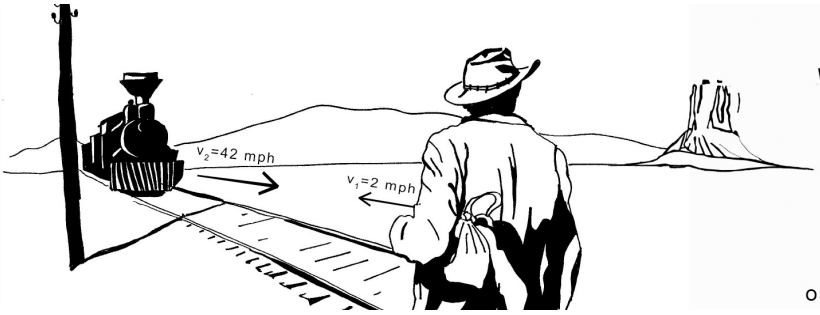
XIV. DÜRER VERSENY

FIZIKA

feladatsor

Helyi forduló:
2020. november 20.



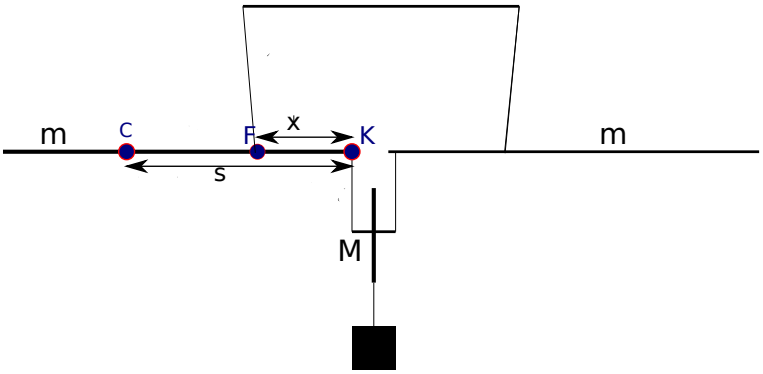
F kategória

10-12. osztályosok

Figyelem! *A teljes pontszám eléréséhez nem elegendő a megoldások számszerű közlése, levezetés és a logikai lépések szöveges indoklása is szükséges (pl. „Newton III. törvénye alapján...”)!*

1. Feladat

A fotón látható fa papagáj egy olyan játék, ami a madarak szárnycsapkodását képes utánozni. A feladatban a szerkezet egyensúlyi helyzetét vizsgáljuk, ekkor a madár szárnyai vízszintesek. A játék felépítését szemlélteti a jobb oldali *ábra*:

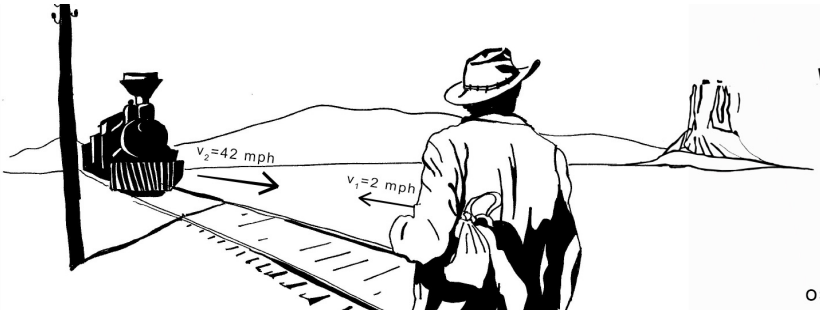


A szerkezet szimmetrikus, a jobb- és baloldali szárny tömege egyaránt m, a madár testének (azaz szárnyak közti résznek) és az arról lelógó súlynak össztömegét jelölje M. A papagáj darabjait cérnaszálak fűzik össze, amik a szárnyon lévő felfüggesztési pontokba csatlakoznak.

A szárnyakon kétfajta felfüggesztési pont található, mindkettő fajtából kettő darab van, amelyek fedik egymást. Ezért az *ábrán* már csak egy-egy felfüggesztési pontot tüntettünk fel (F és K), és a megoldás során is elegendő ez alapján számolni. Az F pontban a felső pálcához kötött cérna rögzül a madárhoz, a K pontban a madár testéhez kötött cérna rögzül a szárnyhoz. Az ábrán C pont jelzi a madár szárnyának tömegközéppontját. Jelöljük továbbá s-sel a C és K pontok távolságát, illetve x-szel az F és K pontok távolságát.

(a) Fejezzük ki az $\frac{M}{m}$ tömegarányt az x és s paraméterek segítségével!

(b) Valaki megmérte az x és s távolságokat azok bizonytalanságával együtt, és a következő eredményeket kapta: $x = (6.0 \pm 0.1)$ cm, $s = (11.2 \pm 0.2)$ cm. A mért távolságok alapján adjuk meg az $\frac{M}{m}$ arány legkisebb és legnagyobb lehetséges értékét!



2. Feladat

Joe az *ábrán*[1] látható népszerű játszótéri eszközzel, az ún. *piruett forgóval* játszik. Ez az igen egyszerű játék egy függőleges oszlopból (tengely) és egy ahhoz rögzített alapból áll.

