

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LXIII. évfolyam

5. szám

2013. május

HOGYAN FOGHATÓ NAPELEMMEL BÖGÖLY? – I. RÉSZ Fénypolarizációra és fotoelektromosságra épülő új rovarcsapda, avagy alapkutatásból gyakorlati haszon

Blahó Miklós, Egri Ádám, Horváth Gábor
Környezetoptika Laboratórium, ELTE Biológiai Fizika Tanszék, Budapest

Barta András
Estrato Kutató és Fejlesztő Kft., Budapest

Antoni Györgyi
ELTE Pályázati és Információs Központ, Budapest

Kriska György
ELTE Biológiai Intézet, Biológiai Módszertani Csoport, Budapest és
Dunakutató Intézet, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Vácrátót

A bögölyök (*Diptera: Tabanidea*) számos problémát okoznak az embereknek és az állatállománynak egyaránt, mivel vérszívó nőtényeik betegségek kórokozói terjesztik [1]. A vérszívó bögölyök folyamatosan zaklatják az állatokat, különösen a lovakat és szarvasmarhákat, aminek következtében azok nem tudnak eleget legelni, s így a hús- és tejtermelésük jelentősen csökken, ami komoly gazdasági károkkal jár [2]. Továbbá, a bögölyök csípései maradandó hegeket okoznak gazdaállatok bőrén. Minél nagyobb a heges terület a marhabőrön, annál inkább csökken a bőrükért tartott marhák értéke. Ezért a bögölycsapdák iránt – különösen a haszonállatok tartóinak körében – nagy a kereslet.

Hagyományosan fekete csalitárgyakkal ellátott sátras csapdákat használnak rutinszerűen a bögölyök elfogására [3, 4]. Szintén gyakori a kék-fekete vászonzól készült sátorcsapdák alkalmazása, amilyen például az úgynevezett Nzi csapda is [5]. E bögölycsapdáknak az a közös, hogy egy sátorból és a sátor alá fölfüggesztett csalitárgyból állnak. A csali feladata, hogy optikai tulajdonságaival (a visszavert fény intenzitásával és színével, a tárgy mozgásával) nagy távolságból odavonzza a bögölyöket. Mikor a nőtény bögölyök rászállnak a csalitárgyra s érzékelik, hogy az nem vérszívásra alkalmas gazdaállat, fölfelé kezdenek

repülni, és a fölfelé szűkülő sátor tölcészerűen bevezeti őket egy üveg vagy műanyag tárolóba, ahol csapdába esnek. E sátorcsapdák szinte kizárólag olyan nőtény bögölyöket fognak, amelyek gazdaállatot keresnek vérszívás céljából [1].

Korábban megmutattuk [6, 7], hogy a hím és nőtény bögölyök egyaránt vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, számos más vízirovarhoz hasonlóan [8–13]. Ennek oka, hogy a bögölyöknek vizet kell találniuk, mivel petéiket vízközeli növények leveleire rakják. Vízre pedig a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény segítségével bukkanak. E pozitív polarotaktikus viselkedés használható föl új bögölycsapdák kifejlesztésére.

