

MORFOLOGIA W UJĘCIU BIOMECHANICZNYM

* geometria * wielkości geometryczne *
goniometria * pomiary goniometryczne * struktura
układu nośnego człowieka * stopnie swobody *
ruchliwość * pary biokinematyczne *



Morfologia

- to dziedzina wiedzy traktująca o kształtach, o budowie zewnętrznej i wewnętrznej roślin i organizmów żywych.
- Badania biomechaniczne człowieka oprócz analizy pozycji statycznych, ruchu, sterowania – obejmują w pierwszej kolejności ich budowę (morfologię).
- Do badań niezbędne są dane morfologiczne dotyczące poruszającego się obiektu, a przede wszystkim o jego konstrukcji, parametrach geometrycznych i inercyjnych.



Człowiek, jako żywy obiekt pomiarów wyróżnia się wieloma cechami, wpływającymi na wynik badań. Główne z nich to:

- **Zmienność**

- krótkoterminowa, np. zmienny tryb aktywności dobowej, mikrocykle treningowe
- długoterminowa (ontogenetyczna), zmienność osobnicza, która wymaga systematycznej weryfikacji i aktualizacji pomiarów. Efektem a zarazem mechanizmem kontrolnym są tzw. „normy rozwojowe” mające na celu określenie tempa i poziomu rozwoju.

- **Ruch**

- powoduje, że pomiary wykonuje się w warunkach niestabilności. Wyjątkiem są pomiary, które z założenia wymagają ruchu.

- **Nieforemność**

- Geometryczna nieforemność ciała człowieka stwarza trudności w określaniu jego wymiarów, np. określenia powierzchni skóry lub objętości części ciała.



- **Różnorodność**

- każdy człowiek jest inny i ta cecha wymaga indywidualizacji pomiarów, np. wrażliwość badanego na specyficzne bodźce progowe.

- **Niedostępność**

- dotyczy głównie sfery psychicznej człowieka: myśli, uczuć, nastawienia do pomiarów, współdziałania lub przeciwdziałania w badaniach.
- niedostępność pomiarowa narządów wewnętrznych, antropometria wykorzystuje takie metody jak: rentgenografia, ultrasonografia, tomografia komputerowa.

- **Stan zdrowia**

- pomiary powinny być przeprowadzane na zdrowych osobnikach. Stan choroby może znacznie zniekształcić wyniki badań.

- **Stan psychiczny**

- współdziałanie w badaniach pozwala osiągnąć bardziej wiarygodne i dokładne wyniki, przeciwdziałanie, lub wręcz niechęć może spowodować ich fałszowanie



Geometria

- **Wielkości geometryczne** ciała człowieka związane z mechaniką jego budowy, to:
 1. wielkości liniowe
 - prostoliniowe – długości odcinków
 - krzywoliniowe – długości łuków i obwody
 2. wielkości płaszczyznowe
 - pola powierzchni – np. powierzchnia czołowa, powierzchnia stopy
 - kąty płaskie – kąty ciała i zakresy ruchu w stawach
 3. wielkości przestrzenne
 - objętości – bryły, np. objętość uda, klatki piersiowej, kąty przestrzenne;
 - pojemności – zbiorniki: pojemność wyrzutowa serca, pojemność życiowa płuc, pojemność zbiornika krwi itp.



