – 1642)

MENNYISÉG	EGYSÉG	JELE	ÁTVÁLTÁS
IDŐ	perc	min	1 min = 60 s
	óra	h	1h = 60 min = 3600 s
	nap	d	1d = 24h = 86400 s
TÖMEG	tonna	t	1t = 1000 kg
SZÖG	fok	°	360° = 2π rad ≈ 6,28 rad;
			1° ≈ 0,01745 rad;
			1 rad ≈ 57,3°
SEBESSÉG	kilóméter per óra	km/h	1 km/h ≈ 0,278 m/s;
			1 m/s = 3,6 km/h
TERÜLET*	ár	a	1 a = 100 m ²
	hektár	ha	1 ha = 100 a = 10 ⁴ m ²
ŰRMÉRETEK (ÉS TÉRFOGAT)	líter	l	1 l = 1 dm ³

Feladatok

1. Fejezzük ki az alábbi hosszúságokat méterben!

- | | | |
|-----------|------------|------------|
| a) 135dm; | c) 380 cm; | e) 9,2 cm; |
| b) 240mm; | d) 5,7 mm; | f) 4,8 km. |

2. Fejezzük ki az alábbi területeket négyzetméterben!

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) 135dm ² ; | c) 380 cm ² ; | e) 9,2 cm ² ; |
| b) 240mm ² ; | d) 5,7 mm ² ; | f) 4,8 km ² ; |

3. Fejezzük ki az alábbi térfogatokat köbméterben

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) 135dm ³ ; | c) 380 cm ³ ; | e) 9,2 cm ³ ; |
| b) 240mm ³ ; | d) 5,7 mm ³ ; | f) 4,8 km ³ . |

4. Fejezzük ki az alábbi időtartamokat másodpercben

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| a) 135 nap; | c) 380 min; | e) 9,2 min; |
| b) 240 h; | d) 5,7 h; | f) 4,8 nap. |

5. Fejezzük ki az alábbi tömegeket kilogramban

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| a) 135 t; | c) 380 g; | e) 9,2 g; |
| b) 240 mg; | d) 5,7 mg; | f) 4,8 t. |

1.2

A pontszerű test. Vonatkoztatási rendszer. Pálya, út, elmozdulás



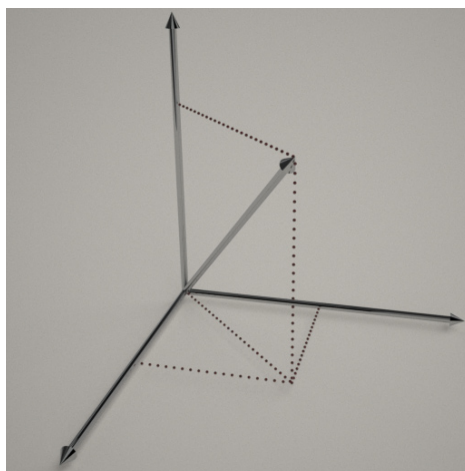
A nagy magasságban haladó repülőgép a földről nézve egyetlen pontnak látszik, és világító pontként jelenik meg a radarerNyőn is. A repülőgép mozgását vizsgálva gyakran nincs szükség arra, hogy minden pontjának mozgását nyomon kövessük, elég egy kiválasztott pontját megfigyelni ahhoz, hogy a gép mozgásáról a legfontosabb ismereteket megszerezzük.

A Békéscsabáról Budapestre tartó Mercedes gépkocsi esetében is általában elég azt tudni, hogy egy kiválasztott pontja (például az emblémájának a közepe) hogyan mozog. Ha ez a pont éppen Kecskeméten halad át, akkor a Mercedes többi pontja is ott van.

A testek mozgásuk szempontjából egyetlen ponként is modellezhetők. *A pontszerű test a valóságos test olyan modellje, amelyben a testet egyetlen pontnak tekintjük.* A test valóságos méreteit, kiterjedését ilyenkor figyelmen kívül hagyjuk. Ezt a modellt akkor használjuk, ha a test méreteinél lényegesen nagyobb távolságokat tessz meg a mozgás során. Az előző példában a Békéscsaba-Budapest távolság (kb. 180 km) lényegesen nagyobb az autó méreteinél, így a kocsni mozgásának a leírásakor ebben az esetben használható a pontszerű test modellje.

A mozdonyvezető nyugalomban van a mozdonyhoz képest, de mozog a vasúti pályához, a vágányok menti fákhoz, illetve a másik pályán szembejövő vonathoz viszonyítva. A légi tankolás közben mindkét repülőgép mozog a földhöz viszonyítva, de egymáshoz képest nyugalomban vannak.