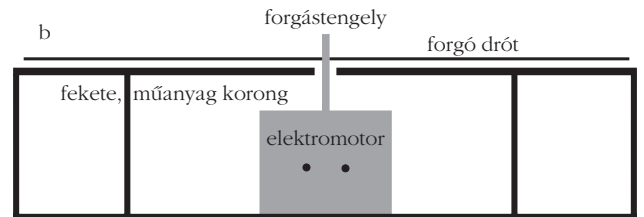
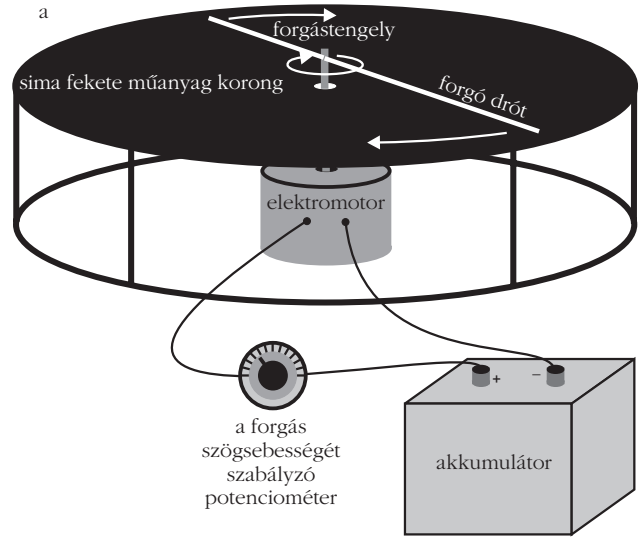
Cikkünkben egy ilyen merőben új típusú bögölycsapdát ismertetünk [14]. E csapdában a vizuális csalitárgy egy vízszintes napelemtábla, ami a felületéről visszavert erősen és vízszintesen poláros fényvel vonzza magához a polarotaktikus bögölyöket. A napelemtáblára rászállni próbáló bögölyöket egy gyorsan forgó drót kaszálja el, amit a napelemtábla által termelt villamos energiával forgatott elektromotor hajt. Részletesen bemutatjuk ezen új bögölycsapdát, amelynek hatékonyságát terepkísérletekkel bizonyítottuk, majd megvitatjuk e csapda előnyeit és hátrányait. Képzelt polarimetriával mértük a csapda

fénypolarizáló sajátságait, amelyek magyarázatot szolgáltatnak arra, hogy e csapda miért oly vonzó a bögölyök számára. Kutatásunk jó példája annak, hogy egy tisztán tudományos eredmény – a bögölyök pozitív polarotaxisának felfedezése – hogyan hasznosulhat a gyakorlatban egy új rovarcsapda kifejlesztésénél [14].

Napelemes bögölycsapda és terepkísérletek

Az 1. bögölycsapda csalifelülete egy vízszintes, kör alakú, sima, fekete műanyag lap (sugár = 30 cm, vastagság = 5 mm) volt, amit egy 15 cm magas és 25 cm sugarú alumínium keretre erősítettünk (1. ábra). A fekete körlap alatt egy elektromotort helyeztünk el úgy, hogy annak függőleges forgó tengelye a vízszintes körlap közepét szúrta át. A motortengelyhez vízszintesen egy vékony (0,5 mm vastag), 60 cm hosszú fém drótot erősítettünk a közepénél fogva. Így a drót a fekete körlap fölött (3 cm) foroghatott, annak közepé körül, a felülettel párhuzamosan. Az elektromotort egy 12 V egyenfeszültségű autóakkumulátor táplálta úgy, hogy az egyenáramot potenciométerrel lehetett változtatni, amivel egyúttal a drót forgásának szögsebességét is be lehetett állítani.