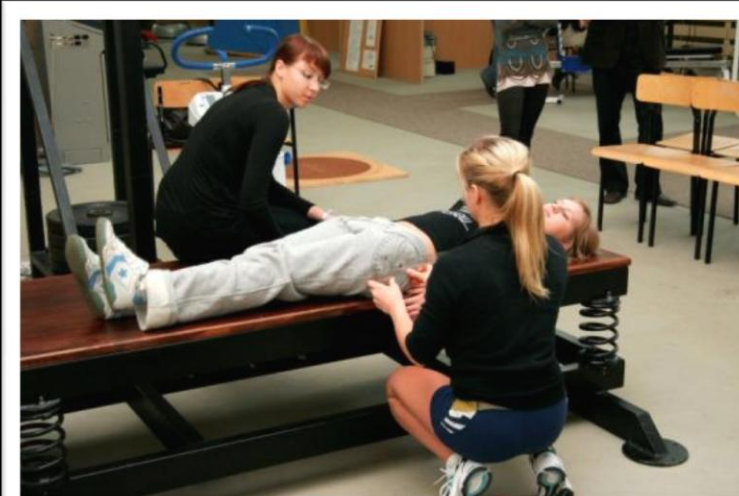
Wielkości geometryczne

- Długości ciała mogą być:
 - bezwzględne – pomiary pomiędzy krańcami części ciała
 - antropologiczne – pomiędzy punktami antropologicznymi
 - kinetyczne – pomiędzy osiami w stawach
- Pola powierzchni ciała dotyczyć mogą:
 - pomiarów oporu ośrodka – powierzchnie oporowe
 - określania równowagi ciała – pole podparcia
 - pomiarów kątowych ciała – zakresy ruchu w stawach, kąty ciała.
- Objętość ciała wraz z jego gęstością w znaczący sposób wpływa na określenie wyporności ciała, ma znaczenie przy ocenie składu tkankowego ciała.



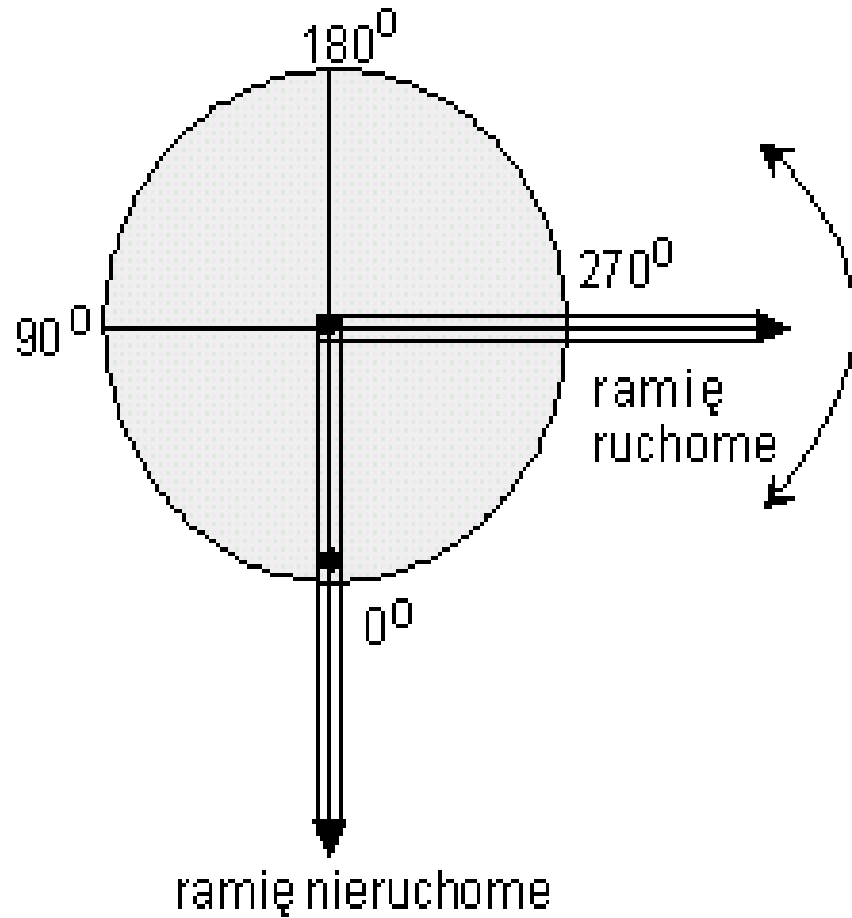
Goniometria

- dział geometrii zajmujący się pomiarami kątów stawowych
- Zakres ruchu w stawie czyli jego ruchomość jest określana poprzez kątową odległość pomiędzy skrajnymi położeniami ogniw kostnych tworzących staw (np. od pozycji neutralnej do maksymalnego zgięcia w stawie).
- Do pomiaru zakresu ruchu w stawach stosuje się przyrządy, nazywane goniometrami (kątomierzami).





