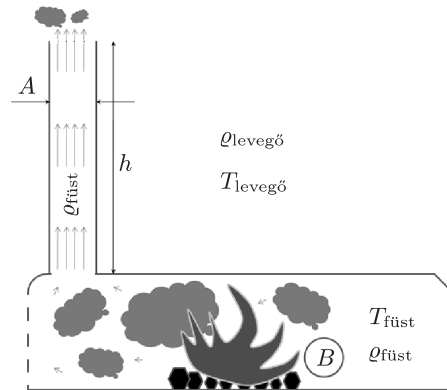


2. feladat. Kéményfizika

Bevezetés. Egy kazánból a légnemű égéstermék (füst, gáz) A keresztmetszetű, h magasságú kéményen keresztül jut ki a $T_{\text{levegő}}$ hőmérsékletű légkörbe (lásd 4. ábra). A kazán égésterének, valamint az égés során keletkezett füstnek a hőmérséklete $T_{\text{füst}}$. A kazánban időegység alatt keletkezett légnemű égéstermék térfogata B .



4. ábra. A $T_{\text{füst}}$ hőmérsékletű kazán és a h magasságú kémény

A következő közelítésekkel éljünk:

- A kazánban a gázok áramlási sebessége elhanyagolhatóan kicsi.
- Az égéstermék (füst) sűrűsége megegyezik az ugyanolyan nyomású és hőmérsékletű levegő sűrűségével, továbbá a kazánban levő gáz ideálisnak tekinthető.
- A külső levegő nyomása a hidrosztatikus nyomás törvénye szerint változik a magasság függvényében; a külső levegő sűrűségének magasságtól való függése elhanyagolható.
- Az égéstermék áramlása megfelel a Bernoulli-törvénynek, mely szerint a következő összeg:

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

az áramlási tér minden pontjában. A képletben ρ az égéstermék sűrűsége, $v(z)$ az áramlás sebessége, $p(z)$ pedig a nyomás z magasságban.

- Az égéstermék sűrűségének változása a kémény teljes hosszában elhanyagolható.

1. részfeladat.

a) Mekkora az a minimális magasság, mely mellett a kémény hatékonyan működik, azaz az összes keletkező égéstermék képes a légkörbe kijuttatni? Az eredményt B , A , $T_{\text{levegő}}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ és $\Delta T = T_{\text{füst}} - T_{\text{levegő}}$ függvényében add meg!

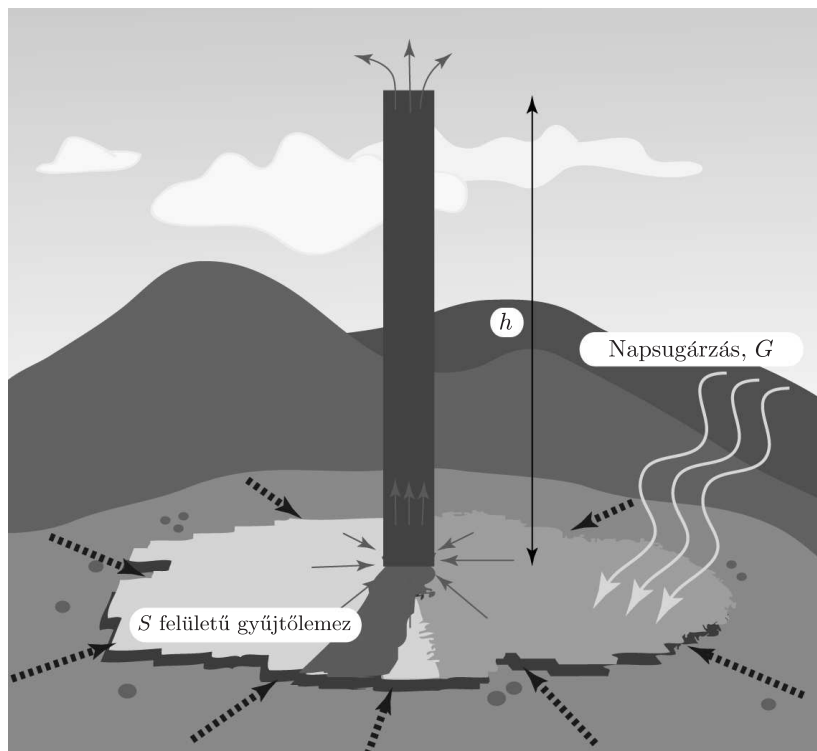
Fontos: a összes további kérdés megválaszolásánál tételezd fel, hogy a kémény magassága megegyezik ezzel a minimális mérettel.