A 2. bögölycsapda két téglalap alakú (30×60 cm) vízszintes napelemtáblából (Omnitron F 10/12) állt, amelyeket egy alumínium vázra (60×60×20 cm) erősítettünk. A vízszintes, négyzet alakú (60×60 cm) felületet egy alumínium sáv (1×2×60 cm) osztotta ketté. E sávot metszette át egy elektromotor függőleges forgástengelye. E tengely hengeres (átmérő = 2 cm, magasság = 1 cm) fejrészébe egy 60 cm hosszú (0,5 mm vastag) drótot erősítettünk úgy, hogy az a napelem felületével párhuzamosan, afölött 3 cm magasan foroghatott. A két napelemtábla közti alumínium sávot és a napelemtáblák kereteit fekete festettük. Így a csapda teljes vízszintes felülete fényes fekete lett (2.a ábra), miáltal erősen (nagy polarizációfokú) és vízszintesen poláros fényt vert vissza, ezzel vonzva magához a polarotaktikus bögölyöket. Az elektromotort egy szabályzó elektronikán keresztül a napelemtáblák termelte egyenáram hajtotta. Az elektronika biztosította például, hogy bekapcsolás után az elektromotor tengelyforgása csak fokozatosan érte el a maximális szögsebességet. Enélkül a felpörgő drót föltekeredett volna az elektromotor forgástengelyére. Kikapcsolásnál e föltekeredés nem jelentkezett, így ilyenkor az elektronika nem avatkozott be a forgás tengelysúrlódás miatti lassulásába. Napos időben és a Nap kellően nagy θ elevációs szögénél ($> 29^\circ$) a két napelemtábla által termelt villamos energia elegendő volt az elektromotor tengelyének akkora szögsebességgel történő forgatásához, hogy a forgó drót minden odavonzott bögölyt elkaszáljon. Mikor a Nap elevációja alacsonyabb volt, mint 29° , két további, kiegészítő napelemtábla (Omnitron F 10/12, 2.a ábra) szükségeltetett, hogy a drót kellően gyorsan pörögessen. A két kiegészítő napelemtábla alumínium kereteit nem festettük fekete, mert azok szerepe



1. ábra. (a) Az 1. kísérletben alkalmazott 1. bögölycsapda vázlatos rajza. (b) A csapda keresztmetszeti képe. (c) A csapda terepen készült fényképe.

csak az elektromotor forgatásához szükséges villamos energia előállítására volt, nem pedig a bögölyök vonzása. Korábban megmutattuk [15], hogy az erősen fény-polarizáló, fényes, fekete felületek megfelelően sűrű, fehér vonalakkal történő rácsozással elvesztik a polarotaktikus rovarokra kifejtett vonzó képességüket.

A bögölycsapda drótszálának forgatásához szükséges teljesítmény számítása

Vegyünk egy $2R$ hosszúságú és a vastagságú drótot, amit a közepén rögzítünk! Forgassuk meg a drótot a középpontja körül ω szögsebességgel vízszintes síkban! Szemeljük ki a drót közepétől r távolságra egy

elemi dr hosszúságú darabkát (3. ábra)! Ezen elemi darabka kerületi sebessége $r\omega$, a rá ható elemi közegellenállási erő pedig

$$dF = \frac{1}{2} k \rho (a \cdot dr) (r\omega)^2 = \frac{1}{2} k \rho a \omega^2 r^2 \cdot dr, \quad (1)$$

ahol ρ a levegő sűrűsége, k pedig a drót alaktényezője (ami hengeres drótnál megegyezik egy kör keresztmetszetű henger alaktényezőjével). A dr elemi drótdarabkára ható elemi dF közegellenállási erő elemi forgatónyomatéka:

$$dM = r \cdot dF = \frac{1}{2} k \rho a \omega^2 r^3 \cdot dr. \quad (2)$$

Az elemi $ds = r \cdot d\phi$ ívdarabkán a dF közegellenállási erő által végzett elemi munka:

$$\begin{aligned} dW &= dF \cdot ds = dF \cdot r \cdot d\phi = \\ &= (dF \cdot r) \cdot \omega \cdot dt = dM \cdot \omega \cdot dt. \end{aligned} \quad (3)$$

Azon elemi teljesítmény, ami a drót dr darabkájának ω szögsebességgel történő forgatásához szükséges:

$$dP = \frac{dW}{dt} = \omega \cdot dM = \frac{1}{2} k \rho a \omega^3 r^3 \cdot dr. \quad (4)$$

Ekkora elemi teljesítmény szükséges ahhoz, hogy az ω szögsebességgel forgó drót elemi dr darabkájára ható elemi dF közegellenállási erő elemi dM forgatónyomatékát ellensúlyozzuk. Az ω szögsebességgel forgó, $2R$ hosszúságú drótra ható közegellenállási

erő forgatónyomatéka ellensúlyozásához szükséges teljes P teljesítmény meghatározásához a drót elemi dr darabkáihoz tartozó elemi dP teljesítményeket össze kell adnunk, vagyis integrálnunk a drót teljes hosszára:

$$\begin{aligned} P &= 2 \int_{r=0}^{r=R} dP = 2 \frac{1}{2} k \rho a \omega^3 \int_{r=0}^{r=R} r^3 \cdot dr = \\ &= k \rho a \omega^3 \left[\frac{r^4}{4} \right]_0^R = \frac{k \rho a \omega^3 R^4}{4}. \end{aligned} \quad (5)$$

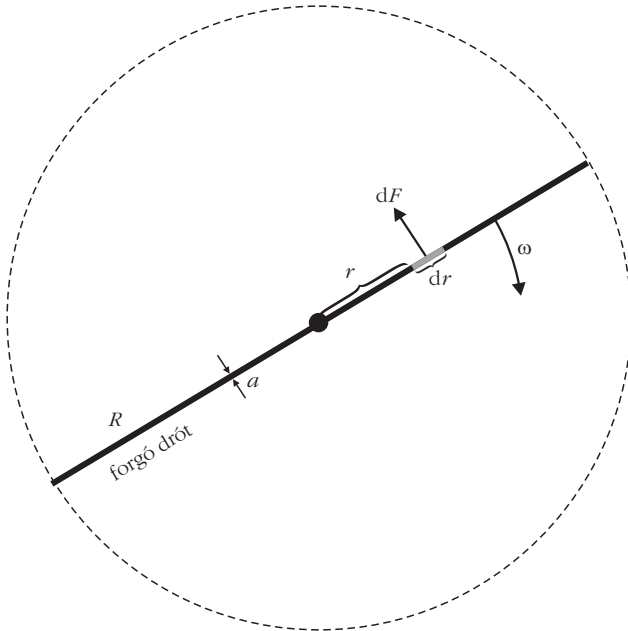
Az 1. kísérletet 2009. július 12. és 30. között 5 napon át Szokolyán ($47^\circ 52' N$, $19^\circ 00' E$), egy lovastanyán végeztük. E kísérlet célja annak vizsgálata volt, hogy (i) az 1. bögölycsapda drótjának forgása, (ii) a forgó drótszál zúgása és/vagy az általa keltett légmozgás (szellő) lerontja-e a csapda vízszintesen polarizáló felszínének bögölyvonzó hatását. A kísérlet során napos és meleg idő volt, ezért a füves talajra helyezett 1. bögölycsapda környezetében nagyszámú bögöly röpködött. Az 1. kísérlet minden nap 10:00-tól 15:30-ig tartott (helyi nyári idő = UTC + 2 óra). Az 1. bögölycsapda drótja 30 percig mozdulatlanul állt, majd 30 percig forgott, s ez ismétlődött naponta négyszer. A félórás forgás után a csapda felszínét 70%-os etanollal megtisztítottuk az elkaszált bögölyök testfolyadékaitól és petéitől. Mikor a drótszál mozdulatlan volt, a bögölyöknek a csapda fényes, fekete körlapjánál mutatott két tipikus reakcióját figyeltük meg és számoltuk: (i) a

2. ábra. (a) A 2–4. terepkísérletekben használt 2. bögölycsapda. Jobbra: a két vízszintes napelemtáblából és e napelemek felszíne fölött forgó vékony drótból álló csapda. Balra: ferde sítű két kiegészítő napelemtábla. (b–e) A csapda vízszintes napelemfelszínére leszálló bögölyök.



T felületérintést, ami a természetben előforduló jellegzetes viselkedés, amikor a bögölyök vizet isznak, vagy fürdőznek, hogy testüket lehűtsék, és (ii) a csapdafelszínre való L leszállást (néha járkálást). A bögölyök nem szállnak le a vízre és nem is járkálnak annak felszínén. L a bögölyök tipikus viselkedése az erősen és vízszintesen poláros mesterséges felületeken [6, 7, 11, 13, 15].

Annak ellenére, hogy a drótszál gyorsan forgott, néhány bögölynek sikerült forgás közben rászállnia a csapdafelszínre. Drótforgás közben a következő bögölyreakciókat számoltuk: T és L (mint korábban), valamint H, ami egy bögöly forgó drót általi elkaszálása, amikor próbálja megérinteni a csapdafelületet, vagy rászállni arra. Egy bögöly elkaszálásánál a fémszál jól hallható, pengő hangot adott, így a H bögölykaszálásokat könnyen lehetett szá-



3. ábra. Egy a vastagságú és $2R$ hosszúságú drót levegőbeli ω szögsebességgel való forgatásához szükséges P teljesítmény számításához. A drót a középpontjában van rögzítve a forgástengelyhez.

molni. A kísérlet során számos elkaszált bögölyt begyűjtöttünk a csapda környékéről.

A mozdulatlan drótnál a bögölyök reakciói tehát T és L voltak. Legyen $N_T^{\text{álló}}$ és $N_L^{\text{álló}}$ a csapdafelületet megérintő (T) és arra rászálló (L) bögölyök száma, amikor a drót mozdulatlan. Ha a drót forgott, és a forgás nem riasztotta el a vízszintesen poláros fény által odavonzott bögölyöket, a csapda $N_T^{\text{álló}} + N_L^{\text{álló}}$ bögölyt pusztíthatott el. Legyen $N_H^{\text{forgó}}$, $N_T^{\text{forgó}}$ és $N_L^{\text{forgó}}$ a forgó drótszál által elkaszált (H), a csapdafelületet megérintő (T) és arra rászálló (L) bögölyök száma, amikor a drót forgott (aminek időtartama megegyezett azzal, amikor a drót nem forgott). Ha a drót mozgása és/vagy annak zúgása és/vagy a forgás keltette légáramlatok megzavarták a vizuálisan odavonzott bögölyöket, akkor várhatóan

$$N_H^{\text{forgó}} + N_T^{\text{forgó}} + N_L^{\text{forgó}} < N_T^{\text{álló}} + N_L^{\text{álló}}.$$

A forgó drót általi zavarás mértékére a következő mennyiséget definiáljuk:

$$Q_{\text{zavarás}} = 1 - \frac{N_T^{\text{forgó}} + N_L^{\text{forgó}} + N_H^{\text{forgó}}}{N_T^{\text{álló}} + N_L^{\text{álló}}}. \quad (6)$$

Ha a drót forgása az összes polarotaktikusan odavonzott bögölyt elriasztja (ekkor $N_H^{\text{forgó}} + N_T^{\text{forgó}} + N_L^{\text{forgó}} = 0$), akkor $Q_{\text{zavarás}} = 1$ (100%), míg ha a drót forgása egyáltalán nem riasztja a bögölyöket (tehát $N_H^{\text{forgó}} + N_T^{\text{forgó}} + N_L^{\text{forgó}} = N_T^{\text{álló}} + N_L^{\text{álló}}$), akkor $Q_{\text{zavarás}} = 0$ (0%). Mivel az 1. bögölycsapdából csupán egyetlen példányunk volt, az $N_T^{\text{álló}}$ és $N_L^{\text{álló}}$, valamint az $N_H^{\text{forgó}}$, $N_T^{\text{forgó}}$ és $N_L^{\text{forgó}}$ mennyiségeket csak egymás után, nem pedig egyidejűleg tudtuk mérni. Hogy az 1. bögölycsapda környezetében lévő bögölyök számának időbeli változásából eredő elkerülhetetlen hatást minél

kisebbre csökkentjük, a drót forgását, illetve mozdulatlanságát valamennyi kísérleti napon 30 percként váltogattuk.

A 2. kísérletet az 1. kísérlet helyszínén végeztük 2010. július 11-én és 12-én. A 2. kísérlet célja annak megvizsgálása volt, hogy a 2. bögölycsapda drótyját képes-e a 60×60 cm méretű napelemtábla termelte villamos energia akkora szögsebességgel forgatni, hogy az a napelemet megérinteni próbáló minden bögölyt elkaszáljon. A kísérlet során napos és meleg idő volt, ezért a füves talajra helyezett 2. bögölycsapda környezetében nagyszámú bögöly röpködött. Az 1. kísérlethez hasonlóan jártunk el, csak most a 2. bögölycsapdával. A forgó drót bögölyzavarásának (6) szerinti mértékét itt is számoltuk.

A 3. kísérletet az 1. kísérlet helyszínén végeztük 2010. július 13. és 20. között. E kísérlet célja a 2. bögölycsapda tesztelése és a $Q_{\text{fogás}}$ bögölyfogó hatékonyságának mérése volt, a kiegészítő napelemtáblák nélkül. A kísérletet minden nap 10:00-tól 17:30-ig végeztük. A kísérlet során a 2. bögölycsapda drótyja folyamatosan, 7,5 órán át forgott. A drótforgás ellenére néhány bögölynek sikerült a csapda napelemlétfelületét megérintenie, vagy arra rászállnia. A napelemek felületét minden nap végén megtisztítottuk az elkaszált bögölyök ottmaradt testfolyadékaitól és petéitől. A 2. csapda bögölyfogó hatékonysága:

$$Q_{\text{fogás}} = \frac{N_H^{\text{forgó}}}{N_H^{\text{forgó}} + N_T^{\text{forgó}} + N_L^{\text{forgó}}}, \quad (7)$$

ahol $N_H^{\text{forgó}}$, $N_T^{\text{forgó}}$ és $N_L^{\text{forgó}}$ a H, T és L reakciók száma, miközben a drót forgott.

A 4. kísérletet az 1. kísérlet helyszínén végeztük 2010. augusztus 2. és 6. között. E kísérlet célja annak tesztelése volt, hogy a kiegészítő napelemtáblák mennyivel tudják megnövelni azon időtartamot, amikor a 2. bögölycsapda hatékonyan képes működni. A kísérlet naponta 9:00-tól 19:00-ig tartott. A kísérlet során a 2. bögölycsapda drótyja 10 órán át folyamatosan forgott. A 2. bögölycsapda vízszintes napelemtábláin kívül egy további, 2 napelemből (Omnitron F 10/12) álló tábla (60×60 cm) termelte a drót forgatásához szükséges villamos energiát. A kiegészítő napelemtáblát a vízszinteshez képest 45° -ban megdőntöttük, hogy fénygyűjtését minél hatékonyabbá tegyük, a kiegészítő napelemtáblát óránként forgattuk a Nap aktuális azimutirányába. Az előző kísérletekhez hasonlóan a T, L és H bögölyreakciókat számoltuk. A bögölyök egyszer sem érintették, vagy szálltak rá a kiegészítő napelemtáblára. Megint meghatároztuk a 2. csapda (7) szerinti bögölyfogó hatékonyságát.

A fénypolarizációs mintázatokat képalkotó polarimetriával [9] mértük a spektrum vörös (650 ± 40 nm = a polariméter CCD detektora maximális érzékenysége hullámhossza \pm annak félértékszélessége), zöld (550 ± 40 nm) és kék (450 ± 40 nm) tartományában. A polarimetriai méréseket tiszta, napsütéses időben végeztük.

Cikkünk II. részében a napelemes bögyölycsapdánk terepen igazolt hatékonyságát mutatjuk meg, valamint tárgyaljuk e csapda előnyeit és hátrányait.

Irodalom

1. Lehane, M. J.: *The Biology of Blood-Sucking in Insects*. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005.
2. Harris, J. A.; Hillerton, J. E.; Morant, S. V.: Effect on milk production of controlling muscoid flies, and reducing fly-avoidance behaviour by the use of Fenvalerate ear tags during the dry period. *Journal of Dairy Research* 54 (1987) 165–171.
3. Malaise, R.: A new insect-trap. *Entomologisk Tidskrift Stockholm* 58 (1937) 148–160.
4. Hribar, L. J.; LePrince, D. J.; Foil, L. D.: Ammonia as an attractant for adult *Hybomitra lasiophthalma* (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology* 29 (1992) 346–348.
5. Mihok, S.; Lange, K.: Synergism between ammonia and phenols for *Hybomitra* tabanids in northern and temperate Canada. *Medical and Veterinary Entomology* 26 (2012) 282–290.
6. Horváth, G.; Majer, J.; Horváth, L.; Szivák, I.; Kriska, G.: Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95 (2008) 1093–1100.
7. Horváth, G.; Blahó, M.; Kriska, G.; Hegedüs, R.; Gerics, B.; Farkas, R.; Ákesson, S.: An unexpected advantage of whiteness in horses: the most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings of the Royal Society of London B* 277 (2010) 1643–1650.
8. Schwind, R.: Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A* 169 (1991) 531–540.
9. Horváth, G.; Varjú, D.: *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg–Berlin–New York (2004) p. 447
10. Kriska, G.; Bernáth, B.; Farkas, R.; Horváth, G.: Degrees of polarization of reflected light eliciting polarotaxis in dragonflies (Odonata), mayflies (Ephemeroptera) and tabanid flies (Tabanidae). *Journal of Insect Physiology* 55 (2009) 1167–1173.
11. Horváth, G.; Kriska, G.: Polarization vision in aquatic insects and ecological traps for polarotactic insects. In: *Aquatic Insects: Challenges to Populations*. (Lancaster, J. and Briers, R. A., eds.) CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK (2008) Chapter 11, 204–229.
12. Lerner, A.; Meltser, N.; Sapir, N.; Erlick, C.; Shashar, N.; Broza, M.: Reflected polarization guides chironomid females to oviposition sites. *Journal of Experimental Biology* 211 (2008) 3536–3543.
13. Horváth, G.; Kriska, G.; Malik, P.; Robertson, B.: Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (2009) 317–325.
14. Blahó, M.; Egri, Á.; Barta, A.; Antoni, G.; Kriska, G.; Horváth, G.: How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology* 189 (2012) 353–365.
15. Horváth, G.; Blahó, M.; Egri, Á.; Kriska, G.; Seres, I.; Robertson, B.: Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24 (2010) 1644–1653 + electronic supplement.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat
havonta megjelenő folyóirata.
Támogatók: A Magyar Tudományos
Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya,
az Emberi Erőforrások Minisztériuma,
a Magyar Biofizikai Társaság,
a Magyar Nukleáris Társaság
és a Magyar Fizikushallgatók Egyesülete

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

Bencze Gyula, Czitrovsky Aladár,
Faigel Gyula, Gyulai József,
Horváth Gábor, Horváth Dezső,
Iglói Ferenc, Kiss Ádám, Lendvai János,
Németh Judit, Ormos Pál, Papp Katalin,
Simon Péter, Sükösd Csaba,
Szabados László, Szabó Gábor,
Trócsányi Zoltán, Turiné Frank Zsuzsa,
Ujvári Sándor

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>



A címlapon:

Hamarosan ezredik alkalommal
kápráztatja el a kisiskolásokat
a Fizibusz, azaz Tóth Pál tanár úr.

