

# Zadanie

Ćwiczenie

Rozwiązanie

Zadanie domowe

Ostatnia aktualizacja 21 listopada 2015

Należy przeprowadzić *analizę widmową* (zwaną też *analizą harmoniczną*, *analizą Fouriera*) dla danych grawimetrycznych z Józefostawia – grawimetr sprężynowy *LC&R ET26*. Proszę podać częstotliwości wyróżnionych fal i ich amplitudy. Proszę również zamieścić wykres z odpowiednio opisanymi osiami i wartościami.

*Analiza widmowa* pozwala znaleźć składowe harmoniczne (szereg sinusoid, ich *amplitudy* i *częstotliwości*) w analizowanym sygnale. Jest to nadzwyczaj użyteczna technika, nie tylko w płytach lecz w całej geodezji jak i w innych dziedzinach nauki i życia. Po szczegóły odsyłam do literatury i internetu. Krótko mówiąc transformacja i odwrotna transformacja Fouriera pozwalają na zmianę sygnału z dziedziny czasu na dziedzinę częstotliwości i odwrotnie.

# Zadanie

Fragment danych przedstawiony jest poniżej – dane są podane w formacie yyyy mm dd hh mm ss g, co oznacza odpowiednio rok, miesiąc, dzień, godzinę, minutę i sekundę oraz wartość przyspieszenia siły ciężkości w  $\text{nm s}^{-2}$ .

Ćwiczenie  
Rozwiązanie

## Wykaz 1: Dane do zadania (przykładowy fragment)

2007	1	2	16	0	0	-1059.343
2007	1	2	17	0	0	-1374.666
2007	1	2	18	0	0	-1783.991
2007	1	2	19	0	0	-2227.802

Załączone dane są wolne od „dziur”. W przypadku szybkiej transformacji Fouriera nierównomierność próbkowania sygnału jest dużym problemem. Są sposoby, żeby z tym sobie radzić ale to jest poza tematem tego ćwiczenia. W każdym razie nie można stosować tych algorytmów dla nierównomiernie rozłożonych danych w dziedzinie częstotliwości. Z danych należy wybrać swój podzbiór określony datami (poniżej) w zależności od numeru na liście (numery podane są na stronie internetowej [www](#)).

## Wykaz 2: Zestawy

Numer	0:	od	2007	1	2	16	0	do	2007	3	6	3	0
Numer	1:	od	2007	1	12	22	0	do	2007	3	16	9	0
Numer	2:	od	2007	1	23	4	0	do	2007	3	26	15	0
Numer	3:	od	2007	2	2	10	0	do	2007	4	5	21	0

# Zadanie

Do obliczeń można wykorzystać istniejące oprogramowanie. Spośród wielu (bardzo wielu) możliwości można,

- wykorzystać Matlaba lub jego darmowy (!) odpowiednik (prawie odpowiednik) Octave'a

Na zachętę poniżej podaje przykładowy skrypt rozwiązujący zadanie w Octave'ie (linie komentarza zaczynają się od znaku %).

```
% Wczytanie danych z pliku do macierzy A
A = load ( './zestawy/dane0.dat' );

% Ile pozycji jest w danych
L=length(A);

% Wykorzystanie wbudowanej funkcji fft.
% Szybka transformata fouriera wymaga,
% zeby liczba danych byla potega dwójki
% dlatego wykorzystujemy funkcje
% 'nextpow2' (patrz wyjasnienia w instrukcji Matlaba/Octave'a).
FFT=fft ( A(:,7) , 2^nextpow2(L) ) / L ;

% Czestotliwosc i amplituda
freq = 1/2 * linspace(0,1,2^nextpow2(L) / 2+1 )';
ampl = 2 * abs( FFT( 1:2^nextpow2(L) / 2+1 ) );

% Mielismy dane godzinne a wyniki chcemy w cpd
freq = freq * 24;

% I zapis pliku wynikowego
PLIK=fopen ( 'wyniki.dat', 'w' );
for i=1:length(freq)
    fprintf ( PLIK, "%10.3f %10.3f\n", freq(i), ampl(i) )
end
```

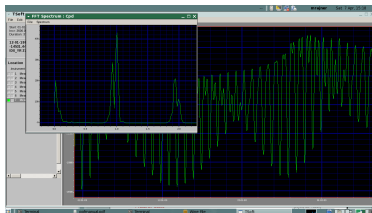
Ćwiczenie

Rozwiązanie

# Zadanie

- wykorzystać Excela – jest możliwość przeprowadzenia analizy Fouriera w tym pakiecie – ale tutaj nic nie podpowiem gdyż sam tego nie robiłem. Z tego co wiem open office nie oferuje jeszcze takich obliczeń.
- wykorzystać program Tsoft  
<http://seismologie.oma.be/TSOFT/tsoft.html>  
Łatwe w użyciu oprogramowanie do analizy szeregów czasowych. Ma też moduł do obliczeń teoretycznych płytów ziemskich. Obszerna dokumentacja i pliki pomocy pozwolą Państwu na stosunkowo łatwe rozwiązanie problemu. Poniżej pokazany jest „zrzut ekranu” z programu Tsoft z rozwiązaniem dla zestawu nr 0.

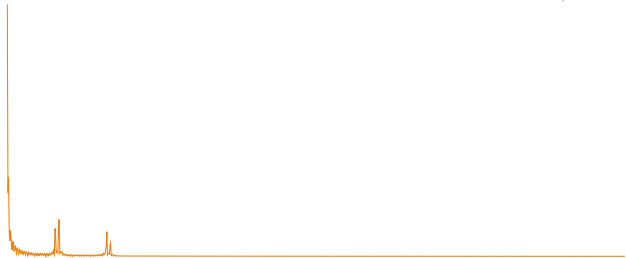
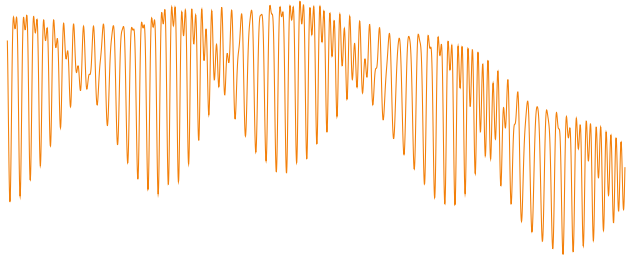
Ćwiczenie  
Rozwiązanie



- znaleźć sobie coś „pod siebie” – ogromny wybór.

# Zadanie

Rozwiązanie dla zestawu nr 0.

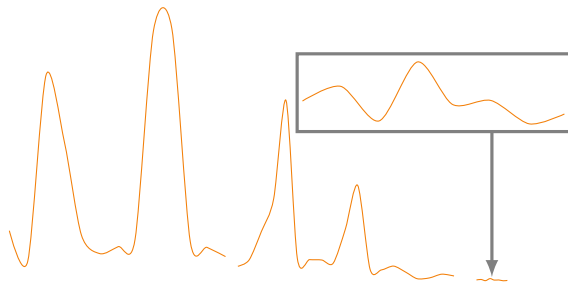
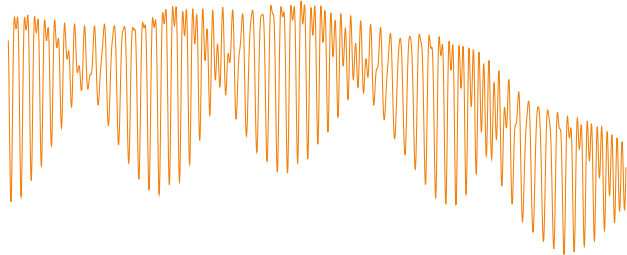


Ćwiczenie

Rozwiązanie

# Zadanie

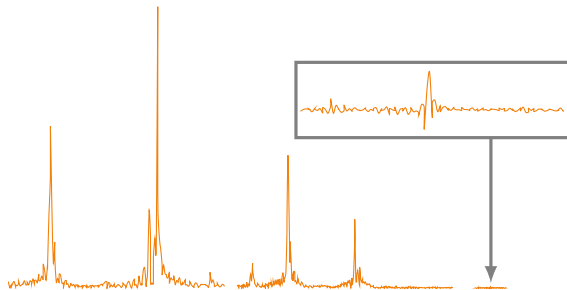
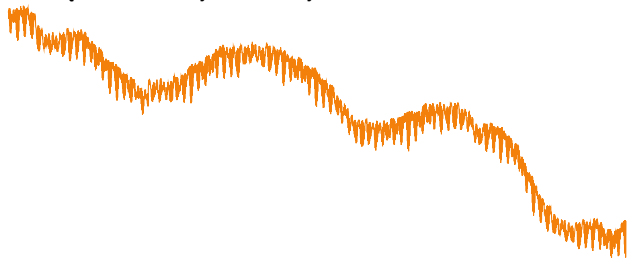
Rozwiązanie dla zestawu nr 0.



Ćwiczenie  
Rozwiązanie

# Zadanie

Rozwiązanie dla wszystkich danych.



Ćwiczenie

Rozwiązanie

# Zadanie

I wystarczyłoby teraz z pliku lub wykresu (z małą dokładnością) odczytać częstotliwości i amplitudy głównych pików w widmie (*fal pływowych*). Można się również pokusić o ich nazwanie (katalog potencjału pływowego <http://www.eas.slu.edu/GGP/ETERNA34/COMMDAT/HW95S.DAT>).

Rozdzielczość widma silnie zależy od liczby danych pomiarowych. Im dłuższy ciąg obserwacyjny, tym więcej szczegółów (tym samym różnych fal) możemy w widmie wyróżnić. Przykład widma z pełnego roku obserwacji znajdują państwo w „podlinkowanej” pracy [pdf].

Na koniec zwracam uwagę, że często przy analizie harmonicznej wykorzystuje się *moc widmową*. W przypadku naszych danych jednostką mocy widmowej były by  $(\text{nm}/\text{s}^2)^2/\text{Hz}$ . W przypadku *widma amplitudowego* mamy wprost amplitudy fal pływowych –  $\text{nm s}^{-2}$ .

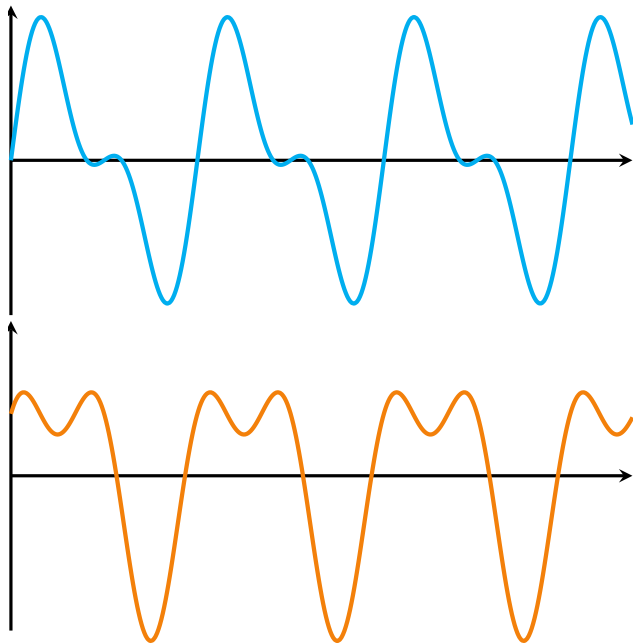
Powodzenia!

Ćwiczenie

Rozwiązanie

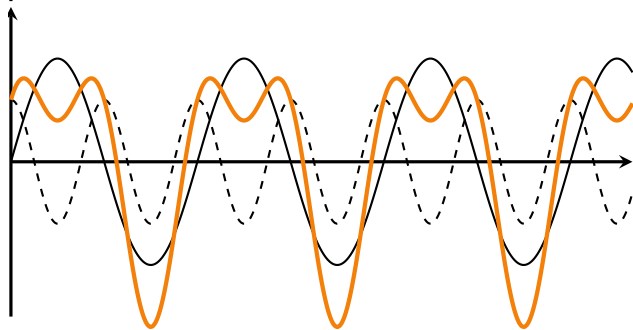
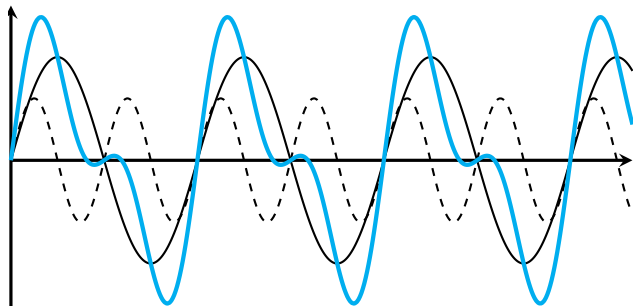


# Zadanie\*



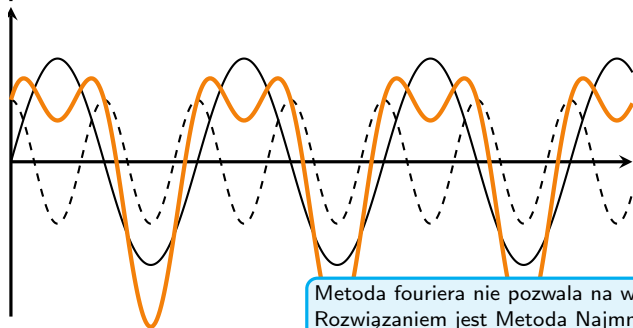
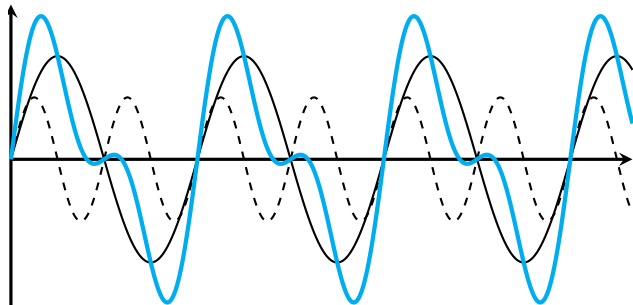
Ćwiczenie  
Rozwiązanie

# Zadanie\*



Ćwiczenie  
Rozwiązanie

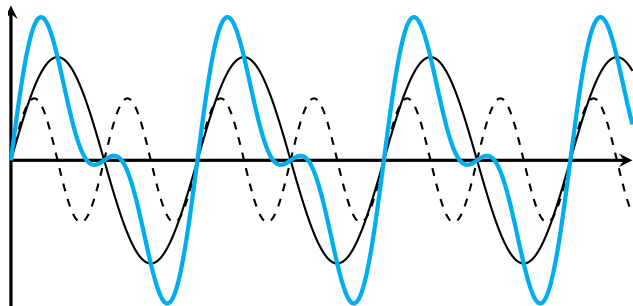
## Zadanie\*



Ćwiczenie  
Rozwiązanie

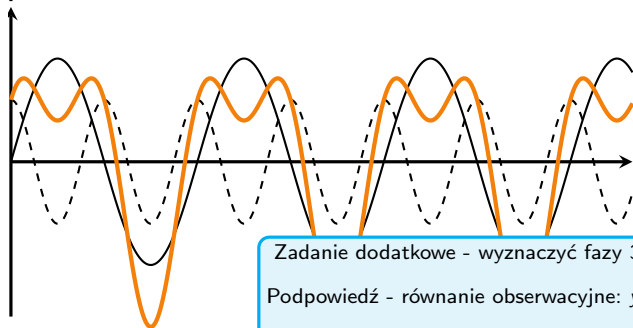
Metoda fouriera nie pozwala na wyznaczenia fazy fali pływowej!  
Rozwiązaniem jest Metoda Najmniejszych Kwadratów

## Zadanie\*



Ćwiczenie

Rozwiązanie



Zadanie dodatkowe - wyznaczyć fazy 3 fal o największej amplitudzie

Podpowiedź - równanie obserwacyjne: 
$$y(t) = \sum_{i=1}^3 A_i \cos(\omega_i t + \varphi_i)$$