b) Tegyük föl, hogy két pontosan azonos kazánhoz, azonos célra két kéményt építenek. A kémények keresztmetszete megegyezik, de különböző földrajzi helyre tervezik őket; az egyiket hideg éghajlatra, ahol a levegő átlagos hőmérséklete -30°C , a másikat pedig meleg vidékre, ahol a levegő átlaghőmérséklete 30°C . Mindkét esetben a kazán belső hőmérséklete 400°C . A hidegebb helyen levő kémény minimális magassága 100 m -nek adódik. Milyen magas a másik kémény?

c) Mekkora a kéményben áramló gáz sebessége? Készíts vázlatos grafikont az áramló gáz sebességéről a magasság függvényében, feltételezve, hogy a kémény keresztmetszete nem változik a magassággal. Jelöld meg a grafikonon azt a magasságot, ahol az égéstermék belép a kéménybe!

d) Hogyan változik a kéményben az égéstermék (gáz) nyomása a magasság függvényében?

Naperőmű. A kéményben áramló gáz energiájának hasznosításával naperőművet (napkéményt) lehet létrehozni. Az elrendezést az 5. ábra szemlélteti. A Nap felmelegíti az S felületű gyűjtőlemez alatt elhelyezkedő levegőt. A gyűjtőlemez szélénél a levegő szabadon áramolhat be a lemez alá. Miközben a felmelegített levegő a kéményen keresztül felfelé távozik (vékony, folytonos nyilak), hideg levegő áramlik a gyűjtőlemez alá a széleken (vastag, pontozott nyilak), és így a napkéményben folytonos levegőáramlás alakul ki. Az áramló levegő egy turbinát hajt meg a kéményben, amely elektromos energiát termel. A napsugárzás időegységre és vízszintes területegységre vonatkoztatott energiáját jelölje G . Tegyük föl, hogy a gyűjtőlemezre jutó összes napsugárzás a lemez alatt levő levegő melegítésére fordítódik. Jelölje a levegő (egységnyi tömegről vonatkoztatott) fajhőjét c , és hanyagoljuk el c hőmérsékletfüggését. A napkémény hatásfokát a kéményben áramló gáz mozgási energiájának és a gyűjtőlemez alatt levő levegő által elnyelt besugárzási energiának a hányadosaként értelmezzük.



5. ábra. A napkémény felépítése

2. részfeladat.

- Mennyi a napkémény hatásfoka?
- Grafikonon ábrázold a hatásfoknak a kémény magasságától való függését!

A Manzanares-ben működő napkémény. Az első napkémény a spanyolországi Manzanares közelében épült. A kémény magassága 195 m, sugara 5 m. A gyűjtőlemez 244 m átmérőjű körlap. A tipikus működési körülmények mellett a napkéményben lévő levegő fajhője $1012 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, a forró levegő sűrűsége megközelítőleg $0,9 \text{ kg/m}^3$, a külső levegő átlaghőmérséklete pedig $T_{\text{levegő}} = 295 \text{ K}$ Manzanares-ben. Az egységnyi vízszintes felületre eső napsugárzás intenzitása nappal, egy átlagos napsütéses napon 150 W/m^2 .

3. részfeladat.

- Mennyi a Manzanares-ben épült napkémény hatásfoka? Eredményedet számszerűen is add meg!
- Mekkora teljesítménnyel működik a Manzanares-ben épült napkémény?
- Mennyi energiát állít elő a Manzanares-ben épült napkémény egy átlagos napsütéses napon?

4. részfeladat.

a) Határozd meg, mennyivel emelkedik a napkéményben a kémény torkolatánál belépő (meleg) levegő hőmérséklete a külső (hideg) levegő hőmérsékletéhez képest? Add meg az általános formulát, majd értékeld ki a Manzanares-ben működő napkémény adataival!

b) Hány kilogramm/szekundum a Manzanares-ben működő napkéményben hozama, vagyis mennyi az időegység alatt átáramló levegő tömege?