

feladat optimális megoldása valamilyen módon felépíthető legyen a részfeladatok optimális megoldásaiból (érvényes legyen az optimalitás alapelve).

Milyen reakciókra számíthatunk, ha alkalmazva az ívlap-kísérletből nyert tanulságot, segítünk a diákoknak felülről látni a programozási technikák stratégiáit?

- „most értettem meg először azt, hogy...”
- „éreztem, hogy ott valaminek kell lennie, de sohasem tudtam megfogalmazni, hogy mi.”
- „eddig az egész egy nagy homály volt, és most ... mintha egyszerre minden kitisztult volna.”
- „olyan ez, mint amikor a puzzle elemei a helyükre kerülnek.”
- „mindaz, ami eddig annyira elvontnak és megfejtetetlennek tűnt, most egyszerre csak logikus és világos lett.”

Kátai Zoltán



## A sárkány

### 1. Bevezetés

A dinosaurusok (sárkánygyíkok) virágkora a földtörténeti középkor három időszakára (triász, jura és kréta) esik. Ekkor ők uralták a szárazföldeket, tengereket, sőt egyes csoportjaik még a levegőt is. A kréta időszak vége táján – mintegy 65 millió esztendővel ezelőtt – véget ért az óriásgyíkok uralma, nagy valószínűséggel egy kozmikus katasztrófa következtében. Feltehető, hogy egy hatalmas tömegű aszteroid csapódott a Földre, amely akkora porfelhőt kavart, hogy több éven át ez többnyire eltakarta a Napot. Ez a növényzet elszegényedéséhez vezetett, ami maga után vonta a nagy táplálékigényes őshüllők kipusztulását. Ez a hipotézis alátámasztó tények:

- az akkori földfelszíni lerakódások iridiumtartalma kb. 100-szor nagyobb a többiekénél,
- a Föld magmatikus kőzeteinek iridiumtartalma csak 0,001 g/tonna, holott a meteoriteké 0,65 g/tonna.

Az ősvilág furcsa óriásai jórészt kihaltak, mielőtt az ember kialakult volna. A talajban, kőzetekben megtalált csontok, kővült lenyomatok alapján tudunk róluk. Ezek az idegenszerű „ősvilági szörnyetegek” méltán ragadták meg az ember képzeletét; mondákban, mesékben, fantasztikus regényekben szerepelnek. Az ókori mondában például a sárkány az aranyalma őrzője, s csillagképet is neveztek el róla. A Draco (Sárkány) főleg a Kis és Nagy Medve csillagkép között terül el (1. ábra). Fő csillaga a Thuban (Sárkány – óarab nyelven), i.e. 2830-ban Sarkcsillagként volt használható. A Föld tengelye 26000 éves periódusú mozgásának a következtében i.sz. 21167. évében újra a Thuban lesz az északi pólus közelében.

Az ember ősi vágya a repülés. Ez ösztökelte az embert a különböző formájú és nagyságú sárkányok megépítésére. A sárkányépítés technikája már elérte azt a szintet, hogy megalkották az embert is a levegőbe emelő sárkányt. Itt említeném meg, hogy hazánkban elsőnek a kolozsvári születésű Kiss Árpád készített embert repítő sárkányt 1974-ben.

A sárkányrepüléssel kapcsolatos problémakör nagyon tág, minthogy nagyon sokfajta sárkányt építettek. A továbbiakban csak a síkklapú sárkányok megépítésével és repülésével fogunk foglalkozni.

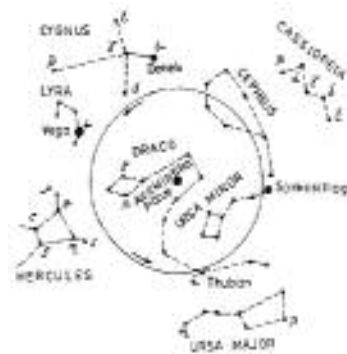
Remek szórakozás verőfényes tavaszi napsütéses időben sárkányt eregetni. Az élmény akkor a legteljesebb, ha a sárkány nem készen vásárolt, hanem saját tervezésű és készítésű. A sárkánykészítés és sárkányeresztés gyakorlati fogásait jól megtanulhatjuk és tökéletesíthetjük, ha előbb működésének fizikai értelmezésével megismerkedünk.

