

Ez a feladat öt, egymástól független részből áll. Minden részben *csak nagyságrendi becslést* kell végezned, nem szükséges pontos választ adnod.

Digitális kamera. Tekintsünk egy $N_p = 5$ Mpix ($1 \text{ Mpix} = 10^6$ pixel) érzékelőfelületű digitális kamerát. A négyzet alakú, CCD érzékelőlap lineáris mérete (oldala) $L = 35$ mm. A kamera lenséjének fókusz távolsága: $f = 38$ mm. A lensén megjelenő, jól ismert számsorozat (2, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22) F -számoknak (numerikus apertúrának) hívjuk, és így jelölünk: $F\#$, és a fókusz távolság és a D lensenyílás (apertúra) átmérőjének arányaként definiálunk: $F\# = f/D$.

3.1. (1 pont) Add meg a kamera lehető legjobb, csak a lensé által korlátozott $\Delta x_{\min}$ felbontóképességét az érzékelőfelületén. Eredményedet fejezd ki a λ hullámhossz és $F\#$ (numerikus apertúra) segítségével, majd add meg a felbontóképesség számszerű értékét is $\lambda = 500$ nm esetén.

3.2. (0,5 pont) Add meg a megapixelek ahhoz szükséges N számát, hogy a CCD érzékelő megfeleljen a fenti optimális felbontóképességnek.

3.3. (0,5 pont) Időnként a fényképezészek úgy próbálják a kamerájukat használni, hogy a lehető legkisebb nyílást (apertúrát) állítják be. Tegyük fel, hogy a fényképezőgépünk $N_0 = 16$ Mpix-es, és érzékelőfelületének mérete, valamint lenséjének fókusz távolsága az előzőekkel megegyező. Milyen $F\#$ értéket állítsunk be, hogy a kép minőségét az optika ne korlátozza?

3.4. (0,5 pont) Tudjuk, hogy az emberi szem szög szerinti felbontóképessége nagyjából $\varphi = 2''$ (szögmásodperc), és egy tipikus nyomtató minimum 300 dpi (dots per inch, azaz pont/hüvelyk) finomsággal nyomtat, legalább milyen minimális z távolságra tartsuk az oldalt a szemünktől, hogy ne lássuk külön-külön a pontokat?

Adatok: 1 hüvelyk = 25,4 mm, $1'' = 2,91 \cdot 10^{-4}$ rad.

Keménytojás. A hűtőszekrényből kivett tojás hőmérséklete $T_0 = 4$ °C. Ezt a tojást forrásban lévő vízbe tesszük. A víz jól ismert forráspontját jelöljük így: T_1 .

3.5. (0,5 pont) Mekkora U mennyiségű energiára van szükség ahhoz, hogy az egész tojás kicsapódjon (koagulálódjon)?

3.6. (0,5 pont) Mekkora J hőáramsűrűség folyik a tojásba, ha a közepe még hideg?

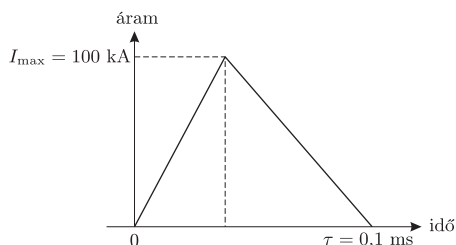
3.7. (0,5 pont) Mekkora P fűtőteljesítmény melegíti ilyenkor a tojást?

3.8. (0,5 pont) Ilyen hőátadással mennyi idő alatt lesz kemény a tojás?

Segítség: Használhatod a hővezetés egyszerűsített Fourier-törvényét: $J = \kappa \Delta T / \Delta r$, ahol ΔT a feladat tipikus Δr hossz méretéhez tartozó hőmérsékletkülönbség. A J hőáramsűrűség mértékegysége: W m^{-2} .

Adatok: A tojás (tömeg) sűrűsége: $\mu = 10^3$ kg m^{-3} . A tojás fajhője: $c = 4,2$ J K^{-1} g $^{-1}$. A tojás sugara: $R = 2,5$ cm. A tojásfehérje kicsapódási hőmérséklete: $T_c = 65$ °C. Hővezetési együttható (melyről feltételezhetjük, hogy a folyékony és a szilárd tojásfehérjére ugyanakkora): $\kappa = 0,64$ W K^{-1} m $^{-1}$.

