

Olimpiada Națională de Fizică

Vaslui 2015

Problema I

Baraj

A. Gravitație – PARADOXUL SATELIȚILOR

a. Satelitul în atmosfera superioară. Un satelit evoluează în jurul Pământului pe o orbită aproximativ circulară, cu viteza v . Modificarea orbitei satelitului este determinată de faptul că aerul din atmosfera superioară exercită asupra sa o forță de rezistență $F_r = qv^\alpha$, unde q este o constantă cunoscută.

Să se determine constanta α , știind că raza orbitei satelitului variază foarte lent.

b. Satelitul abandonat. Un satelit abandonat pe o orbită circulară la altitudinea $H_0 \ll R_0$, unde R_0 este raza Pământului, este frânat în păturile superioare ale atmosferei. Accelerația unghiulară a satelitului este ε .

Să se determine la ce altitudine se va afla satelitul după timpul t . Se cunoaște accelerația gravitațională terestră la sol, g_0 .

c. Satelit în atmosfera rarefiată. Un satelit al Pământului, cu masa m , deplasându-se în atmosfera înaltă, pe o orbită circulară cu raza r , întâmpină o forță de rezistență F_r din partea aerului rarefiat.

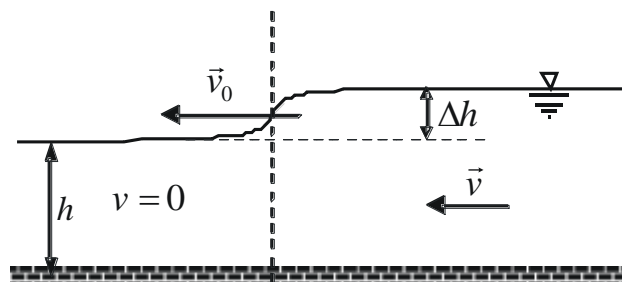
Să se determine variația vitezei satelitului după o rotație în jurul Pământului. Altitudinea orbitei satelitului se consideră mică în comparație cu raza Pământului. Se cunosc: M – masa Pământului; K – constanta atracției gravitaționale.

Subiect propus de
Prof. dr. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

B. Saltul hidraulic

Analizând curgerea apei în râuri sau în canale se poate observa un fenomen deosebit de interesant: zona în care curgerea apei este suficient de rapidă și adâncimea ei suficient de mică se termină cu apariția unei creșteri bruște a nivelului apei și cu scăderea vitezei ei de curgere (așa-numita curgere liniștită). Acest fenomen poartă numele de *salt hidraulic*. Pentru a modela saltul hidraulic se va considera curgerea apei printr-un canal cu profil dreptunghiular, cu lățimea constantă L , cu baza plană și orizontală. În canal se află o poartă verticală, care desparte canalul în două părți, în care apa are cote diferite.

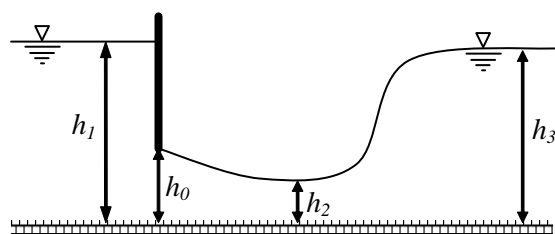
a) Apa din canal este în repaus. Prin ridicarea bruscă a porții se poate observa apariția unui val (a unei discontinuități) care se va propaga în apa staționară cu viteza v_0 , în timp ce apa din amonte va avea o viteză v , semnificativ mai mică decât v_0 , dar în același sens cu ea (v. Fig.). Dacă adâncimea apei din aval de poartă, aflată în repaus, este h , iar



1. Fiecare dintre subiecte 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 5 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 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

înălțimea valului este Δh , să se determine viteza v_0 cu care se propagă valul. În cazul a două canale paralele în care se produc valuri cu înălțimi diferite, care se propagă mai repede, cel mai înalt sau cel mai puțin înalt?

- b) Atunci când poarta este ridicată, prin canal curge apă cu debitul volumic Q . Studiind dependența energiei e a unității de volum, scrie pentru o particulă de fluid de la suprafața apei, de adâncimea h a acesteia, să se determine expresia adâncimii minime a apei pentru care curgerea este liniștită și să se calculeze valoarea ei numerică.
- c) Dacă viteza de curgere a apei prin canalul cu poarta ridicată este $v_1 = 6,0 \text{ m/s}$, iar debitul volumic este Q , să se demonstreze că se produce un salt hidraulic și să se determine înălțimea acestuia, precum și creșterea de temperatură a apei din aval, dacă toată energia pierdută prin formarea saltului hidraulic s-ar disipa sub formă de căldură și aceasta ar fi folosită integral pentru încălzirea apei. Să se calculeze valorile numerice ale mărimilor obținute.
- d) Adâncimea apei în spatele porții este $h_1 = 4,0 \text{ m}$, iar poarta este ridicată parțial pe o distanță h_0 (v. Fig.) și menținută acolo. Viteza apei în amonte de poartă este $v_1 = 50 \text{ cm/s}$, iar nivelul ei rămâne constant. Să se determine cotele h_2 și h_3 ale apei în amonte și în aval de locul în care se produce saltul hidraulic și să se calculeze valorile lor numerice.



Pentru toate calculele numerice, acolo unde nu se specifică alte valori, se vor considera: $L = 6,0 \text{ m}$, debitul volumic al apei prin canalul cu poarta ridicată $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$, accelerația gravitațională $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, densitatea apei $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. și căldura specifică a apei $c = 4,2 \text{ KJ/(kg} \cdot \text{K)}$.

Observații:

- În cazul curgerii staționare a unui fluid ideal, legea conservării energiei unității de volum a fluidului (ecuația Bernoulli) se scrie $p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const.}$, unde p este presiunea statică, ρgh este presiunea de poziție, iar $\frac{\rho v^2}{2}$ este presiunea dinamică.
- O ecuație algebrică neliniară sau transcendentă se poate rezolva prin metoda aproximațiilor succesive, scriind-o adecvat sub forma $f(x) = g(x)$, unde $f(x)$ se alege ca o funcție liniară. Pentru a găsi punctul de intersecție a graficelor celor două funcții, adică soluția ecuației, se pornește cu o valoare particulară x_0 și se calculează funcția neliniară $g(x_0)$. Apoi se rezolvă, pe rând, ecuațiile $f(x_1) = g(x_0)$, $f(x_2) = g(x_1)$ etc., până când $x_n = x_{n-1}$, cu același număr de cifre semnificative. În acest caz se spune că s-a realizat convergența, iar x_n astfel găsit reprezintă soluția ecuației inițiale.

Subiect propus de

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU, Facultatea de Fizică, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași

- Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
- Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.