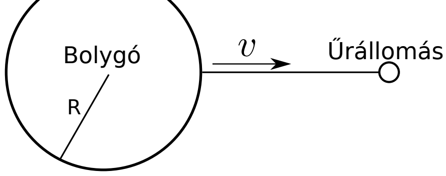
Dürer Verseny
MATEMATIKA FIZIKA KÉMIA

Fizika F kategória (11-12. osztályosok)
Helyi forduló 2015. 11. 6.

1. Két munkás a két végén fog egy L hosszú, M tömegű rudat. Az egyikük hirtelen elejti. Mekkora erőt érez az elejtés pillanatában a másik munkás? ($L = 1,5\ m$, $M = 42\ kg$)

2. Az űrlift a jövő gazdaságos teher- és személyszállítási eszköze, amely egy bolygó felszíne és egy körülötte keringő űrállomás között közlekedik. A lift a bolygó egyenlítőjére épített, függőlegesen fölfelé magasodó oszlopon kapaszkodik fel állandó v sebességgel. A bolygó tömegét jelöljük M-mel, egyenlítői sugarát R-rel, forgásának periódusidejét pedig T-vel!

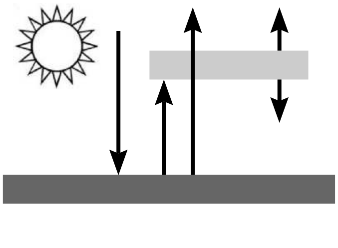


   (a) Adjuk meg, hogy milyen gyorsulási terhelésnek vannak kitéve a felfelé haladó űrliftezők, a felszíntől számított h magasságban! ($\boldsymbol{a}(h) =$?)

   (b) A 9D7F2016 egy újonnan felfedezett kisbolygó. Tömege $M =1{,}5 \cdot 10^{14}$ kg, egyenlítői sugara $R = 2$ km, forgási periódusideje $T = 3$ óra. Mennyi a kisbolygó körüli geostacionárius pálya sugara? ($R_{geostac.} =$?)

   (c) A 9D7F2016-on megépült az űrlift, melynek legfelső pontja éppen a geostacionárius pályán van. Mekkora lesz a liftezőkre ható maximális illetve minimális gyorsulási terhelés nagysága? ($a_{\max} =$?, $a_{\min}=$?) (A lift indulásakor illetve megállásakor fellépő nagy gyorsulásoktól tekintsünk el!)

3. Csináljunk egy egyszerű klímamodellt! Tekintsük első körben a Földet egy tökéletes fekete testnek, amelyet egyedül a Napból érkező sugárzás melegít fel. Ehhez vegyük a Földet átlagosan érő fluxust I-nek. Mennyi lenne a Föld felszínén a hőmérséklet ilyen körülmények között? Pontosítsunk egy kicsit a modellen! Tételezzünk fel egy, a Földet teljesen beburkoló felhőréteget, amely a következő tulajdonsággal rendelkezik: szintén tökéletes fekete test, de a Földről érkező sugárzásnak egy r hányadát nyeli csak el, $(1 - r)$ részét azonban átengedi. Mennyi legyen r értéke, hogy megkapjuk a mérési adatoknak megfelelő $16\ ^\circ C$-ot a földfelszín hőmérsékletére? Mekkora ekkor a felhőréteg hőmérséklete? (Az átlagos Napállandó értéke a Földön $I = 239\ W/m^2$ és a Stefan–Boltzmann állandó értéke $\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8}\ W/(m^2 \cdot K^4)$, a Föld forgását hagyjuk figyelmen kívül)

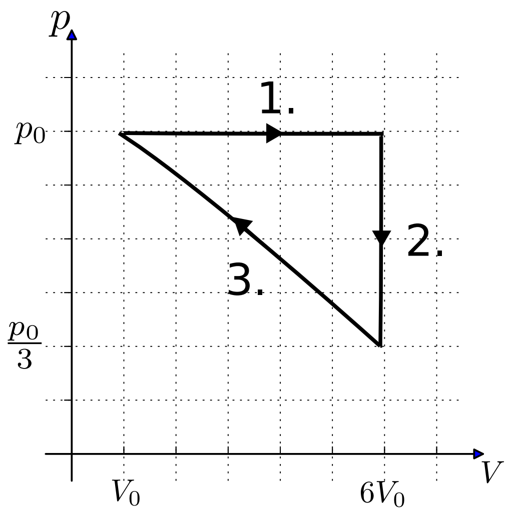


4. Egy mól mennyiségű, egyatomos ideális gázzal egy körfolyamatot hajtunk végre, amely három szakaszból áll, az ábrán látható módon:

   1. Először állandó p_0 nyomáson hagyjuk a gázt kitágulni, egészen addig amíg el nem éri a kezdeti V_0 térfogat hatszorosát.

   2. Ezután a gáz nyomását állandó térfogaton a kezdeti p_0 érték harmadára csökkentjük.

   3. Végül visszavisszük az eredeti állapotba úgy, hogy közben a $p - V$ diagramon egy egyenes mentén mozgunk.



   (a) Mekkora a gáz hőmérséklete a folyamat egyes szakaszainak kezdetén és végén (a háromszög csúcsaiban)? Mennyivel változik a gáz belső energiája az egyes szakaszokon?

   (b) Mennyi munkát végez a gáz a teljes körfolyamat alatt? Mennyi a munkavégzés az egyes szakaszokon?

   (c) Mennyi a gáz által felvett/leadott hő az 1., 2. illetve 3. szakaszon?

   (d) Meg tudnánk-e határozni az előző feladatrészekben kiszámolt adatokból a körfolyamat hatásfokát? Ha nem, milyen információra lenne még szükségünk?

5. Tekintsünk N darab m tömegű részecskét, akik két doboz valamelyikében lehetnek, úgy hogy a két doboz közül az egyik a másikhoz képest h magasságban található. Jelöljük a magasabban lévő dobozban a részecskék számát n-el (ekkor a másik dobozban értelemszerűen $N - n$ részecske van). Ahhoz, hogy egy részecske az alsó dobozból a felsőbe ugorjon, energiára kell szert tennie. Ezt az energiát a részecskék valamilyen T hőmérsékletű hőtartályból kapják. Ebből a hőtartályból tudnak energiát felvenni, illetve neki energiát leadni. A hőtartállyal való kölcsönhatás miatt a részecskék összenergiája időben nem állandó, azonban a különböző energiájú állapotok nem egyforma valószínűséggel fordulnak elő. Bizonyítás nélkül fogadjuk el az alábbi állítást: egy E energiájú állapot előfordulásának relatív gyakorisága (valószínűsége):

$$p(E) = e^{-E/k_bT}/Z, \tag{1}$$

$$Z = n_1 e^{-E_1/k_bT} + n_2 e^{-E_2/k_bT} + n_3 e^{-E_3/k_bT} + \dots \tag{2}$$

Itt $E_1, E_2, E_3, \dots$ a rendszer lehetséges energiái, $n_1, n_2, n_3, \dots$ az adott energiájú konfigurációk száma, k_B pedig a Boltzmann-állandó.

(a) Tekintsünk először egyetlen részecskét, amelynek csupán két lehetséges állapota van: vagy az alsó dobozban van, vagy a felsőben, amely h magasságban található. Mekkora az energiája az első illetve a második esetben ($E_1 =?$, $E_2 =?$). Mekkora ekkor a Z kifejezés értéke? (Segítség: mivel a részecskének csak két állapota van, így Z csupán két tag összege).

(b) Mekkorák egyetlen részecske esetén a $p(E_1)$ illetve $p(E_2)$ valószínűségek? Mekkora az átlagos energia: $E_{\text{átl}} = p(E_1)E_1 + p(E_2)E_2 =?$

(c) Milyen magasra rakjuk a felső dobozt ($h =?$), ha azt szeretnénk, hogy átlagosan a részecskék negyede tartózkodjon benne? (Segítség: használjuk ki, hogy a részecskék függetlenek és építsünk az előző feladatrész eredményére!)

Használható segédeszközök: író- és rajzolóeszközök, számológép, függvénytáblálzat.
A feladatok megoldására 180 perc áll a csapatok rendelkezésére.
Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők