



Problema I (10 puncte)

Fizica șemineului

1.1 Introducere în fizica șemineului

Gazele rezultate din arderea combustibilului solid într-un șemineu (sobă cu horn) sunt evacuate în atmosferă, printr-un coș cu înălțimea h și cu secțiunea transversală având aria A (vezi figura 1). Consideră că temperatura în interiorul sobei este T_s , că volumul gazelor produse în unitatea de timp în sobă este B și că temperatura aerului atmosferic este T_a .

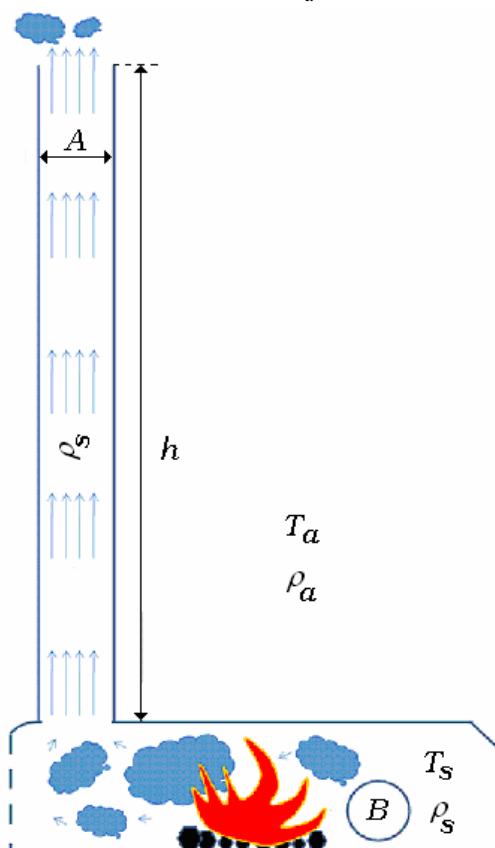


Figura 1. Schița sobei cu coș de înălțime h la temperatura T_s . Desenul nu este realizat la scară.

Presupune că:

- viteza gazelor în sobă este neglijabil de mică;
- densitatea gazelor (fumului) nu diferă de densitatea aerului, la aceeași presiune și temperatură; gazele aflate în sobă pot fi tratate ca fiind ideale;
- presiunea aerului variază cu înălțimea conform principiului fundamental al hidrostaticii; variația densității aerului cu înălțimea este neglijabilă;

- jetul de gaze respectă ecuația lui Bernoulli care statuează că următoarea cantitate se conservă în fiecare punct al jetului:

$$\frac{1}{2} \rho v^2(z) + \rho g z + p(z) = \text{const}$$

unde ρ este densitatea gazului, $v(z)$ este viteza acestuia, $p(z)$ este presiunea și z este înălțimea;

- variația densității gazului este neglijabilă în întregul șemineu.

1.1.1 Sarcina de lucru 1

1a) Determină expresia înălțimii minime a coșului, care asigură funcționarea eficientă a șemineului, astfel încât toate produsele gazoase de ardere să fie eliberate în atmosferă. Exprimă rezultatul în funcție de B , A , T_a , $\Delta T = T_s - T_a$ și de accelerația gravitațională g .

Important: Pentru toate sarcinile de lucru ce urmează consideră că înălțimea coșului se referă la înălțimea minimă, care asigură funcționarea eficientă a șemineului.

1b) Presupune că două șeminee sunt construite pentru a fi utilizate în același scop, dar pentru a funcționa în regiuni diferite ale lumii. Unul dintre șeminee este proiectat pentru a funcționa într-o regiune rece, unde temperatura medie a atmosferei de -30°C , iar celălalt este proiectat pentru a funcționa într-o regiune caldă, unde temperatura medie a atmosferei de 30°C . Secțiunile transversale ale coșurilor celor două șeminee sunt identice, iar temperatura în sobă este de 400°C . S-a calculat că înălțimea coșului șemineului proiectat să funcționeze în regiunea rece este de 100m . Determină înălțimea coșului șemineului proiectat să funcționeze în regiunea caldă.

1c) Trasează o schiță/ diagramă care să evidențieze modul în care variază viteza gazelor de-a lungul înălțimii coșului unui șemineu. Presupune că aria secțiunii transversale a coșului este constantă pe toată lungimea acestuia. Indică pe diagramă locul în care gazele intră din sobă în coș.

1d) Dedu dependența $p_s = p_s(z)$ a presiunii gazelor rezultate din ardere de coordonata z în coșul șemineului. Exprimă rezultatul în funcție de presiunea atmosferică de la baza coșului, de accelerația gravitațională g , de densitatea ρ_a a aerului, de densitatea ρ_s a gazelor, de înălțimea h și de coordonata z a punctului din coș.

1.2 Centrală solară

Circulația gazelor prin coșul unui șemineu poate fi folosită pentru construirea unui tip special de centrală solară - centrală solară cu șemineu. Ideea este ilustrată în figura 2. Soarele încălzește aerul de sub colectorul de arie S . Colectorul este deschis la periferie, permițând intrarea nestânjenită a aerului (vezi figura 2). Pe măsură ce aerul cald (reprezentat prin săgețile subțiri și continue) urcă pe verticală prin coș, noi cantități de aer rece (reprezentate prin săgeți groase și punctate) intră în colector din mediul înconjurător, asigurând o circulație continuă a aerului prin centrală. Jetul de aer prin coș pune în mișcare o turbină, ceea ce conduce la producerea de energie electrică. Energia radiației solare pe unitatea de timp și pe unitatea de arie orizontală a colectorului se notează cu G . Presupune că toată energia radiației solare incidente pe colector poate fi utilizată pentru încălzirea aerului din colector. Temperatura aerului rece este T_a , iar căldura specifică a aerului este c . Consideră că se poate neglija dependența căldurii specifice de temperatura aerului.

Randamentul centralei solare cu șemineu este definit ca raportul dintre energia cinetică a jetului de aer și energia solară absorbită pentru încălzirea aerului, până la intrarea acestuia în coș.

1.2.1 Sarcina de lucru 2

2a) Determină expresia randamentul centralei solare cu șemineu. Exprimă rezultatul în funcție de g , h , c și T_a .

2b) Trasează o diagramă care să illustreze calitativ dependența randamentului centralei solare cu șemineu de înălțimea coșului.

