



PROGRAM ROZWOJOWY  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

# Miniaturowe systemy orientacji w przestrzeni - informacja ogólna

r. akad. 2010/11, 2012/13, 2013/14, 2014/15

dr inż. Sergiusz Łuczak

*Człowiek - najlepsza inwestycja*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego*

# Zakres przedmiotu

---

- Podział systemów orientacji i nawigacji, typowe ich zastosowania
- Podział czujników odchylenia od pionu, omówienie typowych ich rodzajów oraz realizacji fizycznych
- Zależności pomiędzy składowymi przyspieszenia ziemskiego a kątami odchylenia od pionu
- Niepewność wyznaczenia odchylenia od pionu, zmienność przyspieszenia ziemskiego.
- Algorytmy obliczeniowe dla różnych przypadków pomiarowych
- Zagadnienia dotyczące justowania, wzorcowania oraz określania dokładności czujników odchylenia od pionu

# Zakres przedmiotu

---

- Podstawowe rozwiązania budowy akcelerometrów MEMS, najważniejsze ich parametry użytkowe akcelerometrów oraz możliwości ich poprawy
- Podstawowe rozwiązania budowy żyroskopów MEMS, najważniejsze ich niedoskonałości, czujniki ciśnienia MEMS
- Analiza komercyjnych zintegrowanych bezwładnościowych modułów pomiarowych (IMU) o miniaturowych wymiarach oraz inteligentnych sensorów inercjalnych
- Podstawowe informacje dotyczące pomiaru czasu oraz budowy urządzeń zegarowych

# Harmonogram

Zajęcia	Treść zajęć
1	Wprowadzenie. Sprawy organizacyjne. Systemy nawigacji i orientacji, typowe ich zastosowania. System nawigacji/orientacji <u>Telegwiazda</u> . Pojęcie odchylenia od pionu.
2	Rodzaje czujników odchylenia od pionu.
3	Zależności matematyczne pomiędzy kątami odchylenia od pionu a składowymi przyspieszenia ziemskiego. Zmienność przyspieszenia ziemskiego. Metody wyznaczania kąta pochylenia i przechylenia. Pomiary jednoosiowe.
4	Pomiary odchylenia osiowego. Algorytmy wyznaczania odchylenia od pionu.
5	Badania doświadczalne czujników odchylenia od pionu – stanowisko badawcze, wzorcowanie i justowanie czujników MEMS.
6	Metodyka prowadzenia badań doświadczalnych. <u>Autokalibracja</u> i numeryczna korekcja wskazań. Alternatywne sposoby wzorcowania akcelerometrów. Badania histerezy.
7	Optymalny dobór akcelerometrów i ich parametrów pracy. Praktyczne algorytmy wyznaczania odchylenia od pionu. Specyficzne pomiary odchylenia od pionu.
8	Wzorcowanie i justowanie czujnika odchylenia od pionu w stanowisku laboratoryjnym ( <i>pokazowe zajęcia laboratoryjne</i> )
9	Fizyczne modele czujników odchylenia od pionu. Skutki starzenia się akcelerometrów MEMS. Inkrementalne czujniki odchylenia od pionu.
	<b>Kolokwium 1 (test)</b>
10	Akcelerometry <u>MEMS</u> .
11	Udoskonalenia w akcelerometrach MEMS. Żyroskopy MEMS.
12	Czujniki ciśnienia MEMS. Magnetometry MEMS. Analiza komercyjnych sensorów i inercjalnych modułów pomiarowych <u>IMU</u> (Analog Devices, <u>STM</u> ).
13	Podstawowe informacje dotyczące pomiarów czasu oraz budowy urządzeń zegarowych.
14	Seminarium: Fuzja danych, przekształcenia matematyczne, system GPS/GLONAS/GALILEO, itp. Ankieta.
	<b>kolokwium 2 (test)</b>



## **Wiedza** studenta:

- ma wiedzę na temat tendencji rozwojowych mechatroniki i najnowszych osiągnięć w tym obszarze, z uwzględnieniem zagadnień szczegółowych,
- zna i rozumie metodykę projektowania urządzeń mechatronicznych.

