

Dynamiczna teoria pływów

ostatnia aktualizacja
4 maja 2015

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

ZIEMIA NIE JEST
SZTYWNA!

JEST ELASTYCZNA,
LEPKA, SPREŻYSTA...

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Zmiana potencjału punktu
Początkowy potencjał w punkcie A

W_A

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Zmiana potencjału punktu

Początkowy potencjał w punkcie A

W_A

Potencjał pływowy

V_P

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Zmiana potencjału punktu

Początkowy potencjał w punkcie A

W_A

Potencjał pływowy

V_P

Potencjał deformacyjny

V_D

**Dynamiczna teoria
pływów**

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

**Instrumenty
pomiarowe**

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Zmiana potencjału punktu

Początkowy potencjał w punkcie A W_A

Potencjał pływowy V_P

Potencjał deformacyjny V_D

Wpływ przemieszczenia $-\frac{\partial W}{\partial R}dR$

$$W_A + V_P + V_D - \frac{\partial W_A}{\partial R}dR$$

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Teoria Love'a

$$\delta R = h \frac{V_P}{g}$$

$$W_D = k \cdot V_P$$

$$\delta n = l \frac{1}{g} \frac{\partial V_P}{\partial \varphi}$$

$$\delta e = l \frac{1}{g \cos \varphi} \frac{\partial V_P}{\partial \lambda}$$

h, k, l - wartości powierzchniowe

$$h = H(R) \quad \sim 0.6$$

$$k = K(R) \quad \sim 0.3$$

$$l = L(R) \quad \sim 0.1$$

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Zmiana potencjału

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

$$W = W_A + V_P + V_D - \frac{\partial W_A}{\partial R} dR$$

$$W = W_A + V_P \cdot (1 + k - h)$$

$$\Delta W = \gamma \cdot V_P \sim 0.7 \cdot V_P$$

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

$$-\frac{\partial W}{\partial R} = W_A + V_P + V_D - \frac{\partial W_A}{\partial R} dR$$

$$-\frac{\partial W}{\partial R} = g + g_P \cdot \left(1 - \frac{3}{2}k + h\right)$$

$$\Delta g = \delta \cdot g_P \sim 1.16 \cdot g_P$$

Zmiana odchylenia pionu

Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Pływowa zmiana odchylenia pionu

- względem powierzchni Ziemi
- względem osi obrotu Ziemi

Zmiana odchylenia pionu względem Ziemi

Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

$$\vartheta_{N-S} = \frac{1}{Rg} \frac{\partial V_P}{\partial \varphi} (1 + k - h)$$

$$\vartheta_{N-S} = \gamma \cdot \vartheta_P \sim 0.7 \cdot \vartheta_P$$

Zmiana odchylenia pionu względem osi obrotu Ziemi

Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

$$\vartheta_{N-S} = \frac{1}{Rg} \frac{\partial V_P}{\partial \varphi} (1 + k - l)$$

$$\vartheta_{N-S} = \Lambda \cdot \vartheta_P \sim 1.1 \cdot \vartheta_P$$

Współczynniki pływowe

Dynamiczna
teoria pływów

grawimetryczny	δ	$1 - \frac{3}{2}k + h$	1.16
----------------	----------	------------------------	------

klinometryczny	γ	$1 + k - h$	0.7
----------------	----------	-------------	-----

	Λ	$1 + k - l$	1.1
--	-----------	-------------	-----

ekstensometryczne

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

**Dynamiczna teoria
pływów**

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

**Instrumenty
pomiarowe**

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

stopień	rzęd	δ	h	k	l	γ
2	0	1.165	0.618	0.305	0.086	0.687
2	1	1.153	0.607	0.302	0.082	0.695
2	2	1.157	0.615	0.306	0.082	0.691
3		1.073	0.295	0.094	0.015	0.800
4		1.036	0.181	0.043	0.010	0.862

Maksymalne efekty geodezyjnych zjawisk pływowych

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Efekt		Maksymalny efekt	
		Księżyc	Słońce
Wysokość elipsoidalna	H^{el}	33 cm	15 cm
Wysokość ortometryczna (normalna)	$H^{o,n}$	36 cm	17 cm
Odstęp geoidy	N	70 cm	32 cm
Przyspieszenie siły ciężkości	g	191 μGal	88 μGal
Odległość pozioma	s	$8.0 \cdot 10^{-8} \cdot s$	$3.7 \cdot 10^{-8} \cdot s$
Odchylenie pionu	ϑ	0.023"	0.011"
Różnica wysokości	Δh	0.056 [mm/km]	0.026 [mm/km]

Instrumenty pomiarowe

Grawimetri

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

czterech kwadratów

Instrumenty pomiarowe

Zmiany przyspieszenia siły ciężkości

- Grawimetry
 - sprężynowe
 - nadprzewodnikowe

Zmiany odchylenia pionu

- Wahadła poziome
- Klinometry hydrostatyczne
- klinometry wahadłowe
- teleskopy, instrumenty przejściowe

Zmiany deformacyjne

- ekstensometry
- interferometry laserowe

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

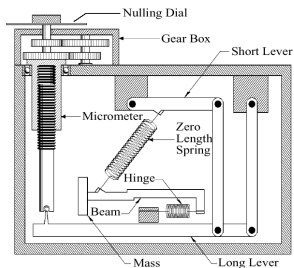
Grawimetry

- Wahadła poziome
- Klinometry
- Ekstensometry

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

www.microglacoste.com



apuntes.rincondelvalgo.com



www.scintrexltd.com



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

- Wahadła poziome
- Klinometry
- Ekstensometry

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

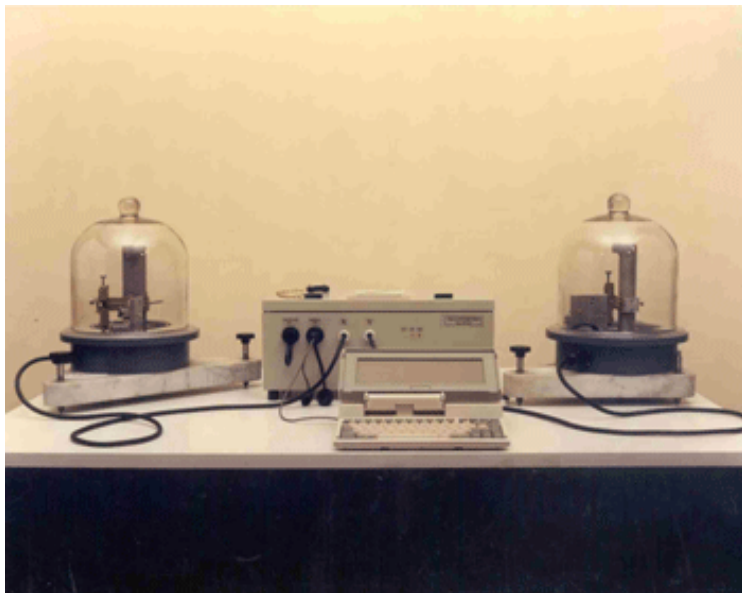
Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów



www.lngs.infn.it

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

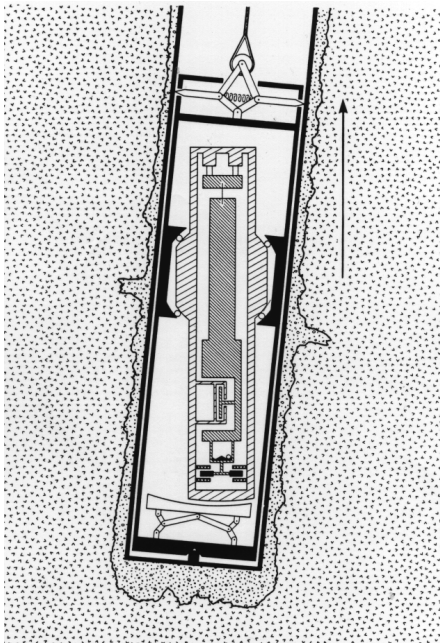
Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów



www.cbk.waw.pl



www-gpit.physik.uni-karlsruhe.de

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

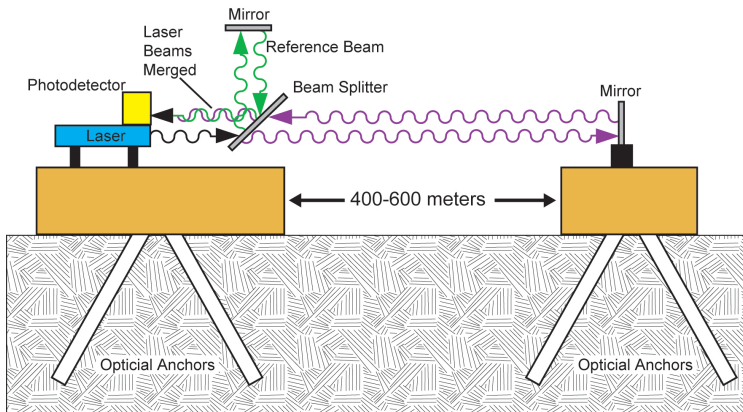
Instrumenty pomiarowe

- Grawimetry
- Wahadła poziome
- Klinometry**
- Ekstensometry

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Dynamiczna teoria pływów



www.earthscope.org

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów



www.bfo.geophys.uni-stuttgart.de

Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

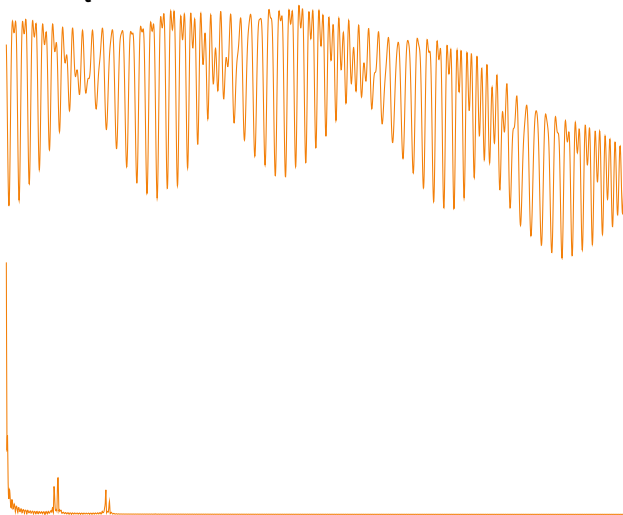
- Grawimetry
- Wahadła poziome
- Klinometry
- Ekstensometry**

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Zadanie

Rozwiązanie dla zestawu nr 0.



Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

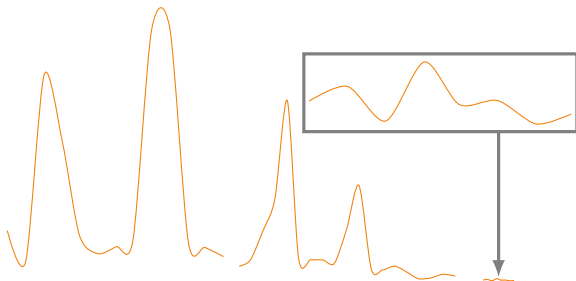
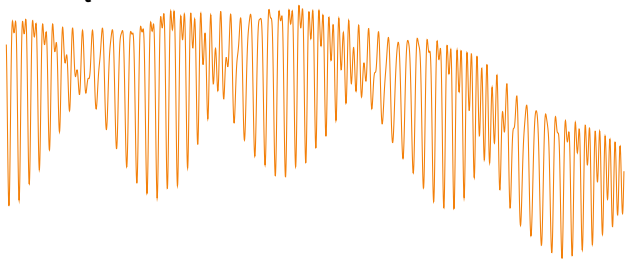
Przykłady

Analiza Metodą

Najmniejszych Kwadratów

Zadanie

Rozwiązanie dla zestawu nr 0.



Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału
Zmiana przyspieszenia sily ciężkości
Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

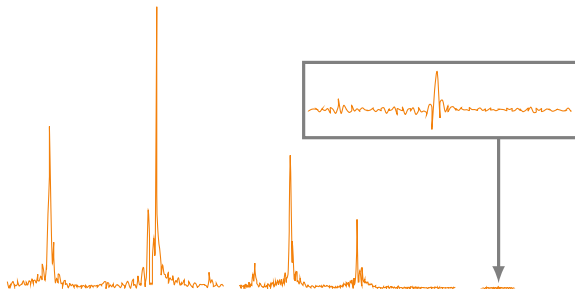
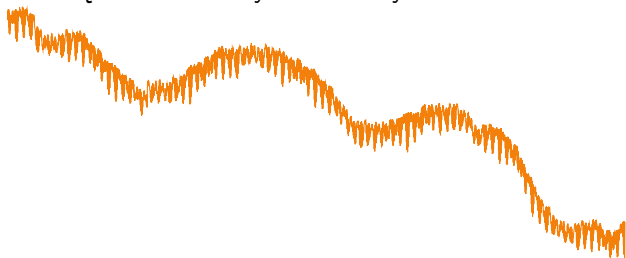
Grawimetry
Wahadła poziome
Klinometry
Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Zadanie

Rozwiązanie dla wszystkich danych.



Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

- Grawimetry
- Wahadła poziome
- Klinometry
- Ekstensometry

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Metoda Najmniejszych Kwadratów

Dynamiczna
teoria pływów

Równanie obserwacyjne,

$$v_t = \sum_{n=1}^n R_i \delta_i \cos(\Phi_{it} + \Delta\Phi_i) - P_t - D_t$$

Linearyzacja,

$$v_t = \sum_{n=1}^n R_i \cos \Phi_{it} \delta_i \cos \Delta\Phi_i - \sum_{n=1}^n R_i \sin \Phi_{it} \delta_i \sin \Delta\Phi_i - P_t - D_t$$

Rozwiązanie,

$$\delta, \Delta\Phi$$

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Metoda Najmniejszych Kwadratów

Dynamiczna
teoria pływów

Równanie obserwacyjne,

$$v_t = \sum_{n=1}^n R_i \delta_i \cos(\Phi_{it} + \Delta\Phi_i) - P_t - D_t$$

Linearyzacja,

$$v_t = \sum_{n=1}^n R_i \cos \Phi_{it} \delta_i \cos \Delta\Phi_i - \sum_{n=1}^n R_i \sin \Phi_{it} \delta_i \sin \Delta\Phi_i - P_t - D_t$$

Rozwiązanie,

$$\delta(f), \quad \Delta\Phi(f)$$

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

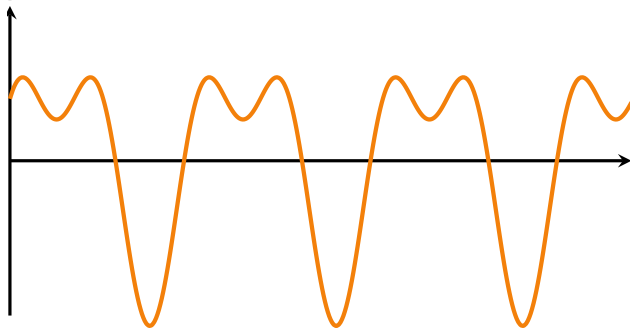
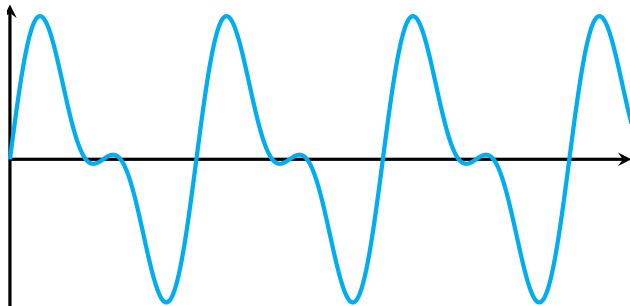
Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Zadanie*



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

- Zmiana potencjału
- Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
- Współczynniki pływowe

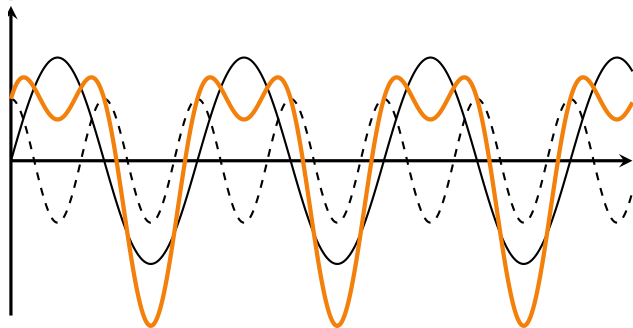
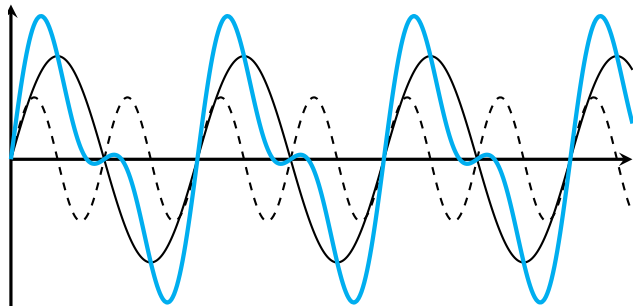
Instrumenty pomiarowe

- Grawimetry
- Wahadła poziome
- Klinometry
- Ekstensometry

Przykłady

- Analiza Metodą Najmniejszych Kwadratów

Zadanie*



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

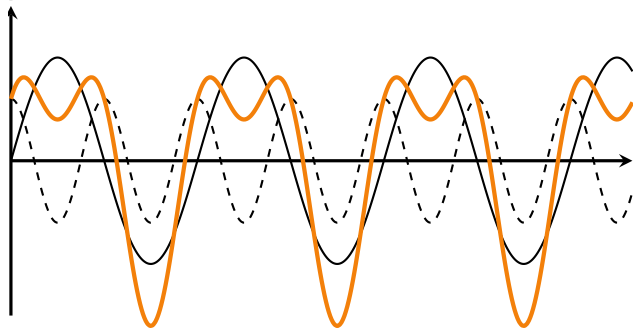
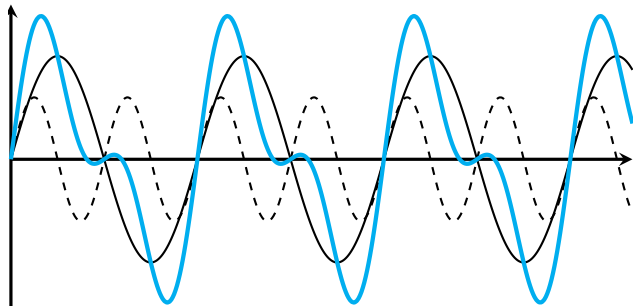
Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Zadanie*



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

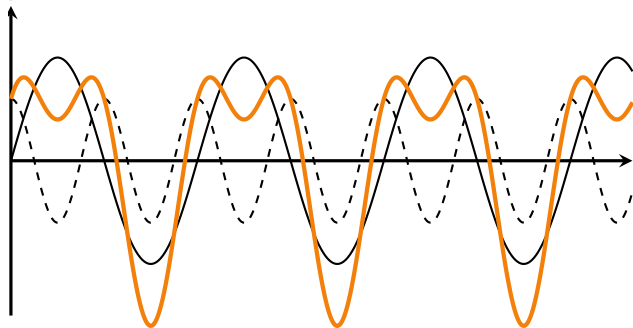
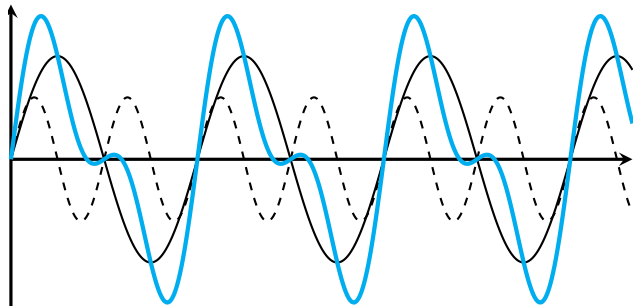
Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

Zadanie*



Dynamiczna teoria pływów

Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału

Zmiana przyspieszenia siły ciężkości

Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry

Wahadła poziome

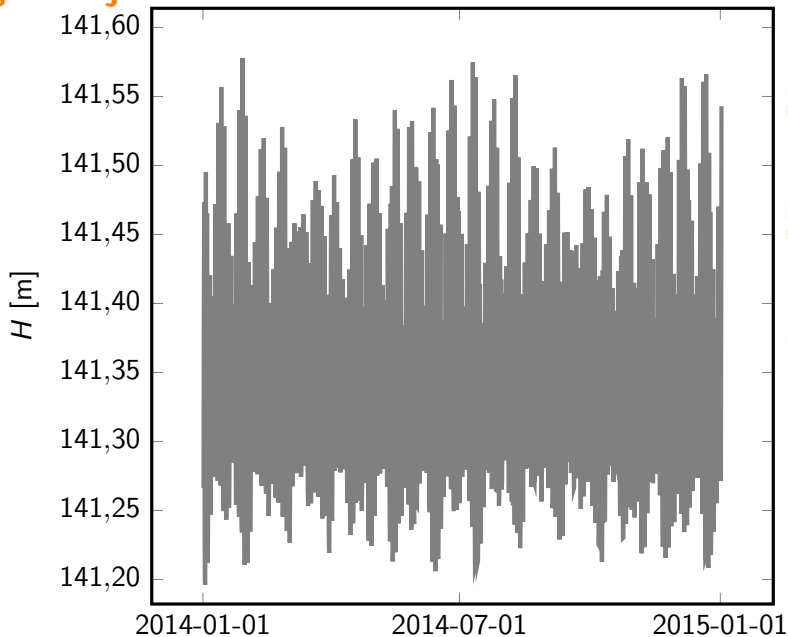
Klinometry

Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

gnss – joze



Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału
Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości
Współczynniki pływowe

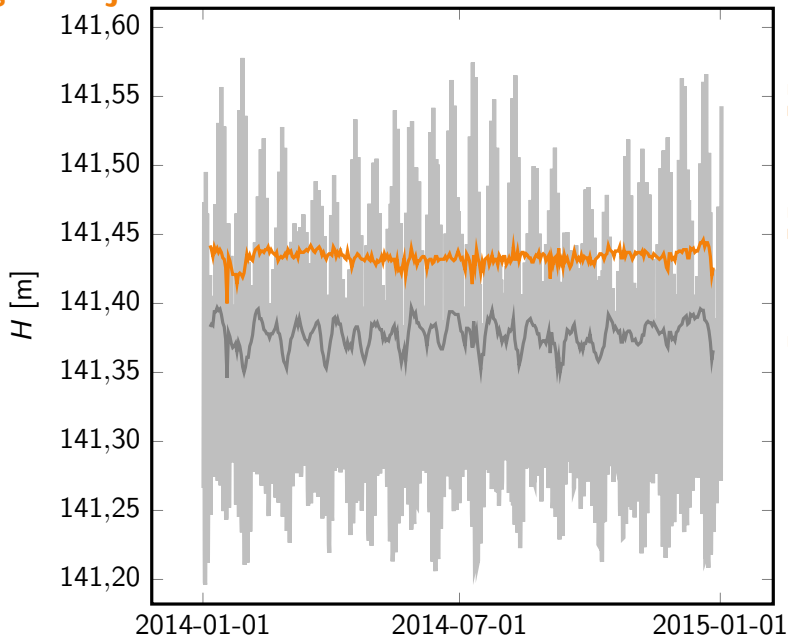
Instrumenty
pomiarowe

Grawimetry
Wahadła poziome
Klinometry
Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

gnss – joze



Dynamiczna
teoria pływów

Dynamiczna teoria
pływów

Zmiana potencjału
Zmiana przyspieszenia siły
ciężkości
Współczynniki pływowe

Instrumenty
pomiarowe

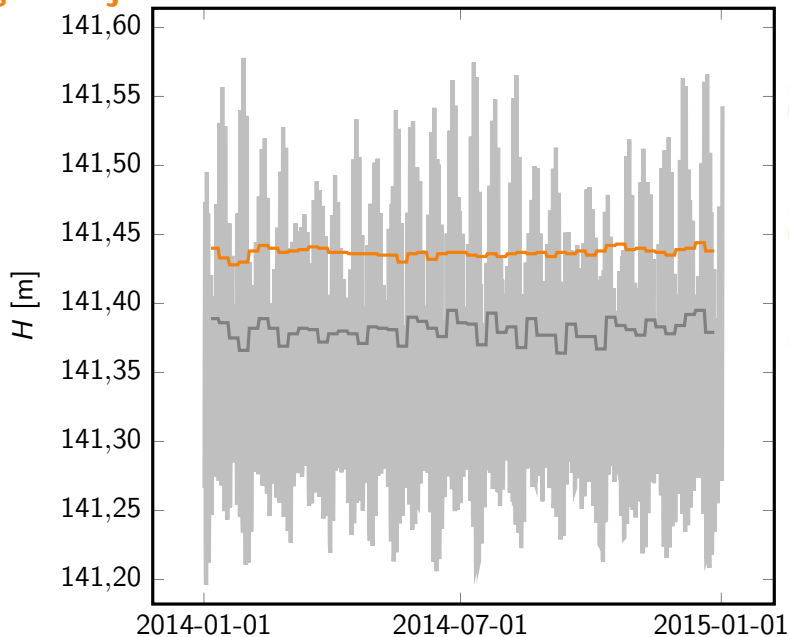
Grawimetry
Wahadła poziome
Klinometry
Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów

gnss – joze

Dynamiczna
teoria pływów



Dynamiczna teoria pływów

Zmiana potencjału
Zmiana przyspieszenia siły ciężkości
Współczynniki pływowe

Instrumenty pomiarowe

Grawimetry
Wahadła poziome
Klinometry
Ekstensometry

Przykłady

Analiza Metodą
Najmniejszych Kwadratów