

A vitorlás hajó mozgásáról.
(Az 1341. feladat megoldása.)

A vitorlás hajónak az emberiség kultúrájában nagy szerep jutott. A nagy felfedezők, mint pl. Columbus, vitorlás hajókkal indultak neki az ismeretlen óceánnak. Nincs száz éve sem annak, hogy a gőzhajókat használják.

Hogy a hajót vitorlájánál fogva a szél tovaviheti, az mindenki előtt világos abban az esetben, ha a hajó iránya és a szél iránya összeesnek. De hogy még akkor is jól lehet vitorlázni, ha ellenszél fúj, az egy kis megfontolást igényel. Ugyanazért a múlt évben a következő feladatot tűztük ki:

1341. 1. Mutassuk meg rajzban, hogy a szél erejének akkor is van a hajó haladási irányába eső componense, amikor a szél iránya a hajó haladási irányával derékszöget vagy tompaszöget zár be.

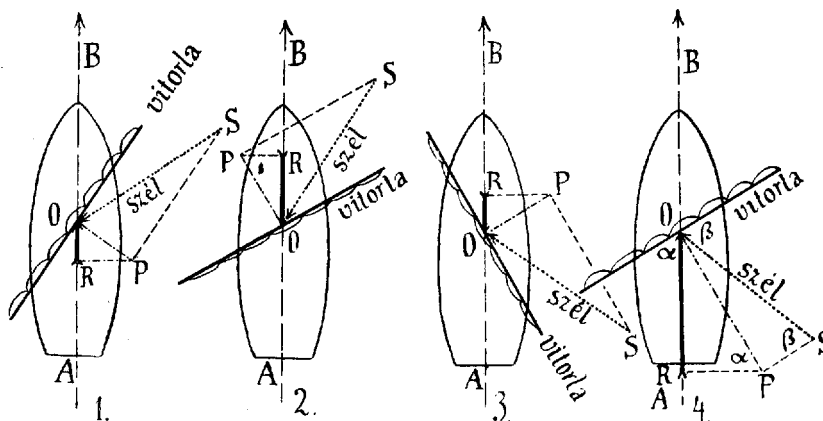
2. Egy vitorlás hajót oly szél hajtja, melynek sebessége $c = 12 \frac{m}{sec}$; mekkora a hajó sebessége, ha a vitorla a hajó irányával $\alpha = 50^\circ$ -ot, a szél irányával pedig $\beta = 45^\circ$ -ot zár be?

3. Hogyan kell a vitorlát állítani, hogy a hajó sebessége a lehető legnagyobb legyen, feltéve, hogy a szél iránya a hajó irányával állandóan ugyanazt a szöget zárja be?

4. Északi szél fúj, melynek sebessége $c = 8 \frac{m}{sec}$, a hajó délkeleti irányban halad; hogyan kell a vitorlát állítani, hogy a hajó sebessége a lehető legnagyobb legyen? Mekkora e sebesség? Milyen irányt jelez a fő árbóc tetején lévő szélkakas?

A beérkezett sok igen ügyes megoldásból saját megjegyzéseinkkel kapcsolatban adjuk a következőket.

1. Az, hogy előre megy-e a hajó vagy hátra, csakis a vitorla irányától függ, nevezetesen attól, hogy a szél nyomása a vitorla hátulsó vagy elülső felületére működik-e. A mellékelt négy ábra mindent megmagyaráz.



AB mindenütt a hajó haladási irányát jelzi. Az 1. ábra azt mutatja, hogyan kell a vitorlát állítani, mikor a szél szembe fújva tompaszöget alkot a hajó haladási irányával.

\overline{SO} vektor jelentheti a szél sebességét, de jelentheti az abból származó nyomóerőt is. Ezt a vektort helyettesíthetjük: \overline{SP} , \overline{PR} és \overline{RO} vektorokkal (kétszer alkalmazva a parallelogramma szerint való szétbontást). Ezek közül \overline{SP} vektor párhuzamos a vitorlával; reá hatást nem gyakorolhat, mert nem talál felületet, melybe belekapaszkodják.

Ennek a vektornak legfőljebb a hajó testére lehet hatása, mert ott talál szembeálló felületet. Minthogy azonban a hajónak eme vektor irányára merőleges felülete a vitorla felületéhez képest csekély, azért ezt a hatást egyelőre elhanyagolhatjuk. A \overline{PR} vektor a hajó haladási irányára merőleges. Igen nagy felületet talál úgy a vitorlán mint a hajó testén, tehát nagy erővel tolná a hajót oldalvást, vagyis a haladási irányra merőlegesen. Ennek a vektornak a hajó nem engedelmességhetik, mert a víz ellenállása a hosszoldal mentén igen nagy. A víz ellenállása arányos azzal a felülettel, mely a vizet helyéből kiszorítani igyekszik. Hogy ezt az oldalmozgást a 0-hoz közel eső értékre csökkentésük, a vitorlás hajót úgy építik, hogy az a felület lehetőleg nagy legyen.

A vitorlás hajó tehát hosszú s azonkívül alul hegyes, keskeny gerincével mélyen a víz felszíne alá ér.