A sárkány fajsúlya nagyobb mint a levegőé, ezért csak úgy „önmagától” mint például egy hidrogénnel töltött léggömb soha nem szállna fel. A repülő sárkányt a szél ereje tartja a magasban.

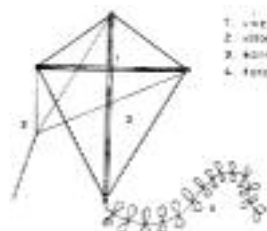
## 2. Felépítése

Igen sokféle játéksárkány létezik, a lényeg azonban minden esetben ugyanaz: könnyű vázszerkezetre erős, szél nyomásának ellenálló nagy felületű vitorla feszül (2. ábra).

A váz készülhet vékony fa lécekből, nádból, műanyagból. A vitorla leggyakrabban papír, de lehet műanyag fólia vagy textilanyag is. A sárkány váza 3 rövidebb zsinog, ún. kantár segítségével csatlakozik a hosszú eresztőzsinórhoz. A kantárszárak hossza meghatározza a vitorla állásszögét a feszülő eresztőzsinórhoz képest. Ez a szög repülés során általában nem változik. Az egyensúly fenntartásában a síkklap alakú papírsárkányoknál döntő szerepe van a levegőben hosszán kigyózó faroknak.



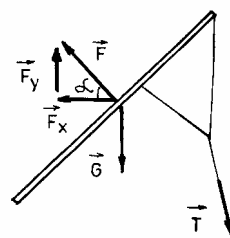
1. ábra



2. ábra

## 3. A sárkányra ható erők

A repülő sárkányra három erő hat: a  $\vec{G}$  súlyerő, a szél  $\vec{F}$  ereje és az eresztőzsinórban fellépő  $\vec{T}$  feszítő erő (3. ábra). A levegőnek (szélnek) a sárkány vitorlájába ütközése következtében létrejövő erő merőleges a vitorlára és nagysága:  $F=2A\rho v^2 \cos^2\alpha$ , ahol  $A$  a vitorla területe,  $\rho$  a levegő sűrűsége,  $v$  a szél sebessége és  $\alpha$  a sebességvektor meg a vitorla felületének normálisa által bezárt szög.



3. ábra

Lássuk, hogyan jutunk el ehhez az erő kifejezésekhez!

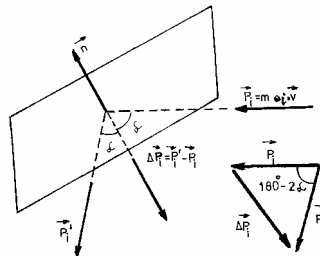
Tekintsünk egy  $A$  területű, téglalap alakú vitorlafelületet (4. ábra).

A  $\vec{p}_i$  (a kövér betűk vektormennyiséget jelentenek) impulzussal rendelkező levegőmolekula ( $i=1$  ha  $N_2$ ,  $i=2$  ha  $O_2$ ,  $i=3$  ha  $H_2O$ ,  $i=4$  ha  $CO_2, \dots$ ), amely a szél alkotórésze  $\alpha$  szög alatt csapódik a vitorlafelületbe. A rugalmasnak tekinthető ütközés következtében a molekula impulzusa  $\vec{p}_i'$  ( $\vec{p}_i' = -\vec{p}_i$ ) lesz. Könnyen belátható, hogy a molekula  $\Delta\vec{p}_i$  impulzusváltozása a felület normálisával megegyező irányú, de ellentétes irányítású, s nagysága:

$$|\Delta p_i| = [2p_i^2 - 2p_i^2 \cos(180^\circ - 2\alpha)]^{1/2} = m_i v [2(1 + \cos 2\alpha)]^{1/2} = 2m_i v \cos \alpha,$$

ahol  $m_i$  az  $i$  típusú molekula tömege.

Az impulzusmegmaradás elve értelmében a vitorla impulzusváltozása egy molekulával való ütközés következtében  $-\Delta p_i$  lesz, amely párhuzamos az  $\mathbf{n}$ -nel, s azzal megegyező irányítású. A  $\Delta t$  idő alatt a vitorlával az az  $N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots = \sum N_i$  ( $N_i$ -az  $i$  típusú molekulák száma) számú molekula ütközik, amely az  $A$  alapú és  $v \Delta t \cos \alpha$  magasságú paralelepipedonban van (5. ábra), s így a vitorla  $\sum |\Delta p_i| N_i$  impulzusváltozását idézi elő. Newton 2. törvénye értelmében a vitorlára ható erő:



4. ábra

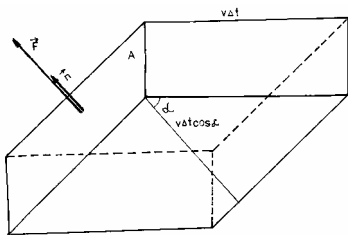
$$F = \sum N_i |\Delta p_i| / \Delta t = \sum (m_i / m_i) 2m_i v \cos \alpha / \Delta t = 2 \rho A v \Delta t \cos \alpha v \cos \alpha / \Delta t = 2 \rho A v^2 \cos^2 \alpha,$$

ahol  $m_i$  az  $i$  típusú molekulák össztömege és  $\sum m_i = \rho A v \Delta t \cos \alpha$  a paralelepipedonban levő levegő tömege. A sárkányt az  $\mathbf{F}$  erő  $F_y = F \sin \alpha$  függőleges komponense emeli a magasba (3. ábra). Vizsgáljuk meg, hogy hogyan változik az  $F_y = 2 \rho A v^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha$  erő az  $\alpha$  szög függvényében. Ennek érdekében előbb készítünk egy értéktáblázatot (1. táblázat), majd megrajzoljuk az  $f(\alpha) = \sin \alpha \cos^2 \alpha$  függvény grafikonját (6. ábra). A 6. ábra grafikonja azt mutatja, hogy az  $F_y$  maximális értéke kb. az  $\alpha = 35^\circ$  értékre valósul meg.

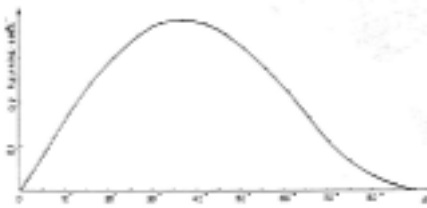
Megjegyzés: ugyanerre az eredményre jutunk, ha az  $F_y$ -nak az  $\alpha$  szerinti deriváltját zéróval tesszük egyenlővé:  $F_y'(\alpha) = 0 \Rightarrow \sin \alpha = 1/\sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 35^\circ 10'$ .

1. táblázat

$\alpha$	$d = 5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$	$35^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$	$55^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$70^\circ$	$75^\circ$	$80^\circ$	$85^\circ$	$90^\circ$
$\sin \alpha$	0	0,0872	0,1736	0,2598	0,3420	0,4228	0,5000	0,5774	0,6561	0,7371	0,8192	0,9043	0,9817	0,9915	0,9596	0,8910	0,8192	0
$\sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha$	0	0,0866	0,1716	0,2416	0,3020	0,3471	0,3844	0,4122	0,4306	0,4396	0,4392	0,4293	0,4109	0,3846	0,3516	0,3127	0,2692	0