## **Umiejętności** studenta:

- potrafi zintegrować wiedzę dotyczącą układów mechanicznych, elektronicznych i automatyki podczas formułowania i rozwiązywania zadania inżynierskiego,
- potrafi zaprojektować zaawansowany technicznie podzespół systemu mechatronicznego.

# Materiały pomocnicze

---

- pliki z treścią wykładów w postaci prezentacji w formacie PDF w 2 wersjach: wykładowa oraz dostosowana do druku (mniejsza liczba slajdów, brak tła)
- nagrania wideo z wykładów prowadzonych w sem. letnim 2012/13 (2 płyty DVD-ROM)
- nagrania wideo z pokazowych zajęć laboratoryjnych
- dodatkowe materiały wideo i animacje



# Warunki zaliczenia przedmiotu

---

Uzyskanie sumy pkt. równej co najmniej 26.  
(kolokwium I, kolokwium II, pkt. dodatkowe)

Możliwość uzyskania dodatkowych punktów za:

- Obecność na wykładzie
- Aktywność na wykładzie
- Obecność na pokazowych zajęciach laboratoryjnych
- Dodatkowe prace

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.:	2
26 - 30 p.:	3
31 - 35 p.:	3,5
36 - 40 p.:	4
41 - 45 p.:	4,5
46 - 50 p.:	5

# Zaliczenie przedmiotu 2010/11

1-szy test w połowie semestru

2-gi test na ostatnich zajęciach

(czas trwania: ok. 30 min.; test podzielony na kilka etapów – po kilka pytań wyświetlanych przez projektor tylko przez ograniczony czas; zawsze tylko jedna-najlepsza odpowiedź jest prawidłowa; maksimum 25 pkt.)

