

Szabadtüdős merülés

2020. november végén egy 27 éves magyar lány, Korok Fatima hosszan beszippantotta a levegőt, majd 86 méteren át úszott lefelé a Vörös-tenger mélyére, majd ugyanezzel a levegővel visszaért a felszínre. Alább részletek olvashatók a sportoló beszámolójából: [...] befejezem a levegővételt. Hasra fordulok, fejemmel és felső testemmel lefelé bukok, [...] megkezdem az utamat lefelé. Az első tíz méteren, amit nagyjából tíz másodperc alatt teszek meg, le kell küzdenem a víz felhajtóerejét. Ez az egyik legmegterhelőbb szakasz [...] 40-45 méter mélyen már nehezebb leszek, mint a testemet körülvevő víz, ezzel megszűnik a felhajtóerő. Már nem lábtempózom, kifejezetten húz a mélység lefelé. [...] Elkezdek zuhanni. [...] A tüdő – akár egy pöttyös labda – mérete a felszínen ismert, viszont a nyomás hatására tíz méteren már a felére zsugorodik, húsz méteren a harmadára és így csökken tovább, amíg el nem éri a lehetséges minimális térfogatát. Lent a mélyben akkora lesz, mint az öklöd fele [...] zuhanás közben [...] arra figyelek, hogy megtartsam az optimális pozíciót [...] Miközben megfordulok, és megteszem az első lábtempókat felfelé, kezdődik az igazi munka [...] Az utolsó 25 méteren fordítva használom ki a fizikát: a víz felhajtóereje, ami lefelé nehezített, itt megkönnyíti a haladást. Ahogy a tüdőm is folyamatosan tágul vissza, az is segít az emelkedésben [...]



- a) Milyen erők hatnak egy folyadékba merített (nyugvó) testre? Mi a feltétele annak, hogy a folyadékba merülő test a felszínre emelkedjen?
- b) Mitől függ a vízben tapasztalható hidrosztatikai nyomás?
- c) Mi történik a folyadékok és a gázok térfogatával, ha (adott hőmérséklet mellett) növekszik a nyomásuk?
- d) Elemesse a sportolóra ható erőket a merülés során! Melyik az az erő, amelyik a mélységgel változik, hogyan változik és minek köszönhető a változás?
- e) Helyes-e fizikai szempontból a szövegben az aláhúzott kijelentés? Ha nem, hogyan lehetne pontosítani?
- f) A merülés mely szakaszaiban kell a sportolónak erővel hajtania magát ahhoz, hogy a kívánt irányban haladjon és miért?
- g) Mekkora lenne a térfogata 5 liter, 10^5 Pa nyomású levegőnek akkora nyomáson, amekkora a víz alatt 86 m mélységben uralkodik, ha a hőmérsékletét állandónak tekinthetjük?

(2025. május id.)

Megoldás: (18 pont)

a) A folyadékba mártott testre ható erők felsorolása és az úszás feltételének meghatározása:

3 pont

A súlyerő G (1 pont) és a hidrosztatikai felhajtóerő F_{fel} (1 pont).

Egy test úszik (felszínre emelkedik), ha $G < F_{fel}$ (1 pont).

(Az úszás feltétele a sűrűségekkel is megadható.)

b) A hidrosztatikai nyomás elemzése:

2 pont

A nyomás egyenesen arányos a folyadék sűrűségével (1 pont) és a mélységgel (1 pont).

(Képlet felírása is elfogadható, amennyiben a vizsgázó a képletben szereplő mennyiségeket expliciten megnevezi.)

c) A folyadékok és gázok térfogatváltozásának megadása:

2 pont

A gázok térfogata csökken (1 pont), ha nő a nyomás, a folyadékok térfogata csak sokkal kisebb mértékben változik (1 pont). (A nem változik is elfogadható).

d) A sportolóra ható erők változásának elemzése:

4 pont

A súlyerő állandó (1 pont) a merülés során, a felhajtóerő csökken (1 pont), ahogy a sportoló egyre mélyebbre merül. Ennek oka, hogy a mélységgel nő a nyomás (1 pont), így nő a tüdőben lévő levegő nyomása is, tehát csökken a tüdő térfogata, vagy a sportoló sűrűsége nő (1 pont).

e) A szövegben aláhúzott szöveg elemzése és javítása:

3 pont

Az aláhúzott szöveg nem helyes (1 pont).

A „nehezebb leszek, mint a testemet körülvevő víz” helyett a „nehezebb leszek, mint a testem által kiszorított víz” a pontosabb (1 pont).

A „megszűnik a felhajtóerő” helyett a „felhajtóerő kisebb lesz, mint a súlyerő” a pontos leírás (1 pont).

f) Annak elemzése, hogy mikor kell a sportolónak erővel úsznia:

2 pont

Lefelé menet kis mélységben kell úszni, mivel itt $F_{fel} > G$ (1 pont).

Fölfelé menet nagy mélységben kell úszni, mivel itt $F_{fel} < G$ (1 pont).

g) A keresett térfogat meghatározása:

2 pont

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = 5 \cdot \frac{10^5}{(1+8,6) \cdot 10^5} \approx 0,51 \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 1 \text{ pont})$$

Összesen

18 pont