Villámlás. A villámok nagyon leegyszerűsített modelljével foglalkozunk. A villámokat a felhőkben felhalmozódó elektrosztatikus töltések okozzák. A felhők alja rendszerint pozitív töltésű, a tetejük negatív töltésű, és a felhő alatt a talaj negatívan töltött. Ha az elektromos térerősség eléri a levegő átütési értékét, akkor kisülés következik be; ez a villám.



3. ábra. Egy villám idealizált impulzusa (a felhő és a talaj között folyó áramerősség az idő függvényében)

A következő kérdésekre ennek az egyszerűsített áramerősség-idő görbének (3. ábra) és az alábbi adatoknak a segítségével válaszolj:

A felhő alja és a talaj közötti távolság: $h = 1$ km.

A nedves levegő átütési térerőssége: $E_0 = 300$ kV m $^{-1}$.

A Földet évente elérő villámok teljes száma: $32 \cdot 10^6$.

A Föld népessége: $6,5 \cdot 10^9$ ember (= 6,5 Gigaember).

3.9. (0,5 pont) Mekkora egy villám Q töltése?

3.10. (0,5 pont) Mekkora átlagos I áram folyik villámláskor a felhő alja és a talaj között?

3.11. (1 pont) Képzeld el, hogy a viharok egy év alatti összes elektromos energiáját összegyűjtjük, majd egyenletesen szétosztjuk az emberek között. Milyen hosszán tudna folyamatosan világítani egy 100 W-os izzólámpa az egy emberre jutó átlagos energiával?

Hajszálerek. Az emberi vért tekintsük olyan összenyomhatatlan, viszkozus folyadéknak, melynek μ (tömeg-) sűrűsége megegyezik a vízével, dinamikus viszkozitása pedig $\eta = 4,5 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. A hajszálér-hálózatot egyenes, r sugarú, L hosszúságú hengeres csövekkel modellezzük, és a véráram leírására a Poiseuille-féle

$$\Delta p = RD$$

törvényt alkalmazzuk, mely a hidrodinamikában hasonló szerepet játszik, mint az elektromosságban az Ohm-törvény. A fenti képletben Δp az ér (cső) eleje és vége közti nyomáskülönbség, a $D = Sv$ (vér-) hozam az ér S keresztmetszetén időegység alatt átáramlott folyadék térfogata, v pedig a véráram sebessége. Az R áramlási ellenállást a következő formula adja meg:

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}.$$

Nyugalmi állapotban az emberi nagyvérkörben (amely a szív bal pitvarától a jobb kamráig vezet) a „vérhozam” $D \approx 100 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$. A következő kérdések megválaszolásánál a nagyvérkör leírására olyan modellt használj, melyben a hajszálerek párhuzamosan vannak kapcsolva, és mindegyikük $r = 4 \text{ }\mu\text{m}$ sugarú, $L = 1 \text{ mm}$ hosszúságú, és $\Delta p = 1 \text{ kPa}$ nyomáskülönbségnek van kitéve.

3.12. (1 pont) Hány hajszálér található az emberi testben?

3.13. (0,5 pont) Mekkora v sebességgel áramlik a vér a hajszálerekben?

Felhőkarcoló. Egy 1000 m magas felhőkarcoló aljánál a külső levegő hőmérséklete $T_{\text{lent}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Célunk a felhőkarcoló tetejénél mérhető T_{fent} külső hőmérséklet megállapítása. Tekintsünk egy vékony levegőréteget (ideális nitrogéngáz, adiabatikus kitevője $\gamma = 7/5$), amely lassan z magasságba emelkedik, ahol a nyomás alacsonyabb, valamint tegyük föl, hogy a levegőréteg eközben adiabatikusan tágul, és így hőmérséklete a környező levegőével megegyező értékre csökken.

3.14. (0,5 pont) Határozd meg a dT/T relatív hőmérsékletváltozásnak és a dp/p relatív nyomásváltozásnak a hányadosát!

3.15. (0,5 pont) Fejezd ki a dp nyomáskülönbséget a dz magasságváltozás függvényében!

3.16. (1 pont) Mennyi a levegő hőmérséklete a felhőkarcoló tetejénél?

Adatok: A Boltzmann-állandó: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$. A nitrogénmolekula tömege: $m = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. A nehézségi gyorsulás: $g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$.