Goniometria





Pomiary goniometryczne

Pomiary ciała człowieka są częścią nauki o człowieku - **antropologii**

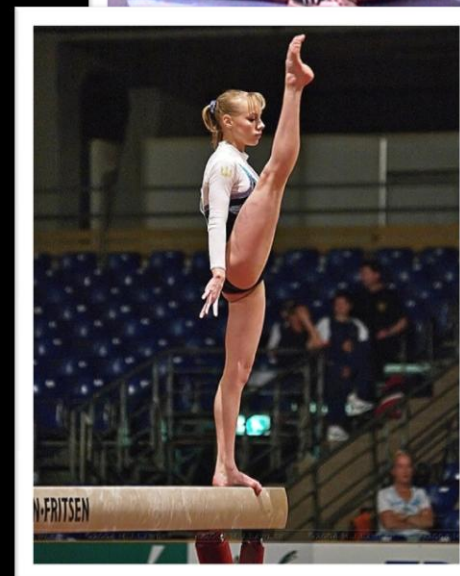
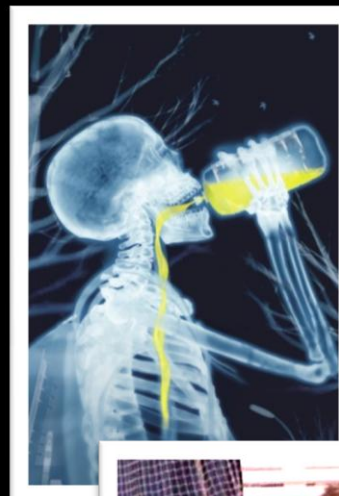
- Pomiary goniometryczne stanowią jedno z podstawowych kryteriów przy określaniu stopnia ograniczenia możliwości ruchowych człowieka, np. przy reumatoidalnym zapaleniu stawów.
- Pomiary goniometryczne są ważnym ogniwem przy selekcji do wybranych dyscyplin sportowych.





Pomiary goniometryczne

- **Zakres ruchu** w stawie można badać i analizować zależnie od celu badań jako:
 1. zakres kostny (największy, ograniczony jedynie budową stawu i występujących elementów dodatkowych)
 2. zakres bierny (uzyskiwany w warunkach normalnej aktywności, przy pomocy siły zewnętrznej – siła ciężkości, współwiczającego, dodatkowych obciążeń)
 3. zakres czynny (jest najmniejszy, uzyskiwany wyłącznie siłą własnych mięśni).





Płaszczyzny ruchu stawów i ciała człowieka

Wyróżnia się trzy płaszczyzny ruchu:

- **strzałkową** albo przednio-tylną - dzieli ciało na stronę prawą i lewą,
- **czołową** albo boczną - dzieli ciało na część przednią i tylną,
- **poprzeczną** albo horyzontalną - dzieli ciało na część górną i dolną.



