

# Libella na krzywej podłodze

Jerzy TYSZKIEWICZ\*

\* Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki, Uniwersytet Warszawski



Dawne rzeczy mają w sobie jakąś magię. Nie inaczej jest ze starą libellą, którą odziedziczyłem po moim zmarłym wuju. Po tym przyrządzie znać, jak bardzo był wartościowy w swoich czasach: oprawka wygiętej rurki z płynem i pęcherzykiem gazu jest wykonana z mosiądzu, ma śruby umożliwiające regulację, a do kompletu należy futerał z miękką wyściółką zamykany na małe haczyki.

Współczesne libelle, nazywane raczej poziomcami, robi się z taniego surowca, zwykle nie mają też żadnej regulacji. Jak coś się przesunie albo wykrzywi, kupuje się za grosze nową i tyle. Regulacja miała oczywiście swoje zalety: można było ustawić niewielkie odchylenie od poziomu – co było pomocne na przykład przy układaniu rynny albo rury kanalizacyjnej, którymi woda miała płynąć nie za szybko i nie za wolno, tylko dokładnie zgodnie z projektem. I tu rodzi się ciekawe pytanie: gdy rynna była już gotowa, w jaki sposób majster ustawiał libellę ponownie na wskazywanie poziomu?

Wyobraźmy sobie taką sytuację: majster wchodzi do remontowanego mieszkania, ściany są trochę krzywe, podłogi też, ma ze sobą libellę i niezbędny do regulacji śrubokręt. Co ma teraz zrobić, żeby ją ustawić *na zero*?

Pierwsze rozwiązanie opiera się na dodatkowym, dotychczas przemilczanym, elemencie libelli wujka: ma ona podziałkę na rurce z płynem.

Rozwiązanie jest proste: wybieramy sobie niezbyt krzywy fragment podłogi, kładziemy libellę, a wzdłuż niej układamy równoległe śrubokręt, tak żeby jego czubek wskazywał środek podziałki. To pozwala nam zarejestrować jej kierunek i położenie. Zapamiętujemy, o ile kresek i w którą stronę pęcherzyk odbiega od środka skali, po czym obracamy libellę w drugą stronę, tj. o  $180^\circ$  – śrubokręt pozwala nam na dokładne dokonanie tego obrotu. Widzimy nowe wskazanie, zapewne różne od poprzedniego. Bierzemy teraz do ręki śrubokręt i śrubką regulacyjną zmieniamy położenie rurki w *dobrym* kierunku. Odkładamy śrubokręt wzdłuż libelli, powtarzamy pomiar w dwóch położeniach różniących się o  $180^\circ$ , znowu regulujemy, itd. Po kilku krokach uzyskamy w miarę dobrze wypoziomowaną libellę. Czyli na krzywej podłodze pęcherzyk powietrza będzie odbiegał od środka o tyle samo, co gdy obrócimy libellę o  $180^\circ$  – tyle że w drugą stronę.

A co powinien zrobić majster, gdy skali na rurce nie ma i w zasadzie tylko na oko można ocenić, jak bardzo odchyła się pęcherzyk? Oczywiście środek rurki z płynem jest zawsze zaznaczony – bez tego użytek z libelli byłby marny.

I na to jest sposób, choć wymaga ciut bardziej zaawansowanej matematyki. Zaczniemy od wykonania poprzedniej procedury, doprowadzając do sytuacji, w której po obrocie libelli o  $180^\circ$  pęcherzyk wychyla się raz w jedną, raz w drugą stronę, z grubsza o podobną wartość. Brak skali nie jest w tym przeszkodą.

Położymy teraz śrubokręt w sprawdzonej pozycji – wzdłuż libelli, tak żeby jego czubek wskazywał jej środek – i zaczniemy ją powoli obracać wokół tego środka. Pęcherzyk w trakcie tego obrotu musi przewędrować na drugą stronę, więc w którymś momencie, jeszcze przed osiągnięciem obrotu o  $180^\circ$ , będzie dokładnie w środku skali (to jest właśnie ta dodatkowa matematyka: taki kąt istnieje). Zatrzymajmy się i zastanówmy. To oczywiście nie jest jeszcze to, o co nam chodziło, ale zbliżyliśmy się do celu. Libella pokazuje poziom, choć na poziomej podłodze raczej nie leży – powiedzmy, że kąt nachylenia podłogi wynosi  $\alpha$ . Zaznaczmy nowe położenie libelli śrubokrętem i zróbmy to, co już potrafimy: wyregulujmy ją w kilku krokach tak, by po obrocie libelli o  $180^\circ$  pęcherzyk wychylał się od centrum raz w jedną stronę, a raz w drugą, z grubsza podobnie. W efekcie dostajemy nowe ustawienie libelli. Gdybyśmy mieli idealne oko (równie dobre jak podziałka), to zadanie byłoby już rozwiązane. Jednak nawet jeśli robimy spory błąd i wiemy tylko, że jeden z kątów, o jakie libella odchyła się od poziomu, jest najwyżej dwa razy większy od tego, gdy leży odwrotnie, to i tak jest dobrze. Można sprawdzić (obrazek obok), że jeśli robiliśmy to w miejscu o nachyleniu podłogi  $\alpha$ , to po regulacji kąt odchylenia libelli do poziomu wynosi nie więcej niż  $\alpha/3$ .

Powtarzamy całość od początku i za chwilę dostajemy kąt nie większy niż  $\alpha/9$ , potem  $\alpha/27$ ,  $\alpha/91$  itd. Oczywiście to jest tylko teoria, bo zapewne bardzo szybko nie da się już dalej nic poprawić. Po prostu kąt odchylenia libelli od poziomu stanie się ludzkim okiem nieodróżnialny od 0. I o to chodziło!

W teorii bez trudu można skonstruować tak „poszarpaną podłogę”, żeby w żadnym miejscu libella nie pokazała dokładnie zerowego wychylenia, ale w praktyce budowlanej takich podłóg raczej się nie spotyka, o ile pomieszczenie w ogóle nadaje się do remontu. Zresztą majster zawsze może położyć libellę na przyniesionej desce, cegle albo czymkolwiek innym.