Ez a \overline{PR} vektor tehát oldalmozgást alig hoz létre; egyetlen hatása az, hogy a hajót oldalra, ferdére fordítja. Sőt erős szél esetében fel is fordítaná. Ezt elkerülendő a hajó fenekét erősen megterhelik s az alsó keskeny gerinc is nagy fajsúlyú anyagból készül. Marad mint egyetlen mozgató componens az \overline{RO} , mely a hajó tengelyének irányába esik. Ez a componens a vitorlában talál elég kapaszkodó felületet; a mozgás ennek irányában tényleg létre fog jönni, mert a hegyes keskeny orral szemben a víz sem nyújt elegendő ellenállást.

A 2. és 3. rajz azt mutatja hogyan nem szabad a vitorlát állítani. Ez esetekben a hajó nem előre, hanem hátra menne, pedig a 3. esetben olyan szél fúj, mely a hajó haladási irányához közel esik.

A 4. rajz éppen azt mutatja, hogy ebben az esetben milyen a helyes vitorlaállítás.

Ha a hajón több vitorlatartó árbóc van, akkor ezeknek megfelelő állításával a hajót kormányozni is lehet. A kormánylapát azonban ebben az esetben is szükséges.

2. Ha SO a szél sebességét ábrázolja, akkor \overline{RO} a hajónak ezen vitorlaállás mellett elérhető maximális sebességét fogja jelenteni. Ezt a sebességet a mindig felmerülő súrlódás miatt a hajó ugyan soha sem fogja elérni, de nem fog tőle messze elmaradni.

Ezt a sebességet a 4. ábra szerint kiszámíthatjuk

$$\overline{PO} = \overline{SO} \sin \beta; \quad \overline{RO} = \overline{PO} \sin \alpha,$$

tehát

$$\overline{RO} = SO \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$v = c \sin \alpha \cdot \sin \beta = 12 \sin 50^\circ \cdot \sin 45^\circ = 6,5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}.$$

(Sárközy Pál, Pannonhalma.)

3. Ha azt a vitorlaállást keresem, amely mellett a hajó sebessége maximális, akkor

$$v = c \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

kifejezés maximumát kell keresni.

$$v = c \sin \alpha \sin \beta = \frac{c}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)].$$

$(\alpha + \beta)$ azt a szöveget méri (lásd a 4. ábrát), amelyet a szél iránya a hajó irányával bezár. Ez tehát *állandó*, v tehát akkor lesz maximum, ha $\cos(\alpha - \beta)$ maximum. $\cos(\alpha - \beta)$ maximum lesz, ha $\alpha - \beta = 0$, vagyis

$$\alpha = \beta,$$

A hajó sebessége legnagyobb, ha a vitorla a szél és a hajó irányával ugyanakkora szöveget zár be.

(Bayer Nándor, Losonc.)

4. Minthogy a hajó délkeleti irányban evez és a szél északról délnek fúj, azért a szél a hajó irányával az egyik oldal felé 45° , a másik oldal 135° szöveget alkot, jelölésünk értelmében

$$\alpha + \beta = 135^\circ,$$

$$\alpha = \beta = \frac{135^\circ}{2} = 67^\circ 30',$$

$$v = c \sin^2 \alpha = 8(\sin 67^\circ 30')^2 = 6,8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}.$$

Az árbóc tetején lévő szélkakas a hajó és a szél sebességeiből mint componensekből alkotott parallelogramma átlójába eső irányt fogja jelezni.

Jelöljük az átló és a széliránya közti szöveget γ -val, az átló és a hajó iránya közti szöveget δ -val, akkor oly háromszögünk van, melynek oldalai c és v s a köztük fekvő szög 45° ismeretes. A tangens-tétel szerint

$$\frac{c + v}{c - v} = \frac{\text{tg} \frac{\gamma + \delta}{2}}{\text{tg} \frac{\gamma - \delta}{2}}.$$

Ebből $\gamma = 24^\circ 25'$; vagyis a szélkakas az északdéli iránnyal ekkora szöveget fog bezárni nyugat felé.

(Gádor Zoltán, Losonc.)

A megelőzők után azt lehetne gondolni, hogy a vitorlázás mindig lehetséges, hacsak épen szembejövő szél nem fúj. Ez elméletileg így is van, mert az \overline{SO} vektornak az ellenszél kivéve mindig lesz egy componense, \overline{RO} a hajó haladási irányában. Nem kell azonban felejtetni, hogy a vitorlával párhuzamos \overline{SP} vektor a hajó testében elég felületet talál hatásának kifejtésére; az általa létesített mozgás pedig éppen ellenkező irányú a hajóéval. Ha már \overline{RO} nagyon kicsinnyé válik, akkor ennek a vektornak hatása érezhető. Jól felszerelt hajóval még lehet vitorlázni, ha a szél és a hajó iránya közti szög 130° (a túlsó oldal felé 50°). Ezen túl azonban nem lehet menni. Ebben az esetben másképp segítenek magukon. Egyenes vonal helyett cikkcakk vonalban haladnak, úgy hogy a széliránya és a hajó tényleges haladási iránya közti szög kisebb 130 foknál. Ez az úgynevezett *lavírozás*.

M.S.