A **mozgás** tehát **mindig viszonylagos**. Azt a testet (vagy testek összegségét), amelyhez a testek mozgását viszonyítjuk, *vonatkoztatási rendszernek* nevezzük. A Földön vagy annak közvetlen környezetében természetesen a testek mozgását többnyire a Földhöz viszonyítjuk. A Föld, a bolygók és a többi égitest mozgását viszont célszerű a csillagokhoz rögzített vonatkoztatási rendszerben leírni. A továbbiakban, *ha a vonatkoztatási rendszert külön nem adjuk meg, mindig a talajhoz, a Földhöz viszonyítjuk a mozgásokat.*



Ahhoz, hogy a vizsgált pontszerű test helyzetét egyértelműen, számszerűen is megadhassuk, a vonatkoztatási rendszerben gondolatban egy *koordinátarendszert* rögzítünk. A test helyzetét ezután három koordinátája (x, y, z) már egyértelműen meghatározza. Néha a három koordináta helyett a helyvektort használjuk a test helyének megadásához. A helyvektor koordináta-rendszer kezdőpontjából a tes-thez húzott vektor. A helyvektor jele: \mathbf{r} , mértékegysége méter, $[\mathbf{r}] = \text{m}$.

A sielő mozgása során nyomot hagy a hóban, a repülőgépek mögött gyakran kondenzcsík mutatja, merre halad a gép. **Azt a vonalat, amelymentén a pontszerű test mozog, pályának nevezzük.** A pálya alakja sokféle lehet: egyenes, kör, ellipszis, parabola vagy valamilyen szabálytalan térbeli görbe is, mint például egy légy röptéjének pályája.

A pálya alakja szintén függ a vonatkozási rendszertől. Például egyenes vonalú mozgást végző kerékpár első kerekén vázához viszonyítva, de bonyolult alakú (ciklois-) pályán mozog a talajhoz képest.

A pálya egy szakaszát útnak nevezzük. Az út eleje s , mértékegysége a méter, $[s] = \text{m}$. Az út ugyancsak függ a vonatkozási rendszertől. Például Budapest-Vác közötti 35 km-es útvonalon közlekedő, 120 m hosszú szerelvényen az a kalauz, aki az utolsó kocsiból előremegy az elsőbe, a vonathoz képest 120 m, a talajhoz képest 35,12 km utat tesz meg.

A Szeged-Baja között közlekedő vonat 183 km utat tesz meg. A két város azonban légvonalban csupán 91 km távolságra van egymástól, tehát a vonat Szegedtől Bajáig valójában csak 91 km-t mozgult el. **Az út kezdőpontjából az út végpontjába mutató vektort elmozdulásnak nevezzük.** Az elmozdulás jele: $\Delta\mathbf{r}$. (A Δ görög betű, neve delta.) Az elmozdulás mértékegysége szintén a méter, $[\Delta\mathbf{r}] = \text{m}$. Ha a vonat visszafelé jön Bajáról Szegedre, az út megegyezik a Szeged-Baja közötti úttal, de az elmozdulás most az előbbivel ellentétes irányú.

A mozgás közben folyamatosan változik a test helyét megadó helyvektor is. A rajz alapján belátható, hogy az elmozdulás megegyezik az út kezdő- és végpontjába mutató helyvektorok különbségével: $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$.

Az elmozdulás vektormennyiség, ezért az elmozdulások összeadása eltér a skalármennyiségeknél (számoknál) megszokott összeadástól. Ezt szemlélteti a következő példa: Egy helikopter Taszáról indulva 176 kilométert repült kelet felé, adj Algyónél észak felé fordulva még 91 kilométert repült tovább, és így Szolnokra jutott el. A pálya két szakaszához tartozó elmozdulások hosszát összeadva: 176 km + 91 km = 267 km. A helikopter elmozdulása azonban csak 198 km nagyságú, ilyen messze van ugyanis légvonalban Szolnok Taszártól, azaz ilyen hosszú a két települést összekötő vektor.

Az eltérés oka, hogy az elmozdulás vektormennyiség, tehát az elmozdulások összegzésekor azok irányának is szerepe van. **Az elmozdulásokat vektorként kell összegezni:** *Az első vektor végpontjából kiindulva felrajzoljuk a második vektort. Az összegvektor az első vektor kezdőpontjából a második vektor végpontjába mutató vektor lesz.* (Ezt az eljárást háromszög-módszernek nevezzük.)

Ha két vektor nem párhuzamos, illetve nem esnek egy egyenesbe, akkor az összegzést úgy is elvégezhetjük, hogy *a két vektort közös kezdőpontjából rajzoljuk fel, majd mindkét vektort végpontján át párhuzamosít húzunk a másik vektorral.* Ezek az egye-

nesek egy pontban metszik egymást. Az összegvektor a közös kezdőpontból ebbe a metszéspontba mutató vektor lesz. (Ez az eljárás a paralelogramma-módszer.)