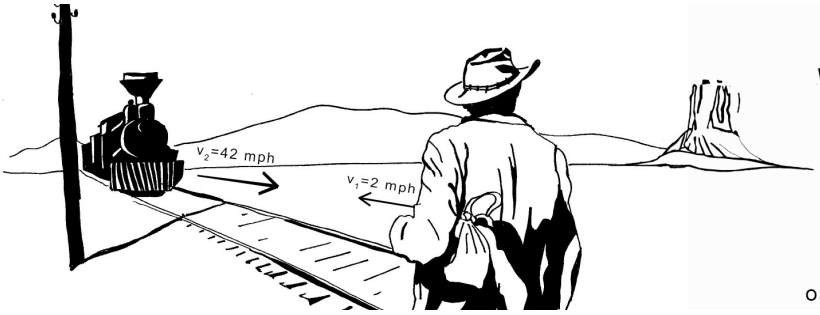
Joe keze és lába a tengelyhez közel van, míg törzse távolabb. Ebben a helyzetben kis sebeséggel forog a tengely körül. Ezek után Joe a törzsét a tengely felé húzza és észreveszi, hogy gyorsabban (nagyobb kerületi sebességgel) forog.

„Ez nagyon érdekes. De mi lehet a fizikai magyarázat erre?” – morfondírozik Joe. „Áh, hát a perdületmegmaradás!” – virul fel Joe arca – „A törzsemet a karommal behúzva kisebb lesz a testem tehetlenségi nyomatéka a tengelyre nézve. Így a perdület csak úgy maradhat meg, ha a szögsebességem növekszik és ezzel a kettő szorzata állandó marad. Egy egyszerű példával élve: Nézzünk egy m tömegű pontot, mely r távolságra van a forgástengelyétől, ami körül ω_1 szögsebességgel forog. Ekkor a test kerületi sebessége: $v_1 = r\omega_1$, tehetlenségi nyomatéka: $\Theta_1 = \frac{1}{2}mr^2$, perdülete $N_1 = \Theta_1\omega_1$. E pontszerű test tengelytől való távolságát felére csökkentve és a perdületmegmaradást kihasználva kapjuk, hogy: $\omega_2 = \frac{N_2}{\Theta_2} = \frac{N_1}{\Theta_2} = \frac{\frac{1}{2}mr^2\omega_1}{\frac{1}{2}m\left(\frac{r}{2}\right)^2} = 4\omega_1$. Ebből adódik az új kerületi sebség: $v_2 = 2v_1$.”

Ezzel Joe örömmel nyugtázza, hogy érti, mi történik. De néhány perdület után ismét elkomorodik. „Rendben, perdületmegmaradással értem. De ha csak az erőkre gondolok, az egész zavaros: törzsemet a tengelyhez húzva csak sugárirányú erőt fejtek ki, ennek ellenére az erre merőleges (kerületi) sebességem növekszik. Hogyan lehet ez?”

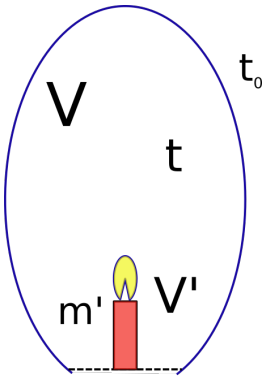
Feladatotok, hogy magyarázzátok el a Joe által tapasztalt jelenséget dinamikai megfontolásból (azaz a fellépő erők segítségével)!

[1] A kép forrása: http://www.lapoda.hu/kiallitastechnika/jatek/piruett, letöltés dátuma: 2020.11.19.



3. Feladat

Ebben a feladatban a lampion lebegését vizsgáljuk egy egyszerűsített modellben. Arra keressük a választ, hogy mennyire kell befűteni a levegőt a ballonon belül, hogy felemelkedjen a lampion. Az egyik közelítés az, hogy a levegőt ideális gáznak tekintjük a feladatban. A lampion egészének (a gyertya, ballon és a gyertyát a ballonhoz rögzítő tartószerkezet) össztömegét tekintsük $m' = 14$ g-nak, térfogatát $V' = 15\ \mathrm{cm}^3$. Továbbá a ballon űrtartalma legyen $V = 60$ l, a külső levegő hőmérséklete $t_0 = 5\,°\mathrm{C}$.



A gyertya bizonyára nem egyenletes hőmérséklet-eloszlást hoz létre a ballonon belül, ennek ellenére nyugodtan számoljunk úgy, mintha a ballonon belül állandó t hőmérséklet lenne mindenhol, azon kívül pedig a levegő $5\,°\mathrm{C}$-os.

