

## Czas na czas

Krzysztof TURZYŃSKI

Skończyły się wakacje w szkołach, już niebawem zacznie się rok akademicki na uczelniach. Tylko patrzeć, a nadejdą słotne jesienne wieczory. Wszystkie te okoliczności sprzyjają chwili zadumy nad upływem czasu i jego naturą.

### Stąd do wieczności

Poczynione w ostatnich latach obserwacje kosmologiczne wydarły Wszechświatowi wiele z jego sekretów. Postawiły one również przed ludzkością szereg pytań i wyzwań. Na przykład, czy tempo rozszerzania się Wszechświata zwiększa się i będzie zwiększać się zawsze, jak przewiduje to najprostszy model kosmologiczny? Jeśli tak, to fragment Wszechświata, z którego kiedykolwiek w przyszłości dotrą do nas jakiegokolwiek sygnały, jest ograniczony i, co gorsza, wciąga się zmniejsza.

Skoro obszar, z którym kiedykolwiek wejdziemy w kontakt, na przykład, czerpiąc zeń energię, jest skończony, to skończona jest także całkowita ilość energii pozostająca do dyspozycji ludzkości. Przepuszczając, że istnienie jakichkolwiek form życia wymaga dostarczania pewnej minimalnej mocy, dochodzimy do wniosku, że po upływie dostatecznie długiego czasu ów fragment Wszechświata ziać będzie zimną i martwą pustką. I chociaż pewnym pocieszeniem jest to, że odpowiednie skale czasowe liczy się w miliardach lat, to intuicyjne założenie, że przyszłość, w której działo się będzie coś interesującego, nigdy się nie skończy, wcale nie musi być prawdziwe.

### Administracyjna względność czasu

Wróćmy jednak na razie gdzieś bliżej naszego dużo bardziej ograniczonego wycinka czasoprzestrzeni i wyobraźmy sobie następującą sytuację. Rada Ministrów lub zgoda Komisja Europejska wydaje okólnik lub dyrektywę, że od najbliższego poniedziałku ludzie reprezentowani przez owo ciało mają wstawać o godzinę później, co pozwoli na zaoszczędzenie energii i poprawę samopoczucia wskutek lepszego wykorzystania światła słonecznego. Czy dałoby się uniknąć zamieszek zwolenników dłuższego spania z przeciwnikami mieszania się rządu w sekrety alkowy, takie jak pora nastawienia budzika?

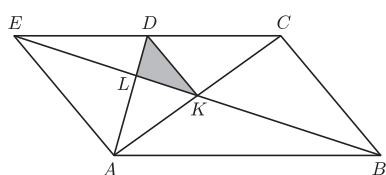
Odpowiednie rozporządzenie wszakże istnieje i jest posłusznie wykonywane – każdej wiosny przestawiamy zegarki o godzinę do przodu i cofamy je o godzinę każdej jesieni. Dzień zmiany czasu jest jednakowy w całej Europie, ale mieszkańcy tych hrabstw Stanów Zjednoczonych, które zdecydowały się wprowadzić zmianę czasu z zimowego na letni (i odwrotnie), cieszą się tym ostatnim mniej więcej o miesiąc dłużej niż Europejczycy. W niektórych zaś miejscach, np. w tych częściach stanu Arizona, które nie są rezerwatami indiańskimi, czasu z zimowego na letni nie zmienia się w ogóle.

### Dni, których nigdy nie było

Nawet definicje powszechnie używanych jednostek czasu – roku, dnia czy sekundy – mogą prowadzić do kłopotów. Jednym z najbardziej spektakularnych wydarzeń pokazujących niedoskonałości ludzkiego definiowania czasu była reforma kalendarza wprowadzona w 1582 roku przez papieża Grzegorza XIII. Miała ona na celu przeciwdziałanie oddalaniu się świąt Wielkanocy od równonocy wiosennej, czyli chwili, kiedy oś obrotu Ziemi tworzy kąt prosty z linią łączącą środki Słońca i Ziemi. W nowym kalendarzu rok zwykły liczy 365 dwudziestoczwierogodzinnych dni, a co cztery lata, ale nie w latach o numerach podzielnych przez 100 i niepodzielnych przez 400, wypada rok przestępny, w którym dodajemy dodatkowo jeden dzień – 29 lutego. To „wypadanie” niektórych lat przestępnych różni kalendarz gregoriański od kalendarza juliańskiego, wprowadzonego przez Juliusza Cezara, w którym co czwarty rok jest przestępny. Średnia długość roku w kalendarzu gregoriańskim wynosi zatem 365,2425 dnia, różniąc się o 0,0075 dnia od średniej długości roku w kalendarzu juliańskim, i stanowi dobre przybliżenie czasu upływającego między kolejnymi równonocami wiosennymi.



**Rozwiązanie zadania M 1253.**  
Niech  $E$  będzie punktem przecięcia prostych  $CD$  i  $BK$ .



Wówczas na mocy twierdzenia Talesa mamy

$$\frac{CE}{AB} = \frac{CK}{KA} = 1,$$

skąd wynika, że czworokąt  $ABCE$  jest równoległobokiem, a ponieważ  $AB : CD = 2$ , więc  $DE = CD$ . Ponadto

$$(*) \quad \frac{DL}{LA} = \frac{DE}{AB} = \frac{1}{2}.$$

Oznaczmy przez  $[F]$  pole figury  $F$  oraz niech  $[DKL] = x$ . Wówczas, na mocy równości (\*), jest  $[AKL] = 2x$ . Ponieważ punkt  $K$  jest środkiem przekątnej  $AC$ , więc  $[CDK] = [ADK] = 3x$ , a to oznacza, że  $[ACD] = 6x$ .

Z drugiej strony, korzystając z warunku  $AB : CD = 2$ , wnioskujemy, że  $[ACD] = \frac{1}{3}[ABCD] = \frac{1}{3}$ . Stąd  $6x = \frac{1}{3}$ , czyli  $x = \frac{1}{18}$ . Ostatecznie pole czworokąta  $KCDL$  wynosi  $x + 3x = 4x = \frac{2}{9}$ .



Reforma gregoriańska, wyrzucając z kalendarza daty od 5 do 14 października 1582 roku, usunęła opóźnienie Wielkanocy, jakie narosło od czasu soboru nicejskiego w 325 roku. Zgromadzenie owo przyjęło z kolei datę równonocy wiosennej wypadającą na 21 marca, kompensując 3 dni różnicy, jakie narosły od wprowadzenia kalendarza juliańskiego do soboru. Nietrudno zauważyć, że cały opisany wyżej kłopot z Wielkanocą spowodowany jest tym, że stosunek długości roku do długości doby – które to długości nie są wcale jednoznacznie zdefiniowane, o czym dalej – nie jest liczbą całkowitą.

### Czym jest rok?

Jeżeli przyjmiemy definicję roku jako czasu upływającego od jednej równonocy wiosennej do następnej (tzw. rok zwrotnikowy), to wtedy czas, jaki Ziemi zabiera pełny obieg wokół Słońca, nie jest równy jednemu rokowi! Powodem tego jest fakt, że oś obrotu Ziemi nie wskazuje stałego kierunku w przestrzeni, ale obraca się zwolna, a obrót taki ma okres około 26 tysięcy lat. Kolejne równonocy wiosenne nie występują zatem dokładnie w tych samych „miejscach” orbity ziemskiej, co oznacza, że układ gwiazdozbiorów na niebie przesuwa się powoli z okresem owych 26 tysięcy lat. Ponieważ nie prowadzi to w praktyce do żadnych nieporozumień, ludzkość uznała, że życie z taką anomalią jest całkowicie znośne. Podstawowym efektem owego przesuwania się gwiazdozbiorów jest fakt, że chociaż Słońce w czasach starożytnych znajdowało się podczas przesilenia letniego w gwiazdozbiorze Raka (od czego czerpie do dziś swą nazwę zwrotnik Raka), dziś tłem tego zdarzenia jest pogranicze Byka i Bliźniąt.

### Czym jest doba?

Jednym ze sposobów zdefiniowania doby jest stwierdzenie, że składa się ona z  $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86\,400$  sekund, które są podstawowymi jednostkami czasu. Od 1967 roku sekunda jest określona jako 9 192 631 770 okresów fali elektromagnetycznej emitowanej przy przejściu pomiędzy dwoma nadsubtelnie rozszczepionymi poziomami energetycznymi stanu podstawowego atomu cezu 133.

Taka dwudziestoczworgodzinna doba nie jest równa okresowi obrotu Ziemi wokół własnej osi! Okres ten wynosi 23 godziny 56 minut i 4,1 sekundy, co stanowi niemal 364/365 części doby. Różnica bierze się z tego, że pełen obieg Ziemi wokół Słońca „dodaje” rocznie dodatkowy dzień w stosunku do dni wynikających z samego obrotu Ziemi. Rzeczywiście, gdyby Ziemia nie obracała się w ogóle wokół własnej osi, dany punkt Ziemi przez pół roku zwrócony byłby w stronę Słońca, przez pozostałe pół zaś krył się w cieniu, co dawałoby jedną, bardzo długą dobę.

Co gorsza, tempo obrotu Ziemi wokół własnej osi nie jest stałe, doba wydłuża się mniej więcej o 2 milisekundy na dzień na stulecie. Różnicę pomiędzy czasem atomowym, definiującym sekundę, a czasem astronomicznym możemy próbować skompensować, dodając niekiedy, średnio co 430 dni, sekundy przestępne. Powoduje to narastanie różnicy między międzynarodowym czasem atomowym (*International Atomic Time*, w skrócie określanym francuskim akronimem TAI) a wprowadzonym w 1972 roku uniwersalnym czasem koordynowanym (*Universal Coordinated Time*, UTC). Oba wzorce czasu są nam potrzebne, gdyż ważne jest zarówno bardzo dokładne mierzenie odległości czasowych, jak i posiadanie wzorca czasu zgodnego z ruchem Słońca po niebie. Obecnie różnica wskazań między UTC a TAI wynosi 34 sekundy.

Nadzorowaniem UTC zajmuje się *International Earth Rotation Service* (IERS) w Paryżu. Organizacja ta decyduje o tym, czy na koniec każdego 30 czerwca i 31 grudnia czasu UTC (czyli odpowiednio po pierwszej godzinie 1 lipca i drugiej godzinie 1 stycznia czasu obowiązującego w Polsce) należy dodać sekundę przestępną, by pozostać w zgodzie z prędkością obrotu Ziemi. Ostatnia, jak dotąd, sekunda przestępna została dodana do UTC po 31 grudnia 2008 r.

### Co dalej?

Opisane przykłady świadczą o tym, że określanie jednostek czasu wcale nie jest tak oczywistą sprawą, jak to się zazwyczaj wydaje. Czy obserwacja ta może zatem służyć np. jako wymówka na wypadek spóźnienia? Osądź to sam, Czytelniku Wnikliwy.



#### Rozwiązanie zadania M 1254.

Wykażemy, że takie kolorowanie jest możliwe wtedy i tylko wtedy, gdy liczba  $n$  jest podzielna przez 3.

Przyjmijmy, że  $n$  jest liczbą podzielną przez 3, oraz niech

$$A_1 A_2 \dots A_{3k} A'_1 A'_2 \dots A'_{3k}$$

będzie danym graniastosłupem. Wówczas kolorujemy wierzchołki  $A_1$  i  $A'_1$  na żółto,  $A_2$  i  $A'_2$  na zielono,  $A_3$  i  $A'_3$  na niebiesko,  $A_4$  i  $A'_4$  na żółto, itd. Takie pokolorowanie spełnia warunki zadania.

Przyjmijmy z kolei, że wierzchołki graniastosłupa pokolorowano zgodnie z warunkami zadania na trzy kolory: żółty, zielony i niebieski. Każdemu żółtemu wierzchołkowi  $Z$  przyporządkujemy wierzchołek zielony, który jest połączony krawędzią z wierzchołkiem  $Z$ . Wówczas odwzorowanie to jest wzajemnie jednoznaczne: każdemu wierzchołkowi żółtemu przypisano tylko jeden wierzchołek zielony, a ponadto żaden zielony wierzchołek nie jest przypisany dwóm żółtym.

Wobec tego żółtych i zielonych wierzchołków jest tyle samo. Analogiczne stwierdzenie dowodzimy dla kolorów niebieskiego i zielonego. Zatem liczba wierzchołków graniastosłupa, czyli  $2n$ , jest podzielna przez 3, skąd bezpośrednio wynika, że liczba  $n$  jest podzielna przez 3.