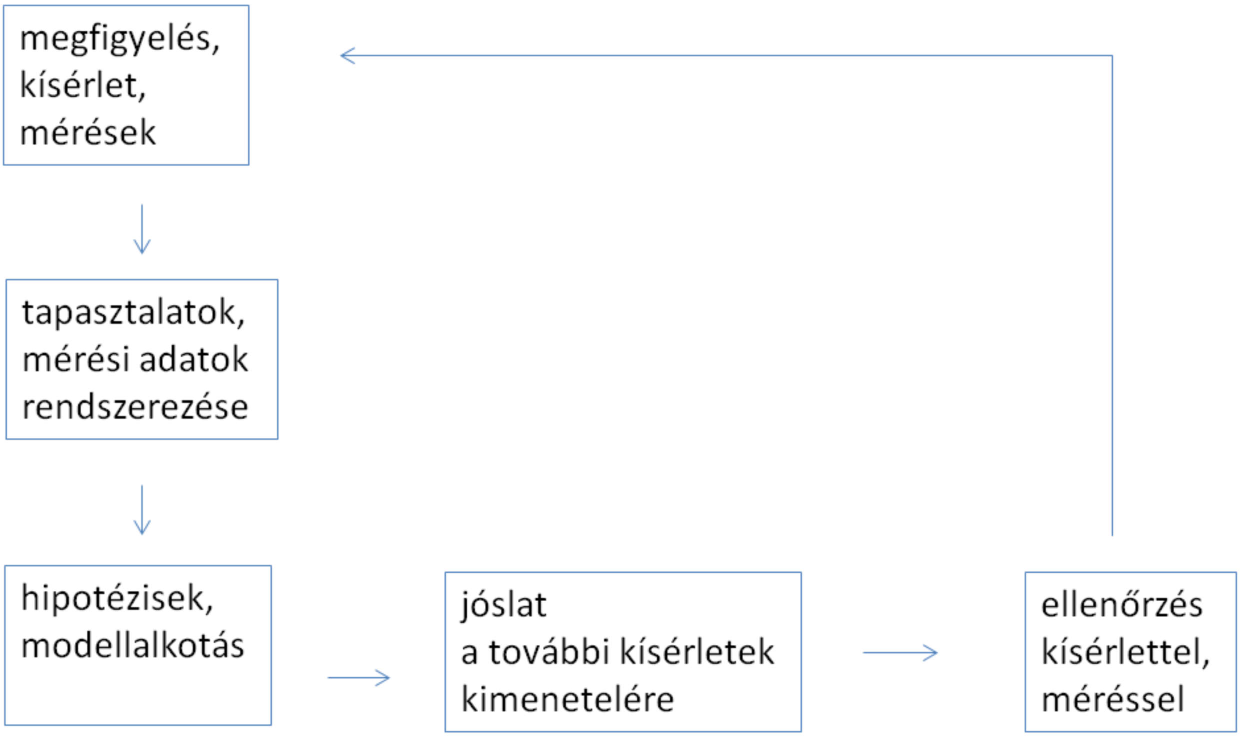
FIZIKA K1A

http://physics.bme.hu/BMETE14AX00_kov

A fizika kísérleti tudomány

A tudományos megismerési folyamat lépései



Fizikai mennyiség

Mérési utasítással definiálható.

Jelölésekhez használjuk a görög ABC betűit is

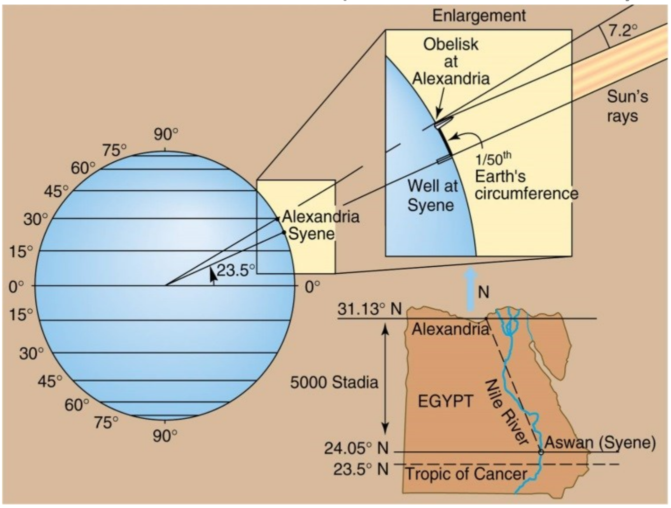
	minek a jelölésére szoktuk használni?			
alfa	α	szög; bizonyos konstansok	Α	
béta	β	szöggyorsulás (lehet szög is)	Β	
gamma	γ	szög	Γ	
delta	δ	szög	Δ	megváltozás
epszilon	ε	„kicsi”	Ε	
zéta	ζ		Ζ	
éta	η	hatásfok	Η	
teta	θ		Θ	tehetetlenségi nyomaték; hőmérséklet (°C-ban)
iota	ι		Ι	
kappa	κ		Κ	
lambda	λ	hullámhossz	Λ	
mű	μ	súrlódási együttható	Μ	
nű	ν	frekvencia	Ν	
kszi	ξ		Ξ	
omikron	ο		Ο	
pí	π		Π	szorzat
ró	ρ	sűrűség	Ρ	
szigma	ς , σ		Σ	összeg
tau	τ	idő, időállandó	Τ	
üpszilon	υ		Υ	
fí	φ	szög	Φ	
khí	χ		Χ	
pszí	ψ		Ψ	
omega	ω	szögsebesség	Ω	Ohm