TARTALOM

<i>Blabó Miklós, Egri Ádám, Horváth Gábor, Barta András, Antoni Györgyi, Kriska György: Hogyan fogható napelemmel bögöly? – I. rész</i>	145
<i>Varga Péter: Esszé a mérésekről, amelyek a Planck-törvény felfedezéséhez vezettek – 5. rész</i>	149
<i>Völgyesi Lajos: A Föld precessziós mozgása</i>	152
<i>Vértessy Gábor: Ferromágneses anyagok roncsolásmentes vizsgálata mágneseshisztérezis-alhurok mérése alapján</i>	157
<i>Király Márton: Lehetséges megoldások az atomenergia-ipar jelenlegi problémáira – II. rész</i>	162
VÉLEMÉNYEK	
<i>Leitner Lászlóné: Egy természettudományos csoport munkájából</i>	166
A FIZIKA TANÍTÁSA	
<i>Hraskó Péter: Elmélkedés a Coriolis- és a centrifugális erőről</i>	168
<i>Riedel Miklós, Hollósy Ferenc, Szabolcs Imre, Vantsó Erzsébet: UV-sugárzás mérése a CERN-i tanulmányúton</i>	169
<i>Füstöss László: Ezredszer ér célba a Fizibusz</i>	173
HÍREK – ESEMÉNYEK	176

M. Blabó, Á. Egri, G. Horváth, A. Barta, G. Antoni, G. Kriska: How to catch tabanic flies with solar panels – part I.
P. Varga: On the measurements which led to the discovery of Planck's law – part 5
L. Völgyesi: The precession of Earth
G. Vértessy: The investigation of ferromagnetic materials based on the evaluation of secondary loops on their hysteresis curves
M. Király: Actual problems of industrial nuclear energy supply and their possible solutions – part II

OPINIONS

L. Leitner: The activities of the "Scientific group" of secondary school pupils

TEACHING PHYSICS

P. Hraskó: Thoughts on Coriolis and centrifugal forces
M. Riedel, F. Hollósy, I. Szabolcs, E. Vantsó: UV-measurements at the 2012 CERN Course for Hungarian physics teachers
L. Füstöss: Report on the "Bus of physics"

EVENTS

M. Blabó, Á. Egri, G. Horváth, A. Barta, G. Antoni, G. Kriska: Wie fängt man Bremsen mit ebenen Sonnenelementen – Teil I.
P. Varga: Über die Messungen, die zur Entdeckung des Planckschen Gesetzes führten – Teil 5.
L. Völgyesi: Die Präzession der Erde
G. Vértessy: Messungen an ferromagnetischen Stoffen durch Auswertung von Nebenschleifen an ihren Hysteresekurven
M. Király: Mögliche Lösungen aktueller Probleme der Versorgung mit Kernenergie – Teil II.

MEINUNGSÄUSSERUNGEN

L. Leitner: Die Arbeit einer „Naturwissenschaftlichen Schülergruppe“

PHYSIKUNTERRICHT

P. Hraskó: Gedanken zu Coriolis- und Zentrifugalkräften
M. Riedel, F. Hollósy, I. Szabolcs, E. Vantsó: UV-Messungen am CERN-Kurs 2012 für ungarische Physiklehrer
L. Füstöss: Bericht über den „Bus der Physik“

EREIGNISSE

M. Благо, А. Эгри, Г. Хорват, А. Барта, Д. Антони, Д. Крышка: Как ловить мухи на плоских детекторов солнечного света
П. Варга: Измерения, служащие основами изобретения закона Планка – часть пятая
Л. Велдеш: Прецессия Земли
Г. Верещи: Определение свойств ферромагнитных материалов путем анализа петл на характеристике гистерезиса
М. Кирадь: Возможные решения актуальных проблем снабжения промышленной ядерной энергией – часть вторая

ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

Л. Лайтнер: Работа т. н. научной группы учеников

ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

П. Храшко: Размышления по Кориоловой и центробежной силам
М. Ридел, Ф. Холоши, И. Саболч, Е. Ванчо: Измерение ультрафиолетового излучения
Л. Фюштой: Отчет о «Бус физики»

ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:

