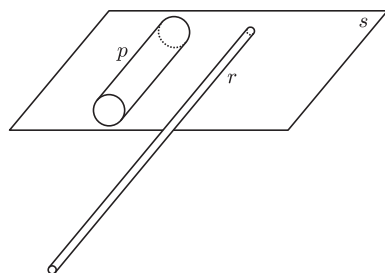




Zapewne wielu z nas pamięta wykonywane w szkole doświadczenia, polegające na elektryzowaniu ciał. W doświadczeniach tych pocieraliśmy o tkaninę jakiś przedmiot wykonany z plastiku, np. długopis, grzebień czy linijkę. Po potarciu przyciągał on skrawki papieru, włosy i inne drobne ciała wykonane z tworzyw sztucznych. Pierwszy raz podobne doświadczenie wykonał grecki uczoney Tales z Miletu w VI wieku przed naszą erą. Pocierał on kawałki bursztynu o tkaninę i zauważył jego przyciągające działanie. Bursztyn po grecku to *elektron* i stąd pochodzi nazwa *elektryczność*.

Nasze dzisiejsze doświadczenia będą polegały na bardziej interesujących przypadkach elektryzowania ciał. Do ich przeprowadzenia potrzebne będą: metalowa puszka po napoju, plastikowa rura o średnicy 3–4 cm i długości ok. 0,5 m, nitka, gumowy balonik, taśma klejąca, plastikowa linijka, słoik z zakrętką, kawałek drutu miedzianego o długości ok. 20 cm i średnicy 1-2 mm, kawałek folii aluminiowej, szybkowiązący klej epoksydowy, np. Poxipol, nożyczki.

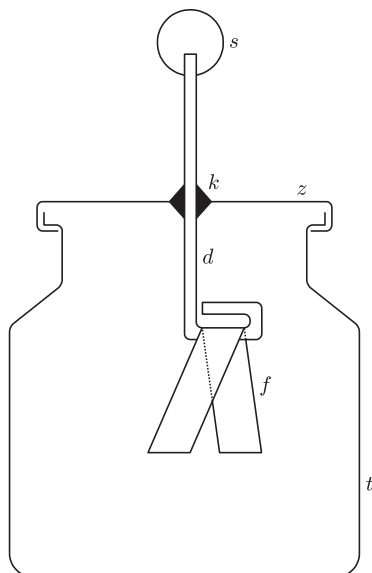
Do wykonania pierwszego doświadczenia użyjemy puszek po napoju i plastikowej rury. Puskę kładziemy na równej powierzchni stołu. Plastikową rurę trzymamy ręką za jeden koniec. Drugi koniec rury pocieramy o jakąś tkaninę, np. o rękaw swetra lub marynarki. Potarty koniec rury zbliżamy do puszek, ustawiając go do niej równoległe (rys. 1). Co zauważamy? Odsuwamy rurę od puszek. Jak zachowuje się puszka? Ustawiamy rurę z drugiej strony puszek. Okazuje się, że rura przyciąga puszkę, która zaczyna toczyć się za rurą podczas jej oddalania. Po ustawieniu rury z drugiej strony puszek również obserwujemy przyciąganie.



Rys. 1. Ruch naelektryzowanej puszek; *p* – puszka po napoju, *r* – plastikowa rura, *s* – powierzchnia stołu.

Zaobserwowane efekty wyjaśniamy następująco. Podczas pocierania rury pewna liczba elektronów przechodzi z tkaniny na rurę. W wyniku tego rura uzyskuje nadmiar elektronów i staje się naelektryzowana ujemnie. Ładunek rury wytwarza wokół niej pole elektryczne. Pole to działa na swobodne elektrony znajdujące się w metalu, z którego zrobiona jest puszka. Elektrony zostają odepchnięte do części puszek znajdującej się dalej od rury. Część puszek będąca bliżej rury elektryzuje się dodatnio i jest przyciągana przez ujemne ładunki rury. Skutkiem tego puszka toczy się za rurą. Elektryzowanie się puszek w polu elektrycznym rury nazywamy indukcją elektrostatyczną.

Drugie doświadczenie będzie polegało na naelektryzowaniu balonika. W tym celu balonik nadmuchujemy i zawiązujemy nitką, pozostawiając jej wolny koniec o długości ok. 10 cm. Nadmuchanym balonikiem pocieramy o jakąś tkaninę, np. o własne ubranie. Trzymamy balonik za nitkę i zbliżamy go do pionowej powierzchni mebla lub ściany. Obserwujemy zachowanie się balonika. Próbuje puścić nitkę. Co dzieje się z balonikiem? Podobnie jak rura, balonik został naelektryzowany w wyniku pocierania o tkaninę. Pole elektryczne balonika indukuje ładunki przeciwnego znaku w przedmiotach, do których zbliżamy balonik. Skutkiem tego balonik jest przyciągany do pionowych powierzchni. Przyciąganie to może być tak silne, że balonik zawisnie bez trzymania za nitkę.



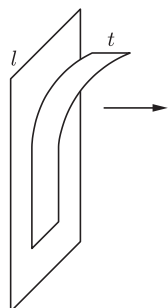
Rys. 2. Budowa elektroskopu; *d* – drut miedziany, *f* – pasek folii aluminiowej, *t* – słoik typu twist-off, *z* – zakrętka słoika, *k* – klej epoksydowy, *s* – kulka z folii aluminiowej.

Do wykrywania naelektryzowanych ciał służy przyrząd zwany elektroskopem. Zbudujemy teraz prosty elektroskop. W tym celu ostrym końcem nożyczek wykonujemy niewielki otwór w środku zakrętki słoika (rys. 2). Przez ten otwór przekładamy kawałek drutu miedzianego z usuniętą izolacją. (Izolację emaliową usuwamy drobnoziarnistym papierem ściernym, a izolację plastikową zestrugujemy nożem.) Drut mocujemy do zakrętki za pomocą szybkowiążącego kleju epoksydowego. Dolny koniec drutu dwukrotnie zaginamy pod kątem prostym. Z cienkiej folii aluminiowej odcinamy pasek o szerokości 1 cm i długości 6–8 cm. Pasek składamy na pół i zawieszamy na dolnym końcu drutu, a następnie koniec drutu zaginamy, tak żeby przytrzymał pasek. Zamykamy słoik zakrętką. Z pozostałej folii aluminiowej formujemy kulkę i wciskamy ją na górny koniec drutu.

Dotknijmy teraz kulki końcem linijki potartej o dowolną tkaninę. Co zaobserwujemy? Jak zachowują się paski folii potocznie nazywane listkami elektroskopu? Dlaczego tak się dzieje? Widzimy, że paski uległy rozchyleniu. Jest tak dlatego, że ładunki elektryczne spływają z kulki elektroskopu na paski

i elektryzują je ładunkami tego samego znaku, czyli ładunkami jednoimiennymi. Ładunki te odpychają się wzajemnie, co powoduje rozchylenie listków elektroskopu.

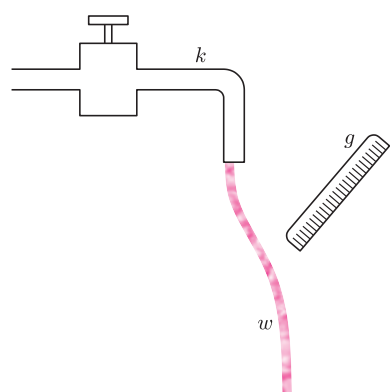
Okazuje się, że dla spowodowania rozchylenia listków nie musimy dotykać kulki elektroskopu – wystarczy zbliżenie naelektryzowanego ciała. Żeby to sprawdzić, dotykamy palcem kulki elektroskopu, powodując przez to jego uziemienie, czyli odprowadzenie do ziemi ładunków elektrycznych. Następnie zbliżamy naelektryzowaną linijkę do kulki elektroskopu. Listki powinny się rozchylić. Po oddaleniu linijki listki powinny opaść. Ten sposób elektryzowania nazywamy elektryzowaniem nietrwałym przez indukcję.



Rys. 3. Elektryzowanie ciał przez szybkie rozdzielanie;  $l$  – linijka,  $t$  – taśma klejąca.

Spróbujemy teraz naelektryzować elektroskop przez indukcję w sposób trwały. Na początek uziemiamy elektroskop, dotykając jego kulki – listki powinny opaść. Następnie elektryzujemy linijkę przez pocieranie i zbliżamy ją do kulki elektroskopu, nie dotykając jej – listki powinny się rozchylić. Trzymając linijkę w pobliżu kulki ponownie uziemiamy elektroskop, co powoduje, że listki opadają. Teraz najpierw rozłączamy uziemienie, zabierając palec z kulki elektroskopu, a następnie odsuwamy linijkę. Okazuje się, że listki elektroskopu rozchylają się i pozostają w tym stanie przez wiele minut. Czytelnikom pozostawiamy szczegółowe wyjaśnienie tego sposobu elektryzowania. Dla ułatwienia odpowiedzmy na pytanie, jaką rolę spełnia ponowne uziemienie elektroskopu?

Żeby naelektryzować ciało, niekoniecznie musimy je pocierać. Wystarczy szybkie rozdzielanie ciał. Dla sprawdzenia tego sposobu wykonajmy następujące doświadczenie. Kawalek taśmy klejącej o długości ok. 15 cm przyklejamy do linijki, pozostawiając górny kawałek nieprzyklejony (rys. 3). Palcami jednej ręki trzymamy linijkę za górny koniec, a palcami drugiej ręki chwytamy nieprzyklejony kawałek taśmy. Energicznym ruchem pociągamy za taśmę odrywając ją od linijki. Linijkę i taśmę przykładamy kolejno do kulki elektroskopu, sprawdzając ich naelektryzowanie.



Rys. 4. Elektryzowanie strumienia wody;  $k$  – kran,  $w$  – strumień wody,  $g$  – naelektryzowany grzebień lub linijka.

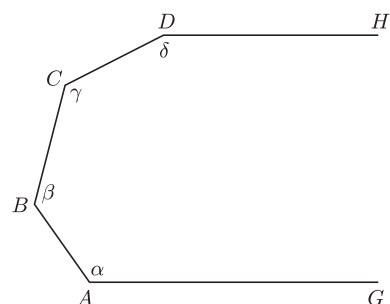
Elektryzowane ciało niekoniecznie musi być w stałym stanie skupienia. Może ono być cieczą. Łatwo się o tym przekonać, wykonując na zakończenie jeszcze jedno doświadczenie. Odkręcamy trochę kran z wodą, tak żeby woda płynęła cienkim, nieprzerwanym strumieniem (rys. 4). Strumień powinien być tak cienki, jak to tylko możliwe – minimalne przykręcenie kranu powinno powodować jego przerwanie i powstanie kropli. Grzebień lub linijkę elektryzujemy przez potarcie ich tkaniną i zbliżamy do strumienia wody. Co dzieje się ze strumieniem? Widzimy, iż strumień wyraźnie odchyła się w kierunku naelektryzowanego przedmiotu.

## motywy Logo

## O odwracaniu zółwia ogonem

Andrzej WALAT

„Nie odwracaj kota ogonem” mówimy do kogoś, kto przekłamuje rzeczywistość, burząc lub odwracając naturalny porządek rzeczy. Takie postępowanie często uważamy za niewłaściwe w życiu i nauce. Ale i w życiu, i w nauce bywa ono bardzo owocne. W tym artykule będę odwracał zółwia ogonem. Porównam różne rozwiązania dwóch zadań geometrycznych z konkursów matematycznych dla gimnazjalistów *Wstęga Möbiusa* organizowanych przez Żoliborski Oddział Stowarzyszenia Nauczycieli Matematyki: rozwiązania tradycyjne i *rozwiązania zółwiowe*.



Rys. 1

**Zadanie 1.** Rysunek 1 przedstawia łamaną, której dwa boki  $AG$  oraz  $DH$  są równoległe. Oblicz sumę kątów  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  oraz  $\delta$ .

*Rozwiązanie tradycyjne.* Rysujemy odcinek prostopadły do boków  $AG$  oraz  $DH$  (jak na rysunku 2). Otrzymujemy sześciokąt, który ma kąty wewnętrzne  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  oraz dwa kąty proste. Ze wzoru na sumę kątów wewnętrznych  $n$ -kąta wypukłego:  $\alpha + \beta + \gamma + \delta + 180^\circ = (6 - 2) \cdot 180^\circ$ , a wobec tego:  $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 3 \cdot 180^\circ = 540^\circ$ .