

LIBRIS

We know
books

MIHAIL SANDU

**PROBLEME DE PERFORMANȚĂ
ÎN
FIZICĂ**

Volumul III

**EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI - 2024**

Capitolul 1 MECANICĂ	8
Capitolul 2 OPTICĂ	333
Cărțile mele	551

CUPRINS – Capitolul 1 - MECANICA

Problema 1 Baloane pentru ascensiuni atmosferice	9
Problema 2 Pisica în balon	16
Problema 3 Autoturism și ocolul Pământului	20
Problema 4 Distanțe, pietoni, bicicletă, autoturism și ocolul Pământului	22
Problema 5 Aproape și departe de Lună	31
Problema 6 Forma aparentă a bolții cerești și diametrul aparent al Lunii	39
Problema 7 Iepurele, câinele de vânătoare și vânătorul	55
Problema 8 Două bărci în mișcări rectilinii și uniforme	69
Problema 9 Două avioane în zbor, în plane orizontale diferite	104
Problema 10 Mașina Poliției în misiune!	114
Problema 11 Deformări elastice	120
Problema 12 Rachete purtătoare și sateliți	124

Problema 13	
Mingea pentru tenis de camp	150
Problema 14	
Săritura de pe stâncă în apa mării	159
Problema 15	
Mingea pentru tenis de masă	165
Problema 16	
Momentul forței musculare	171
Problema 17	
Motanul cu reacție	184
Problema 18	
Jaluzele verticale	193
Problema 19	
Satețiți în jurul Pământului	206
Problema 20	
Navă cosmică „halteră”	209
Problema 21	
Asteroidul care amenință Pământul	233
Problema 22	
Protuberanțe solare	248
Problema 23	
Cilindru sprijinit pe gura de scurgere dintr-un recipient	255
Problema 24	
Vectorul accelerație centripetă medie a unei planete și difracția Fraunhofer	275
Problema 25	
Ciocnirea discurilor	283
Problema 26	
Racheta balistică intercontinentală	286
Problema 27	
Scurgerea lichidului	289
Problema 28	
Inel ecuatorial la suprafața Soarelui	293
Problema 29	
Halteră în translație	304
Problema 30	
Discuri și tijă pe o masă cu pernă de aer	315
Problema 31	
Șocul hidraulic (Lovitura de berbec)	322
Problema 32	
Punctul de pe cilindrul rotitor	328

Problema 1	
Oglindă plană și lentilă	334
Problema 2	
Oglinzi plane și lentilă	335
Problema 3	
Oglindă concavă și lentilă	338
Problema 4	
Ochelarii profesorului	341
Problema 5	
Miop și hipermetrop!	342
Problema 6	
Linii spectrale	343
Problema 7	
Banda întunecată	345
Problema 8	
Strat transparent neomogen	347
Problema 9	
Refracția luminii	351
Problema 10	
Oglindă lichidă	356
Problema 11	
Lentile convergente	362
Problema 12	
Obiect liniar luminos între o lentilă convergentă și o oglindă plană	364
Problema 13	
Viteza de evaporare a apei	371
Problema 14	
Culoarea peliculei de lichid	373
Problema 15	
Trei elevi și o oglindă plană	375
Problema 16	
Extinderea nebuloasei	376
Problema 17	
Lentilă, jumătate dintr-un trunchi de con	379
Problema 18	
Magnitudinea limită a stelelor observate cu telescopul	390

Problema 19	
Trei lentile	394
Problema 20	
Lumină prin lame transparente cu fețe plane și paralele	395
Problema 21	
Fotografierea satelitului	407
Problema 22	
Eclipsa inelară de Soare	412
Problema 23	
Sondaj optic în atmosfera unei planete necunoscute	421
Problema 24	
Disc sprijinit pe lumină!	425
Problema 25	
Sfere transparente	432
Problema 26	
Volumul imaginii	437
Problema 27	
Oglinda rotitoare	443
Problema 28	
Franje de interferență	448
Problema 29	
Satelit cu velă solară	451
Problema 30	
Semisfere transparente, cu indici de refracție diferiți	458
Problema 31	
Lentilă convergentă și oglindă plană	467
Problema 32	
Deviația fascicolului laser	469
Problema 33.	
Sondă spațială sferică	470
Problema 34	
Lentilă convergentă și două prisme	480
Problema 35	
Disc semicircular plan transparent	483
Problema 36	
Imaginea unei surse de lumină pe un ecran	485
Problema 37	
Lentila în apă	486
Problema 38	
Biprisma Fresnel	491
Problema 39	
Imagine virtuală, proiectată pe un ecran!	497