Mérőszám és mértékegység szorzata.
Egységes mértékegység-rendszer: az **SI rendszer** (1960).
2019. májusától változás: minden definíció fizikai állandón alapul!

Alapmennyiségek

Idő: **s**
eredetileg a nap, majd az év hosszával definiálták; most
atomi átmenettel definiálják (Cs-133).
[A cézium-133 által kibocsátott fény frekvenciája ν = 9192631770 Hz.]

Hosszúság: **m**
XVIII. szd-i definíció: (gondolkoztak a másodpercingán, de nem az lett, mert a g nem állandó, hanem) a Párizson átmenő délkör tízmilliomod része (tehát az Egyenlítő ~40ezer km). De honnan tudták, mekkora a Föld? Már a görögök is tudták: Eratosztenész (az alexandriai könyvtár vezetője) mérése i.e. 230 körül:



A nyári napfordulókor Szieneben (Asszuánhoz közel) délben a napsugár pont merőlegesen érkezik a földre (visszacsillan a kút mélye), és megmérte, milyen szögben érkezik ugyanekkor a napsugár Alexandriában a földre, ami azonos délkörön van. 360°/50-t mért, ebből kiszámolható, hogy a Föld kerülete 50-szerese a Sziene-Alexandria távolságnak. Az meg mennyi? 50 nap tevekaravánnal, ami napi 100 stádiummal számolva 5000 stádium. tehát a Föld kerülete 250000 stádium. De mennyi az méterben? Az egyiptomi stádium 157 m → 39250 km, a görög stádium 180 m → 45000 km, a későegyiptomi stádium 211 m → 52750 km.
1795-ben csináltak méter-etalont (ami egyébként rövid volt), a hőtágulás probléma.
Állandóbb mennyiséghez akarták kötni → bizonyos atomi átmenethez tartozó hullámhosszal (Kr-86), ma pedig (1983 óta)
a fénysebességgel definiálják: a fény által vákuumban 1/c másodperc alatt megtett út hossza, $c \approx 3\cdot 10^8$ m/s [= 299792458 m/s].

<u>Tömeg:</u> **kg**
1 dm^3 4 °C-os víz tömege $\rightarrow$ etalon (Pt-Ir henger); most a Planck állandó alapján.
Gyakorlati szempontból maradnak az etalonok.
Mérés: Kibble mérleggel (áramjárta tekercs által kifejtett erőhatást vet össze mg-vel), ill. Avogadro projekt alapján is lehet.
[Planck állandó: $h = 6{,}62607015 \cdot 10^{-34}$ $kg \cdot m^2/s$]

<u>Anyagmennyiség:</u> **mól**
annyi részecske, ahány atom van 12 g C^{12}-ben;
ez az Avogadro-szám, $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$ [$= 6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ 1/mol]
(Mivel a mol tulajdonképpen egy szám, sokan nem tartják mértékegységnek.)

<u>Elektromos áram:</u> **A**
régebben áramjárta vezetők közötti erőhatás alapján; most
az elemi töltés alapján.
[$e = 1{,}602176634 \cdot 10^{-19}$ C]

<u>Hőmérséklet:</u> **K**
a víz hármaspontjának 1/273,16-od része; most a Boltzmann állandó alapján.
[$k = 1{,}380649 \cdot 10^{-23}$ J/K]

<u>Fényerősség:</u> **cd**
(spektrális fényhasznosítás)

A mechanikához elég lesz 3 mennyiség: s, m, kg.

Származtatott mennyiségek
Minden mennyiség visszavezethető a fenti alapmennyiségekre.

sebesség: [m/s] $v = s / t$ alapján

gyorsulás: [m/s^2] $a = \Delta v / \Delta t$ alapján [m/s] / [s]

erő: [N] Newton $F = m \cdot a$ alapján [N] = [$kg \cdot m/s^2$]

nyomás: [Pa] Pascal $p = F/A$ alapján [Pa] = [$kg \cdot m/s^2$] / [m^2] = [$kg/(m \cdot s^2)$]
mechanikai feszültség

munka, energia (és hő): [J] Joule $W = F \cdot s = m \cdot a \cdot s$ alapján [J] = [$kg \cdot m^2/s^2$]

forgatónyomaték: $M = F \cdot k$ alapján (k: erőkar)
mértékegysége szintén [$kg \cdot m^2/s^2$], mégse hívjuk J-nak

(fajhő $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ alapján
[$kg \cdot m^2/s^2$] / [kg] / [K] = [$m^2/K \cdot s^2$] , az órán kimaradt belőle a K !!!)

teljesítmény: [W] Watt: $P = W/t$ alapján [W] = [$kg \cdot m^2/s^3$]

hatásfok: η = W(hasznos)/W(összes) vagy η = P(hasznos)/P(összes) alapján
dimenziómentes

sűrűség [kg/m^3] (fajsúly)

impulzus, lendület: [$kg \cdot m/s$] $I = m \cdot v$ alapján
erőlökés $F \cdot \Delta t$

k rugóállandó / merevség: [N/m] $F = -kx$ alapján $k = |F/x|$
átalakítva alapmennyiségekre [N/m] = [$kg \cdot m/s^2$] / [m] = [kg/s^2]

szögsebesség: [1/s] $\omega = \Delta\varphi / \Delta t$ $\Delta\varphi$ radiánban mért szög, dimenziómentes

szöggyorsulás: [$1/s^2$] $\beta = \Delta\omega / \Delta t$

frekvencia: [Hz] Herz: $\nu = 1/T$ alapján [Hz] = [1/s]
de: a szögsebesség mértékegysége szintén [1/s], mégse hívjuk Hz-nek.

A mértékegységek alkalmasak arra is, hogy ellenőrizzük a képleteinket. Csak olyan képlet lehet helyes, ahol a mennyiségek megegyeznek; ellenőrizhetjük, hogy a levezetés végeredménye olyan mértékegységű-e, amit ki akartunk hozni.

Dimenzióanalízis: a konstansoktól eltekintve ki lehet találni képleteket, ha tudjuk, hogy miből mit akarunk összehozni.
Pl. jó lehet-e ez:
$s = a \cdot t$? a: $[m/s^2]$, t: $[s]$, $a \cdot t$: $[m/s^2 \cdot s] = [m/s]$, nem jó
$s = a \cdot t^2$? $a \cdot t^2$: $[m/s^2 \cdot s^2] = [m]$, jó lehetne
de a jó képlet $s = ½\, a \cdot t^2$, a konstansokat így nem tudjuk meghatározni

Prefixumok

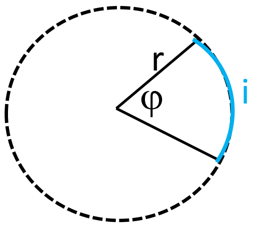
neve	jele	értéke
yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hekto	h	10^{2}
deka	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yokto	y	10^{-24}

Ha a számolásoknál minden mennyiséget alapegységre váltva írjunk be a képletekbe, akkor az eredményt is abban kapjuk, nem kell végig írni közben is az egységeket.

A kg-nál a g-hoz kell tenni a prefixumot:
pl.
3000 tonna = 3000 ·1000 kg = 3000·1000 ·1000 g = $3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3$ g = $3 \cdot 10^9$ g = 3 Gg

Származtatott mennyiségek még az SI rendszerben:

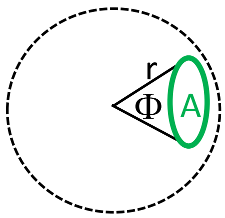
Szög: **radián** (rad)
1 radián az a középponti szög, amely alatt a sugárral megegyező nagyságú ívhossz a középpontból látszik.



$\varphi = i / r$ i: ívhossz; r: sugár

A teljes kör 2π; 1 rad ≈ 57,30°.

Térszög: **szteradián** (sr)
1 szteradián az a középponti szög, amely a gömbsugár négyzetével egyenlő területű gömbfelületrészhez tartozik.



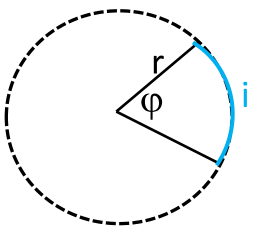
$\Phi = A / r^2$ A: felület; r: sugár

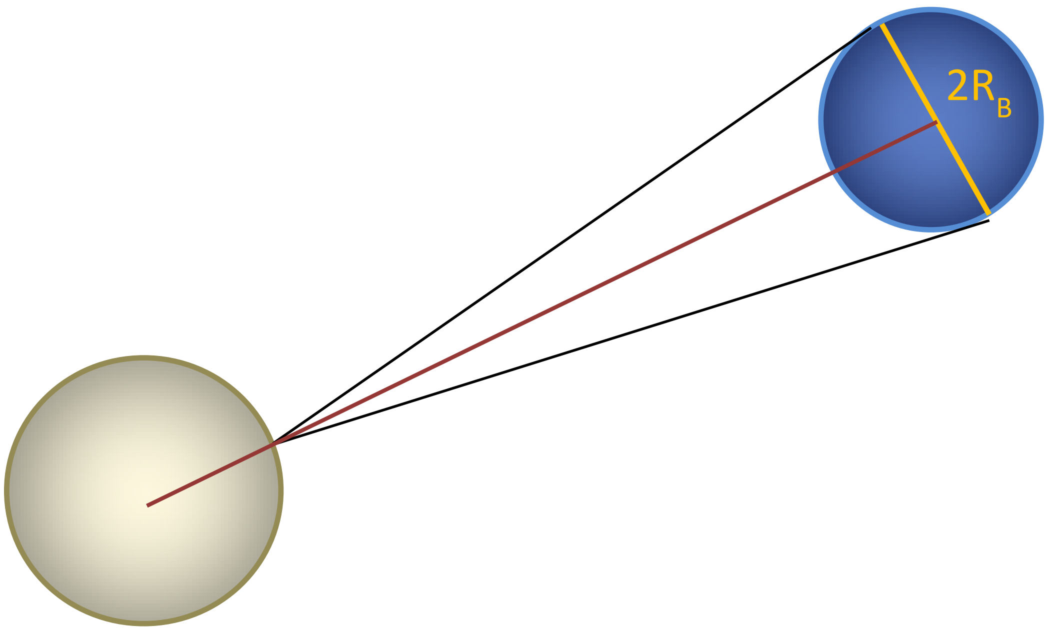
A teljes gömb 4π.

Feladat

Tegyük fel, hogy egy B bolygó sugara fele akkora, mint a Földé, pályasugara pedig a Föld pályasugarának másfélszerese. Tegyük fel azt is, hogy mind a Föld, mind a B bolygó közelítőleg ugyanabban a síkban körpályán kering a Nap körül. Számítsuk ki, milyen legkisebb és legnagyobb látószög (sík- illetve térszög) alatt látszik a Földről a B bolygó!

Megoldás

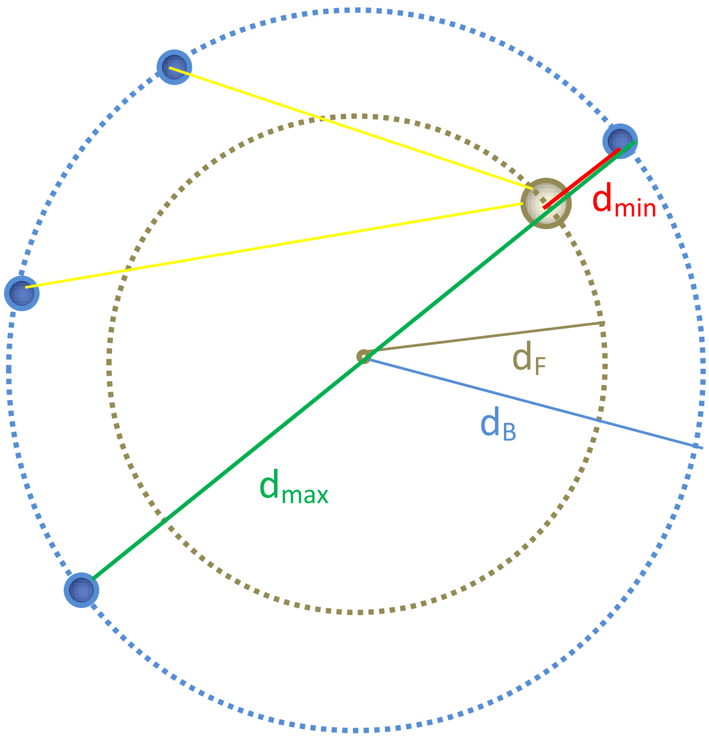




közelítés:
i: $2R_B$
r: a B bolygó és a Föld távolsága
(elhanyagoljuk a Föld sugarát a távolsághoz képest)

B sík-látószöge $\varphi = 2R_B/d$

B tér-látószöge $\Phi = R_B^2\pi/d^2$



a Föld sugara $R_F \approx 6400$ km, pályasugara $d_F \approx 150\,000\,000$ km $= 1{,}5 \cdot 10^8$ km
a B bolygó sugara $R_B = 3200$ km, pályasugara $d_B = 1{,}5\ d_F = 2{,}25 \cdot 10^8$ km