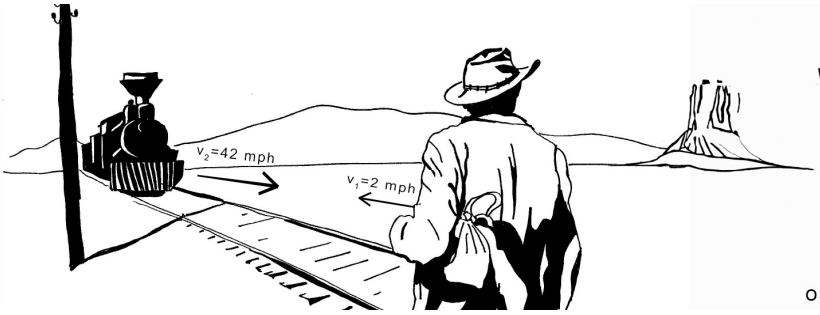
(a) Az ideális gáz állapotegyenletéből fejezzük ki a levegő sűrűségét a hőmérséklet függvényében! Mekkora a levegő sűrűsége $5\,°\mathrm{C}$-os hőmérsékleten?
Adatok: a légköri nyomás $p = 1.0133 \cdot 10^5$ Pa, a levegő moláris tömege $M = 28.96$ g/mol.

(b) Mekkorának kell lennie a ballonon belül a levegő sűrűségének, hogy lebegjen a lampion? Mekkora sűrűséget kapunk, ha elhanyagoljuk a számolásban a V' térfogatot?

(c) Mekkora a levegő nyomása és hőmérséklete a ballonon belül? (Utóbbi végeredményét Celsius-fokban adjuk meg!)

(d) Becsüljük meg, hogy mekkora sebességgel emelkedik a ballon, ha az előbb kiszámolt „lebegési” hőmérsékletnél $1\,°\mathrm{C}$-kal magasabb a hőmérséklet a ballon belsejében!

Útmutatás: A közegellenállási erő miatt egy állandó emelkedési sebesség áll be. Használjuk a sebesség négyzetével arányos közegellenállási erő formuláját! A számoláshoz becsüljük meg a lampion mozgásra merőleges keresztmetszetét és közegellenállási tényezőjét!



4. Feladat

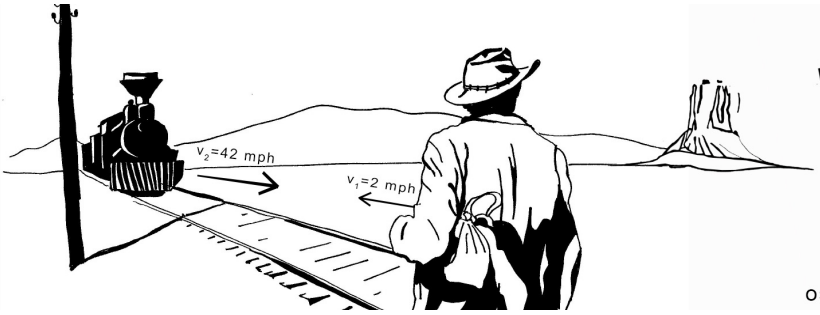
Hat azonos, Q nagyságú, pozitív ponttöltést elhelyezünk egy a oldalhosszúságú szabályos hatszög csúcsaiba.

(a) Mekkora negatív ponttöltést rakjunk a hatszög közepébe, hogy az összes töltés egyensúlyban legyen? Függ-e az eredmény az a távolságtól?

(b) Két ponttöltés között a potenciális energia a

$$W = k\frac{q_1 q_2}{r}$$

formulával számítható, ahol r a töltések távolsága, q_1 és q_2 a töltések nagysága, k pedig a Coulomb-állandó. Több töltés esetén is kiszámítható ez az energia, ekkor a töltésrendszerben levő összes pár járulékát ki kell számolni, majd ezeket az értékeket összeadva kapjuk a töltésrendszer teljes potenciális energiáját. Számoljuk ki ezt a feladatbeli hét ponttöltésből álló töltésrendszer esetén!



5. Feladat

Vízszintes, **súrlódásmentes** talajon áll egy M tömegű, R sugarú abroncs. Középpontjának vonalában egy m tömegű, pontszerűnek tekinthető test v_0 vízszintes sebességgel belső falának ütközik, az *ábrán* látható módon. Az ütközés rugalmas, és azt követően az m tömegű test éppen az abroncs legalsó pontjába esik.

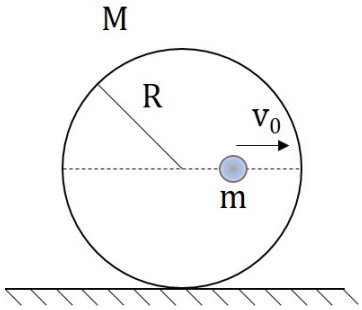
(a) Mekkora v_0 vízszintes sebességgel kellett indítani az m tömegű testet, hogy a fenti eset előálljon?

(b) Mekkora az abroncs elmozdulása a kis testtel való két ütközés között?

(c) Mekkora az m tömegű test vízszintes elmozdulása a két ütközés között?

(d) Mekkora a rendszer tömegközéppontjának vízszintes elmozdulása a két ütközés között?

Adatok: $R = 20$ cm, $m = 140$ g, $M = 420$ g.
Megjegyzés: A megoldás során számoljunk $g = 10$ m/s^2-tel!



A feladatok megoldására 210 perc áll a csapatok rendelkezésére.
Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők