



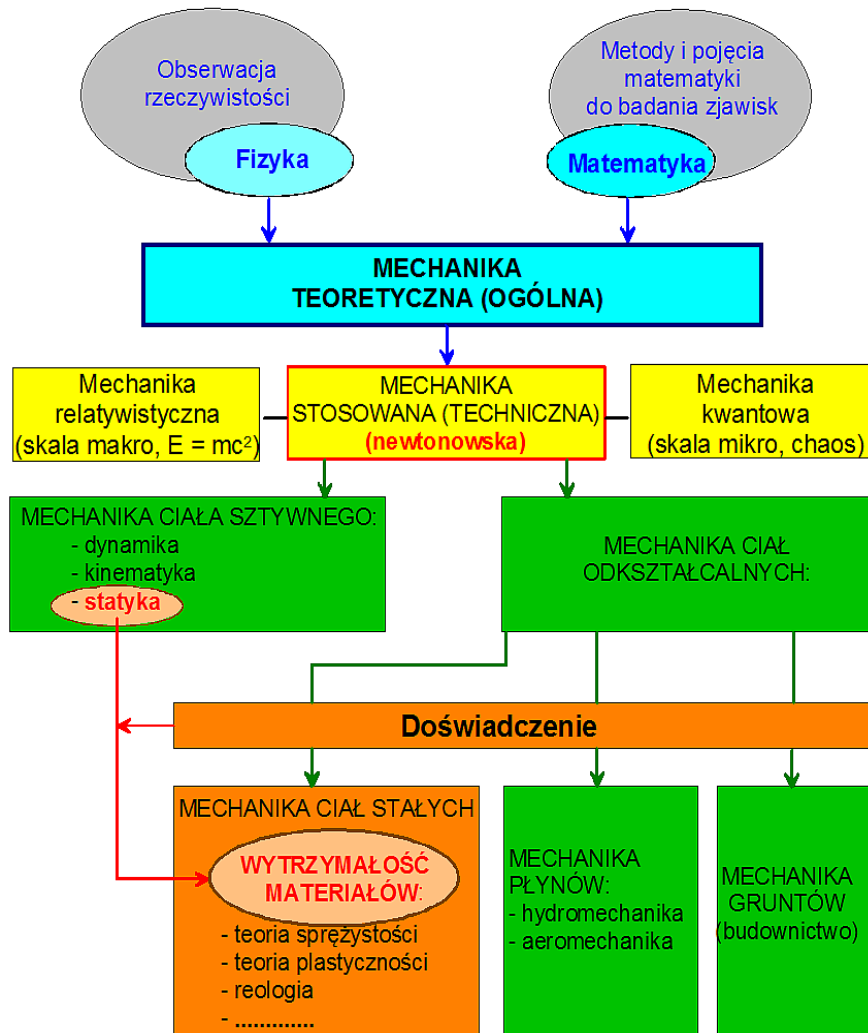
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wykład NR0 v. 5.0

WPROWADZENIE DO WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW I

dr hab. inż. Piotr PACZOS

**Politechnika Poznańska,
Instytut Mechaniki Stosowanej,
Zakład Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji**



MECHANIKA TECHNICZNA

- Struktura przedmiotu -

Mechanika jest dziedziną nauki zajmującą się badaniem ruchu i równowagi ciał materialnych. Ciało materialne jest myślowym uproszczeniem ciała rzeczywistego. Modele:

- punkt materialny
- układ punktów materialnych
- ciało sztywne

Podstawowe jednostki miar wielkości fizycznych układ SI

• długość: metr	m
• masa: kilogram	kg
• czas: sekunda	s
• natężenie prądu: amper	A
• temperatura: kelwin	K
• ilość materii: mol	mol
• światłość: kandela	cd
• kąt płaski: radian	rd
• kąt bryłowy: steradian	sr

Starożytny Babilon, Grecja, Egipt, Rzym

Arystoteles (384-322 p.n.e.), Archimedes (287-212 p.n.e.), Ptolemeusz - II wiek n. e., Leonardo da Vinci (1452 - 1519), Galileo Galilei (Galileusz 1564-1642), René Descarte (Kartezjusz 1596-1650), **Isaac Newton** (1642-1727), Albert Einstein (1879-1955), Maksymiliana Tytusa Hubera (1872-1950), Stefana Banacha (1895-1945)

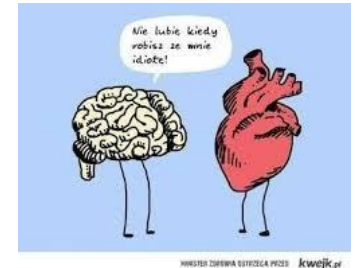
Źródło: **Prof.dr hab. Inż. M.Ostwald**, <http://sms.am.put.poznan.pl>

Podstawą wytrzymałości materiałów są prawa statyki oraz wnioski wypływające z doświadczenia.

Pojęcie „**wytrzymałość materiałów**” można traktować jako cechę, właściwość ciał stałych, polegającą na przeciwstawianiu się niszczącemu działaniu sił.

Zadania „**wytrzymałość materiałów**” jako przedmiotu opisującego zachowanie się ciał odkształcalnych:

- określanie nośności konstrukcji (odpowiedniej wytrzymałości),
- wyznaczanie przemieszczeń konstrukcji wywołanych obciążeniami (określanie sztywności konstrukcji).



KONFLIKT Interesów

PEWNOŚĆ Konstrukcji

(dużo materiału o dobrych właściwościach)

KOSZT konstrukcji

(możliwie tani materiał w niezbyt dużej ilości)



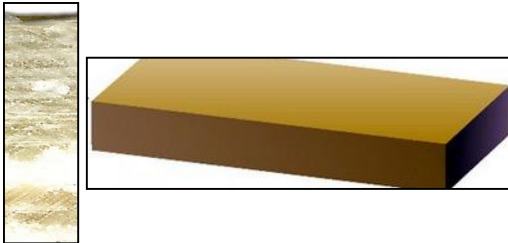
Conflict Of Interest

Dzięki temu konfliktowi nauka o wytrzymałości materiałów zyskała duży impuls rozwojowy (konieczność kompromisu)

WYTRZYMAŁOŚĆ MATERIAŁÓW

Wytrzymałość materiałów jest częścią mechaniki o praktycznym, inżynierskim charakterze.

W rozwiązywaniu konkretnych zadań wykorzystuje się pewne uogólnienia i uproszczenia. Uproszczenia dotyczą opisu właściwości materiału i opisu kształtu elementu konstrukcyjnego. Dzięki uproszczeniom rzeczywisty obiekt zostaje przekształcony w pewien **model**, który umożliwia rozwiązanie problemu za pomocą określonego **schematu obliczeniowego**. Model (schemat obliczeniowy) musi zachowywać istotne dla rozwiązywanego problemu cechy i właściwości rzeczywistego obiektu.

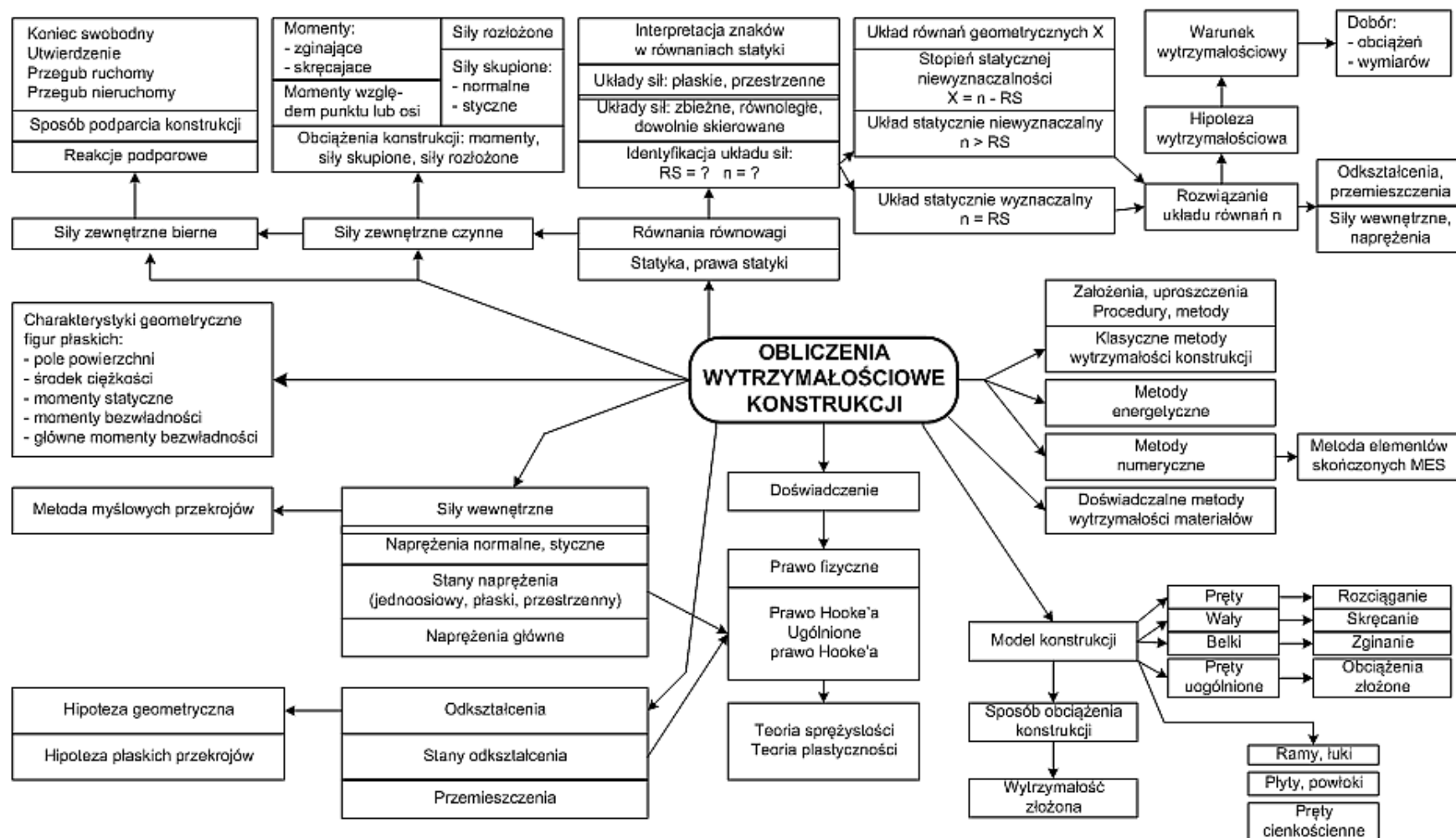


Wytrzymałość materiałów posługuje się modelem ciała jednorodnego, izotropowego, idealnie sprężystego i charakteryzuje się praktycznym, inżynierskim podejściem do rozwiązywanych problemów.

UPROSZCZENIA W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW:

- modelu ciała → ciało jednorodne,
- właściwości materiału → ciało izotropowe, którego właściwości we wszystkich kierunkach są identyczne (ciało anizotropowe – różne właściwości), ciało sprężyste
- sposobu rozwiązywania → uproszczenia inżynierskie.

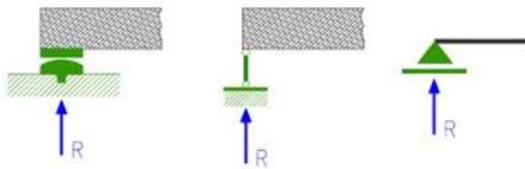




Siły ZEWNĘTRZNE:

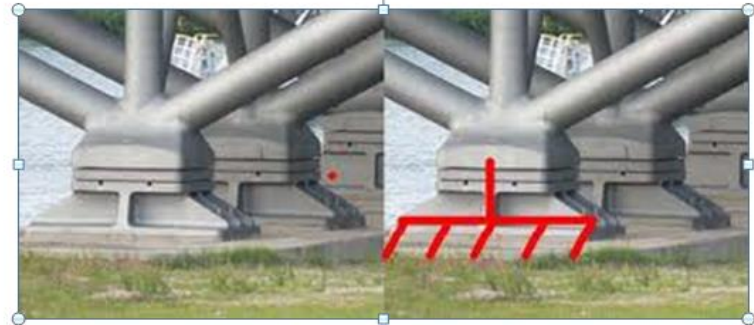
1. Bierne

- Reakcje podporowe



2. Czynne

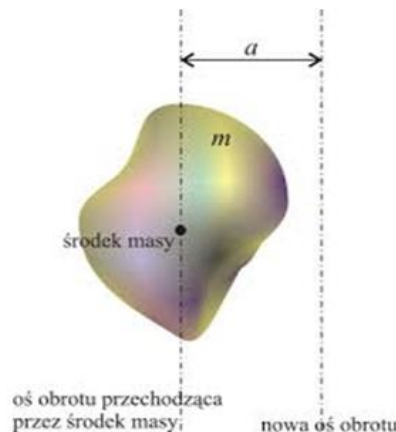
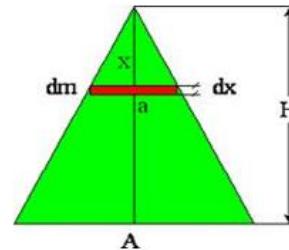
- Siły skupione
- Siły rozłożone
- momenty



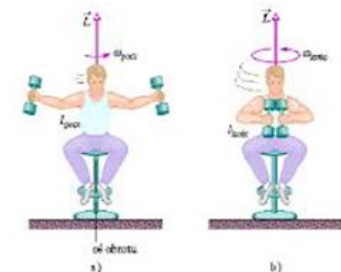
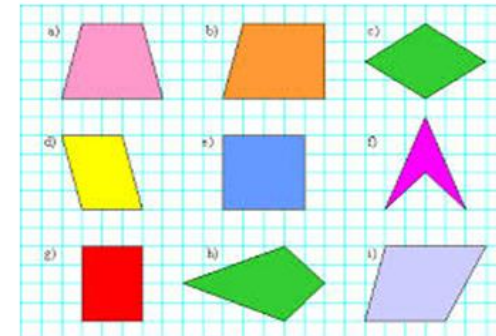
Charakterystyki GEOMETRYCZNE figur płaskich:

1. Pole przekroju
2. Środek ciężkości
3. Moment statyczny
4. Moment osiowy
5. Główny moment bezwładności

▪ Twierdzenie STEINERA

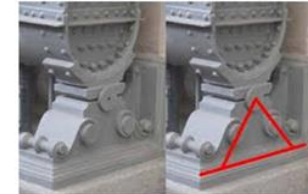


Jakob Steiner (ur. 18 marca 1796, zm. 1 kwietnia 1863)
– szwajcarski matematyk.



Statyka, PRAWA STATYKI:

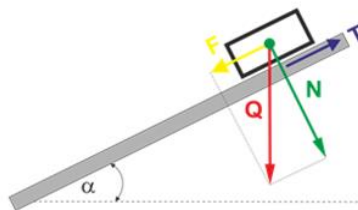
1. Podstawowe więzy w mechanice
2. Przykłady podpór
3. Równania równowagi
4. Twierdzenie o 3 siłach
5. Tarcie



Podstawą mechaniki są trzy prawa Newtona, sformułowane w 1687 r., mające fundamentalne znaczenie w mechanice i wytrzymałości materiałów.

UKŁADY SIŁ W STATYCE

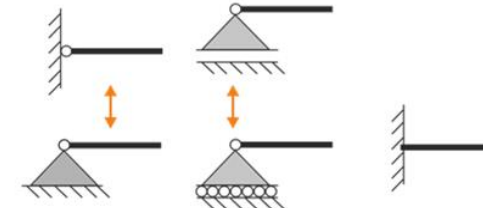
Płaskie układy sił	Wszystkie siły układu działającego na ciało sztywne leżą w jednej płaszczyźnie.
Przestrzenne układy sił	Siły układu działające na ciało sztywne mają dowolne kierunki w przestrzeni.
Zbieżne układy sił	Linie działania wszystkich sił przecinają się w jednym punkcie.
Równoległe układy sił	Linie działania wszystkich sił są do siebie równoległe.
Dowolne układy sił	Linie działania wszystkich sił mają dowolne kierunki działania



Siła TARCIA Siła NACISKU

$$T = \mu \cdot N$$

współczynnik tarcia zależy od pary materiałów i od stanu powierzchni



Twierdzenie o trzech SIŁACH

Jeśli 3 nierównoległe siły się równoważą, to leżą one w jednej płaszczyźnie, a linie ich oddziaływania przecinają się w jednym punkcie.

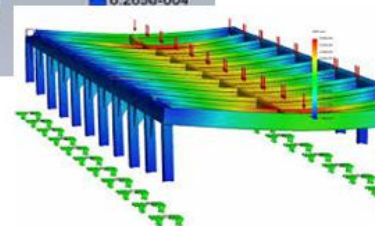
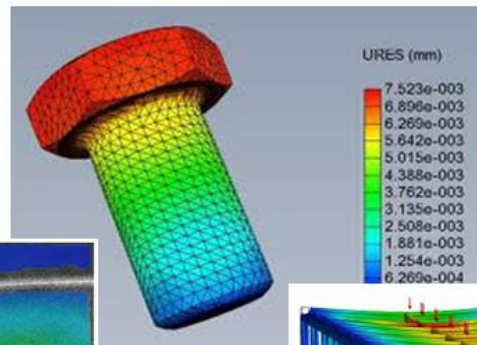
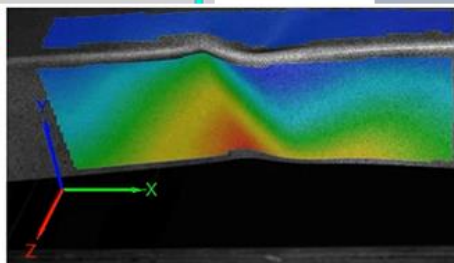
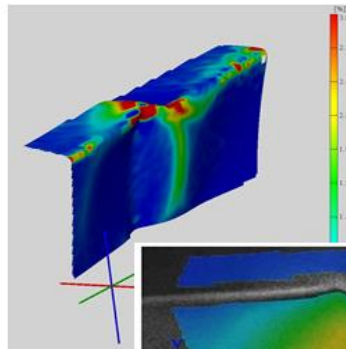


Badania, OBLICZENIA Wytrzymałościowe:

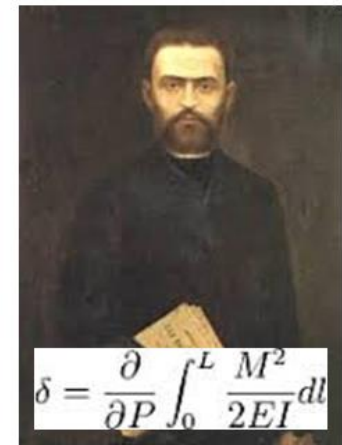
1. Założenia – uproszczenia, procedury – metody
2. Klasyczne metody wytrzymałości materiałów
3. Metody energetyczne
4. Metody numeryczne, np. MES, FSM, itp.
5. Doświadczalne metody wytrzymałości materiałów
(Pomiary tensometryczne, Pomiary optyczne, itp.)

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x)$$



Twierdzenie Castigliano



$$\delta = \frac{\partial}{\partial P} \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dl$$

Semestr III:

1. WSTĘP (2 godz.)

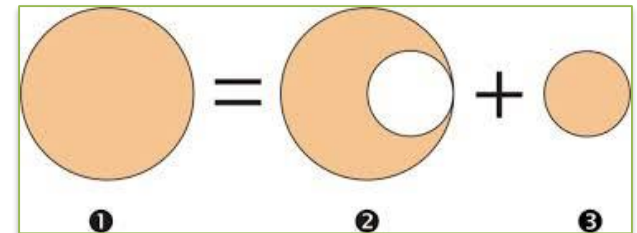
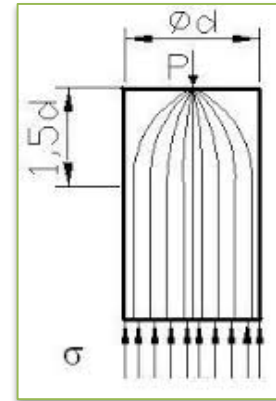
1.1. Klasyfikacja obciążeń

2. ROZCIĄGANIE I SCISKANIE PRĘTA (2 godz.)

2.1. Równowaga statyczna

2.2. Zasada De Saint Venanta

2.3. Zasada Superpozycji



3. DOŚWIADCZALNE BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH MATERIAŁÓW

3.1. Wykres rozciągania + zależności

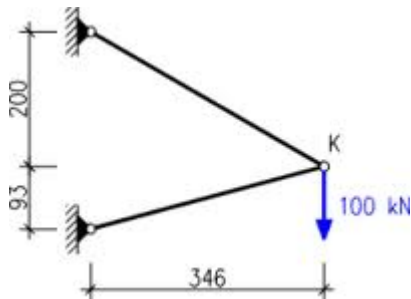
3.2. Naprężenia dopuszczalne

3.3. Warunek wytrzymałości pręta

$$P \leq P_{dop}$$
$$P_{dop} = \frac{P_{kr}}{\chi_w}$$

4. WYTRZYMAŁOŚĆ PRĘTÓW PROSTYCH PRZY ROZCIĄGANIU I ŚCISKANIU (4 godz.)

4.1. Układy prętowe statycznie wyznaczalne (SW)



4.1.1. Wpływ ciężaru własnego przy rozciąganiu i ściskaniu
(pręty o równomiernej wytrzymałości)

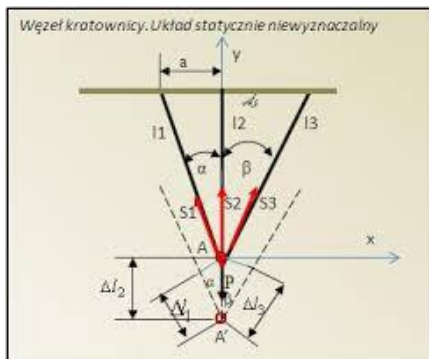
4.1.2. Obliczanie przemieszczeń w układach statycznie
wyznaczalnych (3 sposoby)

4.2. Układy prętowe statycznie niewyznaczalne (SNW)

4.2.1. Układ SNW bez czynników dodatkowych

4.2.2. Zagadnienia termiczne

4.2.3. Zagadnienia montażowe



Semestr III:

5. ANALIZA STANU NAPRĘŻEŃ (4 godz.)

5.1. Jednoosiowy stan naprężenia

5.2. Dwuwymiarowy (płaski) stan naprężenia

5.2.1. Podstawowe zależności + naprężenia główne

5.2.2. Graficzna interpretacja – Koło MOHRA

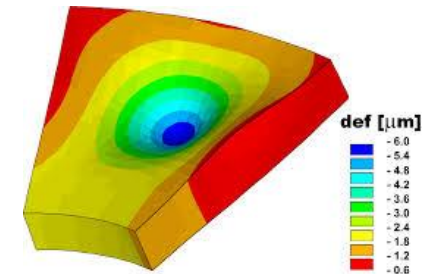
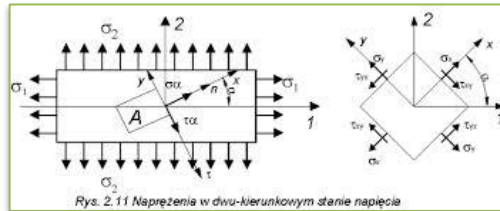
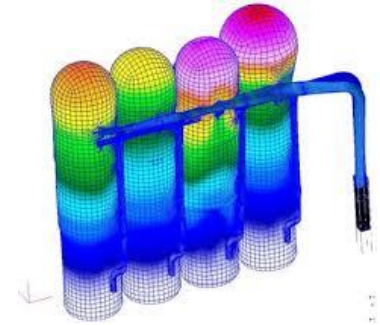
(różne przypadki)

5.3. Analiza trójosiowego stanu naprężeń

6. ANALIZA STANU ODKSZTAŁCEŃ (2 godz.)

6.1. Odkształcenie objętościowe i postaciowe

6.2. Odkształcenie płaskie - czysto postaciowe



Semestr III:

7. ENERGIA SPRĘŻYSTA (2 godz.)

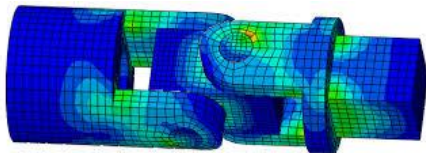
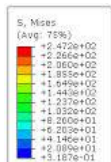
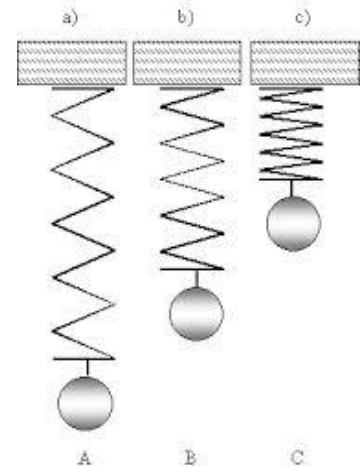
8. HIPOTEZY WYTĘŻENIOWE (2 godz.)

8.1. Hipoteza największego naprężenia normalnego
(Saint Venant i Rankin)

8.2. Hipoteza największego wydłużenia właściwego
(hipoteza ε_{max})

8.3. Hipoteza największego naprężenia ścinającego
(hipoteza τ_{max} : Treska i Coulomb)

8.4. Hipoteza energii odkształcenia postaciowego
(hipoteza energetyczna Hubera)



Semestr III:

9. NAPRĘŻENIA W ZBIORNIKACH CIENKOŚCIENNYCH (2 godz.)

10. MOMENTY BEZWŁADNOŚCI FIGUR PŁASKICH (2 godz.)

10.1. Definicja momentów bezwładności

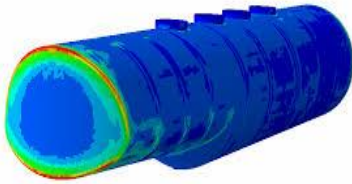
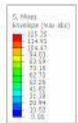
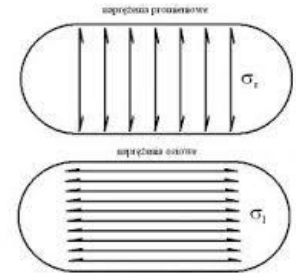
10.2. Twierdzenie Steinera

10.3. Obrót osi i główne momenty bezwładności

10.3.1. Koło Mohra dla momentów bezwładności

10.3.2. Wzory transformacyjne dla momentów bezwładności

(przez obrót układu)



11. SKRĘCANIE PRĘTÓW O PRZEKROJACH OKRĄGŁYCH (2 godz.)

11.1. Teoria ścinania prostego

11.2. Warunek wytrzymałości pręta okrągłego na ścinanie

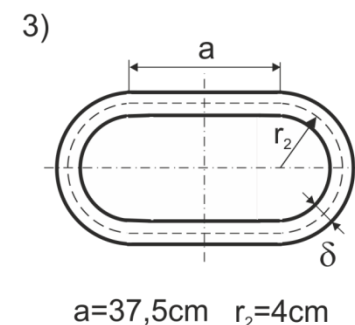
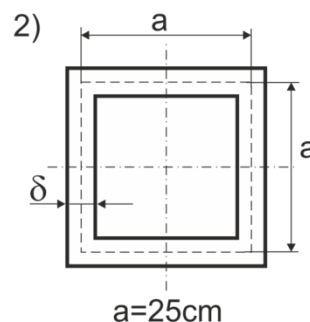
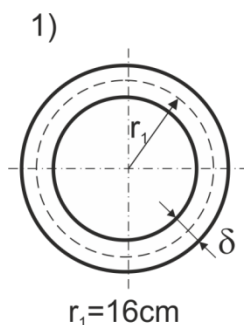
12. SKRĘCANIE PRĘTÓW O PRZEKROJACH NIEOKRĄGLYCH (2 godz.)

12.1. Pręty o przekroju prostokątnym

12.2. Pręty cienkościenne

12.2.1. Pręty o przekroju otwartym

12.2.2. Pręty o przekroju zamkniętym



1. ZGINANIE (2 godz.)

1.1. Podstawowe związki różniczkowe przy zginaniu

1.2. Zginanie belek o stałym przekroju

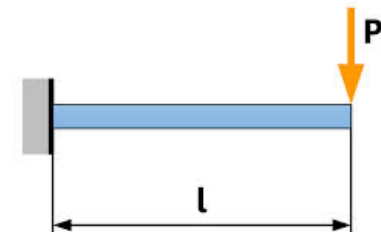
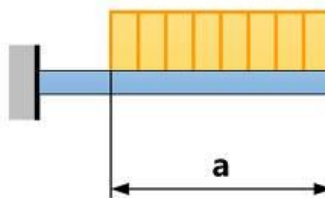
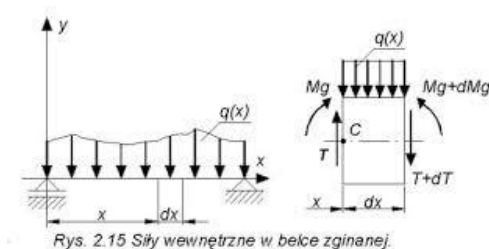
1.2.1. Teoria

1.2.2. Wskaźnik przekroju na zginanie

1.2.3. Warunek wytrzymałości belki na zginanie

1.2.4. Naprężenia normalne i styczne

1.3. Belki o równomiernej wytrzymałości na zginanie



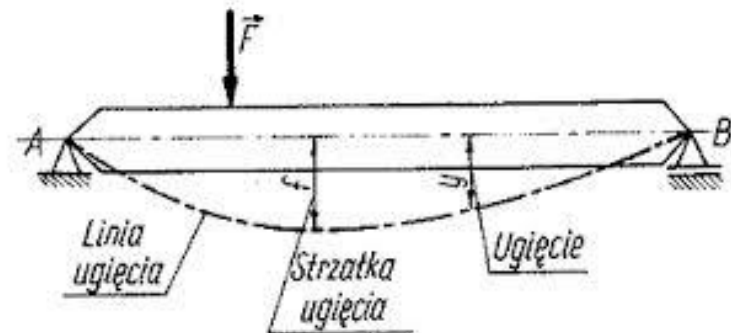
2. DEFORMACJA W BELKACH ZGINANYCH (4 godz.)

- Równanie Różniczkowe Linii Ugięcia Belki -

2.1. Metoda bezpośredniego całkowania (metoda analityczna)

2.2. Uogólniona metoda analityczna (metoda Clebscha)

2.3. Metoda analityczno-graficzna (obciążeń wtórnych)



Semestr IV:

3. BELKI STATYCZNIE NIEWYZNACZALNE (6 godz.)

3.1. Metoda analityczna – metoda bezpośredniego całkowania linii

ugięcia belki

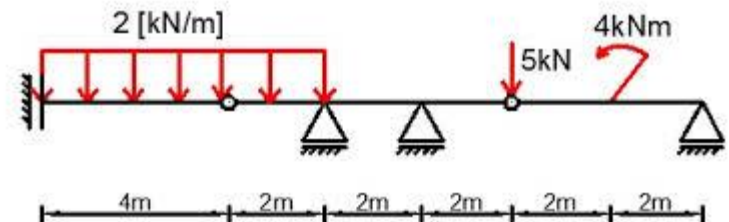
3.2. Uogólniona metoda analityczna - metoda Clebscha

3.3. Metoda analityczno-graficzna - obciążeń wtórnych

3.4. Metoda porównywania odkształceń

3.5. Równanie 3 Momentów

3.6. Metody energetyczne (studia II stopnia)

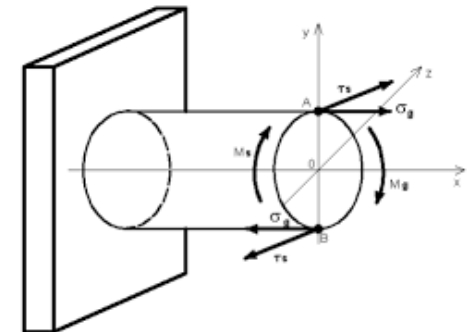
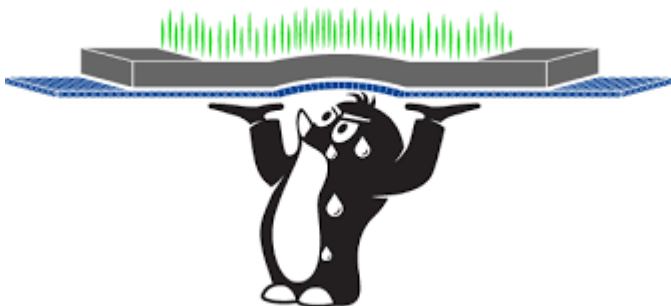
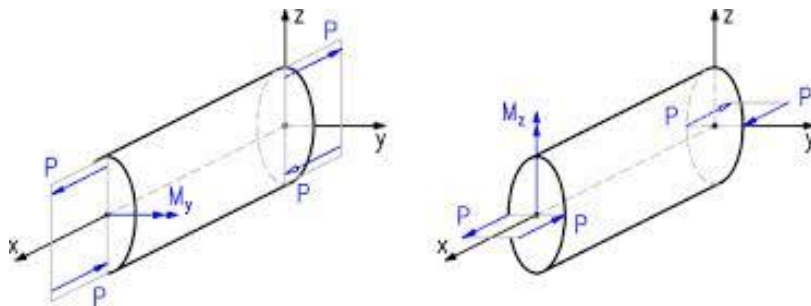


Semestr IV:

4. ZŁOŻONY STAN OBCIĄŻENIA (4 godz.)

4.1. Zginanie z rozciąganiem lub ściskaniem

4.2. Zginanie ze skręcaniem



Rys. do przykładu 2.38





Literatura:

Niezgodziński M.E., Niezgodziński T., *Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe*, WNT, Warszawa, 2004

Joniak S., *Badania eksperymentalne w wytrzymałości materiałów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2002.

Magnucki K., Szyc W., *Wytrzymałość materiałów w zadaniach. Pręty, płyty i powłoki obrotowe*, Wydanie Naukowe PWN, Warszawa-Poznań.

Zielnica J., *Wytrzymałość materiałów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2001.

Ostwald M., *Podstawy wytrzymałości materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.

Ostwald M.: *Wytrzymałość materiałów. Zbiór zadań*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008



6 AKSJOMATÓW Statyki (ZASAD)

Zasada 1

Dwie siły przyłożone do ciała sztywnego równoważą się tylko wtedy, gdy działają wzdłuż jednej prostej, są przeciwnie skierowane i mają te same wartości liczbowe.

Zasada 2

Działanie układu sił przyłożonych do ciała sztywnego nie ulegnie zmianie, gdy do tego układu zostanie dodany lub odejmy dowolny układ równoważących się sił (tzw. układ zerowy).

Podstawowe jednostki miar wielkości fizycznych układ SI

• długość: metr	m
• masa: kilogram	kg
• czas: sekunda	s
• natężenie prądu: amper	A
• temperatura: kelwin	K
• ilość materii: mol	mol
• światłość: kandela	cd
• kąt płaski: radian	rd
• kąt bryłowy: steradian	sr

Zasada 3

Dowolne dwie siły P_1 i P_2 , przyłożone do jednego punktu, można zastąpić siłą wypadkową R przyłożoną do tego punktu i przedstawioną jako wektor będący przekątną równoległoboku ABCD zbudowanego na wektorach sił w sposób pokazany na rysunku.

Zasada 4

Każdemu działaniu towarzyszy równe co do wartości i przeciwnie skierowane wzdłuż tej samej prostej przeciwdziałanie.

Zasada 5

Równowaga sił działających na ciało odkształcalne nie zostanie naruszona przez zeszczytnienie tego ciała.

Zasada 6

Każde ciało nieswobodne można myślowo oswobodzić od więzów, zastępując przy tym ich działanie odpowiednimi reakcjami. Dalej ciało to można rozpatrywać jako ciało swobodne, podlegające działaniu sił czynnych (obciążeń) oraz sił biernych (reakcji).

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ
Zapraszam ponownie 😊