5. ábra



6. ábra

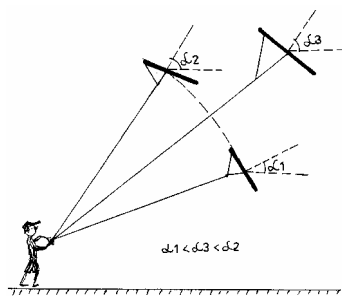
#### 4. A sárkányrepítés

A sárkányeresztéshez általában 2 személy kell. Az X személy a szél felől állva a feltekert eresztőzsinórt tartja, míg az Y segítőtársa 4-5 m-rel távolabb áll és feje fölé emelve a széllel szemben ferdén tartja a sárkányt. Egy megbeszél jelle a zsinógot tartó X személy erőteljes gyors mozdulatokkal (mindkét kezét felváltva használva) húzni kezdi maga felé a zsinórt, miközben az Y társa a jelle elengedi, esetleg kissé felfelé löki a sárkányt. A szélről, valamint az

erőteljes húzás miatt fellépő ellenszélről a sárkány vitorláján a felületre merőleges  $\mathbf{F}$  erő keletkezik. Az  $\mathbf{F}$  erő hatása kettős, vízszintes irányú összetevője ( $F_x$ ) gátolja a sárkány előremozdulását (ezt a  $\mathbf{T}$  erő vízszintes irányú  $T_x$  komponense fogja egyensúlyban tartani), függőleges összetevője ( $F_y$ ) pedig emeli a szerkezetet (3. ábra). Ha  $F_y > G + T_y$ , a sárkány emelkedni kezd. A talaj felett néhány méterrel már jóval élénkebb a szél mint a felszín közelében. Kedvező esetben ez már mesterséges ellenszél keltése nélkül is elegendő lehet ahhoz, hogy fenntartsa a sárkányt. Ha a szél túl gyenge ehhez, akkor az eresztőzsinórt tartó X személynek nem elegendő egyszerűen maga felé húzni a zsinórt, hanem kell próbálkoznia azzal, hogy hosszabb zsinórt engedve széllel szemben futva juttassa elegendő magasságba sárkányát. A levezetett erőképletből adódik, hogy az emelő erő döntően függ a vitorla szélirányhoz viszonyított helyzetétől. Ha ez a szög túl nagy ( $\alpha > 35^\circ$ ), a levegő nem tud „belekapaszkodni” a vitorlába, ha a szög túl kicsi ( $\alpha < 35^\circ$ ), az emelőerő kicsi és nem elég a sárkány magasba emeléséhez. Az optimális szög beállítása az egyik legfontosabb feltétele a sikeres sárkányeresztésnek.

### 5. A sárkány repülési magassága

A sárkány mindaddig emelkedik, míg  $F_y > mg + T_y$ . Amíg az eresztőzsinór hossza változatlan a sárkány csak a kötéllhosszal, mint sugárral meghatározott körívben mozoghat (7. ábra). A kantárszárak hossza rögzíti a sárkány helyzetét az eresztőzsinórhoz képest, így ahogy a sárkány egyre magasabbra emelkedik, az  $\alpha$  mind jobban és jobban haladja meg a  $35^\circ$  értéket, ezért a vitorlán egyre kisebb emelőerő keletkezik.



7. ábra

A sárkány tehát addig emelkedik, amíg létrejön az  $F_y$ ,  $G$  és  $T_y$  erők egyensúlya. Nagyobb magasság eléréséhez kicsit lejjebb kell húzni a sárkányt, hogy aztán az eresztőzsinórt ráadásával nagyobb sugarú pályára állítsuk. A zsinór hosszának a megnövelésével nő a sárkány súlya (a kötelet is emelni kell) ezért a nagyobb sugarú pályán a sárkány nem emelkedik olyan meredek szögig mint előzőleg a kisebb sugarún. A maximálisan elérhető repülési magasságot a vitorlafelület nagysága, a sárkány súlya és a szél erőssége határozza meg.

### 6. A sárkány farka

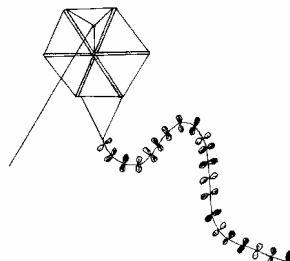
A valódi nem egyenletes, ereje is, iránya is mindig változik. A szélváltozások időről időre megzavarják a sárkány egyensúlyát. A jól megtervezett és gondosan elkészített sárkány azonban nem érzékeny a kisebb zavaró hatásokra, egyensúlyi állapota gyorsan helyreáll. Az egyensúly fenntartásában a síklap alakú papírsárkányoknál döntő szerepe van a sárkány farkának. A levegőben hosszan kígyózó sokszínű fark követi a sárkány mozgását, és ezzel egyensúlyozza azt. Fontos feladata az is, hogy ellenállásával, illetve súlyával a vitorlát mindig széllel szemben tartsa és stabilizálja a sárkány állásszögét.

### 7. A koltói sárkány

Koltó minden erdélyi magyar ember szívében különös helyet foglal el, hisz Petőfi Sándort és gróf Teleki Sándort jutatja eszünkbe. A Lápos menti Teleki kastély környékén tapasztalható tavaszi szél igen-igen alkalmas sárkányeresztésre. A helybeli tanító, Hintalan Béla hatszögű sárkány (8. ábra) készítésére tanítja az itteni gyerekeket. A sárkány vázának az elkészítése úgy történik, hogy 3 egyforma hosszúságú (kb. 1 m) nádszál középpontját cérnával egybekötjük, s a nádszálak kissé bevágott (kb. 5 mm-re) végeibe cérnaszálát feszítünk egyen-

lő oldalú hatszöget képezvén belőle. A hatszöget alkotó háromszögekre különböző színű papírlapokat ragasztunk; így egy tetszetős sokszínű vitorlát nyerünk. A hatszög két szomszédos csúcsából és középpontjából kiinduló három zsinagszál (a csúcsokból kiindulóak 55 cm hosszúak, míg a középpontból kiindulóé 37 cm) egy közös pontba összekötve alkotjuk meg a kantárt.

E közös ponthoz csatlakoztatjuk a hosszú (kb. 30 m) eresztőzsinort. Az előbb említett két csúccsal átellenben elhelyezkedő két csúcsból indul ki a sárkány farka (kb. 2,5 m), amit szintén sokszínű papírdarabkák díszítenek. A sárkányt tovább csinósíthatjuk úgy, hogy a kantárszárak végeinél levő csúcsokhoz sokszínű papírfületeket illesztünk; ezeknek csak a látványosság növelésében van szerepük. Az így elkészített sárkány tündöklő látvány amint magasra emelkedik.



8. ábra

### 8. Nemzetközi sárkányfesztivál

A 2003-as év nyarának kezdetén immár a második nemzetközi sárkányfesztivált rendezték meg Fanø északi-tengeri dán szigeten. A rendezvényen a legkülönfélébb konstrukciójú sárkányok emelkedtek a magasba: képzelet szülte óriási állatok, végtelennek tűnő sárkányláncolatok, óriási méretű zsákalakú légturbinák és a legkorszerűbb technikával ellátott irányítású sárkányok. A sárkányfesztivál, a résztvevők és a nézők számára egyaránt ingyenes; egyetlen célja a játékosság.

#### Irodalom

- 1] Barta Béla – Szakács József: Vitorlázó – és sárkányrepülés, Kriterion könyvkiadó, Bukarest, 1981
- 2] C. Cristescu, G. Oprescu, M. Stavinschi: Cometa Halley, Editura științifică și enciclopedică, București, 1985
- 3] Dr. Farkas Henrik: Ősállatok, Móra Ferenc könyvkiadó, 1978
- 4] Joachim Herrman: Csillagok, Magyar könyvklub, 1997
- 5] Ioan Tudoran: Cartea astronomului amator, Editura albatros, București, 1983
- 6] \*\*\*: Mindennapok fizikája, ELTE TTK Továbbképzési csoportjának kiadványa, Budapest, 1989

Ferenczi János



## Kísérletezzünk

A szénhidrogének tulajdonságainak megismerésére, a tankönyvekben levő szemléltető anyag bővítésére, színesebbé tételére ajánljuk a következő, egyszerűen kivitelezhető kísérleteket: