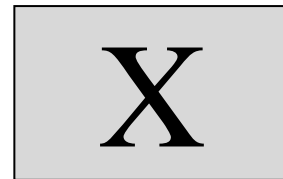




Olimpiada Națională de Fizică

Timișoara 2016

Proba teoretică



Subiectul 1A – Apa minerală Buziaș

Una dintre cele mai apreciate ape minerale românești se găsește la Buziaș, în județul Timiș. Carbogazificarea unei astfel de ape se obține prin încorporarea în volumul acesteia a dioxidului de carbon. Efectul vizibil rezultat constă în formarea unor bule de gaz pe care le vei considera sferice. Acestea apar la diferite adâncimi și se ridică către suprafața liberă a lichidului din vasul cu apă, deschis, aflat în atmosferă normală.

În cele ce urmează vi se propune determinarea unor mărimi fizice pe baza modelării procesului de ridicare a unei astfel de bule de gaz. Se consideră cunoscute: masa molară μ a gazului care formează bula, temperatura absolută T a apei (considerată constantă), densitatea ρ_0 apei, constanta gazelor ideale R , presiunea atmosferică p_0 și accelerația gravitațională g . Fie h adâncimea la care se formează bula de gaz. Stratul superficial de apă care delimitează bula de gaz acționează ca o membrană ce comprimă gazul cu o presiune p_σ având expresia:

$$p_\sigma = \frac{2\sigma}{r}$$

unde r este raza bulei de gaz, iar σ este un coeficient constant în condițiile precizate în problemă.

- a) Cunoscând că $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$, $\rho_0 = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $h = 10 \text{ cm}$, $\sigma = 70 \text{ mN/m}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ și $r = 1 \text{ mm}$ compară valoarea presiunii p_σ cu valorile presiunilor atmosferice și hidrostatice.

(1 punct)

În condițiile precizate raza bulei variază foarte puțin astfel încât presiunea p_σ rămâne practic neschimbată. În acest context, consideră că modificarea presiunii gazului din bulă, în timpul ridicării acesteia, depinde doar de adâncimea la care se află bula. De asemenea consideră neglijabilă frecarea bulei de gaz cu apa.

- b) Determină, în funcție de mărimile fizice precizate, expresia vitezei maxime v_{\max} atinsă de bulă. Considerând că mișcarea de urcare a bulei are loc cu o accelerație constantă a_{med} , dedu expresia acestei accelerații.

(2,5 puncte)

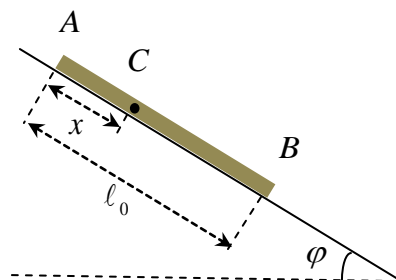
- c) Precizează semnificația fizică a ariei suprafeței delimitate de graficul accelerației instantanee a bulei de gaz în funcție de adâncimea y la care se află aceasta.

(0,5 puncte)

Subiectul 1B – Frecare la alunecare și dilatare...

O țigla metalică omogenă, de forma unui paralelipiped dreptunghic, are coeficientul de dilatare liniară α . Țigla se află pe suprafața plană a unui acoperiș care este înclinat cu unghiul φ față de orizontală. Coeficientul de frecare la alunecare dintre țigla și suprafața acoperișului este μ și îndeplinește condiția $\mu > \tan \varphi$.

În dimineața unei zile lungimea țiglei AB este ℓ_0 (vezi figura alăturată). În seara aceleiași zile s-a constatat că a avut loc o variație Δt a temperaturii acoperișului față de temperatura măsurată dimineața. Ca urmare a variației de



1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



temperatură lungimea țiglei se modifică. Secțiunea transversală care conține punctul C, aflată la distanța x față de capătul A al țiglei, are proprietatea că nu-și modifică poziția, în raport cu acoperișul, ca urmare a dilatării sale.

a) Precizează și reprezintă forțele care acționează, în timpul procesului de dilatare a țiglei ($\Delta t > 0$), atât asupra porțiunii AC cât și asupra porțiunii BC a țiglei.

(1 punct)

b) Determină expresia distanței x , în funcție de ℓ_0 , φ și μ , considerând $\Delta t > 0$.