Problema 40 Ecourile luminii!	499
Problema 41 Explozii solare	512
Problema 42 Disc oscilant în ... lumină laser	523
Problema 43 Optică fotometrică	527
Problema 44 Lentilă, fotodiodă și lamă transparentă	536
Problema 45 Sferă de sticlă, placă plană transparentă și cilindru de sticlă	542

Capitolul 1

MECANICĂ

Problema 1. Baloane pentru ascensiuni atmosferice

În imaginea din figura 1 este prezentat un balon sferic, utilizat pentru ascensiuni în atmosferă. În balon se află un gaz cu densitatea mult mai mică decât densitatea aerului atmosferic. La partea inferioară a balonului este suspendată nacela, în care se află echipajul balonului, precum și toate materialele și dispozitivele necesare dirijării și asigurării ascensiunii și coborârii balonului.

a) După un anumit timp de la eliberarea balonului de pe sol, ascensiunea verticală a acestuia devine uniformă, atunci când raza sa este R_{urcare} . Ca urmare a unor manevre tehnice speciale, ascensiunea încetează, balonul se oprește și apoi începe să coboare. Coborârea pe verticală a balonului devine uniformă pentru aceeași valoare a vitezei ca și în cazul ascensiunii verticale, când raza balonului este $R_{coborare} < R_{urcare}$. Forța de rezistență la înaintare, întâmpinată de balon din partea aerului atmosferic, este direct proporțională cu viteza balonului și direct proporțională cu aria secțiunii ecuatoriale a balonului.

Să se justifice mișcările verticale uniforme ale balonului în cele două cazuri și să se determine masa totală (balon, nacelă, echipaj, materiale), M , considerată aceeași în ambele variante, dacă densitatea aerului atmosferic este constantă, având valoarea ρ_a . Volumul nacelei și al încărcăturii sale este neglijabil față de volumul balonului.

b) În partea inferioară a balonului, deasupra nacelei, sunt suspendate de balon două resorturi elastice identice, foarte ușoare, fiecare resort având constanta de elasticitate k și lungimea l_0 în stare nedeformată. Între resorturi sunt montate două tije orizontale rigide, identice, foarte ușoare (tija 1 unește mijloacele resorturilor; tija 2 unește capetele inferioare ale resorturilor).

O pisică, având masa m , iese din balon, prin partea inferioară a acestuia, alunecând lent uniform de-a lungul unei sfori, suspendată de balon și se oprește pe tija superioară (1), eliberând lent sfoara din ghearele sale. Apoi, pisica începe să alunece din nou lent și uniform de-a lungul sforii, oprindu-se pe tija inferioară (2), unde eliberează lent sfoara din ghearele sale. Capetele inferioare ale resorturilor nu ating nacela. Capătul inferior al sforii este liber. Se cunoaște accelerația gravitațională, g . Sistemul nu oscilează.

Să se determine:

1) lungimea scăriței formată din cele două resorturi și cele două tije, de fiecare dată, atunci când pisica s-a oprit pe fiecare dintre cele două tije, a eliberat sfoara din ghearele sale și sistemul este în repaus;

2) lungimea maximă a scăriței, dacă pisica, din balon, unde era în repaus, cade liber direct pe tija inferioară (2), de care rămâne agățată, în absența tije superioare (1). Pisica se consideră punct material.

c) Cele două baloane identice, reprezentate în imaginea din figura 2, aflate la aceeași înălțime deasupra solului, sunt în ascensiuni verticale uniforme,

cu viteze identice, v . În partea superioară a balonului A s-a oprit din zbor un porumbel, iar în partea superioară a balonului B este montată o oglindă plană, orientată cu fața reflectantă spre porumbelul de pe balonul A. Pentru a se întâlni cu „porumbelul imagine”, porumbelul de pe balonul A zboară spre oglinda de pe balonul B.

Să se determine valoarea și orientarea vitezei porumbelului, în raport cu solul, \vec{v}_p , astfel încât porumbelul să se oprească din zbor pe balonul B, lângă oglindă, față în față cu „porumbelul imagine”, așa cum indică imaginea din figura 3, după un zbor rectiliniu și uniform. Se cunosc: d – distanța dintre axele verticale ale celor două baloane; t – durata zborului rectiliniu și uniform al porumbelului, de pe balonul A pe balonul B.

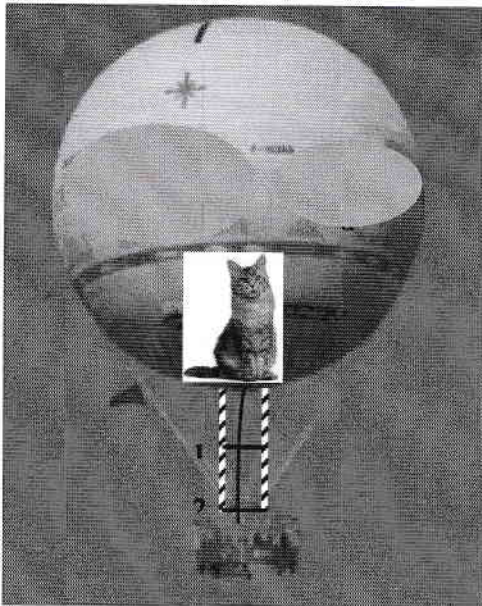


Fig. 1

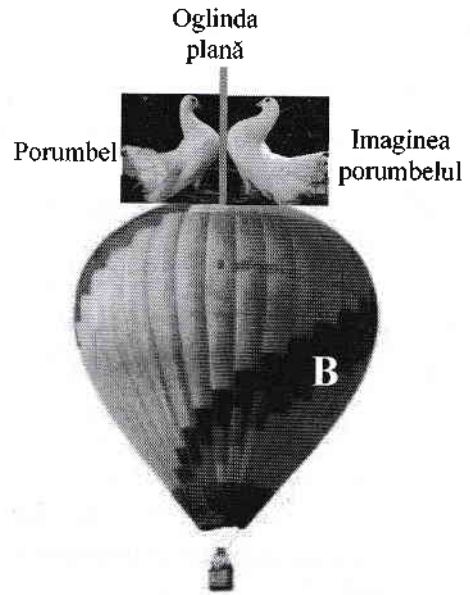


Fig. 3

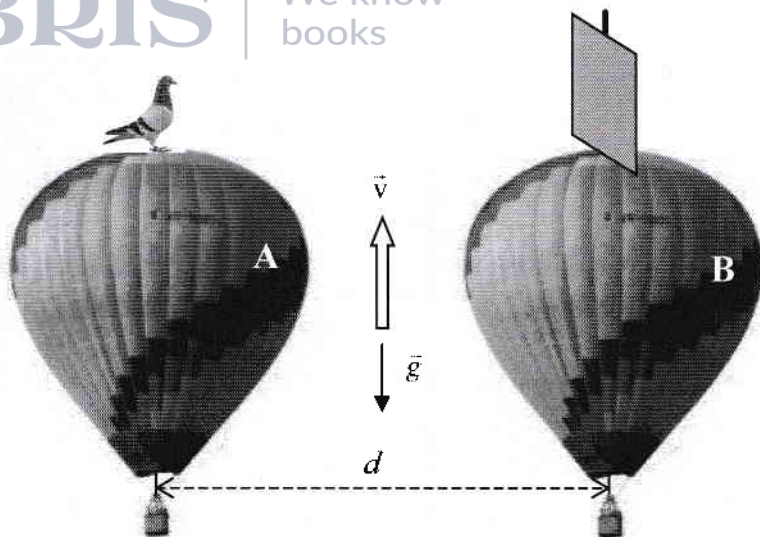


Fig. 2

Rezolvare

a) Mișcările verticale ale balonului, la începutul ascensiunii și la începutul coborârii (când balonul pleacă din repaus) sunt mișcări accelerate (forțele de rezistență corespunzătoare unor viteze mici sunt încă mici (dar crescătoare), astfel încât rezultantele forțelor care acționează asupra balonului sunt diferite de zero, orientate în sensul mișcării balonului, cu modul din ce în ce mai mic):

$$\vec{F} = \vec{G} + \vec{F}_A + \vec{F}_r \neq 0,$$

unde: \vec{G} – greutatea întregului echipaj; \vec{F}_A – forța arhimedică atmosferică; \vec{F}_r – forța de rezistență din partea aerului atmosferic;

$$F_r = k v S_{\text{ecuator}} = k v \pi R^2,$$

unde: k – constantă de proporționalitate; v – viteza instantanee a balonului; R – raza balonului.

Aceste mișcări devin uniforme din momentul în care forțele de rezistență din partea aerului atmosferic, direct proporționale cu viteza balonului, ajung să asigure echilibrul dinamic al balonului (rezultanta tuturor forțelor care acționează asupra balonului este nulă). Forțele de rezistență sunt orientate invers față de sensul mișcării balonului.

Forțele care acționează asupra balonului, în timpul ascensiunii verticale uniforme, fiind cele reprezentate în figura 4, rezultă:

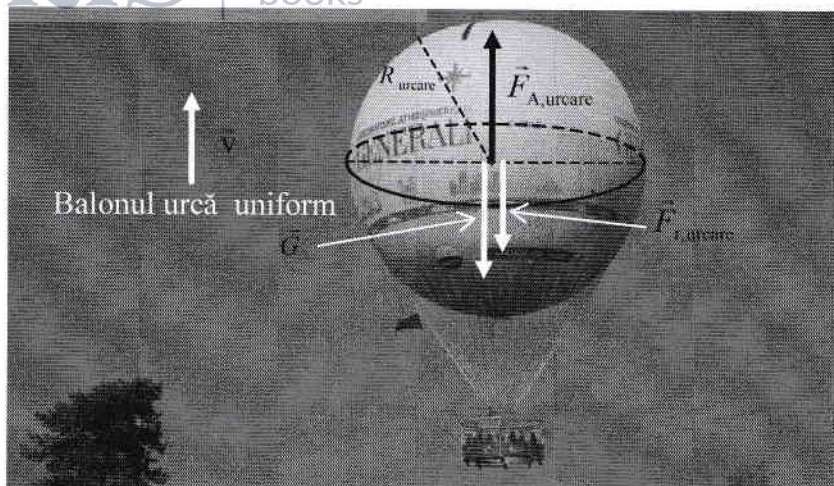


Fig. 4

$$\vec{F}_{A,urcare} + \vec{G} + \vec{F}_{r,urcare} = 0,$$

unde: $\vec{F}_{A,urcare}$ – forța arhimedică atmosferică pe durata ascensiunii uniforme a balonului; \vec{G} – greutatea întregului echipaj; $\vec{F}_{r,urcare}$ – forța de rezistență din partea aerului atmosferic, pe toată durata ascensiunii uniforme cu viteza \vec{v} ;

$$F_{A,urcare} = G + F_{r,urcare};$$

$$\rho_0 V_{balon,urcare} g = Mg + k v \pi R_{balon,urcare}^2;$$

$$k \pi v = \frac{\rho_0 V_{balon,urcare} g - Mg}{R_{balon,urcare}^2} = \frac{\rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{balon,urcare}^3 g - Mg}{R_{balon,urcare}^2} = \rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{balon,urcare} g - \frac{Mg}{R_{balon,urcare}^2}.$$

Forțele care acționează asupra balonului, în timpul coborârii verticale uniforme, fiind cele reprezentate în figura 5, rezultă:

$$\vec{F}_{A,coborare} + \vec{G} + \vec{F}_{r,coborare} = 0,$$

unde: $\vec{F}_{A,coborare}$ – forța arhimedică atmosferică pe durata coborârii uniforme a balonului; \vec{G} – greutatea întregului echipaj; $\vec{F}_{r,coborare}$ – forța de rezistență din partea aerului atmosferic, pe toată durata coborârii uniforme cu viteza \vec{v} ;

$$G = F_{A,coborare} + F_{r,coborare};$$

$$Mg = \rho_0 V_{balon,coborare} g + k v \pi R_{balon,coborare}^2;$$

$$k\pi v = \frac{Mg - \rho_0 V_{\text{balon, coborare}} g}{R_{\text{balon, coborare}}^2} = \frac{Mg - \rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{\text{balon, coborare}}^3 g}{R_{\text{balon, coborare}}^2} = \frac{Mg}{R_{\text{balon, coborare}}^2} - \rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{\text{balon, coborare}} g.$$

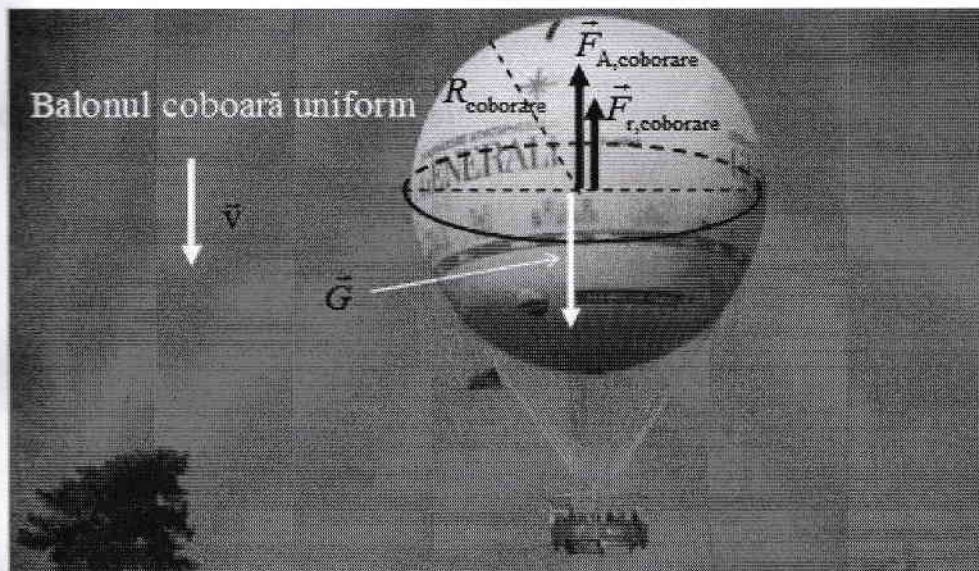


Fig. 5

Din cele două expresii algebrice scrise pentru mărimea $k\pi v$, rezultă:

$$\rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{\text{urcare}} g - \frac{Mg}{R_{\text{urcare}}^2} = \frac{Mg}{R_{\text{coborare}}^2} - \rho_0 \frac{4\pi}{3} R_{\text{coborare}} g;$$

$$Mg \left(\frac{1}{R_{\text{coborare}}^2} + \frac{1}{R_{\text{urcare}}^2} \right) = \rho_0 \frac{4\pi}{3} (R_{\text{urcare}} + R_{\text{coborare}}) g;$$

$$M \left(\frac{1}{R_{\text{coborare}}^2} + \frac{1}{R_{\text{urcare}}^2} \right) = \rho_0 \frac{4\pi}{3} (R_{\text{urcare}} + R_{\text{coborare}});$$

$$M = \frac{4\pi}{3} \rho_0 \frac{(R_{\text{urcare}} + R_{\text{coborare}})(R_{\text{urcare}} R_{\text{coborare}})^2}{R_{\text{urcare}}^2 + R_{\text{coborare}}^2}.$$

b)

1) Fiecare jumătate a unuiu dintre cele două resorturi nedeformate (cu lungimea inițială l_0 , având constanta de elasticitate k), este echivalent cu un nou resort, a cărui lungime în stare nedeformată este $l_0/2$ și a cărui constantă de elasticitate este $2k$.

Într-adevăr, sub acțiunea unei forțe deformatoare, F , în acord cu legea lui Hooke, obținem:

$$F = k\Delta L = k \cdot 2\Delta l,$$

unde: ΔL – alungirea întregului resort; Δl – alungirea unei jumătăți de resort;

$$F = k_{\text{echivalent}}\Delta l; k_{\text{echivalent}} = 2k.$$

Atunci când pisica s-a oprit pe tija 1, așa cum indică desenul din figura 6, rezultă:

$$2F_{e1} = mg; 2 \cdot 2k \cdot \Delta l = mg; \Delta l = \frac{mg}{4k};$$

$$l_1 = \frac{l_0}{2} + \Delta l + \frac{l_0}{2} = l_0 + \Delta l;$$

$$l_1 = l_0 + \frac{mg}{4k}.$$

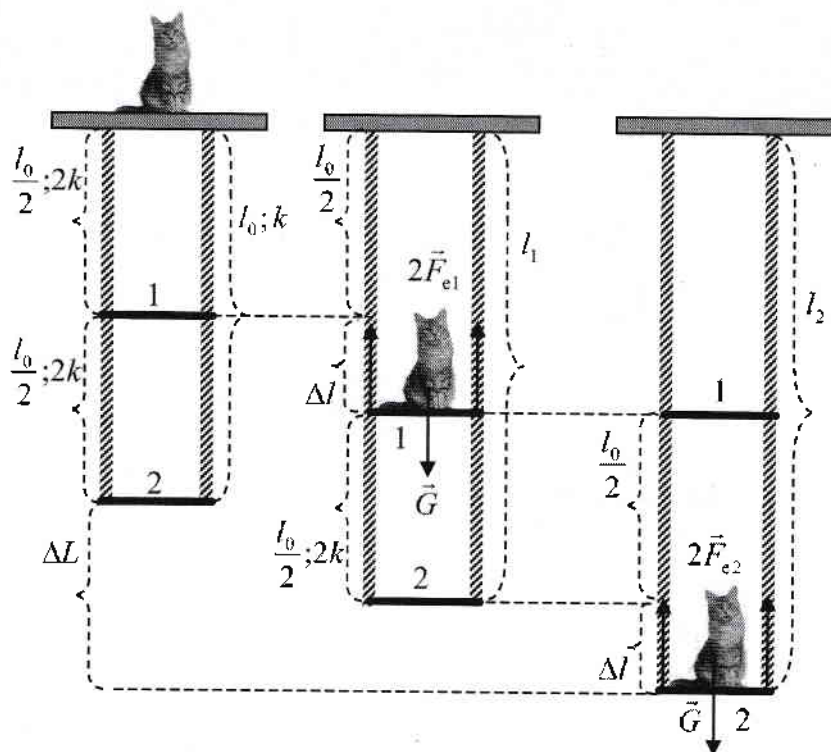


Fig. 6

Atunci când pisica s-a oprit pe tija 2, așa cum indică desenul din figura 6, rezultă:

$$2F_{e_2} = mg; 2 \cdot k \cdot \Delta L = mg; \Delta L = \frac{mg}{2k} = 2 \cdot \Delta l;$$

$$l_2 = l_0 + \Delta L;$$

$$l_2 = l_0 + \frac{mg}{2k}.$$

2) În acord cu legea conservării energiei mecanice, corespunzător notațiilor din figura 7, rezultă:

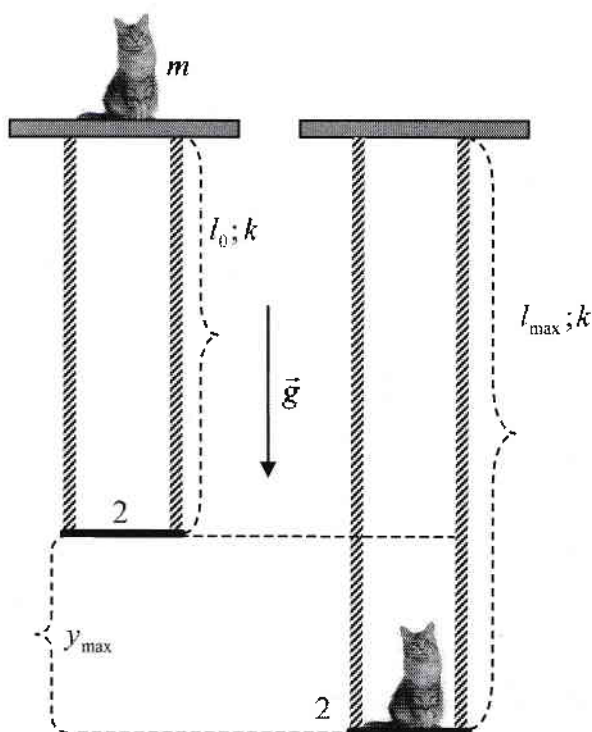
$$mgl_{\max} = 2 \cdot \frac{ky_{\max}^2}{2}; mg(l_0 + y_{\max}) = ky_{\max}^2;$$

$$ky_{\max}^2 - mgy_{\max} - mgl_0 = 0;$$

$$y_{\max} = \frac{mg \pm \sqrt{m^2g^2 + 4kmgl_0}}{2k}; y_{\max} > 0;$$

$$y_{\max} = \frac{mg + \sqrt{m^2g^2 + 4kmgl_0}}{2k};$$

$$l_{\max} = l_0 + y_{\max} = l_0 + \frac{mg + \sqrt{m^2g^2 + 4kmgl_0}}{2k}.$$



$$2F_{e_2} = mg; 2 \cdot k \cdot \Delta L = mg; \Delta L = \frac{mg}{2k} = 2 \cdot \Delta l;$$

$$l_2 = l_0 + \Delta L;$$

$$l_2 = l_0 + \frac{mg}{2k}.$$

2) În acord cu legea conservării energiei mecanice, corespunzător notațiilor din figura 7, rezultă:

$$mgl_{\max} = 2 \cdot \frac{ky_{\max}^2}{2}; mg(l_0 + y_{\max}) = ky_{\max}^2;$$

$$ky_{\max}^2 - mgy_{\max} - mgl_0 = 0;$$

$$y_{\max} = \frac{mg \pm \sqrt{m^2 g^2 + 4kmgl_0}}{2k}; y_{\max} > 0;$$

$$y_{\max} = \frac{mg + \sqrt{m^2 g^2 + 4kmgl_0}}{2k};$$

$$l_{\max} = l_0 + y_{\max} = l_0 + \frac{mg + \sqrt{m^2 g^2 + 4kmgl_0}}{2k}.$$

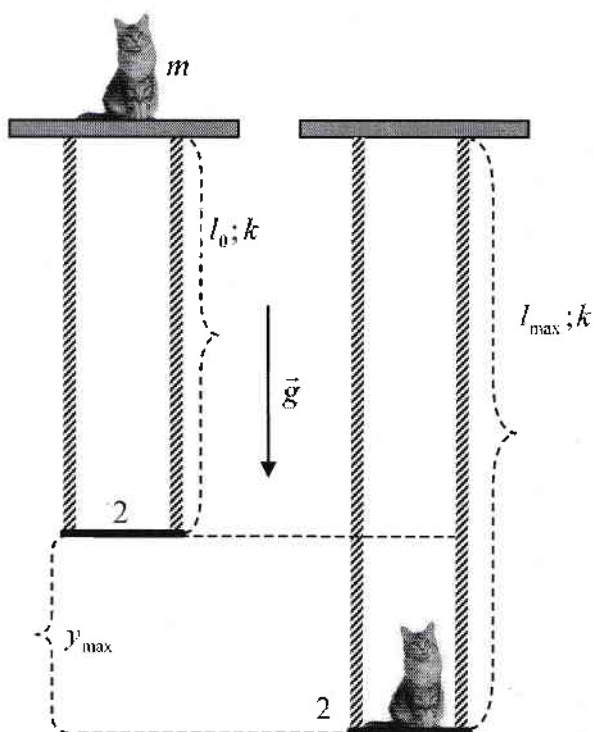


Fig. 7

c) În acord cu notațiile din figura 8, unde este evidențiată formarea imaginii porumbelului în oglinda plană, într-un moment oarecare din timpul zborului, rezultă:

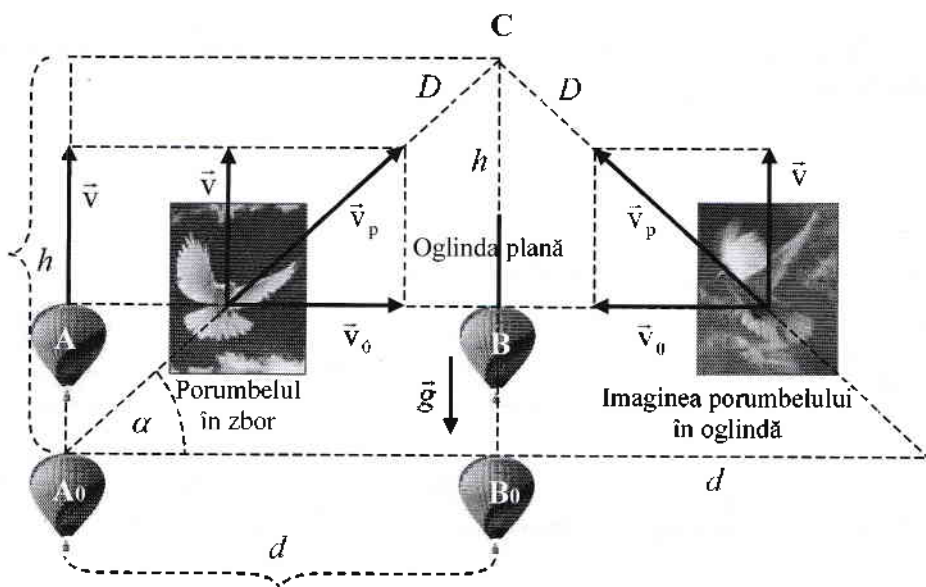


Fig. 8

$$\vec{v}_p = \vec{v} + \vec{v}_0,$$

unde: \vec{v}_p – viteza porumbelului, în raport cu solul, în timpul zborului spre oglinda de pe balonul B; \vec{v} – viteza ascensiunii fiecărui balon (componenta verticală a vitezei porumbelului); \vec{v}_0 – componenta orizontală a vitezei porumbelului;

$$v_p = \sqrt{v_0^2 + v^2};$$

$$d = v_0 t; h = vt;$$

$$v_p = \sqrt{\frac{d^2}{t^2} + v^2}; \tan \alpha = \frac{h}{d} = \frac{vt}{d}.$$

Problema 2. Pisica în balon

În imaginea din figura 1 este prezentat un balon sferic, utilizat pentru ascensiuni în atmosferă. În balon se află un gaz cu densitatea mult mai mică

LIBRIS | We know books
decât densitatea aerului atmosferic. La partea inferioară a balonului este suspendată nacela, în care se află echipajul balonului, precum și toate materialele și dispozitivele necesare dirijării și asigurării ascensiunii și coborârii balonului.

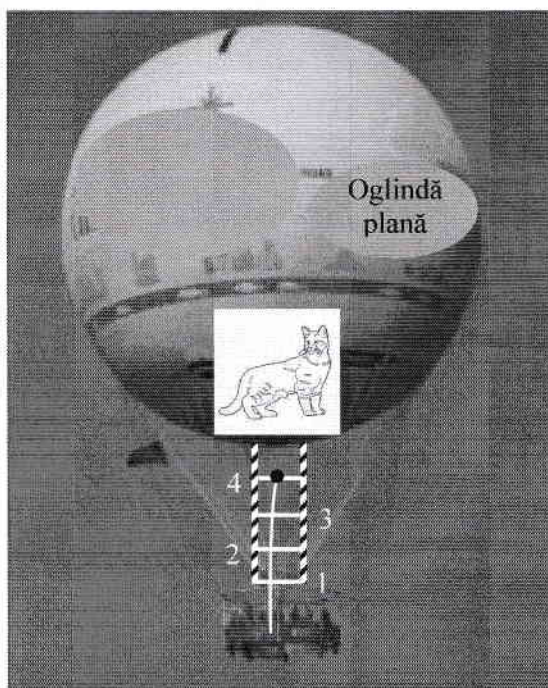


Fig. 1

În partea inferioară a balonului, deasupra nacellei, sunt suspendate de balon două resorturi elastice identice, așa cum indică imaginea din figura 1, foarte ușoare, fiecare cu constanta de elasticitate k și cu lungimea l_0 în stare nedeformată. Între resorturi sunt montate patru tije rigide, identice, foarte ușoare, echidistante, (1, 2, 3, 4). La mijlocul tijeii superioare (4) este prins unul din capetele unei frânghii, inextensibilă și foarte ușoară. Celălalt capăt al frânghiei este liber.

O pisică, cu masa m , iese din balon și se oprește pe tija superioară (4). Apoi, agățându-se de sfoară, pisica începe să aluneca, coborând uniform de-a lungul sfării, oprindu-se de fiecare dată pe tija inferioară întâlnită, unde, eliberând sfoara din ghearele sale, pisica așteaptă amortizarea eventualelor oscilații. Capetele inferioare ale resorturilor nu ating nacela.

Să se determine:

a) lungimea totală a scăriței elastice, formată din cele două resorturi și cele patru tije, în timp ce pisica ar aluneca uniform pe sfoară, plecând de pe tija (4), fără să se mai oprească pe niciuna dintre tijele orizontale întâlnite (3, 2, 1);