Fizika feladatok megoldása

P. 5130. *Hány fényév távolságra van tőlünk az a galaxis, amelynek egyik csillagáról hozzánk érkező sugárzásban a hidrogén* 4d → 2p *átmenetnek megfelelő fény hullámhossza* 513 nm?

(*5 pont*) Közli: *Zsigri Ferenc,* Budapest

Megoldás. A 4d → 2p átmenet során a hidrogénatom $n_1 = 4$-es főkvantumszámú állapotból $n_2 = 2$-es állapotba kerül. A hidrogénatom kvantált energiaszintjeit a Bohr-modell (vagy a kvantummechanika törvényei) szerint az

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\,\frac{1}{n^2} = -\frac{13{,}6\ \mathrm{eV}}{n^2}$$

összefüggés alapján számíthatjuk ki (ahol m az elektron tömege, e az elemi töltés, h pedig a Planck-állandó). Eszerint $E_2 = -3{,}4$ eV, $E_4 = -0{,}85$ eV, a felszabaduló energia: $E_4 - E_2 = +2{,}55$ eV. Ez az energia az Einstein–Planck-hipotézis szerint

$$\lambda_0 = \frac{hc}{E_4 - E_2} = 485\ \mathrm{nm}$$

hullámhosszúságú fény keltésére elegendő (c a fénysebesség vákuumban).

A Földre érkező és itt megfigyelt fény $\lambda = 513$ nm-es hullámhossza $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 28$ nm-rel nagyobb, mint a kibocsátott fényé, az tehát a vörös felé tolódott el. A *vöröseltolódást* a galaxis (és benne a csillag) nagy sebességű távolodása miatt fellépő Doppler-hatásként értelmezhetjük. A relativisztikus Doppler-képlet szerint

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}},$$

ahonnan a csillag távolodási sebességére a

$$v = \frac{\lambda^2 - \lambda_0^2}{\lambda^2 + \lambda_0^2}\,c = 0{,}056\,c \approx 16\,800\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

értéket kapjuk. Lényegében ugyanezt az eredményt kapjuk, ha a nemrelativisztikus $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}c$ formulából indulunk ki; így számolva

$$v = 0{,}058\,c \approx 17\,400\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

távolodási sebességet kapunk.

A Hubble-törvény kapcsolatot ad meg az extragalatikus objektum r távolsága és v távolodási sebessége között:

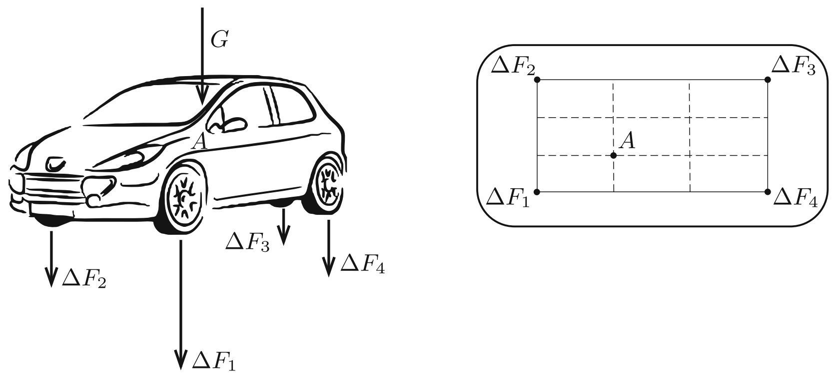
$$v = Hr, \qquad \text{ahol} \quad H \approx 70 \, \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s \cdot Mpc}}.$$

Ezek szerint a feladatban szereplő galaxis $r = \frac{v}{H} \approx 240$ Mpc távolságra van tőlünk; ez kb. 800 millió fényévnek felel meg.

Morvai Orsolya (Révkomárom, Selye János Gimn., 12. évf.) dolgozata alapján

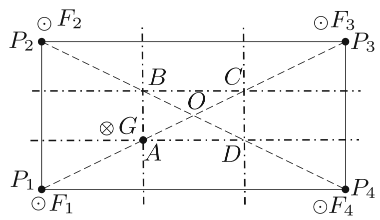
29 dolgozat érkezett. Helyes 22 megoldás. Kicsit hiányos (4 pont) 3, hiányos (1–3 pont) 4 dolgozat.

P. 5135. *Vízszintes talajon álló autóba beszálló, $G = 840$ N súlyú vezető tömegközéppontja az* ábrán *látható A pontba kerül. (A méreteket az ábra jobb oldali része felülnézetből, méretarányosan mutatja. Az A pont a kerekek által meghatározott téglalapban a bal első és a jobb hátsó kereket összekötő átló első harmadolópontja.) Mennyivel nő meg az egyes kerekekre ható nyomóerő a vezető nélküli esethez képest? A kerekek rugói egyformák, és követik a Hooke-törvényt.*



(*5 pont*) Közli: *Németh László,* Fonyód

Megoldás. Jelöljük a kerekekre ható, a talaj által kifejtett erők megváltozását F_1-gyel, F_2-vel, F_3-mal és F_4-gyel. (Ezek a feladat ábráján bejelölt, a kerekek által a talajra ható ΔF_i többleterők ellenerejei.) Az autó a vezető beszállása előtt egyensúlyban volt, és utána is egyensúlyban marad. A szuperpozíció elve alapján elegendő a két helyzet „különbségét" vizsgálni, vagyis azt, hogy milyen feltételek mellett lenne egyensúlyban az autó, ha csak a G, F_1, F_2, F_3 és F_4 erők hatnának rá.



Az *ábrán* látható különböző tengelyek bármelyikére felírhatjuk a forgatónyomatékok egyensúlyának feltételét. Az egyes tengelyeket a rájuk illeszkedő pontpárokkal adhatjuk meg. Ezek szerint fennáll:

$$\begin{aligned}
AB \text{ tengelyre} &\quad\Rightarrow\quad F_1+F_2=2(F_3+F_4),\\
BC \text{ tengelyre} &\quad\Rightarrow\quad 2(F_1+F_4)-G=F_2+F_3,\\
CD \text{ tengelyre} &\quad\Rightarrow\quad F_3+F_4=2(F_1+F_2)-G,\\
DA \text{ tengelyre} &\quad\Rightarrow\quad 2(F_2+F_3)=F_1+F_4.
\end{aligned}$$

A fenti egyenletek nem függetlenek egymástól, bármelyik háromból azonos átalakítások után megkaphatjuk a negyediket. Ezek szerint az egyik egyenletet elhagyhatjuk, majd algebrai átalakítások után kapjuk, hogy

$$F_4-F_2=0, \tag{1}$$

$$F_1+F_2=\frac{2}{3}G, \tag{2}$$

$$F_1-F_3=\frac{1}{3}G. \tag{3}$$

Az (1)–(3) egyenletek nem határozzák meg a négy ismeretlen erőt, még egy további feltételt kell keresnünk, hogy a feladatot megoldhassuk. Ez a feltétel nem lehet a függőleges irányú erőegyensúly egyenlete, hiszen (2) kétszereséből (1)-et és (3)-t kivonva az $F_1+F_2+F_3+F_4=G$ összefüggést kapjuk. Ugyancsak eredménytelen, ha valamilyen más tengelyre írjuk fel a forgatónyomatékok egyensúlyának egyenletét, abból sem kapunk új, független információt.

A P_1, P_2, P_3 és P_4 pontok a kerékrugók felső, a merev alvázhoz kapcsolódó végét jelölik. Ezen pontok helyzete függ a rugók összenyomódásától, a függőleges irányú $\Delta\ell_i$ elmozdulásuk pedig a vezető beszállásának hatására az F_i többleterővel arányos. Ennek megfelelően az O pont lesüllyedése egyrészt $\frac{1}{2}(\Delta\ell_1+\Delta\ell_3)$, másrészt $\frac{1}{2}(\Delta\ell_2+\Delta\ell_4)$ alakban adható meg. Mivel a rugók egyformák és követik a Hooke-törvényt, fennáll, hogy

$$\frac{1}{2}(F_1+F_3)=\frac{1}{2}(F_2+F_4). \tag{4}$$

Az (1)–(4) egyenletrendszer már megoldható, és a keresett erőkre $F_1=350$ N, $F_2=F_4=210$ N és $F_3=70$ N adódik.

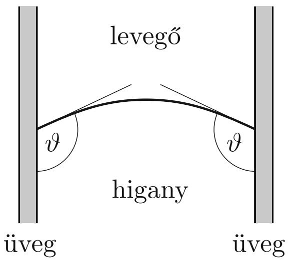
Bokor Endre (Budapesti Fazekas M. Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 10. évf.) dolgozata alapján

17 dolgozat érkezett. Helyes 7 megoldás. Kicsit hiányos (4 pont) 3, hiányos (2–3 pont) 7 dolgozat.

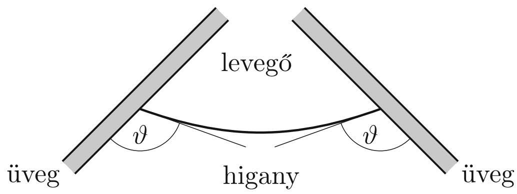
P. 5146. *Egy üvegpohárban a víz felülete a pohár falánál homorú, a higany felülete viszont domború. Létezik-e olyan alakú üvegedény, amelynek falánál a higany felülete is homorú?*

(*4 pont*)

Megoldás. A szilárd testekkel érintkező folyadékok felszíne (annak érintősíkja) bizonyos ϑ szöget zár be a szilárd felülettel (annak érintősíkjával). Ez a szög – amelyet *illeszkedési szögnek* neveznek – függ a folyadék és a szilárd test anyagi minőségétől. (A ϑ szöget a szilárd testnek a folyadékkal érintkező részétől mérjük.) Víz és üveg esetében ϑ hegyesszög (azt mondjuk: a víz nedvesíti az üveget), higany és üveg esetében pedig tompaszög (a higany nem nedvesíti az üveget).



1. ábra



2. ábra

A függőleges falú pohárban a faltól kicsit eltávolodva a higanyszint emelkedik, emiatt a higany felülete domború (*1. ábra*). Megfelelő mértékben szűkülő (tehát nem függőleges falú) üvegedényben viszont előfordulhat, hogy – jóllehet $\vartheta > 90°$ – a faltól eltávolodva a higanyszint csökken, és emiatt a higany felszíne a *2. ábrán* látható módon *homorú.*

Horváth Anikó (Szeged, Radnóti M. Gimn., 11. évf.)
dolgozatának felhasználásával

17 dolgozat érkezett. Helyes Horváth Anikó és Laposa Hédi megoldása. Kicsit hiányos (3 pont) 1, hiányos (1–2 pont) 3, hibás 11 dolgozat.

Fizika alapszak az ELTE TTK-n

Kedves továbbtanuló Fizikabarátok!

A KöMaL évszázados hagyományokat követve vezeti be a középiskolásokat a matematika és a fizika tantárgyak rejtelmeibe. Ez a tudás jól használható az egyetemi fizikatanulás során is. A KöMaL feladatmegoldóinak és olvasóinak egyik természetes továbbtanulási iránya a fizika választása. Akik szeretik a fizikát és ezzel szeretnék felkészültségüket fejleszteni, azoknak hasznos továbbtanulás az egyetemi *fizika alapképzés.* Nemcsak a leendő kutatóknak, de minden kreatív problémamegoldást igénylő munkahelyen elhelyezkedőnek felhasználható tudást nyújt ez a képzés. Azok számára is jó alap, akik később nem a fizikus mesterszakokon folytatják tanulmányaikat, hanem geofizikus, meteorológus, csillagász, környezettudományi vagy anyagtudományi mesterképzésben tanulnak tovább. A KöMaL-ban elmélyített fizikai tárgyi tudás szakmai ismeretei a fizikatanár képzésben is kamatoztathatók azok számára, akik kedvet éreznek életük során diákok tanítására.