$d_{min} = d_B - d_F = 1{,}5d_F - d_F = 0{,}5d_F = 7{,}5 \cdot 10^7$ km
$d_{max} = d_F + d_B = 1{,}5d_F + d_F = 2{,}5d_F = 3{,}75 \cdot 10^8$ km
$d_{max} = 5\ d_{min}$

sík-látószög:
$\varphi = 2R_B/d$
$\varphi_{max} = 2R_B/d_{min} = 6400\text{ km} / 7{,}5 \cdot 10^7\text{ km} = 8{,}533 \cdot 10^{-5}$
$\varphi_{min} = 2R_B/d_{max} = 6400\text{ km} / 3{,}75 \cdot 10^8\text{ km} = 1{,}707 \cdot 10^{-5}$
$\varphi_{max} = 5\ \varphi_{min}$

tér-látószög:
$\Phi = R_B^2\pi/d^2$
$\Phi_{max} = R_B^2\pi/d_{min}^2 = (3200\text{ km})^2 \cdot \pi / (7{,}5 \cdot 10^7\text{ km})^2 = 5{,}719 \cdot 10^{-9}$
$\Phi_{min} = R_B^2\pi/d_{max}^2 = (3200\text{ km})^2 \cdot \pi / (3{,}75 \cdot 10^8\text{ km})^2 = 2{,}288 \cdot 10^{-10}$
$\Phi_{max} = 25\Phi_{min}$

Az egyszerűség kedvéért km-ben számoltunk, de lehetne m-ben is.

2003. augusztusának végén a Mars mindössze 55,8 millió km távolságra volt a Földtől, szabad szemmel is látható volt a délkeleti horizonton. A Mars utoljára 60 ezer évvel ezelőtt volt ilyen közel a Földhöz, legközelebb pedig kb. 280 év múlva lehet majd újra így látni a Marsot.

A Hold vagy a Nap látószöge nagyobb?

A Hold sugara R_H = 3474 km,
távolsága a Földtől d_{HF} = (363– 406)·10^3 km között változik
(átlagos távolsága 384 ezer km, ≈ 60 R_F)

→ a Hold síklátószöge $\varphi_{Hold} = 2 \cdot R_H / d_{HF}$
$\varphi_{Hold,\, min} = 2 \cdot 3{,}474/406 = 0{,}01711$ rad,
$\varphi_{Hold,\, max} = 2 \cdot 3{,}474/363 = 0{,}01914$ rad.

A Nap sugara $R_N = 1{,}4 \cdot 10^6$ km,
távolsága d_{NF} = (147–152)·10^6 km között változik
(átlagos távolsága 150 millió km)

→ a Nap síklátószöge $\varphi_{Nap} = 2 \cdot R_N / d_{NF}$
$\varphi_{Nap,\, min} = 2 \cdot 1{,}4/152 = 0{,}01842$ rad,
$\varphi_{Nap,\, max} = 2 \cdot 1{,}4/147 = 0{,}01905$ rad.

Lehet
$\varphi_{Hold} > \varphi_{Nap}$ → teljes napfogyatkozás,
vagy
$\varphi_{Hold} < \varphi_{Nap}$ → gyűrűs napfogyatkozás.


https://www.origo.hu/tudomany/20131104-ritka-hibrid-napfogyatkozas-volt-vasarnap.html

Mekkora az a körlap, ami kinyújtott kézzel tartva pont eltakarja a Napot?

A körlap látószöge ~0,019 rad kell legyen (ld. az előző feladatot).
Ha a karunk kb. 70 cm hosszú, akkor d = 0,019·70 = 1,3 cm kell legyen a körlap átmérője.

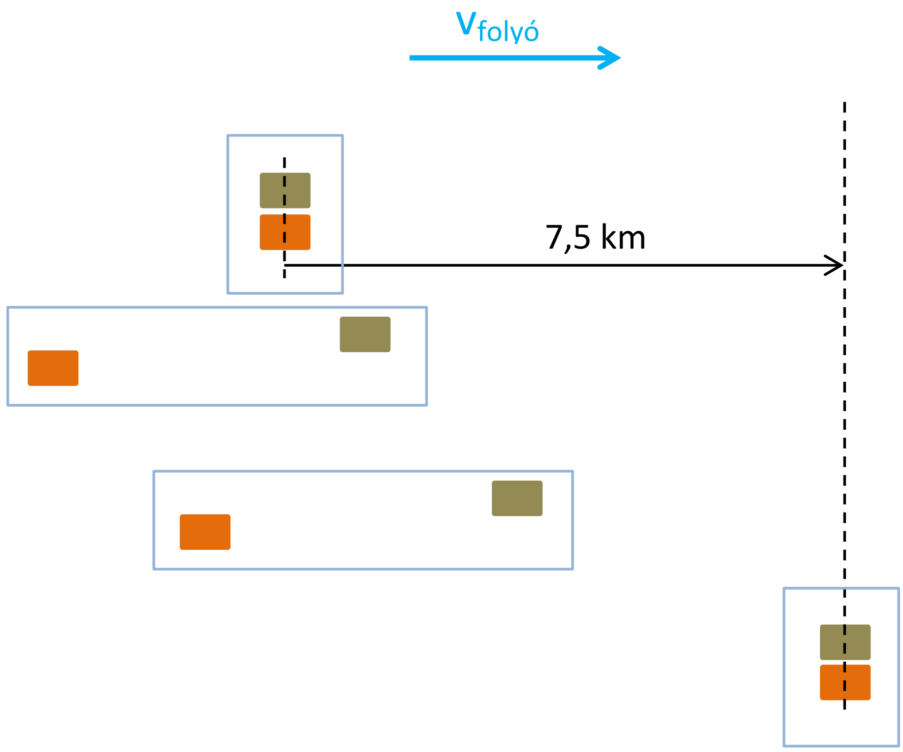
MECHANIKA
Felosztása: kinematika – dinamika – sztatika.

Először
KINEMATIKA – avagy a mozgás **leírása** (hely, sebesség, gyorsulás)

EGYENES VONALÚ MOZGÁS

Feladat:

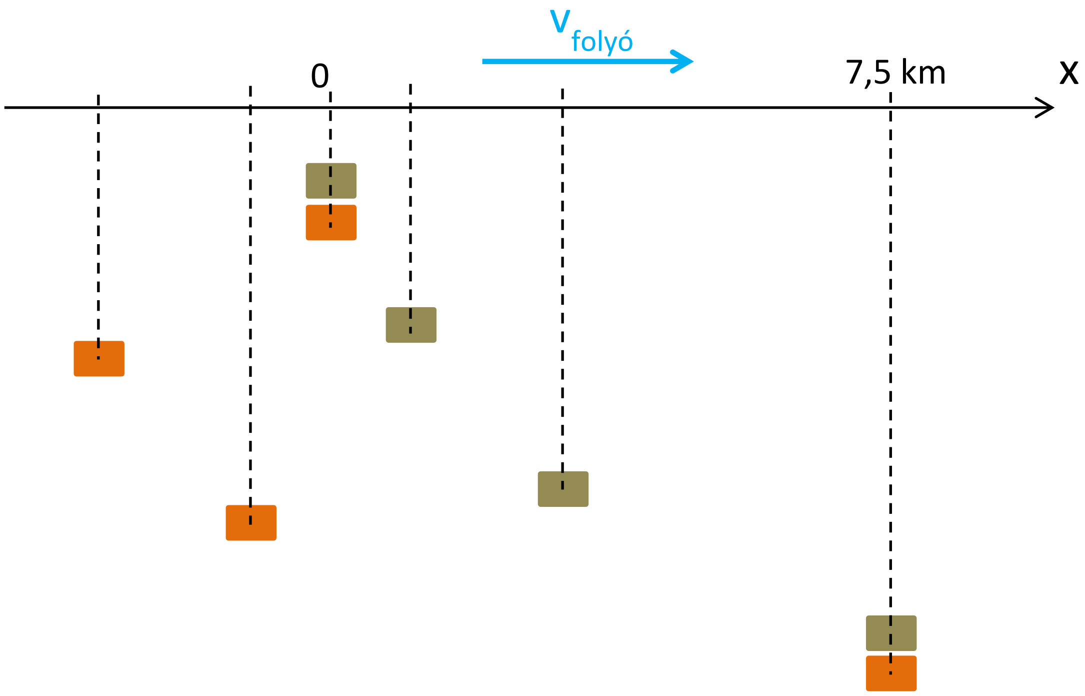
Egy motorcsónak a folyón felfelé halad, és szembetalálkozik egy tutajjal. A találkozás után egy órával a motor elromlik. A javítás fél órát vesz igénybe, és utána a motorcsónak a folyón – bekapcsolt motorral – lefelé megy. Az első találkozás helyétől 7,5 km-re éri utol a tutajt. Mennyi a folyó sebessége? Tételezzük fel, hogy a motorcsónak a folyóhoz képest állandó v_{cs} sebességgel halad, a tutaj pedig a v_f sebességű folyóval együtt mozog.



