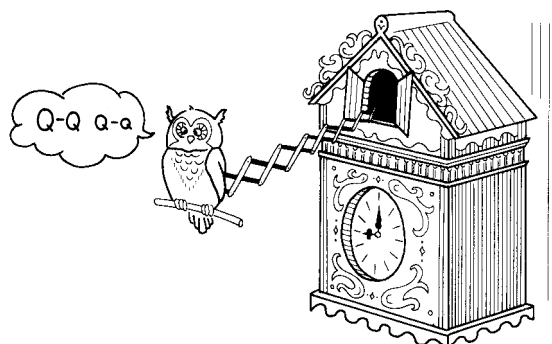




# TEN ZEGAR STARY

**C**zas odgrywa istotną rolę dla każdego z nas. Spróbuj wyobrazić sobie, co by się stało, gdyby wszystkie zegary świata zatrzymały się... Celem tego projektu jest przegląd różnych sposobów, jakimi od wieków ludzie próbowali uchwycić i odmierzyć przemijanie.



## ROZWAŻANIA

### Po co mierzymy czas?

- Dla kogo i w jakich sytuacjach pomiar czasu jest bardzo ważny?
- W jakich sytuacjach z Twojego życia pomiar czasu odgrywa ważną rolę?
- Zbierz różne przysłowia i powiedzenia dotyczące upływu czasu. Wykorzystaj polskie przysłowia ludowe, sentencje łacińskie, przysłowia innych narodów. Jakie myśli się za nimi kryją?

### Jak mierzymy czas?

- Jak ludzie pierwotni mierzyli upływ czasu?
- Pomyśl o różnych sposobach mierzenia czasu stosowanych w codziennym życiu.
- Jak poradzisz sobie w różnych sytuacjach, gdy nie masz zegarka?

### Czym mierzymy czas?

- Jakie zjawiska powtarzają się tak regularnie, że możemy nimi odmierzać czas? Pomyśl o mierzeniu długich i krótkich przedziałów czasu.
- Jakie zjawiska upływają regularnie, stale jednakowo, w tym samym tempie, bez żadnych zaburzeń? Czy można wykorzystać je do pomiaru czasu?
- Pomyśl, jak do mierzenia czasu można wykorzystać każdy z czterech żywiołów.
- Jak wykonać zegar, aby o upływie czasu informował nas za każdym razem inny zmysł?
- Czy można skonstruować idealny zegar?
- Jakie znasz jednostki czasu stosowane dawniej i dziś? Porównaj ich nazwy w różnych językach.
- Czy czas można mierzyć w litrach, kilometrach i innych nietypowych jednostkach?

### Nietypowe sposoby mierzenia czasu

- Czy Twoi koledzy z klasy mają dobre wyczuwanie czasu? Zaprojektuj i przeprowadź odpowiednie eksperymenty. Opracuj wnioski.
- Powtórz w równym tempie 10 razy słowa „sto dwadzieścia jeden”. Ile czasu to trwa? Wykonaj podobne eksperymenty. Wymyśl „gadający zegar”.
- Wyobraź sobie, że jedziesz pociągiem i zapomniałeś zegarka. Jak możesz mierzyć czas jazdy? Jak mierzyć odległość, jaką w tym czasie przejechałeś? Jak określić prędkość jazdy pociągu? Wykonaj wszystkie potrzebne w tym celu pomiary i obliczenia. Czy wiesz, skąd bierze się stukot kół pociągu? Jak można mu zapobiegać?
- Czy mógłbyś mierzyć czas swoim chodem? Wykonaj potrzebne pomiary i eksperymenty.
- Opracuj własny pomysł na mierzenie czasu.

### Przepraszam, która godzina?

- Czy wszędzie na świecie czas mierzy się tak samo? Czy wszędzie jest ta sama godzina?
- Czy w różnych miejscach w tym samym kraju może być różny czas?
- Skąd wiadomo, która godzina jest w jakim miejscu na świecie? Ustaw zegary wskazujące czas w różnych miastach świata.
- W jakich sytuacjach zmiana stref czasu może okazać się kłopotliwa?
- Czy przez cały rok godzina dwunasta wypada w południe, tzn. gdy słońce jest w zenicie? Od czego to zależy? Czy gdzieś na świecie tak jest?
- Po co zmieniamy czas?
- Jak za pomocą Słońca określić kierunki świata? A czas? Czy podobnie jest na obu półkulach?

## ODROBINA HISTORII

- ♦ Najprostszym zegarem stosowanym ponad 5 tysięcy lat temu w Babilonii, Egipcie, Chinach i Indiach był zwykły kij lub wysoki kamienny słup wbity w ziemię. Nazywa się go **gnomonem**. Często stał w centralnym punkcie miasta. Był to pierwszy model **zegara słonecznego**.
- ♦ Jak działają takie zegary? Czy widziałeś gdzieś taki zegar? Jakie są jego zalety, a jakie wady?

- ♦ W starożytnych Chinach stosowano nasycone oliwą sznurki z supłami. Gdy płomień osiągnął kolejny węzeł, upływał określony czas. W innych krajach stosowano zegary oliwne, kadzidłowe, świecowe, piaskowe i wodne. Jak wyglądały? Jak działały?
- ♦ Czy wiesz, co to jest klepsydra?

- ♦ W XIII wieku wprowadzono pierwsze zegary mechaniczne z napędem sprężynowym. Początkowo były bardzo duże. Przez wiele stuleci jedyny zegar w mieście umieszczany był na wieży zamku lub ratusza.

- ♦ Od XVII wieku astronomowie do odmierzenia równych odstępów czasu zaczęli wykorzystywać ruch wahadła. Wahadło używał Galileusz i polski astronom z Gdańska Jan Heweliusz. Za twórcę zegara wahadłowego uznaje się Christiaana Huygensa [czyt. hyjhensa]. Dowiedz się czegoś o ich życiu.

- ♦ Kiedy pojawiły się zegarki przenośne?
- ♦ Zbierz wiadomości o różnych typach współcześnie stosowanych zegarów. Co odmierza w nich równe przedziały czasu? Jak są napędzane?

### Dokładność chodzenia zegara

- ♦ Co to znaczy, że zegar późni się lub spieszy? Jak można mierzyć i porównywać opóźnienie zegarów?
- ♦ Zbierz lub wymyśl i opracuj zbiór zagadek logicznych dotyczących nieprawidłowo chodzących zegarów.
- ♦ Uporządkuj chronologicznie różne typy zegarów, jakie poznałeś. Dowiedz się, jakie były ich dokładności.

## EKSPERYMENTY

- ♦ Zapoznaj się dokładnie z budową zegarów słonecznych. Co odgrywa w nich rolę wskazówki? Jak zmienia się jej długość? Dlaczego?
- ♦ Zbuduj urządzenie, które pozwoli Ci mierzyć czas słoneczny w miejscu Twojego zamieszkania. Czy taki zegar dobrze chodzi przez cały rok? Czy dobrze chodzi w każdym miejscu?
- ♦ Zbuduj kieszonkową (przenośną) wersję zegara słonecznego. Jak się nim posługiwać?

- ♦ Wykonaj zegar świecowy i klepsydrę wodną. Wyskaluj je w odpowiednich jednostkach. Czy w obu przypadkach skale są jednakowe? Sprawdź dokładność chodzenia tych zegarów. Opisz wnioski.

- ♦ Dowiedz się, jak działa zegar sprężynowy. Możesz poprosić o pomoc zegarmistrza.
- ♦ Znajdź zegary wieżowe w okolicy miejsca Twojego zamieszkania. Z jakiego okresu pochodzą? Jak są napędzane?

- ♦ Wykonaj różne modele wahadeł. Od czego może zależeć czas, jaki odmierzają ich wychylenia?
- ♦ Przeprowadź eksperyment i sprawdź swoje przypuszczenia. Opisz wnioski. Możesz o tym porozmawiać z nauczycielem fizyki.
- ♦ Dowiedz się, co napędza wahadło w zegarach.

- ♦ Przedstaw w postaci diagramu lub wykresu, jak zmieniła się dokładność chodzenia zegara w ciągu stuleci.

## PREZENTACJA PROJEKTU

Przygotowanie szkolnej wystawy poświęconej historii mierzenia czasu. Prezentacja wykonanych modeli. Zorganizowanie turnieju zagadek o zegarach i mierzeniu czasu.



# TEN ZEGAR STARY

## ściąga dla nauczyciela

### ROZWAŻANIA

- W trakcie realizacji projektu uczeń ma uświadomić sobie, że dobry zegar powinien stale równo odmierzać jednako- we odcinki czasu. W tym celu można wykorzystać jakieś zjawisko cykliczne lub upływające jednostajnie. Skonstruowanie dokładnego zegara wcale nie jest łatwym zadaniem.
- Zegary przenośne były niezbędne podróżnikom i żeglarzom. Pomagały im w określaniu swojego położenia.
- **Przysłowia i powiedzenia:** *Czas to pieniądz. Czas leczy rany. Czas przecieka przez palce. Nie można wejść dwa razy do tej samej rzeki. Jeszcze dużo wody upłynie, zanim... Spiesz się powoli. Jak się człowiek spieszy... Czas ucieka. Wszystko płynie. Nie mieć czasu.*
- O upływie czasu informują nas zmiany w przyrodzie (pory roku, przypływy i odpływy), zjawiska astronomiczne (dzień i noc, fazy Księżyca) oraz nasz „zegar biologiczny” (starzenie się, cykl menstruacyjny, uczucie głodu, senności, puls).
- **Żywioty:** *ziemia i woda* – klepsydry wodne lub piaskowe (stosowane w regionach, gdzie łatwiej było o piasek); z użycia wyszły dopiero w XIX wieku; *ogień* – zegary ogniowe wykorzystujące stałe tempo spalania knota, kadzidła, oliwy; *powietrze* – trzeba wykorzystać stały przepływ powietrza, nie wiatr, np. odkurzacz lub wentylator.
- **Zmysły:** *wzrok* – zegary wskazówkowe lub z wyświetlaczem; *sluch* – zegary z kurantem, bijące, określanie czasu według śpiewu różnych gatunków ptaków; *powonienie* – w sznurkowych zegarach chińskich każdy odcinek nasączano innym kadzidłem, więc godzinę można było wywąchać, można też stosować różne niemieszające się olejki w lampach oliwnych i zegary kwiatowe wykorzystujące różne godziny otwierania się kielichów kwiatów; *dotyk* – zegarki dla niewidomych.
- **Jednostki czasu:** *olimpiada* – 4 lata, stosowana w starożytnej Grecji; *kwadra* – czwarta część miesiąca księżycowego, od niej wziął się tydzień (pokrewne nazwy: *kwadrans*, *kwartał*); *miesiąc* – staropolska nazwa księżyca, *dekada* – 10 dni, lat (stosowana w kalendarzu chińskim i francuskim kalendarzu rewolucyjnym).
- **Czas miejscowy:** Kula ziemską podzieloną jest na 24 strefy czasowe. Co 15° długości geograficznej czas różni się o 1 godzinę. Linia zmiany daty przebiega prawie dokładnie wzdłuż południka 180° na Oceanie Spokojnym. Różne czasy w jednym państwie europejskim zdarzają się

w Hiszpanii (Wyspy Kanaryjskie), Danii (Grenlandia), Norwegii i Rosji. Wielka Brytania, Irlandia, Islandia i Portugalia mają czas Greenwich (−1h), reszta Europy – czas środkowoeuropejski lub wschodnioeuropejski (+1h, np. Finlandia, Grecja, Ukraina). W Polsce czas słoneczny dla miejscowości leżących na tym samym równoleżniku i odległych o 17,5 km różni się o 1 minutę.

• Na półkuli południowej słońce góruje na północy. Za kołami podbiegunowymi przez pół roku słońca w ogóle nie ma – jest noc polarna.

• **Czas letni:** Wprowadzany w Europie od końca marca do końca października (+1h) ze względu na oszczędność energii, wieczorami jest dłużej jasno i później włączamy oświetlenie.

• Ze względu na rozszerzalność termiczną stali pozostawiane są odstępy między kolejnymi odcinkami szyn kolejowych (co 30 m na prostych odcinkach). Stąd charakterystyczny stukot kół pociągów. Obecnie stosuje się specjalne skośne cięcia na łączeniach szyn oraz materiały o niewielkiej rozszerzalności termicznej. Również w przypadku konstrukcji mostów i wiaduktów stosuje się odstępy pomiędzy kolejnymi, stalowymi elementami konstrukcyjnymi.

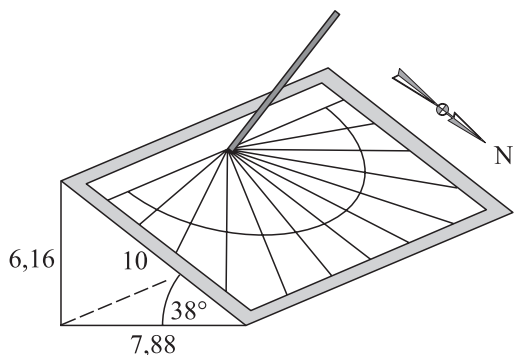
• Przyjmując średnią długość kroku 60 cm i średnią prędkość marszu 4 km/h, jednej minucie marszu odpowiada 111 kroków.

### ODROBINA HISTORII

#### Zegar słoneczny

• Wady – nie mierzy czasu po zachodzie Słońca ani w dni pochmurne i deszczowe, konieczność „dostrajania” na przestrzeni wieków (zmiany ekliptyki); zalety – niezawodność ze względu na brak ruchomych części, łatwość skonstruowania.

• W zegarze słonecznym wskazówką jest cień pręta. W zegarze *dobrze ustawionym* płaszczyzna tarczy powinna leżeć równoległe do płaszczyzny równika niebieskiego, a więc tworzyć z pionem kąt równy szerokości geograficznej miejsca obserwacji. Wskazówka powinna być wtedy prostopadła do tarczy (czasami stosuje się też tarczę poziomą i wskazówkę równoległą do osi Ziemi, tzn. tworzącą z tarczą kąt równy szerokości geograficznej miejsca obserwacji, lub tarczę pionową i wskazówkę skierowaną do dołu). Pełne godziny wypadają wtedy na tarczy co 15°. Do odczytu zegar należy zorientować w kierunku północ–południe.



Model zegara słonecznego dla Wrocławia

### Klepsydra i zegar świecowy

- Klepsydry wodne stosowano już 2 tysiące lat p.n.e. w Egipcie, Chinach i Mezopotamii. Zalety – niezależne od ruchu Słońca i zjawisk atmosferycznych.
- Do budowy modelu można wykorzystać dwie butelki po wodzie mineralnej sklejone przedziurawionymi nakrętkami lub dowolne naczynie z dziurką i wyskalowany pojemnik.
- Wypływ wody nie jest jednostajny (tempo zależy od wysokości słupa cieczy), więc skala takiego zegara będzie nieliniowa, a na zegarze świecowym – liniowa. W parafinie często zatapiano drobiny prochu, aby wybuch informował, że upłynęła kolejna godzina; stosowano też metalowe kulki, które spadając na metalową podstawkę „wybijały” godziny.

### Zegary mechaniczne

- Pierwsze nie miały tarcz, odmierzaly godziny uderzeniami w dzwon. Ich dokładność wynosiła nie więcej niż 1 godzinę na dobę. Potem pojawiła się tylko jedna wskazówka – godzinowa.
- Pierwsze zegarki kieszonkowe wykonano w 1504 r. Nosili je tylko mężczyźni. Zegarek na rękę pojawił się w roku 1790. Moda na nie rozpowszechniła się dopiero pod koniec XIX wieku. Początkowo nosiły je tylko kobiety. Mężczyźni zaczęli dopiero po II wojnie światowej.

### Zegar wahadłowy

- Napędzany opadającym ciężarkiem lub prądem elektrycznym. Wady: musi być nieruchomy.
- Model wahadła matematycznego to kulka zawieszona na nici, czyli o masie skupionej na końcu.
- Wychylenia nie powinny przekraczać  $30^\circ$ , bo okres drgań wahadła „matematycznego” dla małych wychyleń (przy zaniedbaniu oporu) zależy od jego długości, a nie zależy od masy i kąta wychylenia.
- Okres drgań zależy też od temperatury. Wahadło ze stali przy wzroście temperatury o  $1^\circ\text{C}$  wydłuża się na tyle, że zegar późni o  $1/3$  s na dobę. Aby tego uniknąć, w wahadłach stosuje się kompensację (rozszerzanie termiczne różnych części wahadła wzajemnie się kompensuje, tak że środek ciężkości pozostaje w tym samym miejscu) oraz wykonuje je z materiałów o niskim współczynniku rozszerzalności.

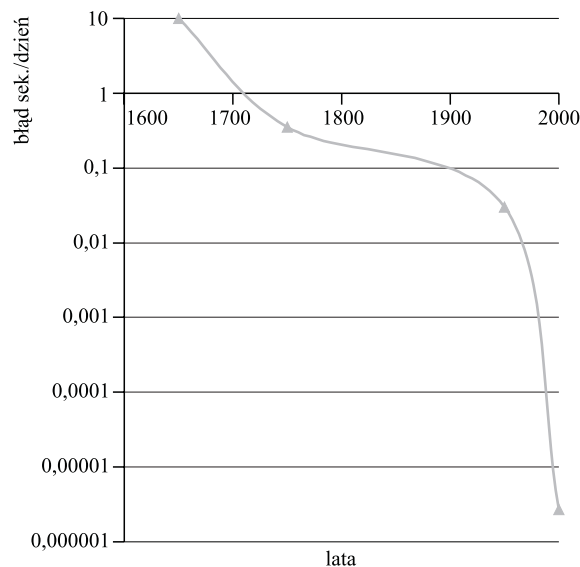
- Okres drgań zależy też od oporu powietrza, dlatego wahadło chroni się przed zmianami ciśnienia przez zamykanie w szczelnej szafce, kloszu itp.

masa w kg	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	2
liczba drgań / 15 s	8	8	8	8
wychylenie w stopniach	10	20	25	30
liczba drgań / 15 s	8	8	8	8
długość wahadła w cm	48	32	16	8
liczba drgań / 15 s	8	11	14	16

- Uczniowie starszych klas gimnazjum mogą zapoznać się z problemem poszukiwania tautochrony – krzywej, która umożliwiłaby stosowanie zegarów wahadłowych na statkach. Informacje na ten temat można znaleźć w książce M. Kordosa.

### Dokładność chodu zegara

- zegar wahadłowy (połowa XVII w.) – 10 s dziennie,
- chronometr (koniec XVIII w.) – pierwszy zegar przenośny z balansem – 54 s na 156 dni, tj. 0,35 s dziennie,
- zegarki sprężynowe (koniec XIX w.) –  $1/30$  s dziennie,
- zegar kwarcowy (pierwsza połowa XX wieku) – wykorzystuje okresowe deformacje płytki kwarcowej pod wpływem przyłożonego napięcia elektrycznego (baterijka) – 0,001 s dziennie,
- zegar atomowy (koniec XX w.) – wykorzystuje drgania własne cząstek lub atomów – 1 s na 1000 lat, tj.  $2,7 \cdot 10^{-6}$  s dziennie, zegary cezowe –  $10^{-13}$  s dziennie,
- najnowsze, hiperdokładne zegary wykorzystują gaz Bosego–Einsteina, atomy są w nim bardzo schłodzone, co daje powolne drgania (Nobel 2001).



### ŹRÓDŁA

- Co i jak – Czas, Atlas, Wrocław 1997.  
 M. Kordos, Wykłady z historii matematyki, WSiP, Warszawa 1994.  
 Wiedza i Życie nr 10/98.

## ZADANIA Z KURANTEM

Opr. Małgorzata Mikołajczyk i Michał Śliwiński

1. Która jest godzina, jeśli piętnaście minut temu wskazówki zegara były prostopadłe, a wskazówka minutowa była położona pionowo?
2. Która jest godzina, jeśli do końca doby pozostało jeszcze  $\frac{2}{3}$  tego, co już upłynęło?
3. Zegar chodził od nakręcenia 52 godziny. Stał we wtorek o 17.30. Kiedy go nakręcono?
4. Mój zegarek spóźnia się o dwie minuty na godzinę. Jest właśnie południe i ustawiłem go dokładnie. Po jakim czasie jego opóźnienie wyniesie 1 godzinę?
5. Zegar wskazujący godziny, minuty i sekundy spieszy się 2 minuty i 48 sekund na tydzień. Zegar uruchomiono w niedzielę w południe. Jaka godzinę wskaże on w najbliższy czwartek o godzinie 16.00?
6. Mirek nastawił zegarek na dokładny czas w południe. Zegarek spóźnia się o 3 minuty na godzinę. Kiedy wskaże on ponownie właściwą godzinę?
7. Cztery zegary z kolekcji profesora Sędziwego wskazują godziny: 14.36, 14.41, 14.59, 15.03. Wiadomo, że dwa z nich spieszą, a jeden chodzi dobrze. Czy jest wśród nich zegarek, który się spóźnia? O ile? Która jest teraz naprawdę godzina?
8. Cztery zegary wskazują godziny: 16.45, 17.05, 17.25 i 17.40. Jeden z nich spieszy się o 20 minut, jeden – spóźnia o 20 minut, jeden chodzi dobrze, a jeden w ogóle nie chodzi. Która jest godzina?
9. Trzy zegary u zegarmistrza Cykora właśnie biją. Dwa z nich wskazują prawidłowy czas, a trzeci spóźnia się o godzinę. Suma godzin, które wybiły, wynosi 14. Która jest godzina?
10. Profesor Sędziwy z rozrządzenia wybrał się na spacer po Starówce bez zegarka. W pewnej chwili zegary na wieży ratusza i katedry zaczęły jednocześnie wybijać godzinę. Zegar ratuszowy bije co 2 sekundy, a katedralny co 3 sekundy. Profesor usłyszał sześć uderzeń. Która była godzina?
11. W pewnym mieście dwa zegary wybijają godziny. Pierwszy zegar uderza co 3 sekundy, a drugi uderza regularnie w odstępach krótszych, ale zawsze rozpoczyna wybijanie godziny o 2 sekundy później niż pierwszy. O godzinie trzeciej w nocy Janek usłyszał 5 uderzeń, a o ósmej rano – 14 uderzeń. Co ile sekund powtarzają się uderzenia drugiego zegara?
12. Promień tarczy zegarka wynosi 1 cm. Jaka jest powierzchnia wycinka kołowego zawartego pomiędzy jego wskazówkami o godzinie 9.30?
13. Między 12.00 a 13.00 wskazówki zegara dwa razy tworzą kąt prosty. Ile minut dzieli te dwie chwile?
14. O której godzinie każdej doby wskazówki zegara są do siebie pierwszy raz prostopadłe?
15. Ile razy w ciągu doby wskazówki zegarka pokrywają się? A jeśli zegarek ma trzy wskazówki?
16. Ile razy w ciągu doby wskazówki zegara są: a) prostopadłe, b) równoległe?
17. Ile razy na dobę wskazówki zegara ustawione są tak, że nie można jednoznacznie odczytać, która jest godzina, bo nie wiadomo, która wskazówka jest która?
18. Ile razy w ciągu doby trzy wskazówki zegara dzielą tarczę na 3 równe części?
19. Lekarz zapisał choremu tabletki, które ten miał przyjmować co pół godziny. Ile czasu potrzeba na zażycie 3 tabletek?
20. Podobno Kant prowadził tak uregulowany tryb życia, że mieszkańcy Królewca regulowali zegarki, gdy widzieli go w określonych miejscach. Pewnego wieczoru Kant z przerażeniem odkrył, że jego zegar ścienny stanął, a kieszonkowy oddał właśnie do naprawy. Poszedł więc do swojego przyjaciela mieszkającego mniej więcej w odległości kilometra (ten przeprowadził się właśnie do nowej dzielnicy i Kant szedł tam po raz pierwszy). Gdy wszedł do jego domu, spojrzął na zegar w korytarzu. Spędził u przyjaciela kilka godzin, a potem wrócił do domu tą samą drogą. Jak zwykle szedł powolnym równym krokiem (którym chadzał od 20 lat). Nie miał pojęcia jak długo wracał, ale gdy tylko wrócił do domu, natychmiast dokładnie nastawił zegar. Jak to zrobił?