

Megoldás. a) A lézer által kisugárzott összes fény energiája $E = Pt = 3 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 10,8 \text{ J}$. Mivel egy λ hullámhosszúságú foton energiája hc/λ (ahol h a Planck-állandó, c pedig a fénysebesség vákuumban), a kisugárzott fotonok száma

$$n = E \cdot \frac{\lambda}{hc} = 2,7 \cdot 10^{19}.$$

b) Egy-egy foton impulzusa h/λ . Ha az m tömegű lézer végsebességét v -vel jelöljük, az impulzusmegmaradás törvénye szerint $n \cdot \frac{h}{\lambda} = mv$, ahonnan

$$v = n \cdot \frac{h}{m\lambda} = E \cdot \frac{\lambda}{hc} \cdot \frac{h}{m\lambda} = \frac{E}{mc} = 7,2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Mivel a lézerceruza egyenletesen sugározza a fényt, gyorsulása állandó, így az elmozdulása $s = \frac{v}{2} \cdot t = 1,3 \text{ mm}$.

() *Szeles Sándor* (Eger, Neumann J. Közg. Szki. és Gimn., 11. o.t.)

Megjegyzések. 1. A ceruza sebességének változása – ha a fotonok kibocsátását pillanatszerűnek képzeljük – ugrásszerűen, kvantáltan történik, tehát a ceruza gyorsulása nem egyenletes. Ezt a hatást azonban a kibocsátott fotonok nagy száma (vagyis egy-egy sebességugrás kicsiny volta) miatt figyelmen kívül hagyhatjuk. Ugyancsak elhanyagolhatjuk a légellenállást, mert a végsebesség igen csekély. () *Müller Viktor* (Kecskemét, Ref. Koll. Gimn., 12. o.t.)

2. A megoldás során eltekintettünk attól, hogy a lézerceruza a kisugárzott energiával arányosan $\Delta m = E/c^2$ tömeget veszít. Ennek a tömegvesztésnek a számértéke kb. 10^{-13} g , a ceruza össztömegéhez viszonyítva elhanyagolhatóan kicsi. () *Szilágyi Péter* (Debreceni Egyetem Kossuth L. Gyak. Gimn., 11. o.t.)

3. Ha a feladatban leírt számítás helyességét tényleges kísérlettel szeretnénk ellenőrizni, igen komoly technikai nehézségekkel kellene megküzdenünk. A lézerceruza az úrállomáshoz viszonyított kezdeti sebességét olyan nagy pontossággal kellene „lenulláznunk”, hogy az esetleges maradék kezdősebességből adódó elmozdulás egy óra alatt se közelítse meg az 1 mm-t. Azt is biztosítanunk kellene, hogy a „súlytalanság” feltétele nagyon pontosan teljesüljön, se az árapályerők, se pedig az úrállomás egyes részeinek gravitációs hatása ne okozzon a mérni kívánt mennyiséggel összemérhető hibát. Ilyen jellegű, de még sokkal kényesebb kérdésekkel kell szembenézniük az űrben elvégzendő precíziós mérések tervezőinek, ha pl. az általános relativitáselmélet vagy a kvantumelmélet bizonyos finom részleteit kívánják „lebegtetős” kísérletekkel ellenőrizni. () *(G. P.)*