<u>Megoldás</u>: az egyes szakaszon egyenletes a mozgás: $s = v\,t$

Az s út helyett az x helykoordinátát fogjuk használni, ami a test helyét adja meg.

Vegyük fel az x tengelyt úgy, hogy az origó az első találkozásuk helyénél van, és arra mutat, amerre a folyó folyik.



v_f [km/h] a folyó sebessége a parthoz képest,
v_{cs} [km/h] a motorcsónak sebességének nagysága a vízhez képest,
t [h] az az ismeretlen idő, amíg a csónak a folyón lefelé halad bekapcsolt motorral.

Motorcsónak:

Az első órában a sebességének nagysága a parthoz képest $v_{cs} - v_f$,
1 óra alatt $s_1 = (v_{cs} - v_f)\cdot 1$ utat tesz meg. Az x tengely negatív irányába halad, tehát az x koordinátája negatív lesz, az $x_1 = -(v_{cs} - v_f)\cdot 1$ koordinátához érkezik.

A következő fél órában a sebességének nagysága a parthoz képest v_f ,
0,5 óra alatt $s_2 = v_f \cdot 0{,}5$ utat tesz meg. Az x tengely pozitív irányába halad, tehát az x koordinátája ennyivel nő.

Az utolsó szakaszban a sebességének nagysága a parthoz képest $v_{cs} + v_f$,
t óra alatt $s_3 = (v_{cs} + v_f) \cdot t$ utat tesz meg. Az x tengely pozitív irányába halad, tehát az x koordinátája ennyivel nő.

A végén az x = 7,5 km-nél van.

$$-(v_{cs} - v_f)\cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + (v_{cs} + v_f) \cdot t = 7{,}5 \text{ [km]}$$

Tutaj:

1 + 0,5 + t óráig halad a parthoz képest v_f sebességgel,
és így érkezik el az x = 7,5 km koordinátához.

$$v_f \cdot (1 + 0{,}5 + t) = 7{,}5 \text{ [km]}$$

A 3 ismeretlenre csak 2 egyenletünk van.

Az első egyenletben beszorozva, majd v_f-et és v_{cs}-t kiemelve:

$-(v_{cs} - v_f)\cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + (v_{cs} + v_f) \cdot t = 7{,}5$
$-v_{cs} \cdot 1 + v_f \cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + v_{cs} \cdot t + v_f \cdot t = 7{,}5$
$v_f \cdot (1 + 0{,}5 + t) + v_{cs} \cdot (t - 1) = 7{,}5$

Ebből kivonhatjuk a tutajra felírt egyenletet, és marad

$$v_{cs} \cdot (t - 1) = 0$$

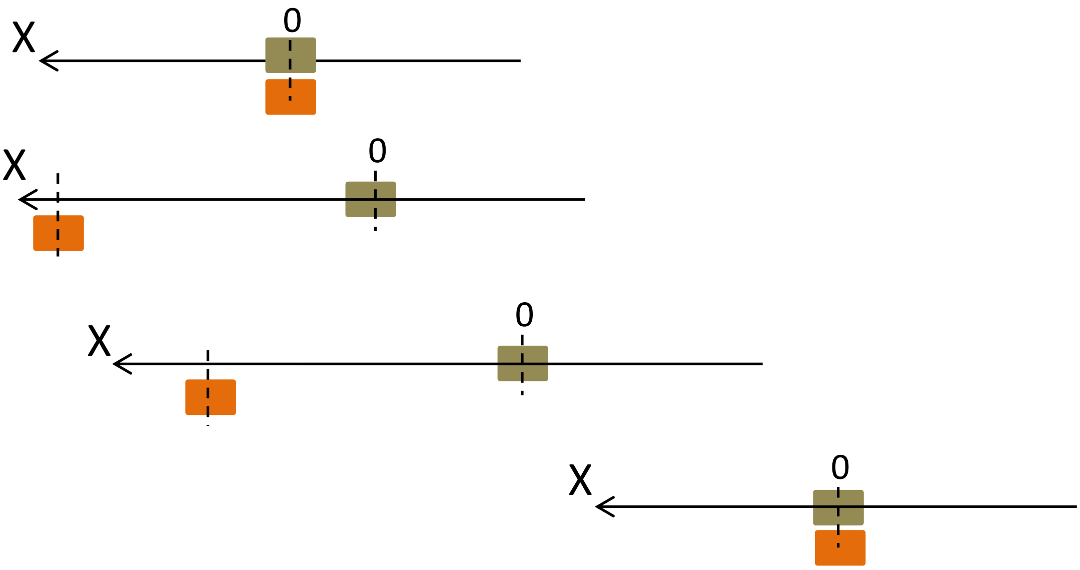
$v_{cs} = 0$ azt jelentené, hogy a csónak végig a tutaj mellett utazik.