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.: 2

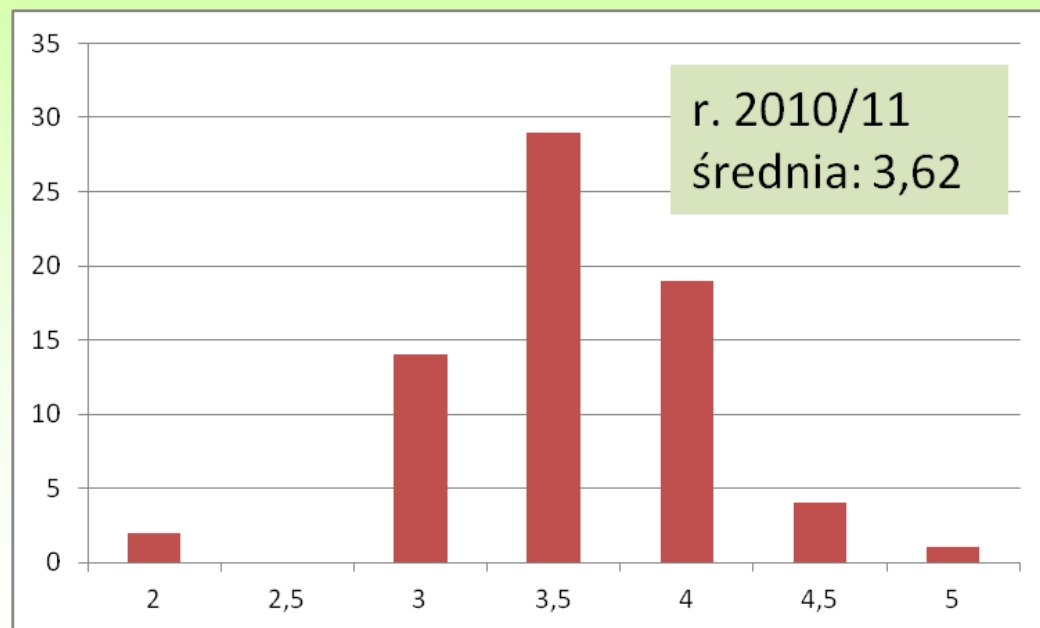
26 - 30 p.: 3

31 - 35 p.: 3,5

36 - 40 p.: 4

41 - 45 p.: 4,5

46 - 50 p.: 5





# Zaliczenie przedmiotu 2012/13

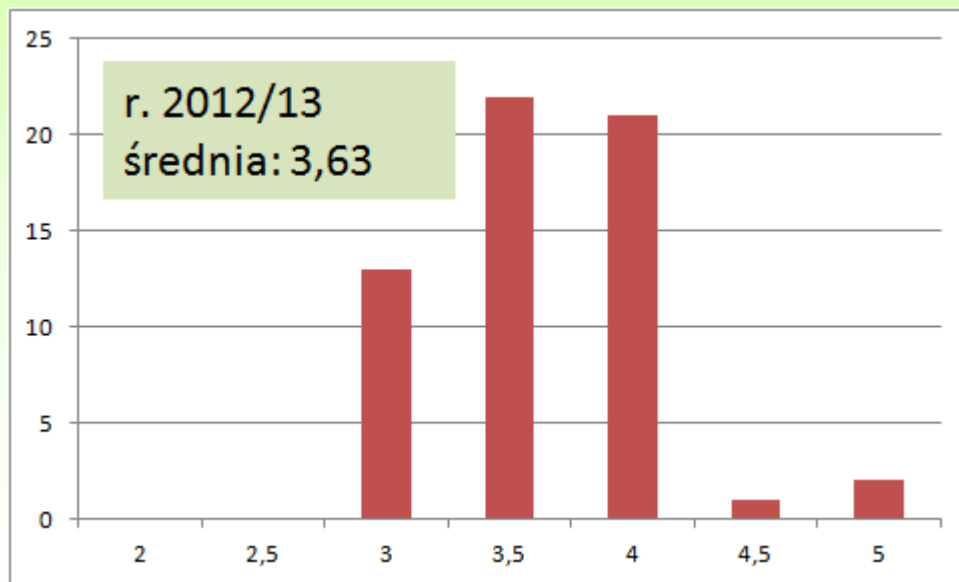
1-szy test w połowie semestru

2-gi test na ostatnich zajęciach

(czas trwania: ok. 20 min.; test podzielony na kilka etapów – po kilka pytań wyświetlanych przez projektor tylko przez ograniczony czas; zawsze tylko jedna-najlepsza odpowiedź jest prawidłowa; maksimum 25 pkt.)

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.: 2  
26 - 30 p.: 3  
31 - 35 p.: 3,5  
36 - 40 p.: 4  
41 - 45 p.: 4,5  
46 - 50 p.: 5