(1,5 puncte)

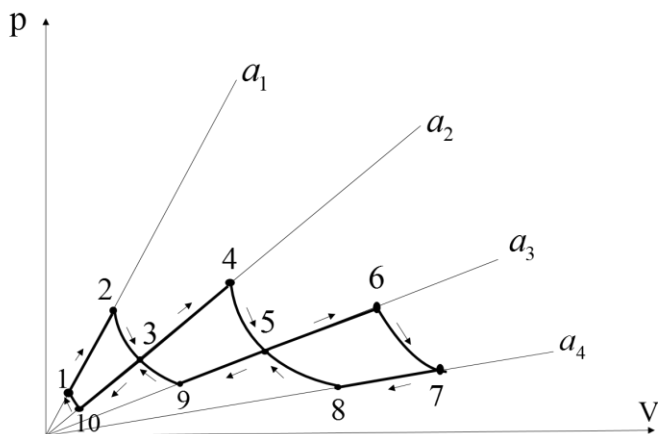
c) Determină expresia distanței d pe care se deplasează centrul de masă al țiglei ca urmare a variației de temperatură. Exprimă rezultatul în funcție de ℓ_0 , φ , μ și α și Δt . Consideră atât situația în care $\Delta t > 0$ cât și cea în care $\Delta t < 0$.

(2,5 puncte)

Subiect propus de: prof. Victor Stoica, Inspectoratul Școlar al Municipiului București

Subiectul 2 – Un ciclu termodinamic cu „repetiții”

Un gaz ideal monoatomic parcurge ciclul termodinamic din figura de mai jos.



În starea „1” temperatura gazului este T_1 . Procesele care se desfășoară între stările $[(1,2); (2,3); (3,4); (4,5); (5,6); (6,7); (7,8); (8,9); (9,10); (10,1)]$ sunt procese liniare, în coordonate (V, p) , conform figurii. Fie raportul

pantelor dreptelor ce reprezintă transformările liniare din ciclul considerat $\frac{a_i}{a_{i+1}} = f$, unde $i = \overline{1, 4}$:

($f \leq 2$).

Procesele între stările $[(2,3); (4,5); (6,7); (8,9); (10,1)]$ sunt procese izoterme pentru care temperaturile la care se desfășoară respectă condițiile $T_2 = T_1 + \Delta T$, $T_4 = T_1 + 2\Delta T$ și $T_6 = T_1 + 3\Delta T$.

1. Determină expresia căldurii molare a gazului în transformările liniare ale ciclului prezentat.

(1 punct)

2. Reprezintă ciclul termodinamic în coordonatele: (T, V) și (T, p) . (2 puncte)

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



3. Dedu expresia randamentului motorului ce ar funcționa după acest ciclu.

(3puncte)

4. Consideră că numărul de bucle de tip $(1,2,3,10,1)$; $(3,4,5,9,3)$; $(5,6,7,8,5)$ ce constituie ciclul termodinamic este „n”, un număr mare dar finit. Pentru noul ciclu propus rămân valabile considerentele referitoare la ciclul ilustrat în figură, adică $\frac{a_i}{a_{i+1}} = f$, unde $i = \overline{1, n}$ și

$T_i = T_1 + (i-1)\Delta T$. Determină în acest caz expresia randamentului motorului care ar funcționa după acest ciclu termodinamic. Demonstrează că randamentul motorului ce funcționează după acest ciclu este mai mic decât randamentul ciclului Carnot care ar funcționa între temperaturile extreme atinse în ciclul considerat.

(3 puncte)

Subiect propus de: prof. Ioan Pop – Colegiul Național „Mihai Eminescu” Satu Mare

Subiectul 3 (10 puncte)

Partea A - O modelare simplă pentru un uragan

Diferența de temperatură, datorată efectului de seră, generează un dezechilibru termic între ocean și atmosfera de deasupra acestuia și face posibilă apariția uraganelor, în zonele situate în vecinătatea ecuatorului.

Analiza proceselor fizice care se petrec într-un uragan, conduce la ideea că, într-o modelare simplă, un uragan ar putea fi descris ca un motor termic ce ar funcționa după un ciclu Carnot. În această modelare, sursa caldă cu temperatura T_1 este reprezentată de suprafața oceanului, din zona de formare a uraganului, iar sursa rece, cu temperatura T_2 este reprezentată de aerul din partea superioară a troposferei.

Diagrama din figura 1 evidențiază o secțiune „pe verticală” (de la suprafața oceanului și până în troposferă) într-un uragan, iar cea din figura 2 ilustrează ciclul Carnot asociat acestei modelări.