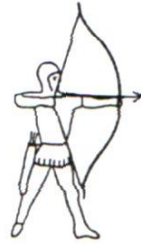
Płaszczyzny ruchu stawów i ciała człowieka

Wyróżnia się trzy osie ruchu:

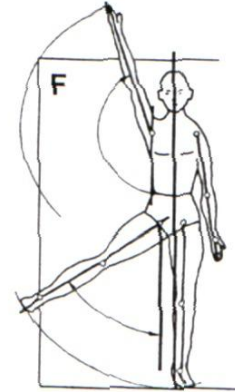
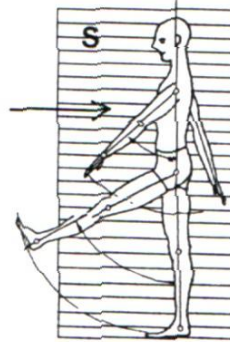
- **czołowa** - od jednego do drugiego boku ciała;
ruch w płaszczyźnie strzałkowej,
- **strzałkowa** - od przodu do tyłu ciała; ruch w
płaszczyźnie czołowej,
- **pionowa** - wzdłuż ciała w kierunku podłoża;
ruch w płaszczyźnie poprzecznej.



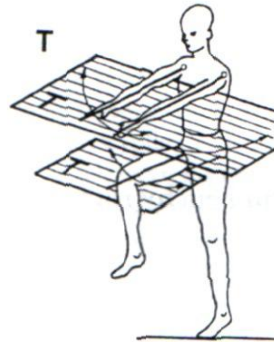
Płaszczyzny ruchu stawów i ciała człowieka



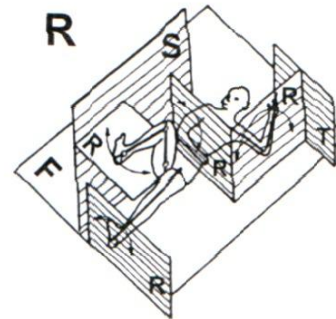
Płaszczyzna strzałkowa



Płaszczyzna czołowa



Płaszczyzna poprzeczna



Płaszczyzny ruchów rotacyjnych



Struktura układu nośnego człowieka

- **Układ sterowania** - centralny i obwodowy układ nerwowy, układ wydzielania dokrewnego (hormonalny) oraz narządy zmysłów
- **Układ zasilania** – pokarmowy, oddechowy, krwionośny
- **Układ redukcyjny** – wydzielniczy i wydalniczy
- **Układ bezpieczeństwa** – termoregulacyjny, snu i czuwania, wrażliwości na bodźce, narządy ochronne: budowa kostna, skóra wraz z jej tworami dodatkowymi, układy immunologiczne itp.
- **Układ napędowy** – układ mięśni szkieletowych, narządowych i naczyniowych
- **Modelowa, ergonomiczna budowa ciała**



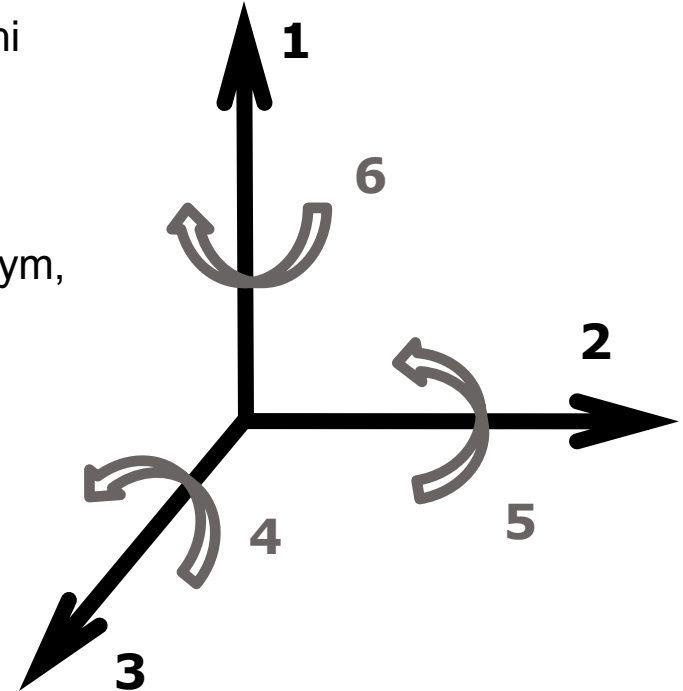
Struktura – podstawowa terminologia

- **ogniwo** – pojedynczy, nieodkształcalny element ciała ludzkiego, np. udo, paliczek, żuchwa, żebro
- **węzeł** – miejsce połączenia dwóch ogniw (staw, połączenie półściśle, połączenie ściśle)
- **para biokinematyczna** – dwa ogniwa połączone węzłem
- **łańcuch biokinematyczny** – szereg ogniw połączonych węzłami
 - otwarty – łańcuch kończący się ogniwem, np. kończyna górna od łopatki do dłoni
 - zamknięty – po każdym ogniwie łańcucha następuje węzeł; łańcuch zamknięty może być naturalny (klatka piersiowa w przekroju poprzecznym) lub sztuczny (zwis oburącz na drążku gimnastycznym)



Struktura – podstawowa terminologia

- **stopień swobody** – możliwość wykonania ruchu względnego w połączeniu
 - Ciało fizycznie swobodne dysponuje **6** stopniami swobody: **3** w ruchu postępowym, **3** w ruchu obrotowym.
 - Człowiek jako biomaszyna jest ciałem swobodnym, natomiast jego stawy dysponują co najwyżej 3 stopniami swobody w ruchu obrotowym, z wykluczeniem ruchu postępowego





Struktura – podstawowa terminologia

- **więź** – ograniczenie, wykluczenie ruchu w jakimś kierunku lub wokół jakieś osi
- **ruchliwość łańcucha biokinetycznego** – suma stopni swobody występujących w połączeniach łańcucha, liczona według wzoru:

$$W = 6n - \sum_{i=3}^6 i \times p_i$$

gdzie: n - oznacza liczbę połączeń (węzłów) w łańcuchu
l - oznacza klasę pary biokinematycznej,
p - liczbę par danej klasy

- **klasa pary biokinematycznej** – liczba równa liczbie więzi (liczba odjętych stopni swobody)

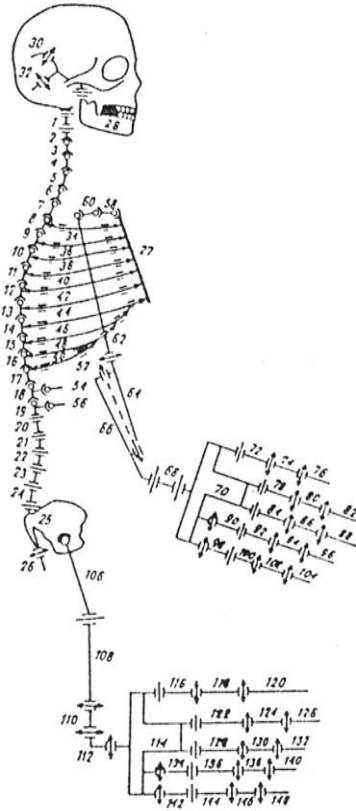


Klasyfikacja par biokinematycznych

Klasa pary	Liczba więzi	Liczba stopni swobody	Przykłady	Symbol
VI	6	0	Połączenie ściste: więzozrosty, chrząstkozrosty, kościzrosty, szwy, wkliniowanie	
V	5	1	Stawy jednoosiowe: obrotowe, zawiasowe, bloczkowe, śrubowy, nieregularne	
IV	4	2	Stawy dwuosiowe: eliptyczne, kłykciowe, łokciowy (całość), skokowy (górny i dolny), siodełkowaty	
III	3	3	Stawy wieloosiowe: kulisty wolny, kulisty panewkowy, kręgosłup jako całość, stawy nietypowe	

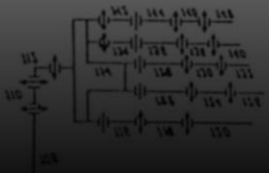


Schemat strukturalny szkieletu człowieka



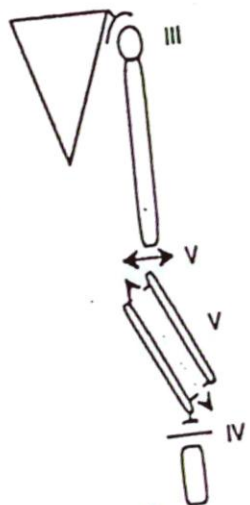
- Łańcuch biokinematyczny układu ruchu człowieka składa się ze **144** członów ruchomych (względem podstawy czaszki), połączonych w **143** pary kinematyczne o ruchliwości:

- **III klasy** (3 stopnie swobody) – 29 par
- **IV klasy** (2 stopnie swobody) – 33 pary
- **V klasy** (1 stopień swobody) – 81 par





Ruchliwość połączeń – przykłady obliczeń



Na modelu przedstawiono maksymalną, fizjologiczną ruchliwość połączeń kończyny górnej, przyjmując dłoń jako całość.
 W modelu występuje 5 ogniw i 4 połączenia między nimi: 2 połączenia klasy V i po jednym klasy II i IV.
 Stawy łokciowo-promieniowe bliższy i dalszy są stawami sprzężonymi, dlatego traktujemy je jako jedno połączenie ruchome.

$$W = 6n - \sum_{i=3}^6 i \times p_i$$

$$W = 6n - (3p_3 + 4p_4 + 5p_5 + 6p_6)$$

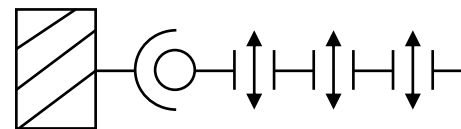
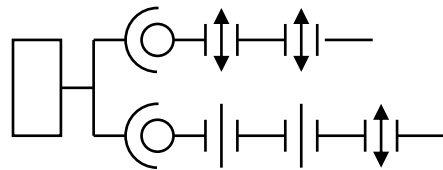
$$W = 6 \times 4 - (3 \times 1 + 4 \times 1 + 5 \times 2)$$

$$W = 24 - 17 = 7$$

Ryc. 2. Model ruchliwości KG

Powyższy łańcuch biokinematyczny posiada 7 stopni swobody.

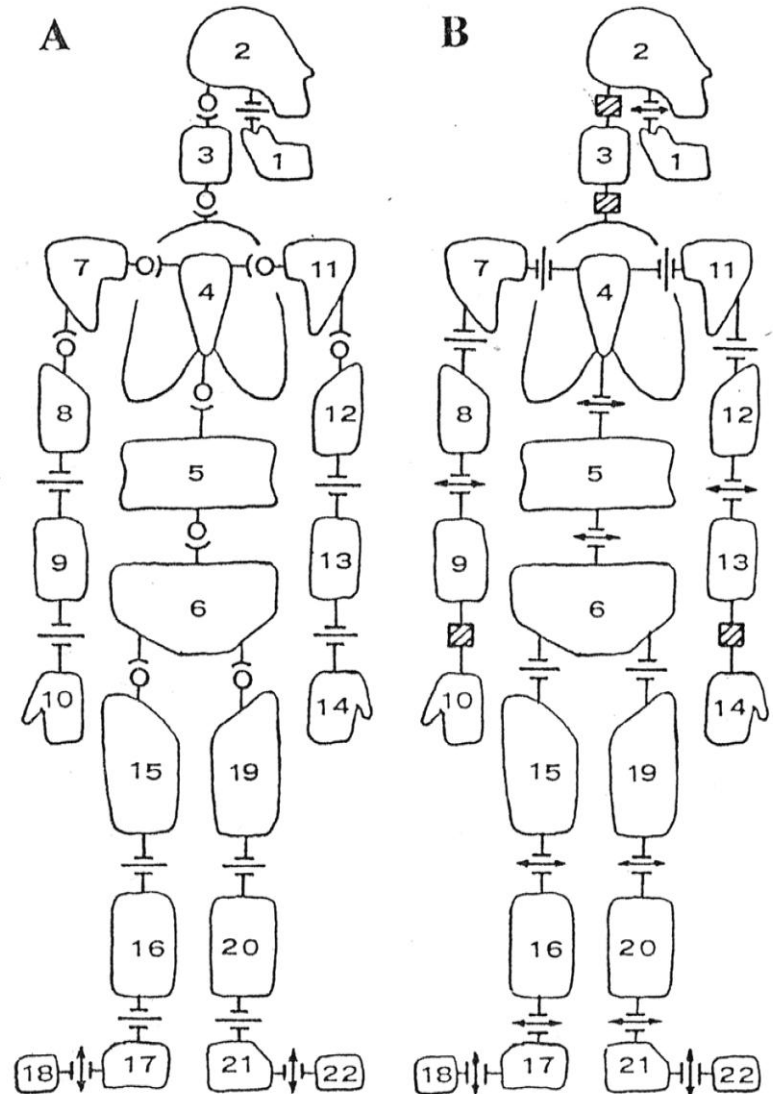
- przykłady zadań z kolokwium





A - uproszczony model strukturalny ciała o 22 ogniwach

B – klasy par podano dla minimalnej, niezbędnej ruchliwości ciała jako łańcucha biokinetycznego dla wyczynowego biegacza



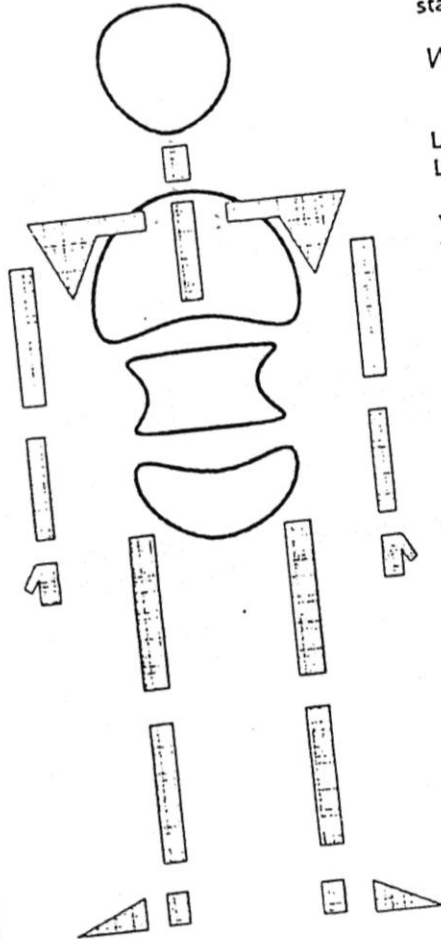
$$W = 126 - [(III*0)+(IV*6)+(V*11)+(VI*4)]$$

$$W = 126 - (0 + 24 + 55 + 24)$$

$$W = 126 - 103 = 23 \text{ stopnie swobody}$$



Praca zaliczeniowa



Oblicz maksymalną ruchliwość przedstawionego modelu ciała człowieka.

$$W = 6n - \sum_{i=3}^6 i \times p_i$$

Liczba ogniw:

Liczba węzłów:

$$W_{\max} = 6n - (3p_3 + 4p_4 + 5p_5 + 6p_6)$$

$$W_{\max} =$$

$$W_{\max} =$$

Powyższy łańcuch blokinematyczny posiada stopni swobody.

Oblicz ruchliwość powyższego łańcucha przyjmując w jego połączeniach taką liczbę stopni swobody, jaka jest niezbędna dla

dyscyplina:

konkurencja:

ćwiczenie:

$$W_{\min} = 6n - (3p_3 + 4p_4 + 5p_5 + 6p_6)$$

$$W_{\min} =$$

$$W_{\min} =$$

Następnie oblicz współczynnik ruchliwość wg wzoru:

$$W_R = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} \times 100\%$$

$$W_R =$$