feladatai, és az akkori díjazottak egy részének visszaemlékezései: az 50 évvel ezelőttiek közül *Horváth Péter* és *Tichy-Rács Ádám,* a 25 évvel ezelőttiek közül *Lovas Rezső, Tóth Gábor Zsolt* és *Varga Dezső* küldött üzenetet.

Ezt követte a 2020. évi verseny feladatainak és megoldásainak bemutatása (az 1. feladat megoldását Tichy Géza, a 2. feladatét Vigh Máté, a 3. feladatét Vankó Péter írta le), majd az eredmények közlése:

Egyetlen versenyző sem oldotta meg mindhárom feladatot, így a versenybizottság nem adott ki első díjat.

Az első feladat helyes és a harmadik feladat lényegében helyes megoldásáért, valamint a második feladatban elért részeredményekért *második díjat* nyert **Bonifert Balázs,** a budapesti Baár-Madas Református Gimnázium 12. osztályos tanulója, *Horváth Norbert* tanítványa és **Pácsonyi Péter,** a BME mechatronikai mérnök alapszakos hallgatója, aki a Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnáziumban érettségizett *Pálovics Róbert* tanítványaként.

A második és a harmadik feladat kicsit hiányos megoldásáért *harmadik díjat* nyert **Molnár Szabolcs,** a BME fizika BSc szakos hallgatója, aki a Kecskeméti Katona József Gimnáziumban érettségizett *Sáróné Jéga-Szabó Irén* tanítványaként.

Az első feladat hibátlan megoldásáért *dicséretet* kapott **Fekete Dezső Domonkos,** a BME fizika BSc szakos hallgatója, aki a Kecskeméti Katona József Gimnáziumban érettségizett *Sáróné Jéga-Szabó Irén* tanítványaként, **Selmi Bálint,** a Pécsi Leőwey Klára Gimnázium 12. osztályos tanulója, *Simon Péter, Kotek László* és *Pálfalvi László* tanítványa, valamit **Sepsi Csombor Márton,** a Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium 12. osztályos tanulója, *Kovács Tibor* tanítványa.

A második díjjal *Zimányi Gergely* adományából 75 ezer, a harmadik díjjal 55 ezer, a dicsérettel 35 ezer forint pénzjutalom jár. A díjazottak tanárai az *Eötvös Loránd emlékalbumot* kapják. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulatot a *Nanorobot Vagyonkezelő Kft.* és az *Andersen Adótanácsadó Zrt.* támogatja. Köszönjük az adományozók önzetlen támogatását!

Tichy Géza, Vankó Péter, Vigh Máté

Mérési feladatok megoldása

M. 395. *Mérjük meg egy hajszárító léghozamát (időegységenként kifújt levegő térfogatát) különböző fokozatok esetén!*

(*6 pont*) Közli: *Varga György,* Pilis

Megoldás. A mérés elvégzésére több, elvileg különböző módszert találtak a versenyzők. *Ludányi Levente* (Szeged, SZTE Gyak. Gimn. és Ált. Isk., 11. évf.)

a leginkább kézenfekvő megoldást választotta. Egy 1900 W teljesítményű, két fokozatú hajszárítóval egy olyan tartályt fújt fel, aminek ismert a térfogata, egyértelműen látható, hogy mikor telik meg levegővel, és a hajszárító jól rögzíthető a tartály bemenetéhez úgy, hogy minél kevesebb levegő szökhessen ki a felfújás közben. Ezeknek a kritériumoknak leginkább egy 240 literes szemeteszsák felelt meg. A zsák „száját” a hajszárító köré csavarta, és kézzel szorosan rajta tartotta. Az időt stopperrel mérte.

A körbetekerés során a zsák vesztett a (névleges) térfogatából. A térfogatvesztés becsült értékéből meghatározta az új (effektív) térfogatot. A becslést úgy végezte, hogy megmérte a kiterített zsák ℓ hosszát, valamint a betekert rész x hosszát. A térfogat közelítőleg arányos d^3-nal, ahol $d=\ell-x$, tehát

$$\frac{V_{\text{eff.}}}{240\ \text{liter}}=\frac{(\ell-x)^3}{\ell^3}.$$

Mindkét fokozatnál 10 mérést végzett, és a mért időket átlagolta. A léghozamot a $\frac{V_{\text{eff.}}}{t_{\text{átlag}}}$ képlettel számolta. A mérés pontosságára az ℓ és x hosszúság mérési hibájából, az időtartamok „szórásából” (az átlagtól való átlagos eltéréséből) a hibaterjedés törvényének alkalmazásával tudott következtetni.

A léghozamra az I. fokozatban $4{,}7\pm0{,}2$ liter/másodperc, a II. fokozatban pedig $12{,}6\pm1{,}0$ liter/másodperc értéket kapott.

Pácsonyi Péter (Zalaegerszegi Zrínyi M. Gimn., 12. évf.) a hajszárító légáramának átlagos sebességét mérte meg, majd ezt a hajszárító nyílásának keresztmetszetével szorozva kiszámította a léghozamot. A sebesség mérését visszavezette kicsiny nyomáskülönbség mérésére, amiből – a Bernoulli-törvény alkalmazásával – kiszámította az áramlás sebességét. Hajlékony gumicsövek és szívószálak felhasználásával a *fényképen* látható Pitot-csövet állította össze, majd az elkészült eszközt egy kartonpapírból készült „állványra” ragasztotta.

A csőbe valamennyi vizet töltött, és megjelölte a vízszintet. Ezután a működő hajszárítót a cső szájához tette, majd újra megjelölte a beállt vízszinteket mindkét fokozatnál. A vízszintek magasságkülönbségét körzővel átmérte egy négyzetrácsos papírra, majd vonalzóval leolvasta annak Δh nagyságát. Az áramlási sebességet a Bernoulli-törvényt felhasználva így számolta:

$$v=\sqrt{\frac{2\varrho_{\text{víz}}\Delta h}{\varrho_{\text{levegő}}}}.$$

(A levegő sűrűségét a kis nyomáskülönbségek miatt állandónak tekintette.) A mérési eredmények kiértékelése után az I. fokozatban 17 $\frac{\mathrm{dm}^3}{\mathrm{s}}$, a II. fokozatban 27 $\frac{\mathrm{dm}^3}{\mathrm{s}}$ léghozamot kapott. A becsült relatív hiba a gyengébb fokozatnál 10%, az erősebbnél 6% volt. A mérési hiba becsülhető része a vízszintek magasságkülönbségének és a légáram keresztmetszetének pontatlan meghatározásából adódott. Emellett néhány szisztematikus hibaforrást is felsorolt a jegyzőkönyv. A levegő áramlási sebessége nem feltétlenül azonos az áramlási tér minden pontjában. A léghozamot ilyen esetben az áramlási sebességeloszlásnak a hajszárító nyílására vett „fluxusaként" lehetne kiszámítani. Mivel a sebességkülönbségeket a mérésnél használt eszköz nem mutatta ki, a nyílás közepénél vett sebességgel számolt a kiértékelésnél. Maga az eszköz is befolyásolja az áramlási mintázatokat, így ez is torzítja a mérést.

Fodor Marcel (Wuppertal, Carl-Fuhlrott-Gymnasium, 10. évf.) kétféle módszert próbált ki. Először alumíniumfólia darabkákat ejtett a hajszárítóból kiáramló levegőbe, és videófelvételen akarta elemezni a darabkák sodródását. Ezt meglehetősen bizonytalannak találta, ezért áttért egy másféle, érdekesebb módszerre: a hajszárító elektromos teljesítményét, valamint a be- és a kimenő levegő hőmérsékletkülönbségét mérte. A levegő hőkapacitásának ismeretében meghatározható egy adott idő alatt átáramló és felmelegedő levegő mennyisége. (Feltételezés: a hajszárító által felvett elektromos teljesítmény elsősorban a levegő felmelegítésére fordítódik, a levegő mozgásba hozatalanál végzett munka pedig nem számottevő.)

A hőmérséklet mérését digitális hőmérővel végezte. Megfigyelte, hogy a kiáramló levegő hőmérséklete erősen függ attól, hogy melyik helyen mérjük. Meglepve tapasztalta, hogy a kiáramló levegő a légáram szélénél magasabb hőmérsékletű, mint a közepénél. (A kiértékelésnél a legnagyobb hibaforrásként a helyről helyre változó hőmérsékletet jelölte meg.)

Megállapította, hogy a hajszárító névleges teljesítménye lényegesen eltér a ténylegesen felvett elektromos teljesítménytől. Erre a következtetésre a lakóház – meglehetősen pontosnak tekinthető – mérőórájának megfigyeléséből jutott. Nehézséget okozott, hogy nem tudott minden más elektromos berendezést (pl. a fűtést) lekapcsolni a mérés idejére.

A mérés kiértékelése után azt állapította meg, hogy a hajszárító alacsony vagy magas fokozatú beállításától függően a léghozam 5,0 vagy 8,8 liter/másodperc lehet. A mérés becsült pontossága 15% körül van, és főleg a kiáramló levegő ismeretlen hőmérsékleti profiljának tudható be. Amiatt, hogy a mérés kiértékelése számos feltétel teljesüléséhez kötődik, további szisztematikus hibák is felléphetnek.

7 mérési jegyzőkönyv érkezett. 6 pontot kapott Fodor Marcel, Ludányi Levente és Pácsonyi Péter munkája. Kicsit hiányos (5 pont) 2, hiányos (2 pont) 2 dolgozat.

M. 397. *Gyertyával bekormozott fémlemez hőmérsékletét mérve határozzuk meg, hogy mennyi energia érkezik a Napból egységnyi idő alatt a sugárzásra merőleges, egységnyi nagyságú felületre! (A fémlemez anyagának fajhőjét vegyük táblázatból.)*

(*6 pont*) Közli: *Tichy Géza,* Budapest

Megoldás. *1. Elméleti áttekintés.* A Napból egységnyi felületre eső sugárzási teljesítményt meg tudjuk mérni, ha egy fémdarabot napsugárzásnak teszünk ki. Ekkor a test hőmérséklete megnő, ahogy energiát nyer a környezetétől. Az abszolút fekete test az a test, ami a ráérkező sugárzást teljes mértékben elnyeli. Ennek az idealizált esetnek a megközelítése érdekében feketére kormozom a fémdarabot, hogy az a sugárzás minél nagyobb hányadát elnyelje. A mérés során a következő egyenletet használom fel:

$$\Delta t \cdot S \cdot A = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

ahol S a napállandó, A a testnek a napsugárzásra merőleges felszíne, c a test anyagának fajhője, m a test tömege, ΔT a test hőmérséklet-változása és Δt az eltelt idő. A test egy idő után termikus egyensúlyba kerül a környezetével, ekkor a fenti egyenlet nem igaz, hiszen hiába telik az idő, a hőmérséklet nem fog már változni. Emiatt nem fogok nagyon hosszú ideig mérni. A fajhő hőmérsékletfüggő mennyiség, de ebben a mérésben ettől eltekintünk.

2. A mérés menete. A mérés során egy rozsdamentes acélból készült kés pengéjét használtam, amit gyertyával kormoztam be, így a pengét (első közelítésben) fekete testnek tekinthettem. A hőmérsékletet egy digitális tűhőmérővel mértem, ennek a pontossága 1,5%. Az időt 30 másodpercig mértem, hiszen nem akartam, hogy a hőmérséklet-különbség túl nagy legyen, és a termikus egyensúly közelébe kerüljünk. A mérést más napokon is elvégeztem, nagyjából ugyanabban az időben. Többször is borult, esős idő volt Szegeden a hét folyamán, így összesen 4 nap alkalmával tudtam méréseket végezni.

Először is meg kellett határoznom a pengére jellemző adatokat. A legegyszerűbb a tömeg mérése volt, ezt egy konyhai mérleggel végeztem el és $m=23$ g-ot kaptam. A mérleg nem digitális, hanem analóg volt, aminek pontossága a mutató vastagsága és beosztások távolsága alapján $\Delta m \approx 2$ g-ra becsülhető.

A kés anyaga rozsdamentes acél (más néven inox a francia inoxydable szóból), ami egy minimum 10,5% krómot tartalmazó acélötvözet. Ennek fajhőjét kinéztem egy online táblázatból. Nem találtam meg a penge típusát, ezért a különböző anyagú rozsdamentes acélok fajhőjének $c=(480\pm 20)\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg\,K}}$ átlagos értékét fogadtam el.

Nehezebb feladat volt a kés felszínének és a térfogatának meghatározása. A kés pengéjének szélessége nem állandó, de nem is egyenletesen változik, hanem a tövénél lassabban csökken, mint a végén. A kés felszínét úgy becsültem, mintha egy trapézból és egy mellé helyezett derékszögű háromszögből állna. A teljes pengehossz 20 cm, a trapéz oldalai: $a=4{,}3$ cm, $c=3{,}0$ cm, és a hosszanti mérete $\ell=15{,}0$ cm. Tehát a háromszög befogói $b=3{,}0$ cm, $d=5{,}0$ cm. Ezekkel az adatokkal a kés egyik oldalának felszíne:

$$A=\frac{a+b}{2}\,\ell+\frac{b\,d}{2}=62{,}3\ \mathrm{cm}^2.$$

Mivel a trapéz és háromszög határát önkényesen választottam, ezért a felszín ebből eredő ΔA hibáját meg tudom becsülni, ha változtatom a trapéz magasságát és lemérem újra az oldalakat. Ezen számítások alapján $\Delta A=\pm 1{,}5\ \mathrm{cm}^2$-nek vehető.

3. Mérés eredmények. A négy napi mérés összesített (átlagolt) eredménye szerint $\Delta t=30{,}6\pm 0{,}4$ másodperc alatt a felmelegedés mértéke $\Delta T=(18{,}6\pm 0{,}6)$ °C volt. (A táblázatba foglalt mérési és kiértékelési adatokat a beküldött jegyzőkönyv tartalmazza – a szerk.) A napállandó számított értéke

$$S = \frac{c\,m\,\Delta T}{A\,\Delta t} = (1015 \pm 114)\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2},$$

ami 11%-os mérési pontosságnak (relatív hibának) felel meg.

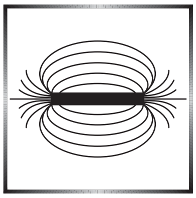
4. Hibaforrások. A statisztikus hibán túl a következő hibaforrások említhetők meg:

– a vonalzón egy beosztás nem pontosan 1 mm;
– nem abszolút fekete test volt a bekormozott penge;
– nem volt minden nap ugyanolyan a felhőzet;
– a hőmérő kerekítési pontatlansága;
– lineárisnak feltételezett hőmérséklet-változás;
– a penge összetételét nem ismertem pontosan;
– leolvasási pontatlanság és kerekítési hiba.

Ludányi Levente (Szeged, SZTE Gyak. Gimn. és Ált. Isk., 12. évf.)

12 mérési jegyzőkönyv érkezett. 6 pontot kapott Horváth Anikó és Ludányi Levente megoldása. Kicsit hiányos (4–5 pont) 6, hiányos (1–3 pont) 3, nem értékelhető 1 dolgozat.

Fizika feladatok megoldása



P. 5231. *Egy almát a szára tövénél három egyforma hosszú, egyforma teherbírású fonálon tartunk. A fonalak felső végeit vízszintes síkban lassan távolítjuk egymástól úgy, hogy a fonalak páronként mindig ugyanakkora szöget zárnak be egymással. A fonalak akkor szakadnak el, amikor páronként éppen merőlegesek egymásra. Ha két ugyanilyen fonálhoz erősítenénk ugyanezt az almát, majd a fonalak felső végeit ugyanúgy vízszintes síkban távolítanánk egymástól, milyen szöget zárnának be egymással a fonalak, amikor elszakadnának?*

(*4 pont*) Közli: *Nagy Piroska Mária,* Budapest

Megoldás. *a*) *Három felfüggesztő fonál esete.* A fonalak egyenlő hosszúak és derékszöget zárnak be egymással, tehát felfoghatók egy kocka valamelyik csúcsából kiinduló élekként. Legyen az alma súlya G, a fonalakat feszítő erő F, a három fonálerő eredőjének nagysága pedig F_e. Egyensúly esetén $F_\mathrm{e} = G$.

Az eredő erő vektora éppen a kocka testátlója irányába mutat, nagysága $F_\mathrm{e} = \sqrt{3}F$. A fonalak teherbírása ezek szerint

$$F = \frac{1}{\sqrt{3}}F_\mathrm{e} = \frac{1}{\sqrt{3}}G.$$