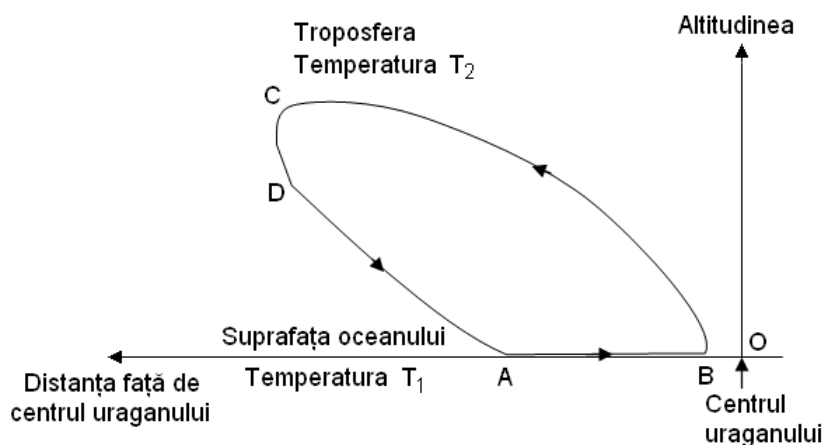


Figura 1

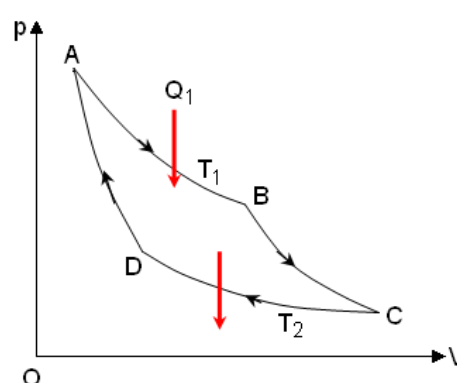


Figura 2

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Pentru a analiza procesele fizice care se desfășoară în uragan, consideră o „parcelă de aer” (o cantitate de aer cu un număr fix de particule, care se deplasează în atmosferă schimbând energie, dar nu și particule și care își modifică temperatura și presiunea). Parcela de aer se mișcă în imediata vecinătate a suprafeței oceanului, din regiunea A cu presiune ridicată, către regiunea B cu presiune scăzută, din centrul uraganului. Pe parcursul acestei deplasări, parcela de aer este în contact termic cu suprafața oceanului și temperatura acesteia rămâne practic constantă. De aceea, procesul descris de parcela de aer, care se deplasează de la A la B poate fi considerat izoterm.

Apoi, parcela de aer urcă prin centrul (ochiul) uraganului spre troposferă și presiunea ei scade rapid. Procesul descris de parcela de aer care se deplasează de la B la C poate fi considerat adiabatic.

În timpul coborârii, presiunea gazului în parcela de aer care se deplasează de la C la D crește, într-un proces care poate fi considerat izoterm.

Atunci când parcela de aer coboară din regiunea D, până în regiunea A, poți considera că ea este supusă unei comprimări adiabate.

Problema de față îți propune să estimezi câteva mărimi caracteristice unui uragan, utilizând modelarea simplă menționată mai sus și să determini sensul de rotație a unui uragan din emisfera nordică. Ai în vedere să exprimi, după caz, rezultatele acestor estimări în funcție de simbolurile, respectiv valorile mărimilor fizice specificate.

Consideră o parcelă de aer cu masa δm_{aer} , care se deplasează din zona punctului A, caracterizată prin presiunea p_A , până în zona punctului B, caracterizată prin presiunea mai scăzută p_B . Presupune că masa δm_{aer} conține aer uscat și că acesta poate fi considerat un gaz ideal. Mișcându-se în imediata vecinătate a suprafeței oceanului, masa de aer antrenează în această deplasare și vaporii de apă existenți în apropierea suprafeței oceanului. Notează cu δm_{vap} , masa de vaporii de apă, care se deplasează de la A către B, odată cu masa de aer δm_{aer} . Ai în vedere că – în modelul folosit – în zona B, cu presiune scăzută din centrul (ochiul) uraganului, acești vaporii de apă se condensează, determinând apariția ploii. Căldura latentă specifică de vaporizare a apei este λ_{vap} , masa molară a aerului este μ_{aer} , iar constanta universală a gazelor ideale este R .

Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Determină expresia cantității totale de căldură Q_1 , primită de parcela de aer cu masa δm_{aer} , în cursul proceselor desfășurate între A și B. (1,5 puncte)

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. În modelarea simplă utilizată, deduc expresia lucrului mecanic efectuat de parcela de aer cu masa δm_{aer} , pe parcursul unui ciclu Carnot. (1,5 puncte)

-
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
 2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
 3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
 4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
 5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Consideră că parcela de aer cu masa δm_{aer} , are viteza \vec{v}_A în zona A. Presupune că lucrul mecanic determinat în cadrul sarcinii de lucru 2.a. este folosit integral pentru a crește energia cinetică a parcele de aer până la valoarea pe care aceasta energie o are în punctul B.

2.b. Determină, în aceste condiții, expresia modulului vitezei v_B a parcele de aer cu masa δm_{aer} , în zona B din centrul uraganului. (1,0 puncte)

În cursul formării și evoluției unui uragan deasupra oceanului Atlantic, au fost înregistrate, la un moment dat, următoarele valori: $T_1 = 303\text{ K}$, $T_2 = 215\text{ K}$, $p_A = 1,00 \cdot 10^5\text{ Pa}$, $p_B = 0,95 \cdot 10^5\text{ Pa}$ și

$$\frac{\delta m_{vap}}{\delta m_{aer}} = 5,81 \cdot 10^{-3}. \quad \text{Cunoști că } R = 8,31\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \mu_{aer} = 2,90 \cdot 10^{-2}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \text{și}$$

$$\lambda_{vap} = 2,26 \cdot 10^6\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

2.c. Estimează, în cadrul modelării simple utilizate, valoarea vitezei v_B , în zona B din centrul uraganului, dacă viteza v_A a avut o valoare foarte mică, ce poate fi neglijată. (0,5 puncte)

Sarcina de lucru nr. 3

Fotografia din figura alăturată surprinde un uragan văzut din spațiu. El arată ca o spirală enormă de nori care înconjură o zonă mică – fără nori – cunoscută sub numele de „ochiul uraganului”.



Deși diferența de presiune dintre ochiul uraganului și marginea sa exterioară este mare, raza uraganului este atât de mare (de ordinul sutelor de kilometri) încât variația de presiune pe unitatea de lungime este foarte mică. În aceste condiții, modul în care se mișcă o spirală de nori în uragan este influențat de forța datorată variației de presiune, dar și forța Coriolis (forță comparabilă ca valoare cu cea a forței datorate variației de presiune).

Într-un sistem de referință S solidar legat de Pământul care se rotește în jurul axei proprii cu viteza unghiulară $\vec{\Omega}$, asupra unui corp cu masa m , care se deplasează cu viteza relativă \vec{v}_{rel} în raport cu sistemul S se exercită o forță Coriolis

$$\vec{F} = -2m\vec{\Omega} \times \vec{v}_{rel} \quad (1)$$

3.a. Având în vedere cele menționate în cadrul acestei sarcini de lucru, precizează sensul de rotație a spiralei de nori care formează un uragan în emisfera nordică. Explică, din punct de vedere fizic, de ce spirala de nori a unui uragan din emisfera nordică are sensul de rotație pe care l-ai specificat.

(2,0 puncte)

3.b. Precizează dacă fotografia prezentată în cadrul sarcinii de lucru 3 a fost făcută pentru un uragan format în emisfera nordică sau în emisfera sudică. (0,5 puncte)

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Partea B -Hrană pentru leneși

Leneșul cu trei degete este un mamifer din subordinul Folivora, care viețuiește în America Centrală și de Sud. Pe sol, acest mamifer se deplasează greoi și cu viteză foarte redusă și de aceea a dobândit denumirea de leneș.

Presupune că pentru un leneș cu trei degete singura modalitate de pierdere de energie este disiparea de căldură în mediu.



Consideră că studiezi comportamentul a doi leneși cu trei degete, care trăiesc în același mediu ambiant și care au masele în raportul 2 : 1. Dacă temperaturile celor două mamifere studiate sunt egale, atunci pierderea de energie este direct proporțională cu suprafața corpului fiecăruia dintre cei doi leneși cu trei degete.

În condițiile menționate, estimează de câte ori este mai mare cantitatea de mâncare de care are nevoie leneșul cu masă mai mare, comparativ cu cea necesară leneșului cu masă mai mică, pentru compensarea pierderilor de căldură în mediu. (2,0 puncte)

Subiect propus de:

Prof. Dr. Delia DAVIDESCU

-
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
 2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
 3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
 4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
 5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.