# Zaliczenie przedmiotu 2013/14

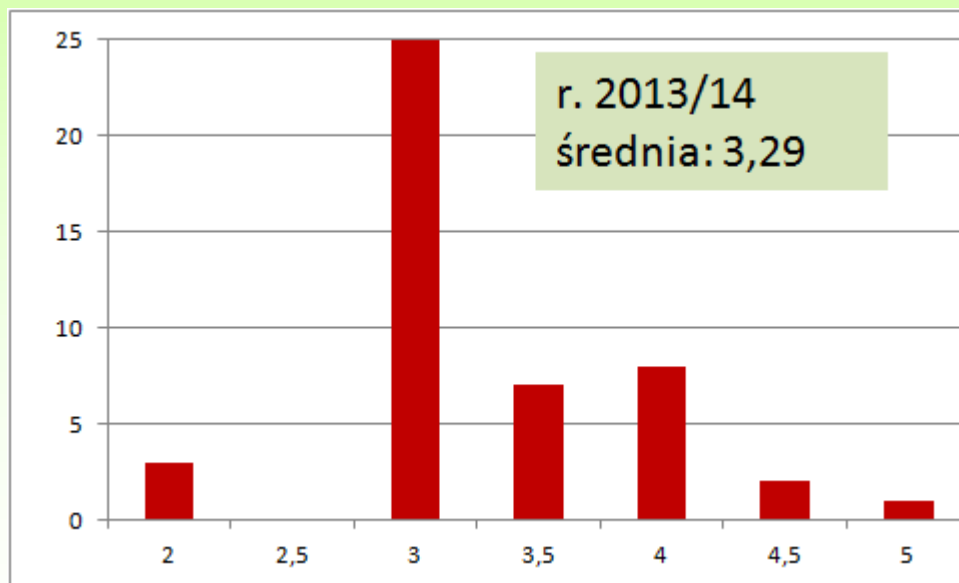
1-szy test w połowie semestru

2-gi test na ostatnich zajęciach

(czas trwania: ok. 20 min.; test podzielony na kilka etapów – po kilka pytań wyświetlanych przez projektor tylko przez ograniczony czas; zawsze tylko jedna-najlepsza odpowiedź jest prawidłowa; maksimum 25 pkt.)

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.: 2  
26 - 30 p.: 3  
31 - 35 p.: 3,5  
36 - 40 p.: 4  
41 - 45 p.: 4,5  
46 - 50 p.: 5



# Zaliczenie przedmiotu 2014/15 sem. zimowy

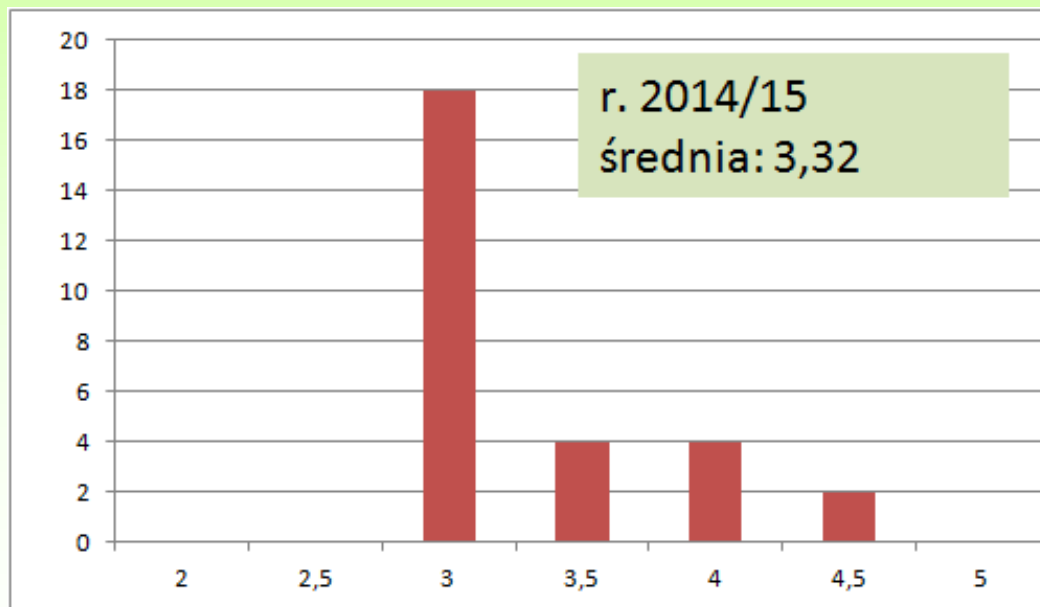
1-szy test w połowie semestru

2-gi test na ostatnich zajęciach

(czas trwania: ok. 20 min.; test podzielony na kilka etapów – po kilka pytań wyświetlanych przez projektor tylko przez ograniczony czas; zawsze tylko jedna-najlepsza odpowiedź jest prawidłowa; maksimum 25 pkt.)

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.: 2  
26 - 30 p.: 3  
31 - 35 p.: 3,5  
36 - 40 p.: 4  
41 - 45 p.: 4,5  
46 - 50 p.: 5



# Zaliczenie przedmiotu 2014/15 sem. letni

1-szy test w połowie semestru

2-gi test na ostatnich zajęciach

(czas trwania: ok. 20 min.; test podzielony na kilka etapów – po kilka pytań wyświetlanych przez projektor tylko przez ograniczony czas; zawsze tylko jedna-najlepsza odpowiedź jest prawidłowa; maksimum 25 pkt.)

Ocena z przedmiotu:

0 - 25 p.: 2

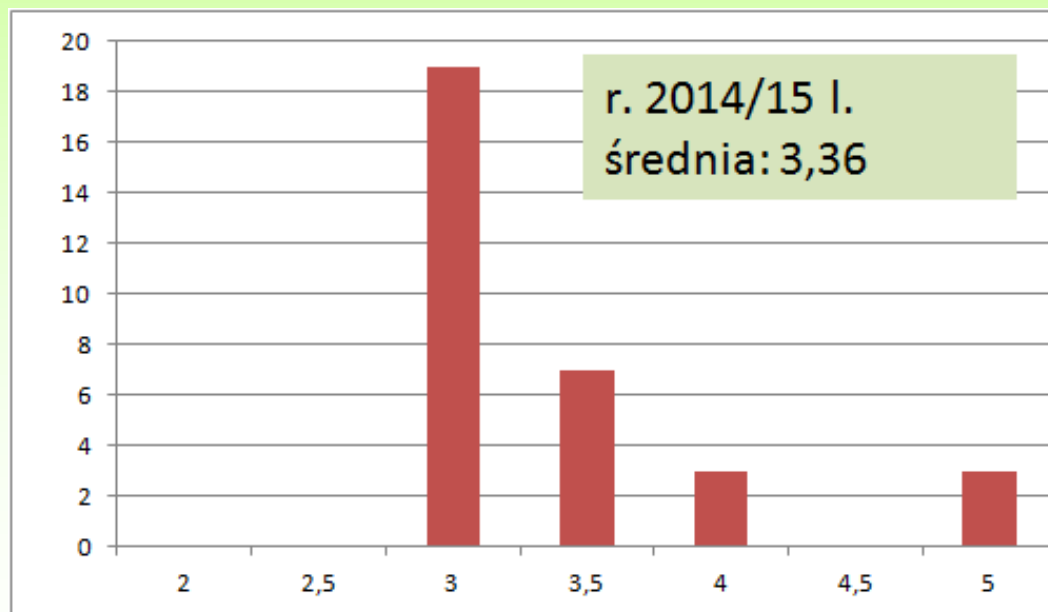
26 - 30 p.: 3

31 - 35 p.: 3,5

36 - 40 p.: 4

41 - 45 p.: 4,5

46 - 50 p.: 5

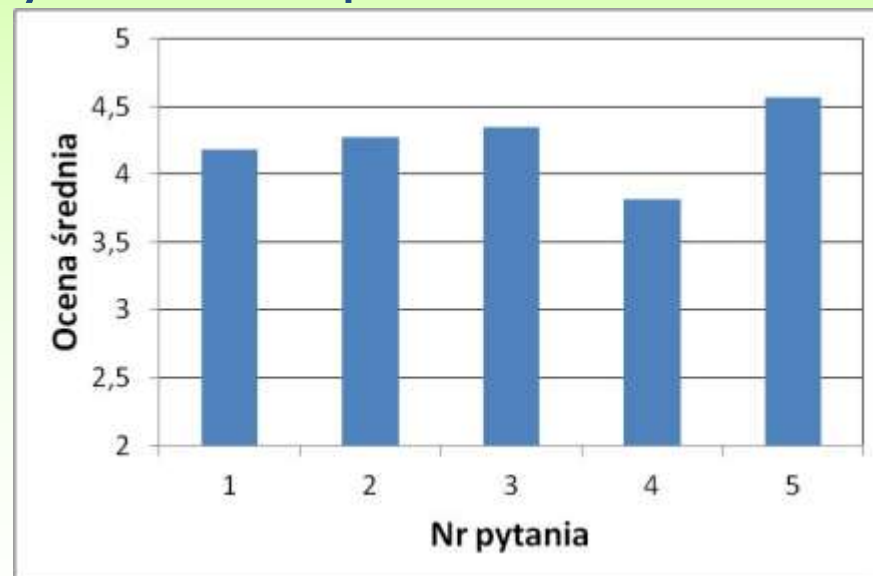


# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2010/2011

**Pytania:** (ocena w skali 2 - 5)

1. Ocena zakresu treści zajęć
2. Ocena sposobu prowadzenia zajęć
3. Ocena pomocy dydaktycznych (prezentacje, animacje)
4. Subiektywna ocena przydatności wykładu
5. Jak oceniasz prezentację firmy RC Concept?

Liczba ankietowanych: 64  
(w tym Mikromechanika): 41

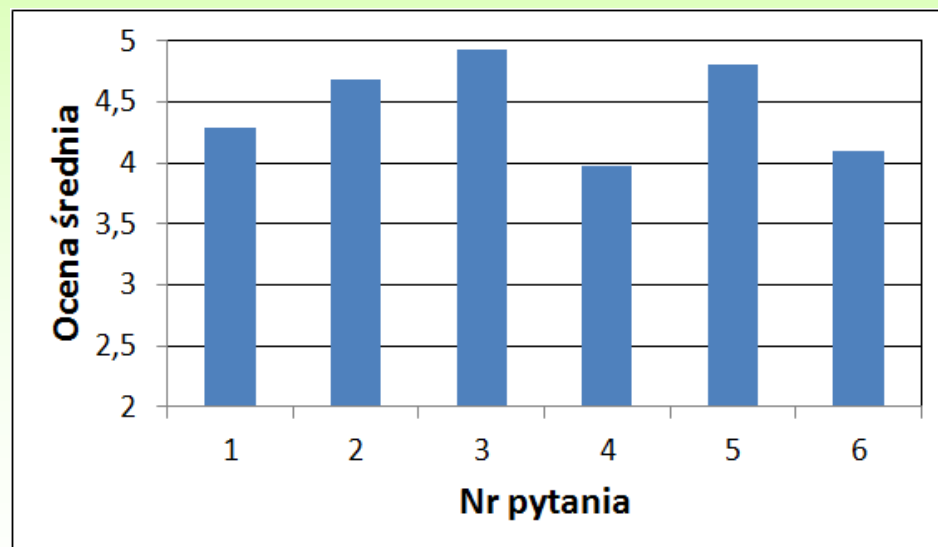


# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2012/2013

## Pytania: (ocena w skali 2 - 5)

1. Ocena zakresu treści zajęć
2. Ocena sposobu prowadzenia zajęć
3. Ocena pomocy dydaktycznych (prezentacje, animacje, wideo)
4. Subiektywna ocena przydatności wykładu
5. Jak oceniasz pomysł zaproszenia firmy RC Concept na wykład?
6. Jak oceniasz zajęcia w laboratorium

Liczba ankietowanych: 53  
(w tym Mikromechanika): 18

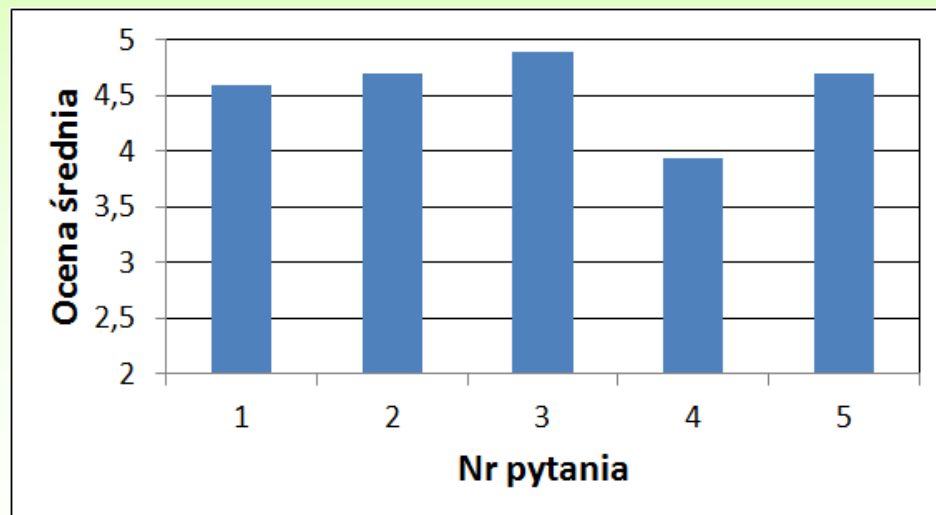


# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2013/2014

## Pytania: (ocena w skali 2 - 5)

1. Ocena zakresu treści zajęć
2. Ocena sposobu prowadzenia zajęć
3. Ocena pomocy dydaktycznych (prezentacje, animacje, wideo)
4. Subiektywna ocena przydatności wykładu
5. Jak oceniasz zajęcia w laboratorium

Liczba ankietowanych: 44  
(w tym Mikromechanika): 15

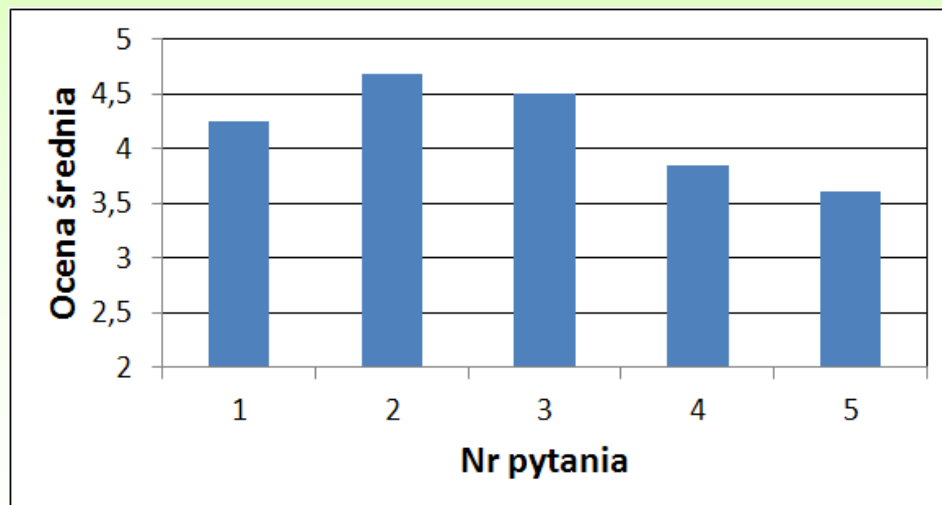


# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2014/2015 sem. zim.

## Pytania: (ocena w skali 2 - 5)

1. Ocena zakresu treści zajęć
2. Ocena sposobu prowadzenia zajęć
3. Ocena pomocy dydaktycznych (prezentacje, animacje, wideo)
4. Subiektywna ocena przydatności wykładu
5. Jak oceniasz zajęcia w laboratorium

Liczba ankietowanych: 21



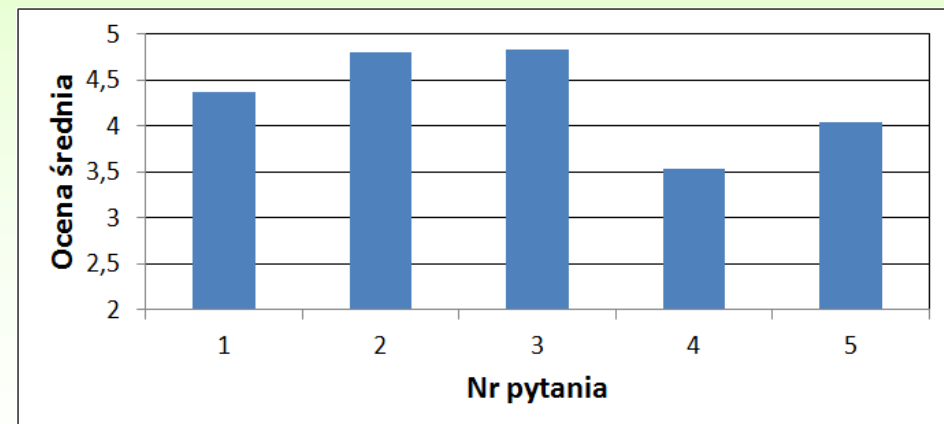


# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2014/2015 sem. letni

## Pytania: (ocena w skali 2 - 5)

1. Ocena zakresu treści zajęć
2. Ocena sposobu prowadzenia zajęć
3. Ocena pomocy dydaktycznych (prezentacje, animacje, wideo)
4. Subiektywna ocena przydatności wykładu
5. Jak oceniasz zajęcia w laboratorium

Liczba ankietowanych: 29



# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2010/2011

---

## Co zapamiętałam/em najbardziej?

- 40% – bark odpowiedzi
- 36% – prezentację firmy RC Concept
- 16% – pomiary czasu
- 11% – mikrosystemy MEMS

Pytanie skierowane do studentów ze specjalności  
Mikromechanika:

**Czy polecilibyś wybranie tego przedmiotu młodszym  
kolegom ze specjalności Mikromechanika?**

Odpowiedź: TAK (85%); NIE (15%)

# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2012/2013

---

## Co zapamiętałam/em najbardziej?

- 53% – bark odpowiedzi
- 10% – nagrania wideo z wykładów
- 8% – konstrukcje zegarów/pomiary czasu
- 6% – akcelerometry MEMS
- 6% – czujniki MEMS
- 4% – czujniki rtęciowe
- 4% – rozwiązanie zagadki

Pytanie skierowane do studentów ze specjalności  
Mikromechanika:

**Czy polecilibyś wybranie tego przedmiotu młodszym  
kolegom ze specjalności Mikromechanika?**

Odpowiedź: TAK (100%)



# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2013/2014

---

## Co zapamiętałam/em najbardziej?

- 57% – bark odpowiedzi
- 9% – pomiary czasu
- 9% – konstrukcje zegarów
- 7% – nagrania wideo z wykładów
- 5% – akcelerometry
- 13% – inne łącznie

Pytanie skierowane do studentów ze specjalności  
Mikromechanika:

**Czy polecilibyś wybranie tego przedmiotu młodszym  
kolegom ze specjalności Mikromechanika?**

Odpowiedź: TAK (100%)

## Co zapamiętałam/em najbardziej?

- 35% – bark odpowiedzi
- 10% – pomiary czasu
- 10% – konstrukcje zegarów
- 10% – zastosowania sensorów MEMS
- 10% – wilelowirnikowce
- 5% – nagrania wideo z wykładów

# Wyniki ankietyzacji przedmiotu 2014/2015 sem. letni

---

## Co zapamiętałam/em najbardziej?

- 45% – bark odpowiedzi
- 14% – anegdoty i ciekawostki
- 10% – pomiary czasu
- 7% – zastosowania sensorów MEMS
- 7% – pokazowe zajęcia laboratoryjne



# Zmiany proponowane w ankietach

---

- Wcześniejsza godzina zajęć,
- Mniej obszerne materiały pomocnicze,
- Prostsze i mniej szczegółowe kolokwium.

W miarę możliwości proponowane przez studentów zmiany będą wdrażane.



# Dodatkowe informacje

---

Zapraszam do współpracy w ramach:

- Prac Przejściowych i Dyplomowych  
(tematyka: elektronika, oprogramowanie,  
prowadzenie badań doświadczalnych)
- opracowywania plików graficznych na potrzeby  
przedmiotu (3D Studio, Blender, Corel)