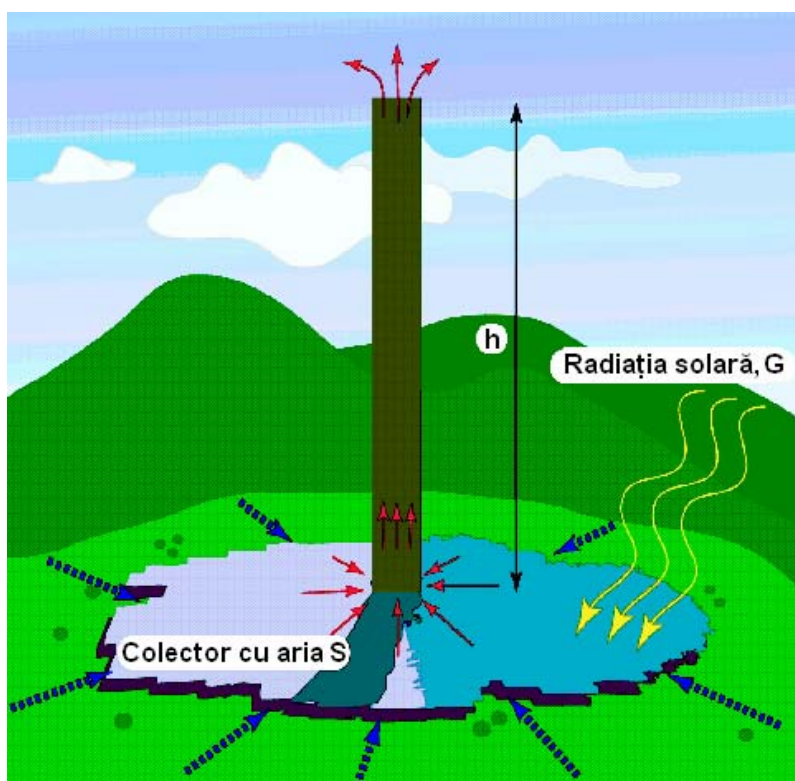


Figura 2. Schița unei centrale solare.

1.3 Prototipul Manzanares

Coșul centralei solare prototip, construită la Manzanares, Spania are o înălțime de 195 m și o rază de 5 m . Colectorul său este circular și are diametrul de 244 m . Căldura specifică a aerului în condiții tipice de lucru pentru coșul centralei solare prototip este de $1012\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, densitatea aerului cald este de aproximativ $0,9\text{ kg}/\text{m}^3$, iar valoarea tipică a temperaturii atmosferei este $T_a = 295\text{ K}$. În Manzanares, în cursul unei zile însorite, puterea solară pe unitatea de suprafață orizontală are valoarea tipică de $150\text{ W}/\text{m}^2$. Consideră $g = 9,81\text{ m}/\text{s}^2$.

1.3.1 Sarcina de lucru 3

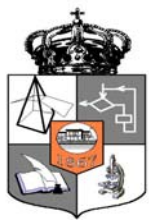
- 3a) Calculează valoarea randamentului centralei solare prototip de la Manzanares.
- 3b) Determină valoarea numerică a puterii ce poate fi produsă cu ajutorul centralei solare prototip.
- 3c) Estimează valoarea energiei ce poate fi produsă de centrala solară prototip, în timpul unei zile însorite tipice.

1.3.2 Sarcina de lucru 4

- 4a) Determină expresia pentru creșterea de temperatură $\Delta T'$ a aerului, atunci când acesta trece din mediul înconjurător (cu aer rece) în coșul centralei (cu aer cald) și calculează-i valoarea numerică.
- 4b) Calculează valoarea debitului masic al jetului de aer care circulă prin centrala solară cu șemineu de la Manzanares.

Subiect propus de:

Delia DAVIDESCU – Centrul Național de Evaluare și Examinare – Ministerul Educației, Cercetării,
Tineretului și Sportului
Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema I (10 puncte)

Fizica șemineului

1.1 Introducere în fizica șemineului

1.1.1 Sarcina de lucru 1

1a) Expresia înălțimii minime a coșului, care asigură funcționarea eficientă a șemineului

1b) Înălțimea coșul șemineului proiectat să funcționeze în regiunea caldă

1c) Reprezentarea grafică a dependenței $v = v(z)$, care evidențiază modul în care variază viteza gazelor de-a lungul înălțimii coșului

1d) Expresia dependenței $p_s = p_s(z)$

1.2 Centrală solară

1.2.1 Sarcina de lucru 2

2a) Expresia randamentul centralei solare cu șemineu

2b) Reprezentarea grafică a dependenței $\eta = \eta(h)$

1.3 Prototipul Manzanares

1.3.1 Sarcina de lucru 3

3a) Valoarea randamentul centralei solare prototip de la Manzanares

3b) Valoarea puterii ce poate fi produsă cu ajutorul centralei solare prototip

3c) Valoarea energiei ce poate fi produsă de centrala solară prototip, în timpul unei zile însorite tipice

1.3.2 Sarcina de lucru 4

4a) Expresia pentru creșterea de temperatură $\Delta T'$ a aerului

Valoarea numerică pentru creșterea de temperatură $\Delta T'$ a aerului

4b) Valoarea debitului masic al jetului de aer