$t - 1 = 0 \rightarrow t = 1$ h, ennyi ideig volt lefelé bekapcsolva a csónak motorja.

Ezt visszahelyettesítve a tutaj egyenletébe
$3 \cdot (1 + 0{,}5 + 3) = 7{,}5 \rightarrow v_f = 3$ km/h.

$t = 1$ h -t és $v_f = 3$ km/h -t visszahelyettesítve a csónak egyenletébe
$3 \cdot (1 + 0{,}5 + 3) + v_{cs} \cdot 0 = 7{,}5$
$v_{cs} \cdot 0 = 0$
$\rightarrow v_{cs}$ a csónak sebessége tetszőleges lehet.

Másik megoldás: Rögzítsük most a koordinátarendszerünket a tutajhoz.
A koordinátarendszerünk origója legyen a tutajra rögzítve, az X tengely pozitív iránya mutasson arra, amerre az első órában távolodik a csónak a tutajtól.



Ekkor a tutaj X koordinátája természetesen végig zérus,
és a motorcsónak X koordinátáját írjuk fel a második találkozásig.

Az első órában a csónak sebességének nagysága a tutajhoz képest v_{cs} ,
1 óra alatt $S_1 = v_{cs} \cdot 1$ utat tesz meg, a $X_1 = v_{cs} \cdot 1$ koordinátához érkezik.

A következő fél órában a sebességének nagysága a tutajhoz képest 0,
tehát nem változik az X koordinátája.

Az utolsó szakaszban a sebességének nagysága a tutajhoz képest v_{cs} ,
t óra alatt $S_3 = v_{cs} \cdot t$ utat tesz meg. Az X tengely negatív irányába halad, tehát az x koordinátája ennyivel csökken.

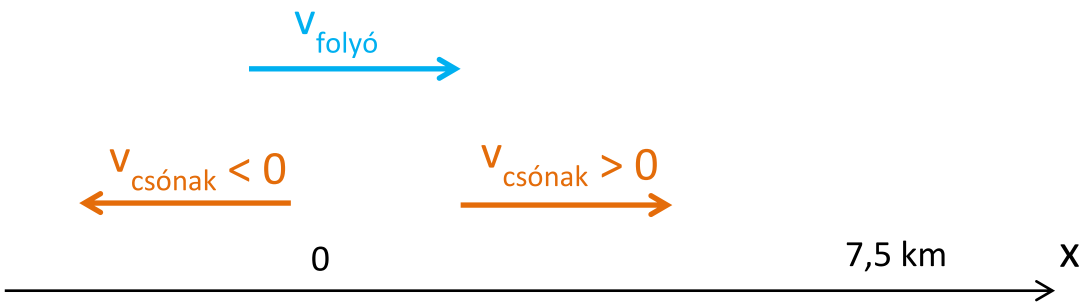
A végén az X = 0 km-nél van (hiszen az X = 0 a tutajra van rögzítve).

$$v_{cs} \cdot 1 + 0 - v_{cs} \cdot t = 0$$

Ebből azonnal látható, hogy egyrészt mivel a csónak először 1 órát távolodik a tutajtól v_{cs} sebességgel és utána ugyancsak v_{cs} sebességgel közeledik hozzá, a közeledés ideje is 1 óra kell legyen. Másrészt az is, hogy a csónak sebessége tetszőleges lehet. Nagyobb v_{cs} esetén távolabbra jut a csónak a tutajtól.

A két megoldásban más **vonatkoztatási rendszer**t (definíciót ld. később) vettünk fel ugyanahhoz a feladathoz: a parthoz rögzítve, ill. a tutajjal együtt mozgó vonatkoztatási rendszert.

Az első megoldásban az egyenletfelírásnál gondolkozni kellett az előjeleken. De ezentúl nem gondolkozni fogunk, hanem először **felvesszük az x tengelyt, ezzel meghatározzuk, hogy melyik a pozitív irány, és az azzal megegyező irányú sebességek pozitívak, az ellentétesek negatívak.**



Így írtuk fel:

$$-(v_{cs} - v_f) \cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + (v_{cs} + v_f) \cdot t = 7{,}5$$

Beszorozva:

$$-v_{cs} \cdot 1 + v_f \cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + v_{cs} \cdot t + v_f \cdot t = 7{,}5$$

Az előjeleket követve így fogjuk felírni:

v_f mindig pozitív

v_{cs} az első órában negatív, az utolsó szakaszban pozitív

$$(-v_{cs} + v_f) \cdot 1 + v_f \cdot 0{,}5 + (+v_{cs} + v_f) \cdot t = 7{,}5$$