Az előző példában három település egy derékszögű háromszöget határoz meg. A teljes úthoz tartozó elmozdulást a Taszár –Algyó-Szolnok elmozdulások vektori összege adja:

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}\Delta_1 - \mathbf{r}\Delta_2$$

Az elmozdulások hosszára Pitgorasz tételét alkalmazva kiszámítható a helikopter teljes elmozdulásának ossza:

$$\Delta r = \sqrt{\Delta r_1^2 + \Delta r_2^2} = \sqrt{(176 \text{ km})^2 + (91 \text{ km})^2} = \sqrt{39257 \text{ km}^2} \approx 198 \text{ km.}$$

Térkép alapján is ellenőrizhető, hogy az így kapott érték megegyezik a Taszár-Szolnok elmozdulás tényleges hosszával.

Olvasnivaló

Az út s-sel történő jelölése a latin *s*pacium (köz, távolság) szó rövidítéséből ered.

A delta mindig a mögötte álló mennyiség megváltozására, különbségre utal. (A különbség latinul *differencia*, ezért jelöljük a „d” hangnak megfelelő görög betűvel a különbséget.) Láttuk hogy az elmozdulás az út kezdő- és végpontjába mutató helyvektor különbsége, ezért lett az elmozdulás jele a *deltar*.

A vektor szó latin eredetű, jelentése: Átvivő. A vektor fogalmát a matematikában William Rowan Hamilton (1805-1877) ír matematikus vezette be 1843-ban.

Bizonyos esetekben az út és az elmozdulás hossza ugyanakkora. Ha például a test folyamatosan ugyan abban az irányba mozog, akkor az út és az elmozdulás egybeesik, ezért hosszuk megegyezik, azaz

$$s = \dots\dots\dots$$

Gyakorlatilag ugyanez a helyzet akkor is, ha nagyon rövid időtartamokhoz tartozó utat, illetve elmozdulást vizsgálunk.

Feladatok

1. Milyen pályán mozog a talajhoz képest

- a körhintában ülő gyerek;
- A Budapestről Vácra menő vonat;
- A varrógép tűjének hegye;
- Az ASTRA távközlési műhold?

Egy helikopter egyenletes mozgással vízszintesen repül. Milyen pályán mozog a légcsavar végén levő pont a helikopterhez, illetve a talajhoz képest?

Egy helikopter egyenletes mozgással függőleges irányban emelkedik. Milyen

Feladatok

1. Milyen pályán mozog a talajhoz képest

a körhintában ülő gyerek;
A Budapestről Vácra menő vonat;
A varrógép tűjének hegye;
Az ASTRA távközlési műhold?

Egy helikopter egyenletes mozgással vízszintesen repül. Milyen pályán mozog a légcsvár végén levő pont a helikopterhez, illetve a talajhoz képest?

Egy helikopter egyenletes mozgással függőleges irányban emelkedik. Milyen pályán mozog a légcsvár végén levő pont a helikopterhez, illetve a talajhoz viszonyítva?

Határozzuk meg térkép és menetrend alapján a Pécs-Dombóvár között közlekedő vonat által megtett utat és a vonat elmozdulását! Milyen a mozgás pályája?

Mekkora utat tesz meg a Föld fél év alatt a Naphoz viszonyítva? Mekkora közben az elmozdulás? (A mozgás pályáját tekintjük körnek!)

Mekkora az elmozdulása a varrógép tűjének egy öltés elkészítése közben?

Mekkora volt az elmozdulás élete során a) Arkhimédésznek; b) Galileo Galileinek; c) Bolyai Jánosnak; d) Eötvös Lorándnak?

Egy férfi lifttel felment egy irodaház 18 m magasán levő hatodik emeletére, majd a liftből kiszállva végigsétált a 24 m hosszú folyosón. Mekkora utat tett meg, és mekkora volt az elmozdulás?

Egy helikopter a legrövidebb útvonalon Szombathelyről Békéscsabára, onnan pedig Veszprémbe repült. Térkép alapján határozzuk meg, hogy mekkora utat tett meg, és mekkora volt az elmozdulás!

Egy autó Győrből Pécsre, majd onnan Hódmezővásárhelyre ment. Térkép alapján határozzuk meg a Győr-Pécs, a Pécs-Hódmezővásárhelyre ment. Térkép alapján határozzuk meg a Győr-Pécs, a Pécs-Hódmezővásárhely és a Győr-Hódmezővásárhely útszakaszokhoz tartozó elmozdulásokat! Ellenőrizzük a Győr-Hódmezővásárhely szakaszra kapott eredményünket számítással is!

$$\frac{25}{23+4} = 78$$

