



Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Podstawy automatyki i teorii maszyn
semestr zimowy 2019/2020

dr inż. Sebastian Korczak

Wykład 1 cd

pary kinematyczne, mechanizmy,
ruchliwość, więzy bierne

Ruchliwość łańcucha kinematycznego

Ruchliwość – liczba stopni swobody mechanizmu względem podstawy

Wzory strukturalne (Chebychev–Grübler–Kutzbach)

$$(3D) \quad F = 6N - p_1 - 2p_2 - 3p_3 - 4p_4 - 5p_5$$

$$(2D) \quad F = 3N - p_4 - 2p_5$$

N – liczba elementów ruchomych

p_i – liczba par kinematycznych i -tej klasy

$F \geq 1$ – mechanizm z możliwością ruchu

$F < 1$ – mechanizm zablokowany albo
ruchomy z więzami biernymi

Wyznacznie ruchliwości – przykład

p_5

0-1

0-2

0-5

1-3

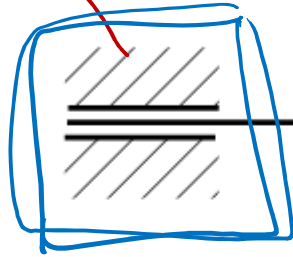
2-4

5-3

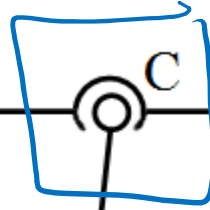
4-3

~~0-5~~

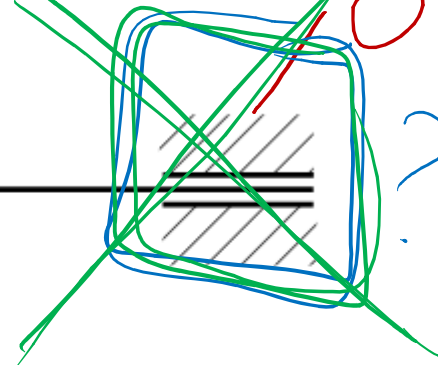
"0"



5



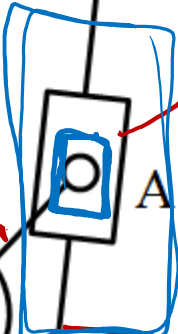
"0"



$N=5$

$p_5 = \cancel{87}$

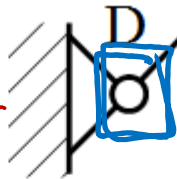
2



4

$$F = 3 \cdot N - 2p_5 = \cancel{-1} ?$$

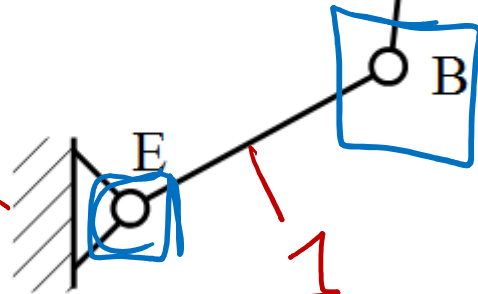
"0"



3

1

"0"



1

Wyznaczenie ruchliwości – przykład

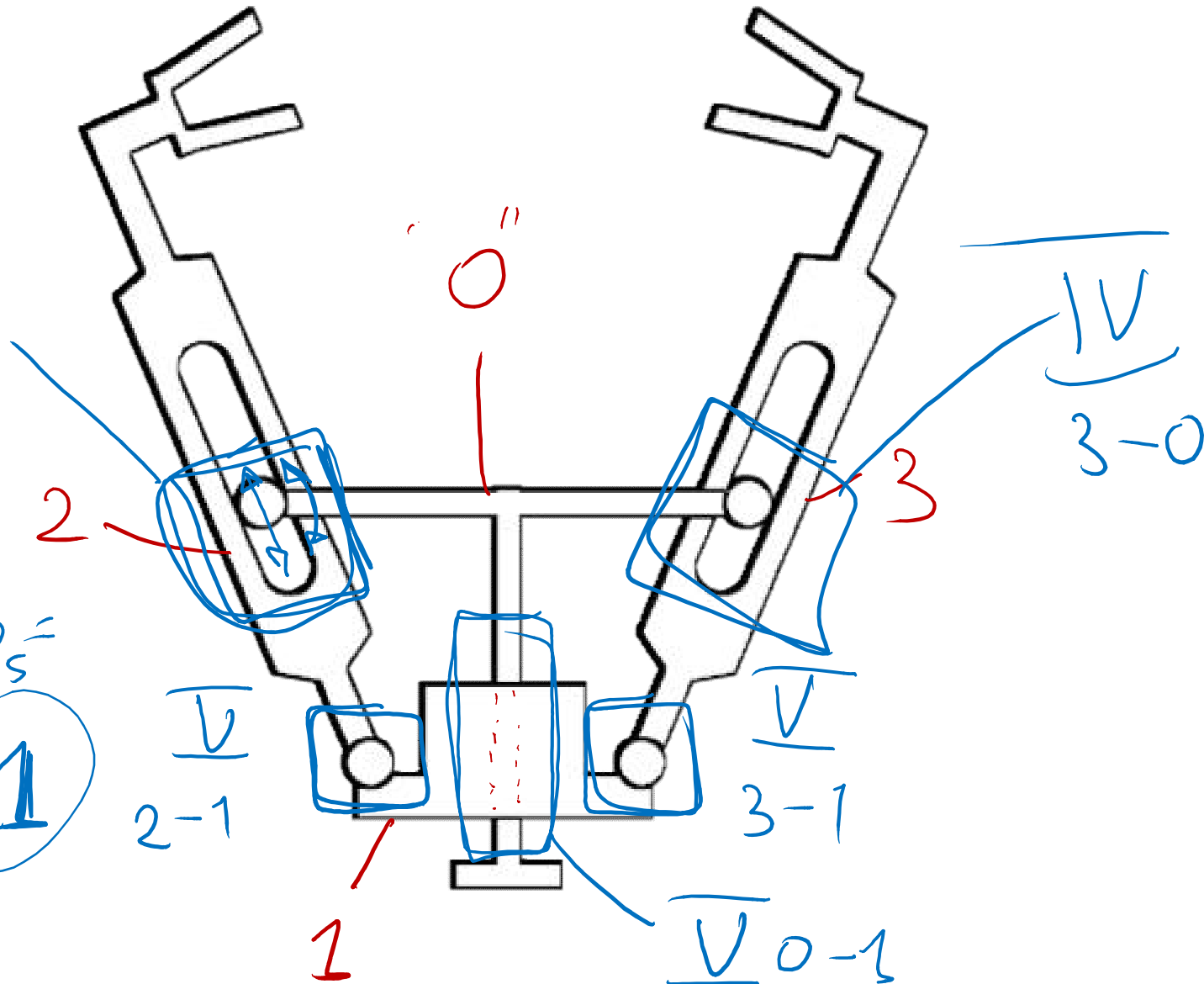
$$N=3$$

$$P_4=2$$

$$P_5=3$$

$$\frac{IV}{2-0}$$

$$F = 3N - P_4 - 2P_5 = 9 - 2 - 6 = 1$$

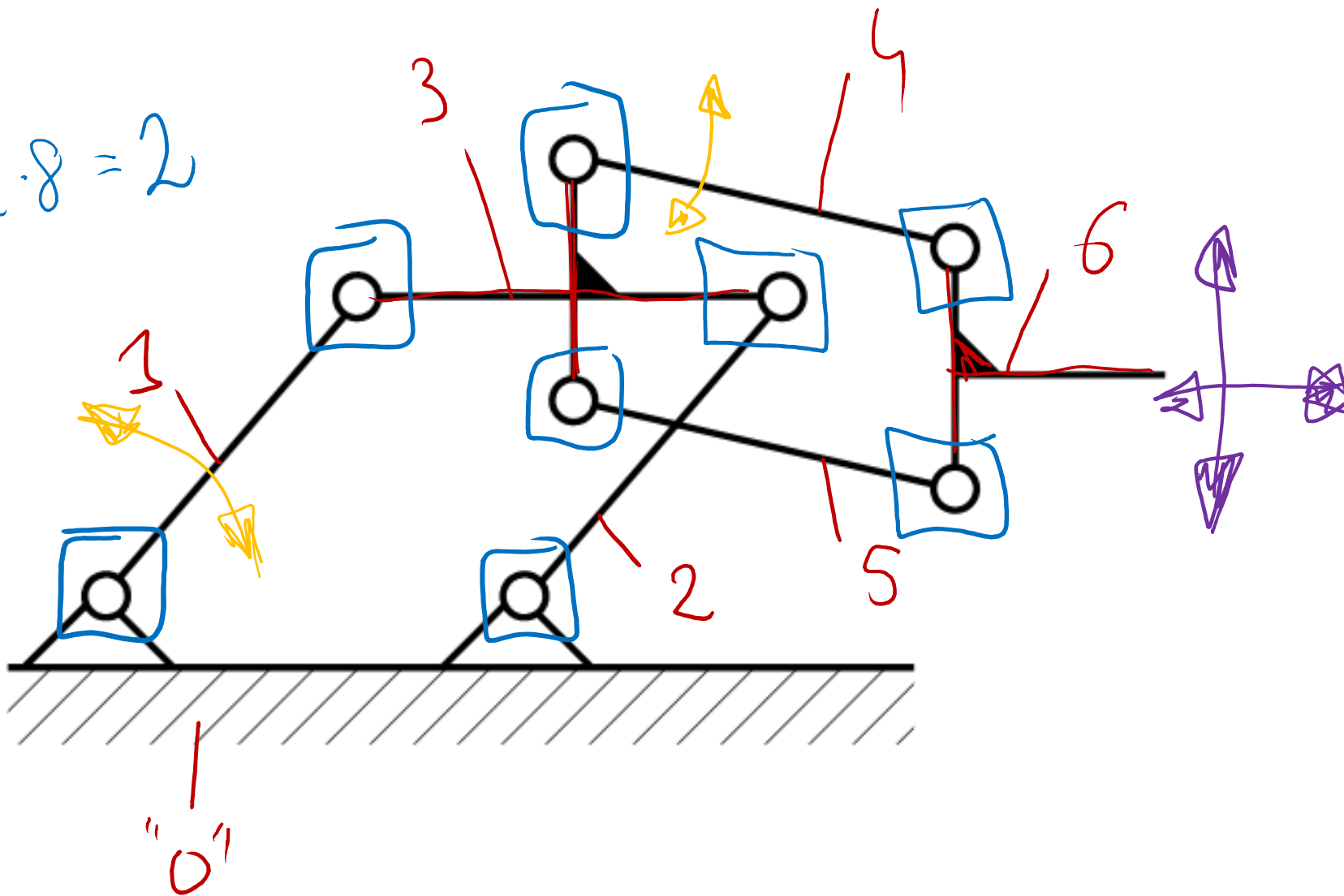


$$N = 6$$

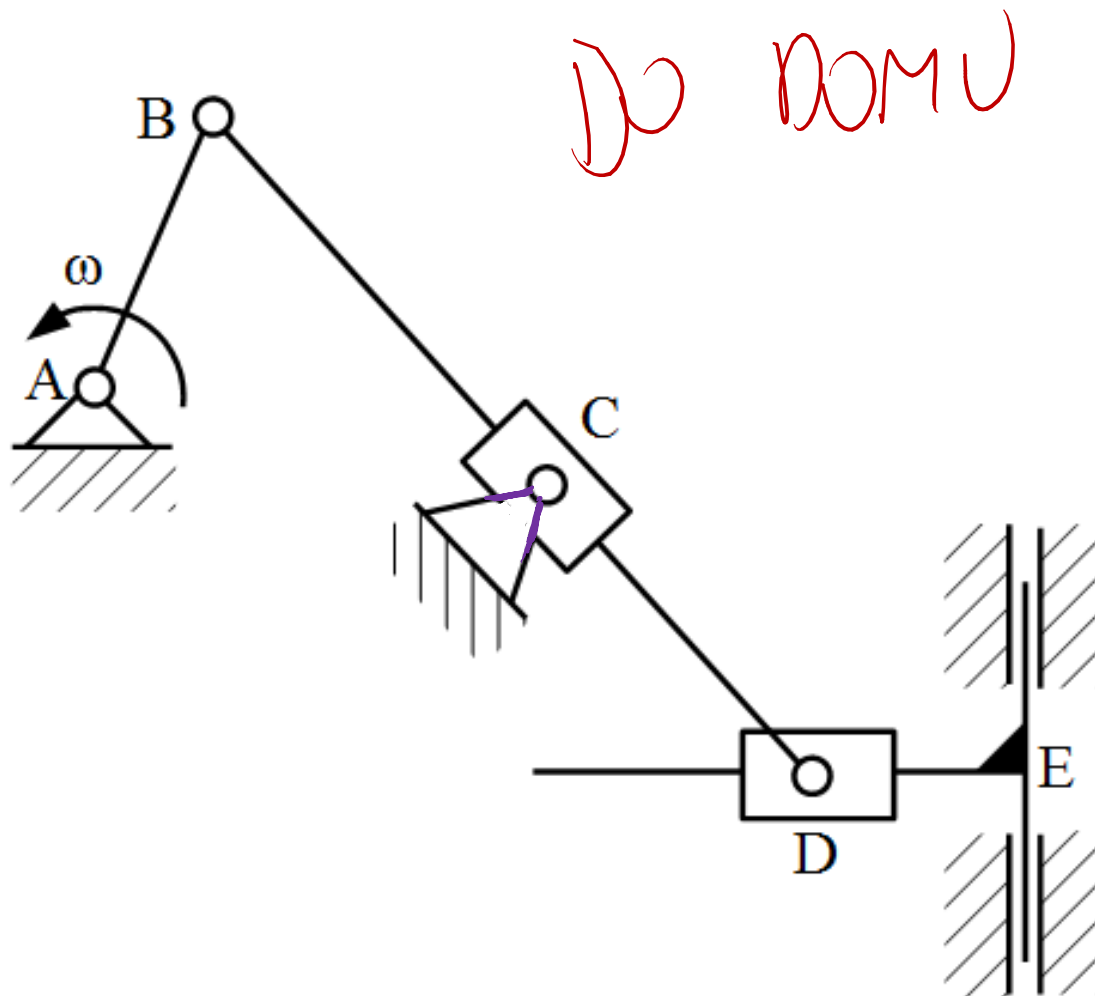
Wyznaczenie ruchliwości – przykład

$$P_5 = 8$$

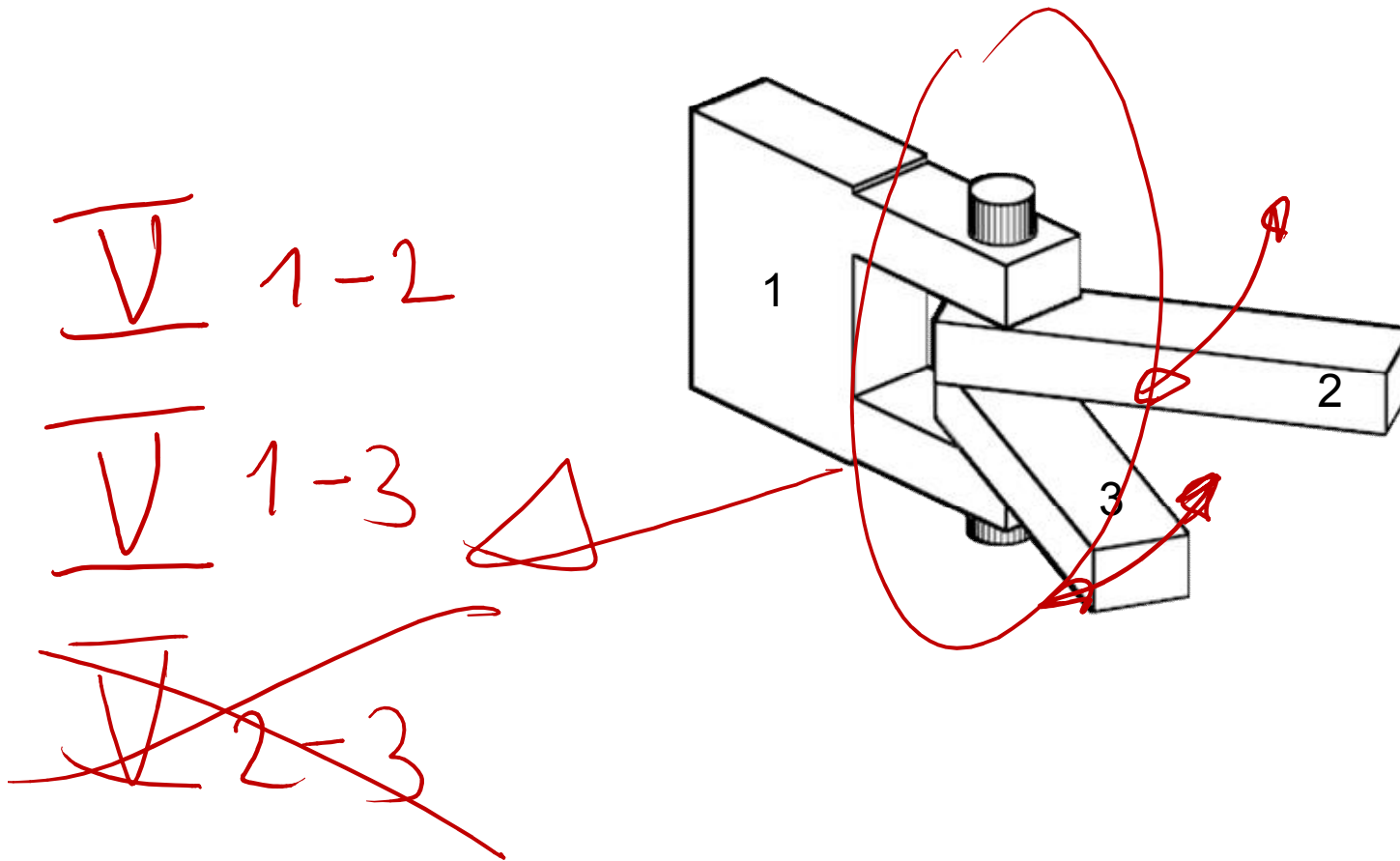
$$F = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 = 2$$



Wyznaczenie ruchliwości – przykład

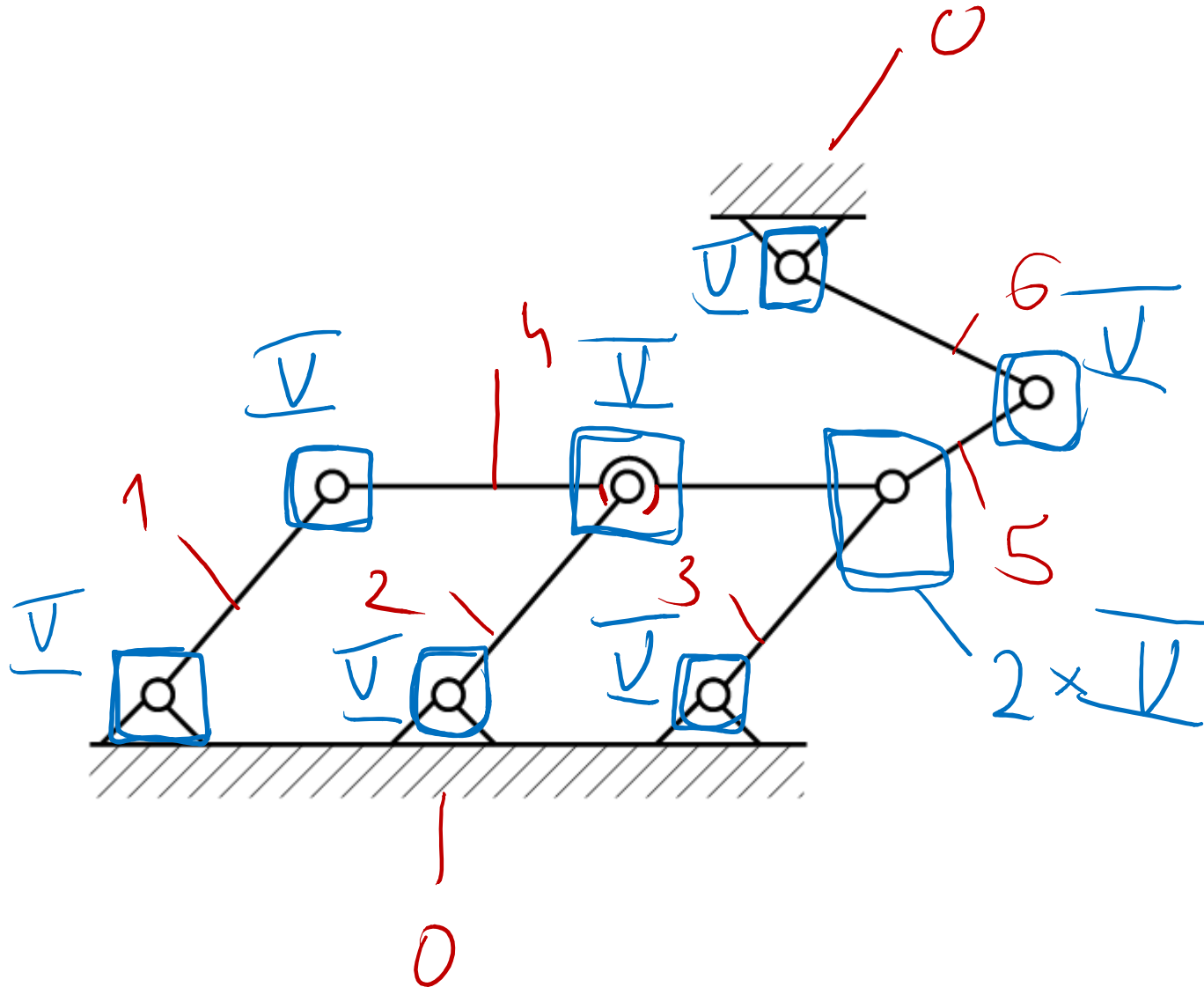


Wielokrotne pary kienamacyjne



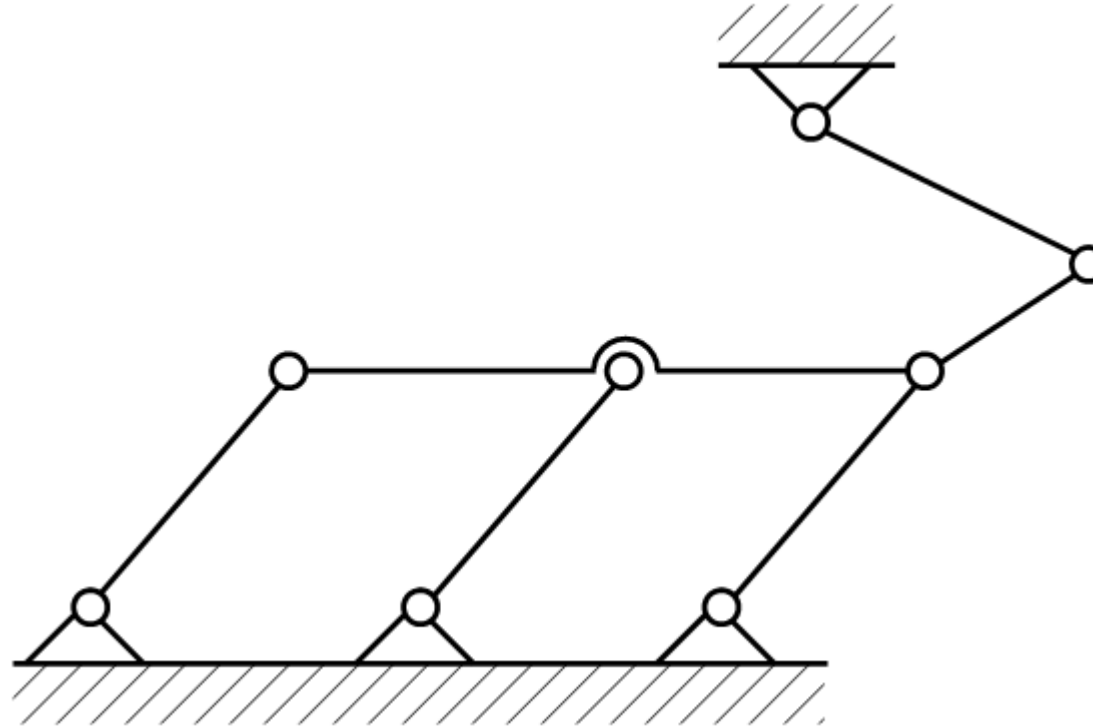
Wyznaczenie ruchliwości – przykład

$$N=6$$
$$P_5=9$$



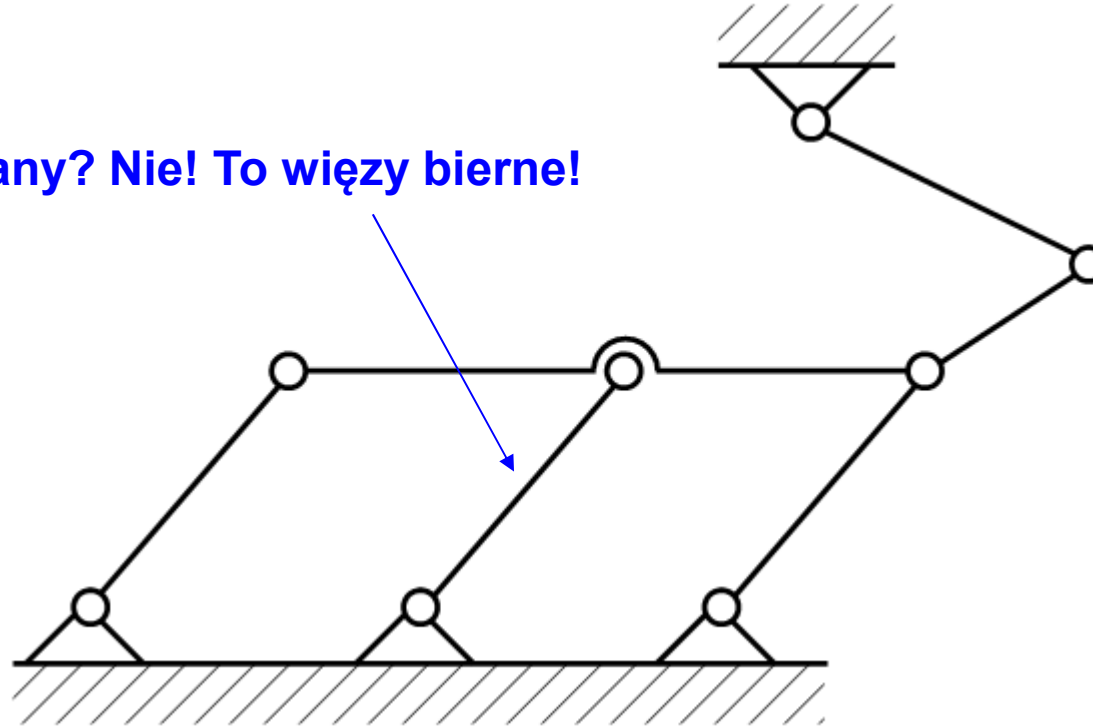
$$F=3 \cdot 6 - 2 \cdot 9 = 0$$

Wyznaczenie ruchliwości – przykład

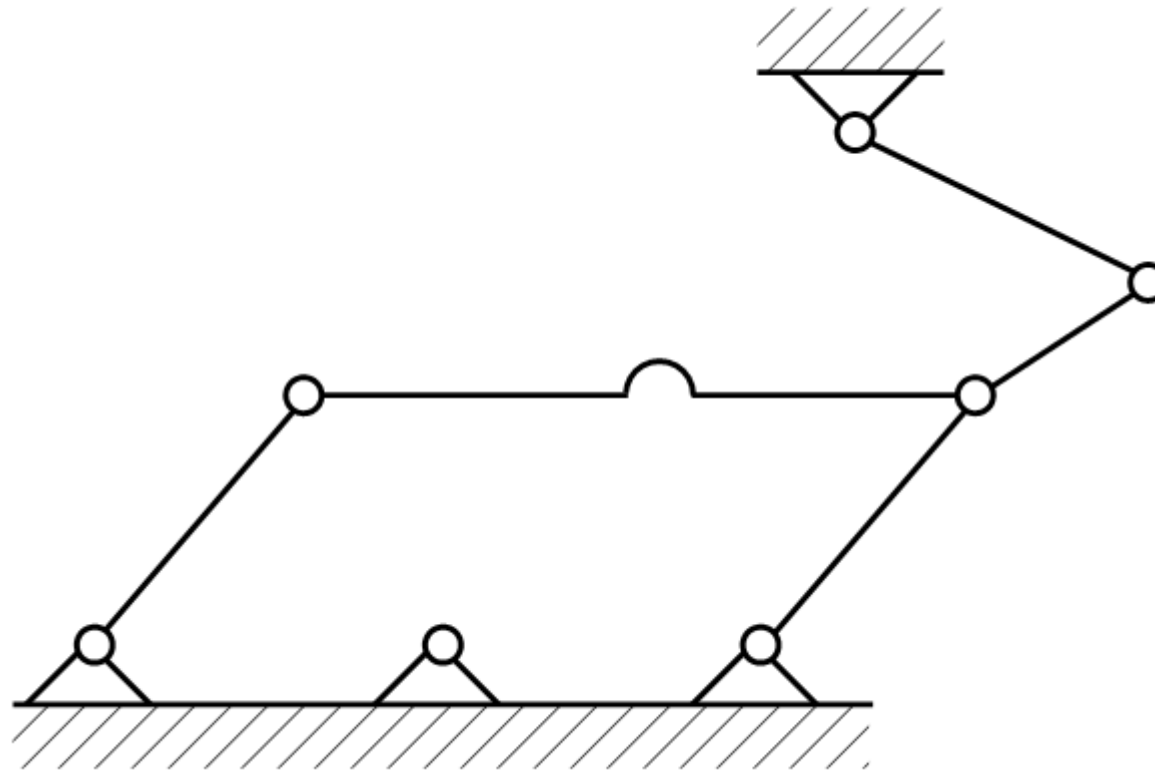


Wyznaczenie ruchliwości – przykład

$F = 0$ zablokowany? Nie! To więzy bierne!

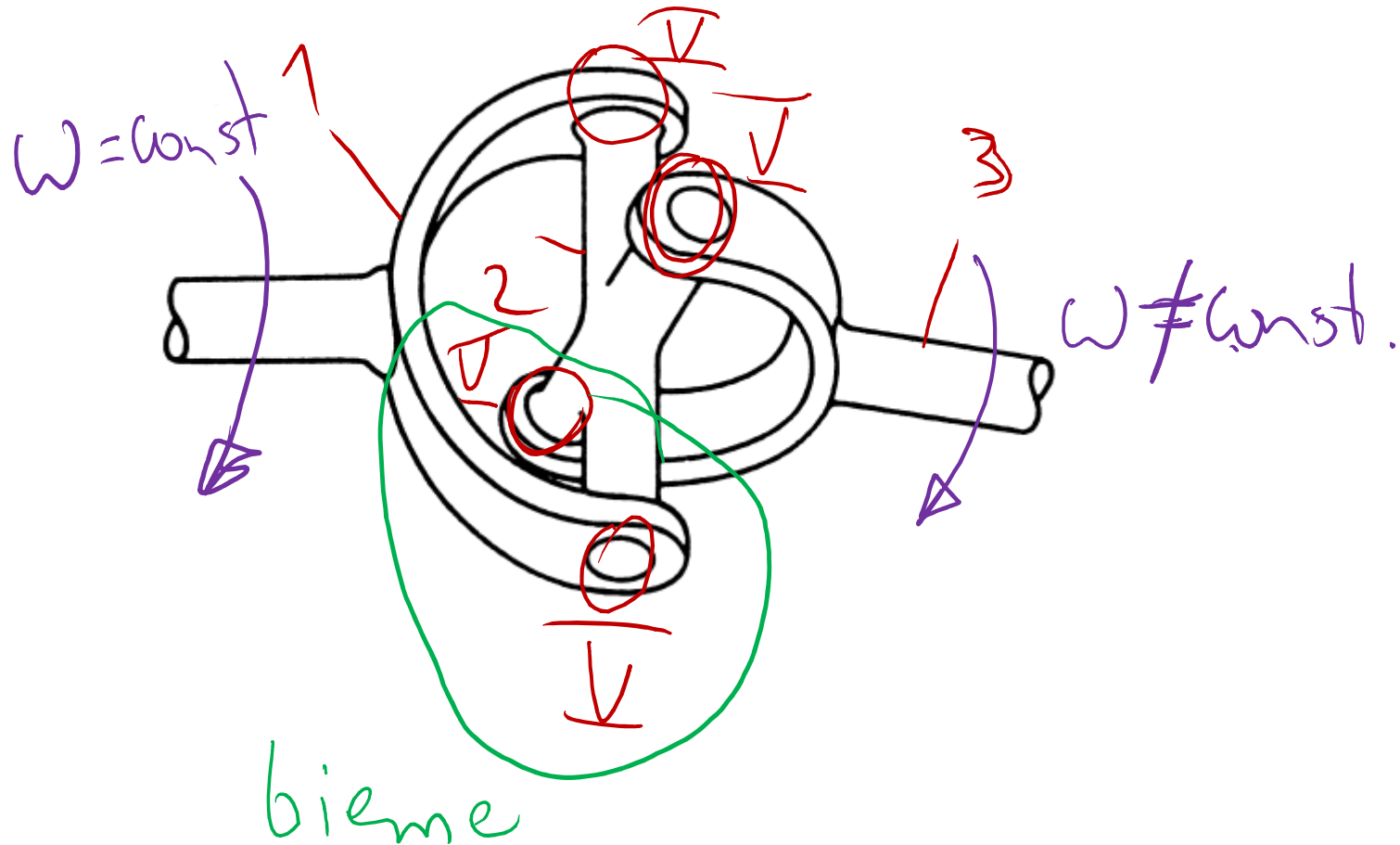


Wyznaczenie ruchliwości – przykład



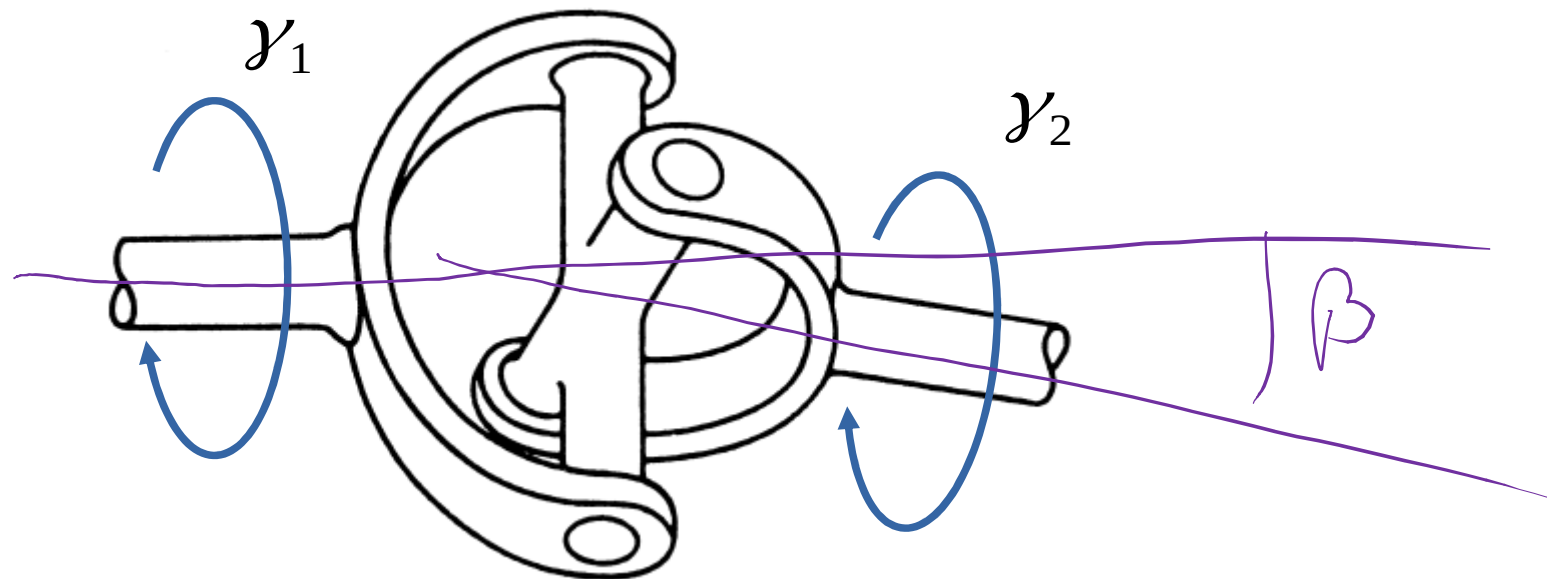
Mechanizm przegubowy

Kulisty mechanizm przegubowy
(Przegub Cardana, przegub krzyżakowy, sprzęgło wychylne,
universal joint, Hooke's joint, Hardy Spicer)



Mechanizm przegubowy

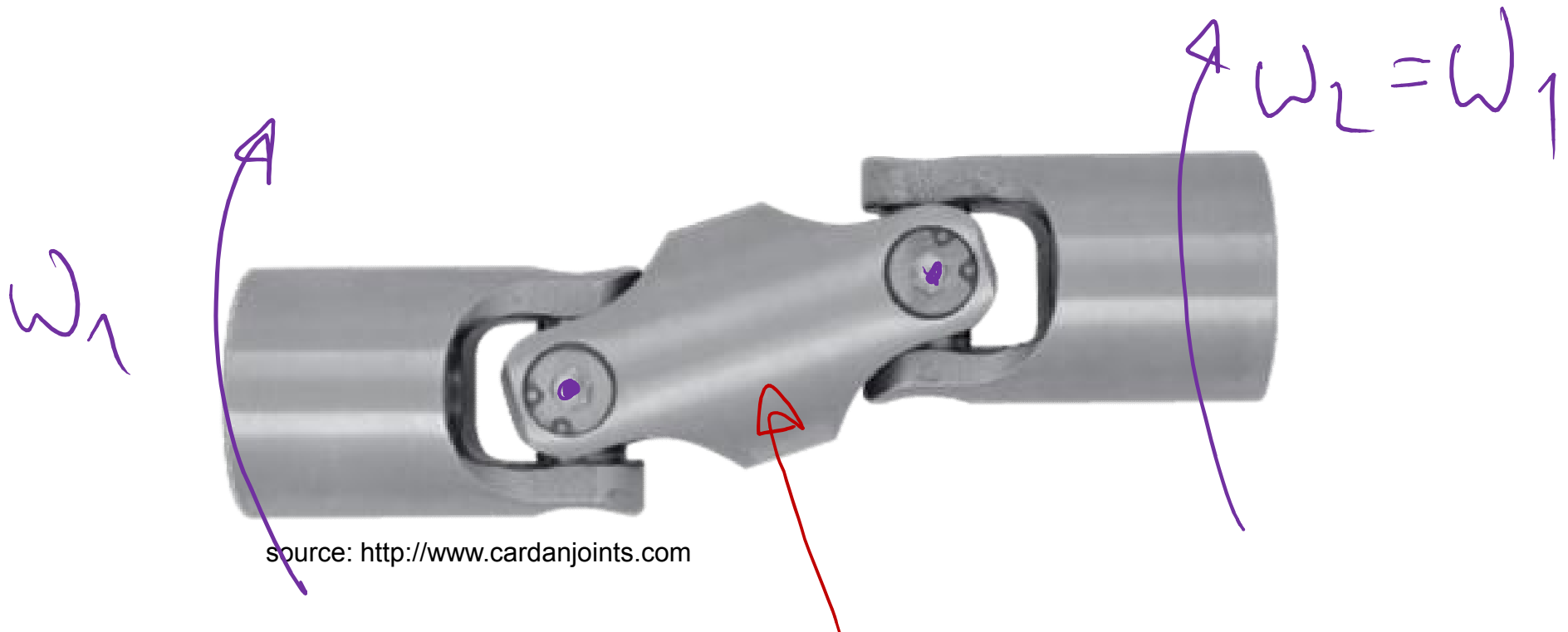
Kulisty mechanizm przegubowy
(Przegub Cardana, przegub krzyżakowy, sprzęgło wychylne,
universal joint, Hooke's joint, Hardy Spicer)



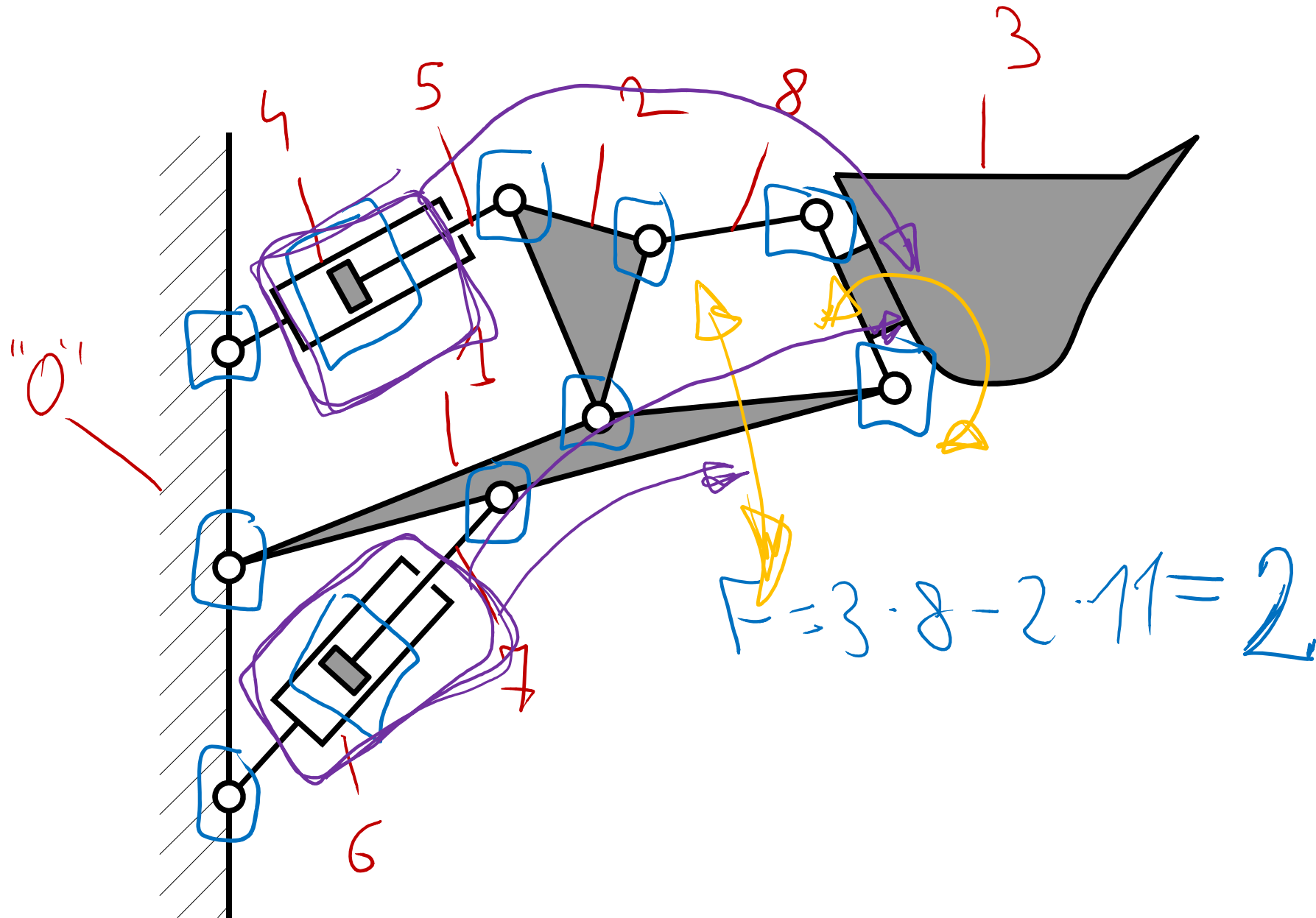
$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \cos \beta}{1 - \sin^2 \beta \cos^2 \gamma_1}, \quad \omega_1 = \frac{d \gamma_1}{dt}, \quad \omega_2 = \frac{d \gamma_2}{dt}$$

Mechanizm przegubowy

Przegub dwukrzyżakowy



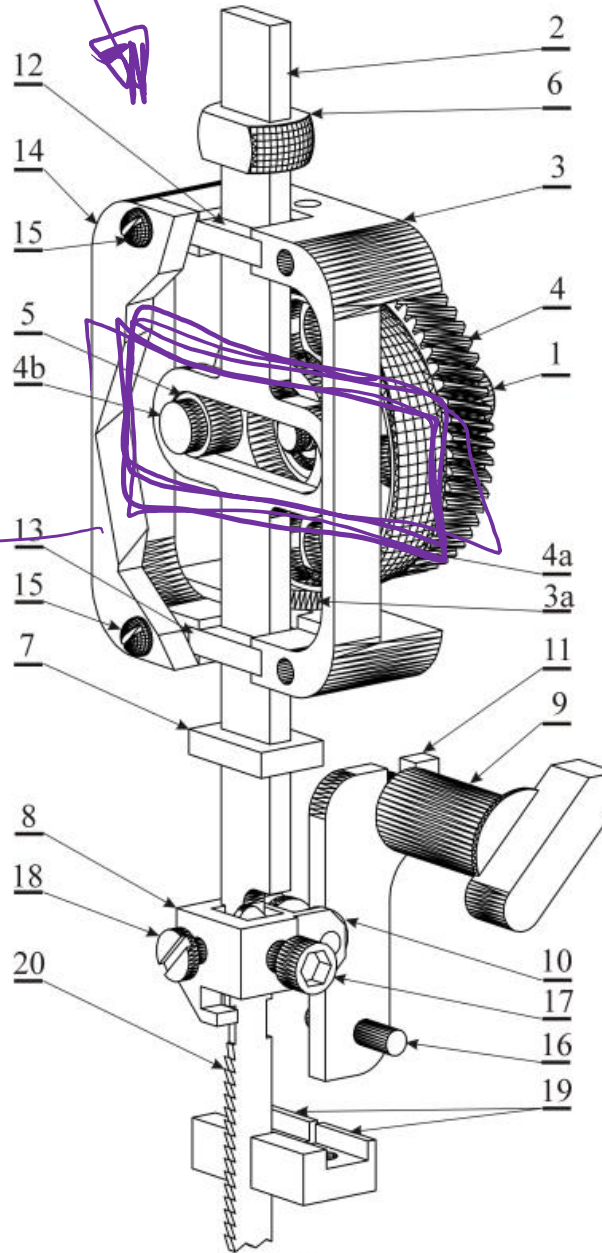
Przykłady do wykładu nr 1



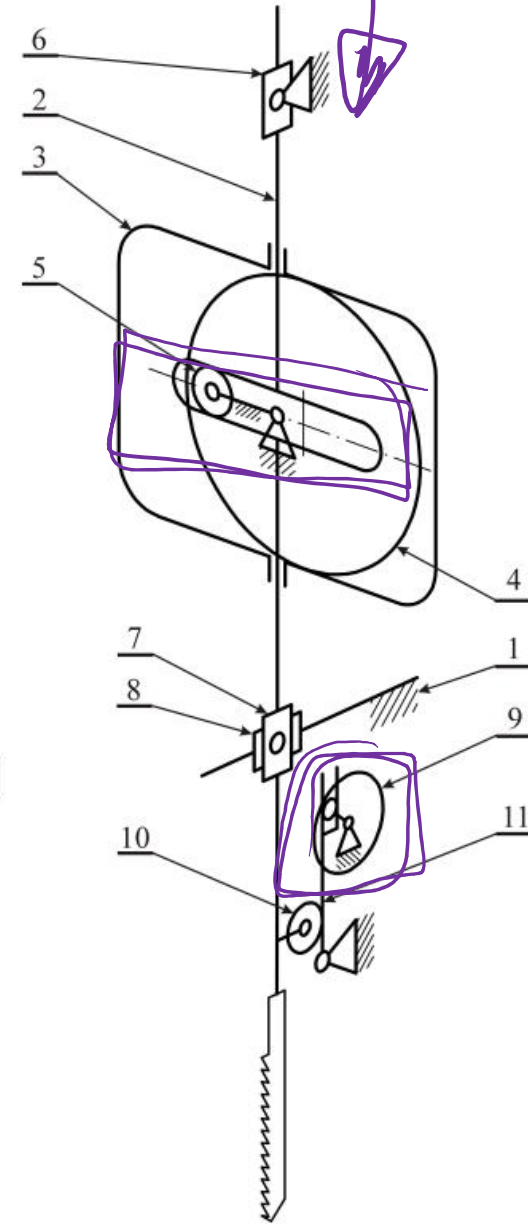
Przykłady do wykładu nr 1



a

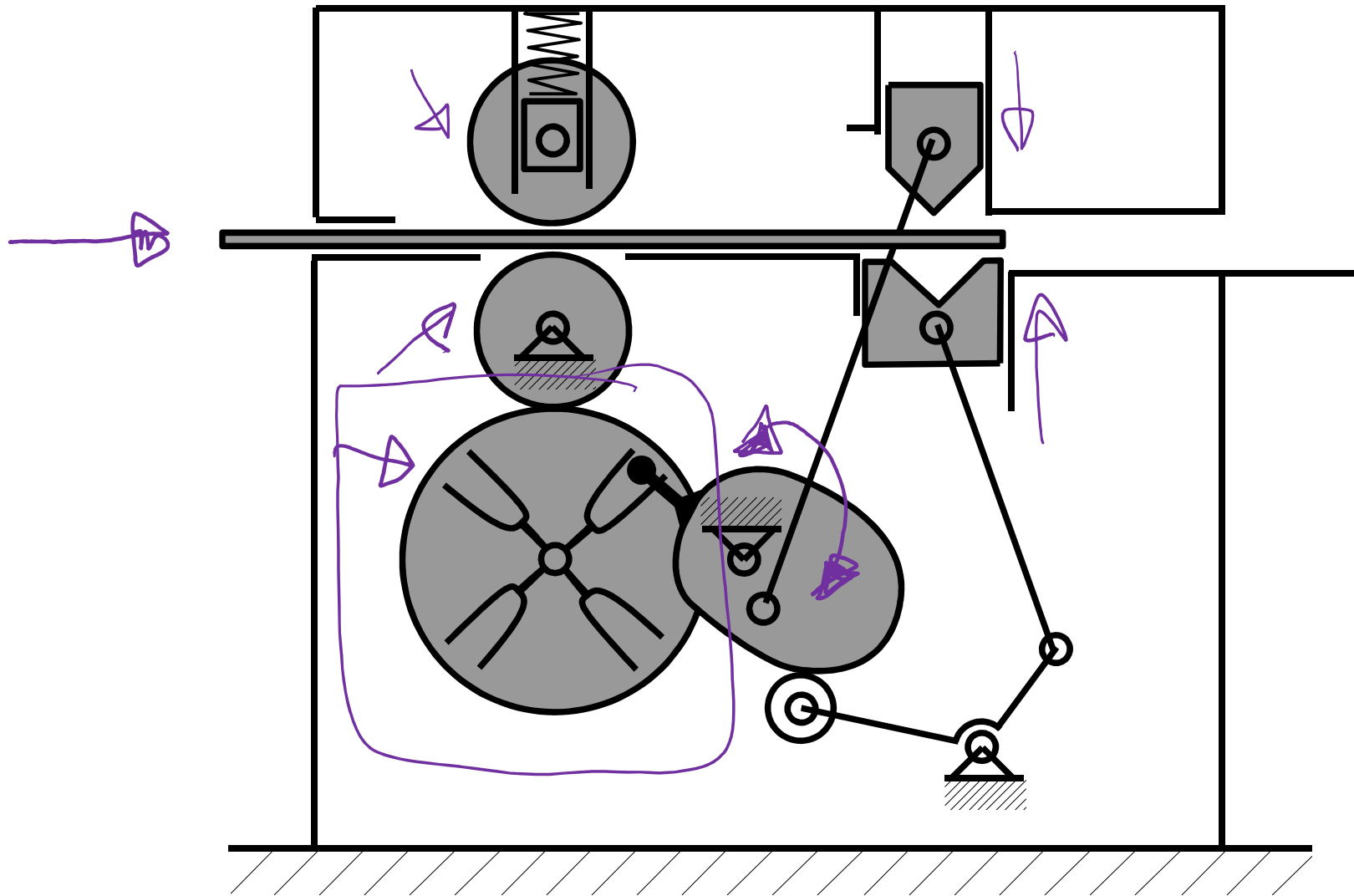


b



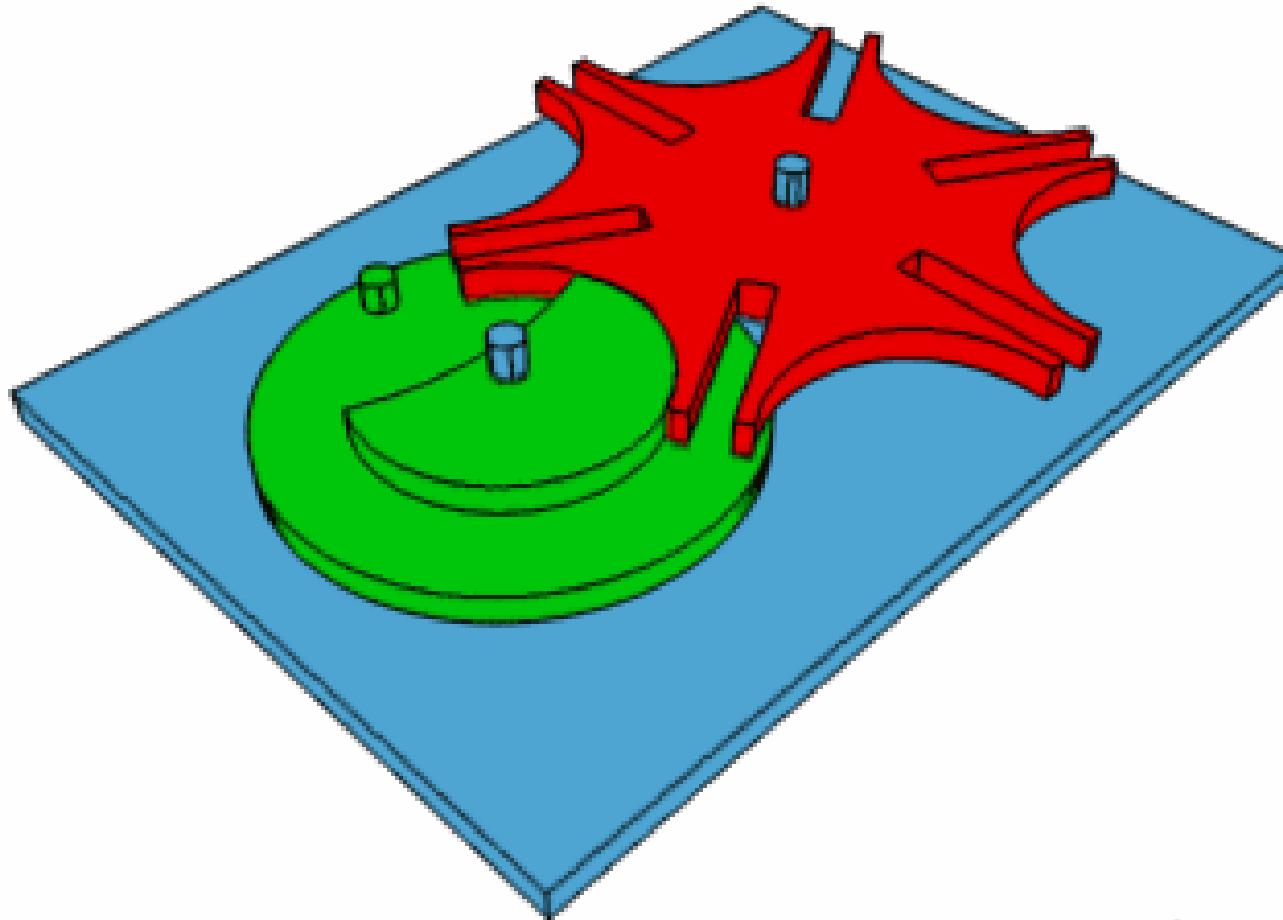
c

Przykłady do wykładu nr 1



Przykłady do wykładu nr 1

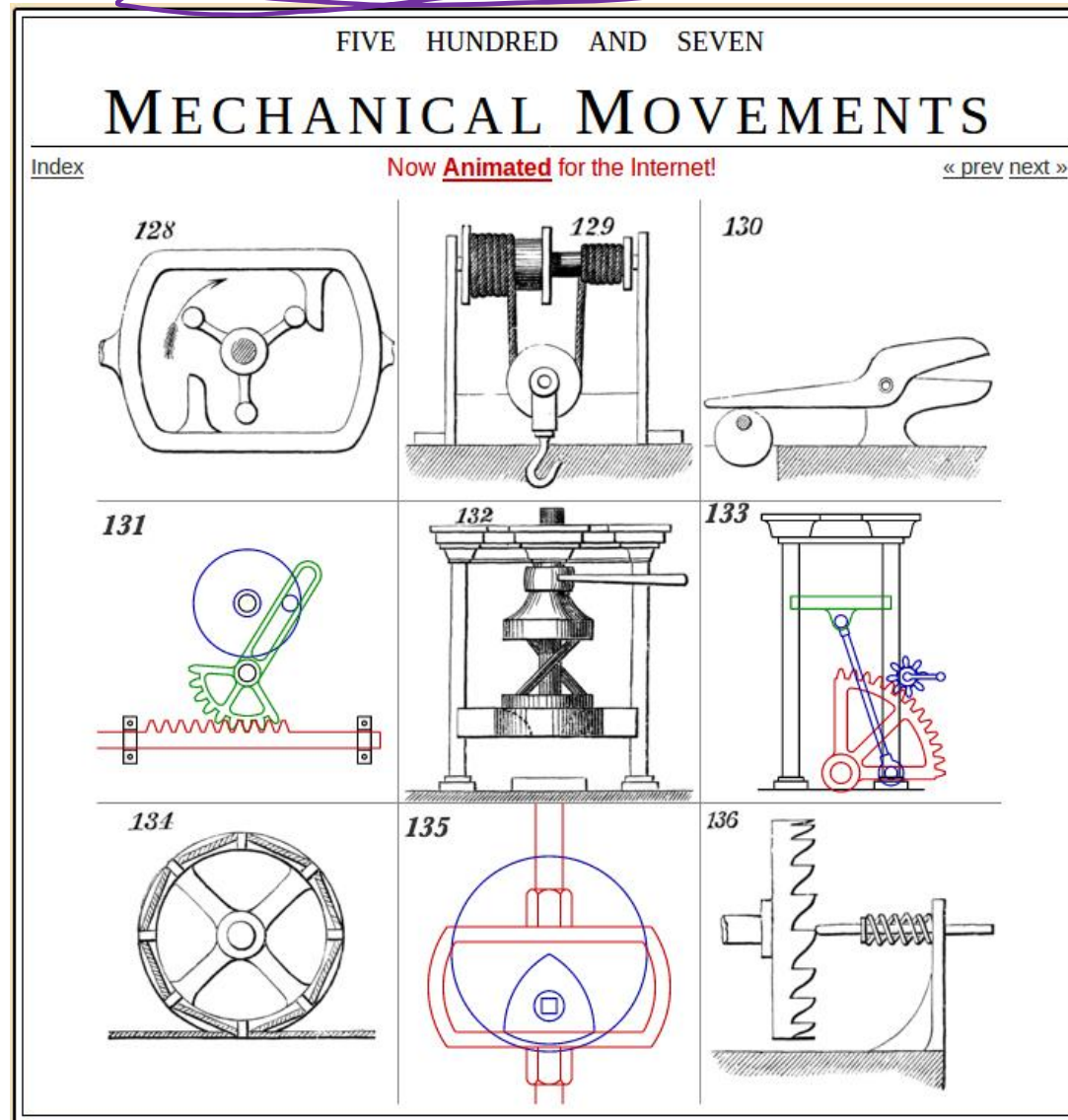
Mechanizm maltański (krzyż maltański, napęd genewski)



źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Geneva_drive

Materiały dodatkowe

<http://507movements.com/>



Wykład 2

Podział strukturalny mechanizmów,
metody wyznaczania prędkości
mechanizmów płaskich.

Klasyfikacja łańcuchów kinematycznych

Łańcuch kinematyczny prosty – każdy człon łańcucha wchodzi w nie więcej niż dwie pary kinematyczne.

Łańcuch kinematyczny złożony – co najmniej jeden człon mechanizmu wchodzi w więcej niż dwie pary kinematyczne.

Klasyfikacja łańcuchów kinematycznych

Łańcuch kinematyczny prosty – każdy człón łańcucha wchodzi w nie więcej niż dwie pary kinematyczne.

Łańcuch kinematyczny złożony – co najmniej jeden człón mechanizmu wchodzi w więcej niż dwie pary kinematyczne.

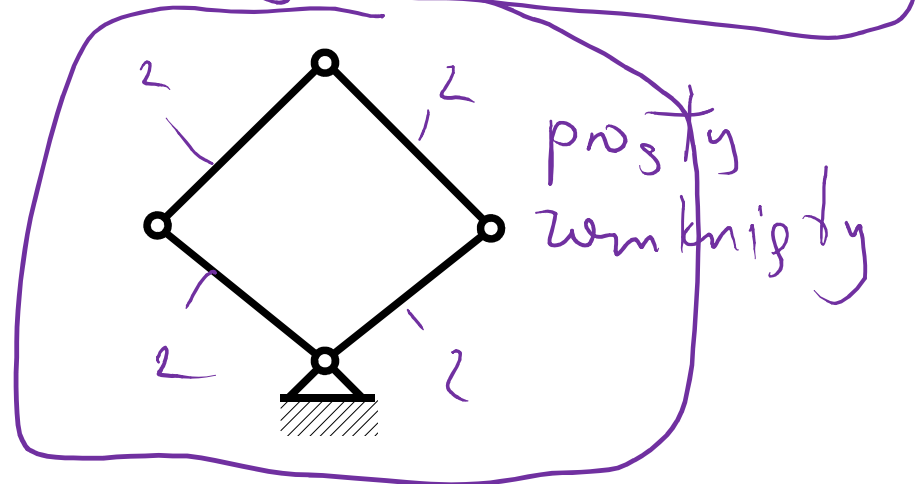
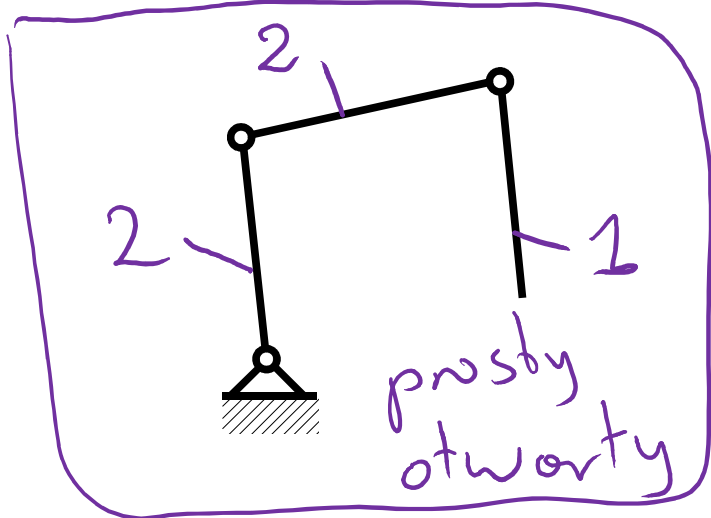
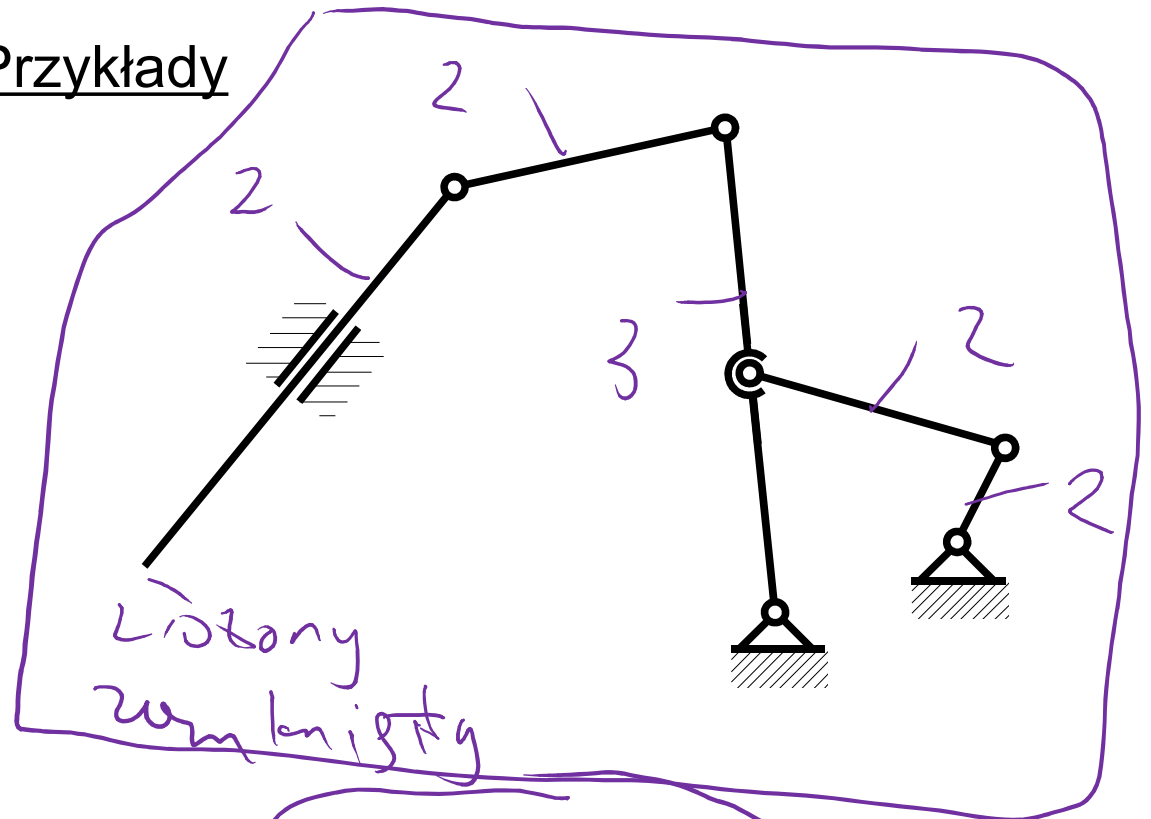
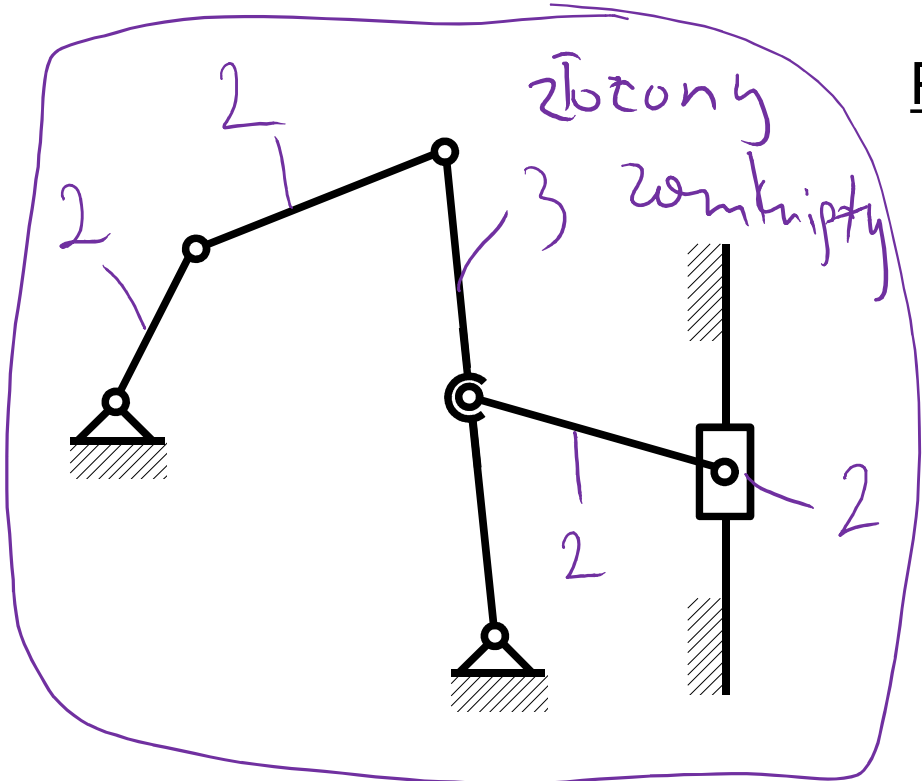


Łańcuch kinematyczny otwarty – istnieją człony wchodzące tylko w jedną parę kinematyczną.

Łańcuch kinematyczny zamknięty – żaden człón mechanizmu nie wchodzi w skład tylko jednej pary kinematycznej.

Klasyfikacja łańcuchów kinematycznych

Przykłady



Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszycy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

Dla Mechanizmu płaskiego tylko z parami V klasy:

Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszycy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

Dla Mechanizmu płaskiego tylko z parami V klasy:

$$F = 3n - 2p_5 = 0$$

$$\frac{p_5}{n} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4} = \frac{9}{6} = \dots$$

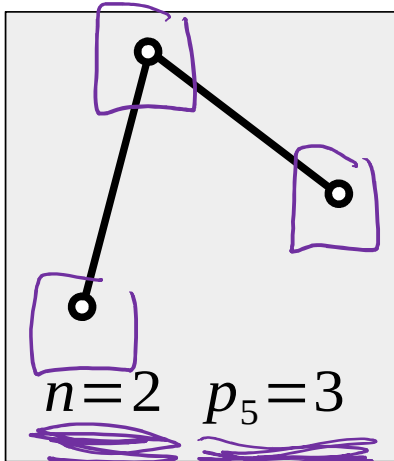
Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszycy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

Dla Mechanizmu płaskiego tylko z parami V klasy: $F = 3n - 2p_5 = 0$

$$\frac{p_5}{n} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4} = \frac{9}{6} = \dots$$

II grupa strukturalna



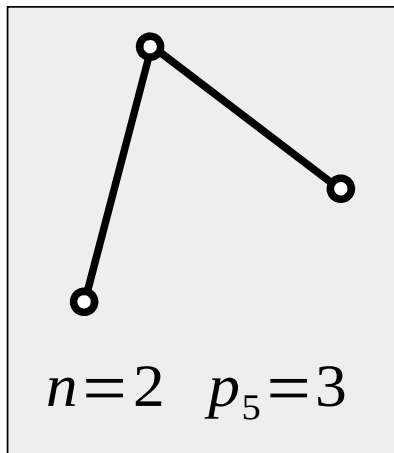
Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

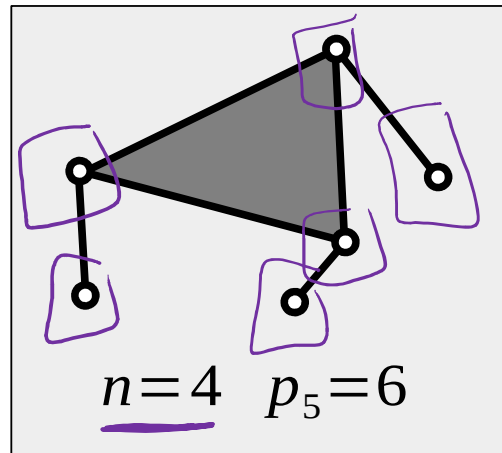
Dla Mechanizmu płaskiego tylko z parami V klasy: $F = 3n - 2p_5 = 0$

$$\frac{p_5}{n} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4} = \frac{9}{6} = \dots$$

II grupa strukturalna



III grupa strukturalna



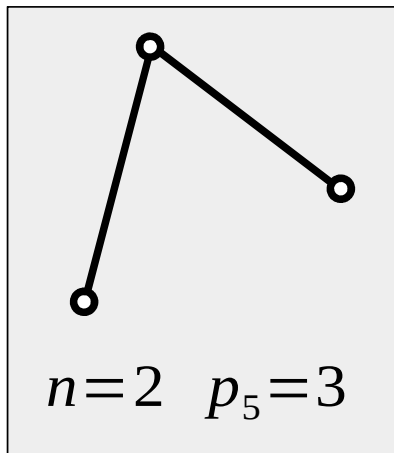
Podział strukturalny mechanizmów

Grupa strukturalna – najprostszycy łańcuch kinematyczny o ruchliwości zero powstały z podziału mechanizmu.

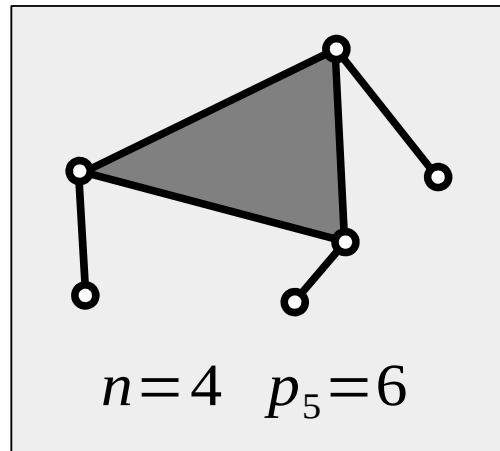
Dla Mechanizmu płaskiego tylko z parami V klasy: $F = 3n - 2p_5 = 0$

$$\frac{p_5}{n} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4} = \frac{9}{6} = \dots$$

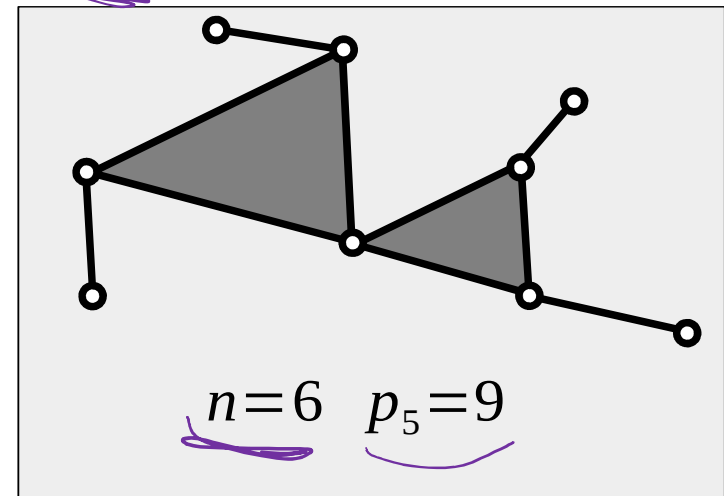
II grupa strukturalna



III grupa strukturalna



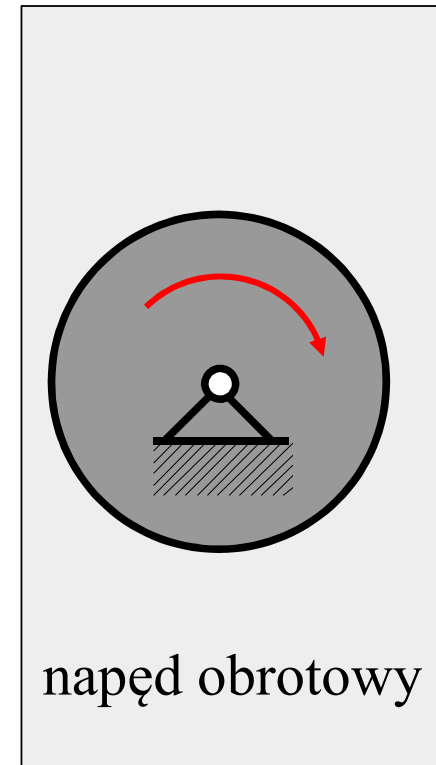
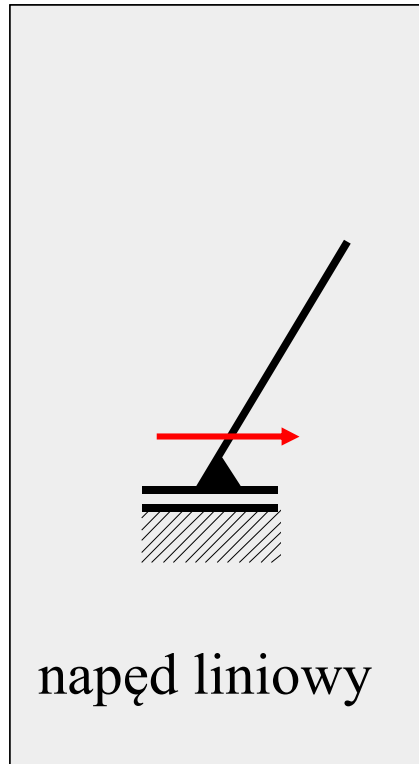
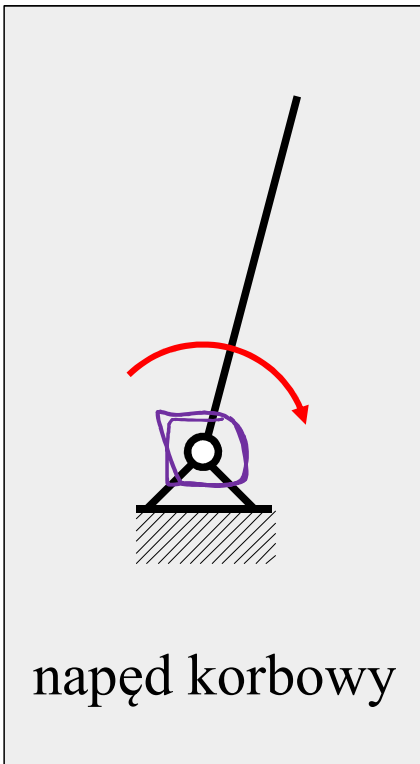
IV grupa strukturalna



Podział strukturalny mechanizmów

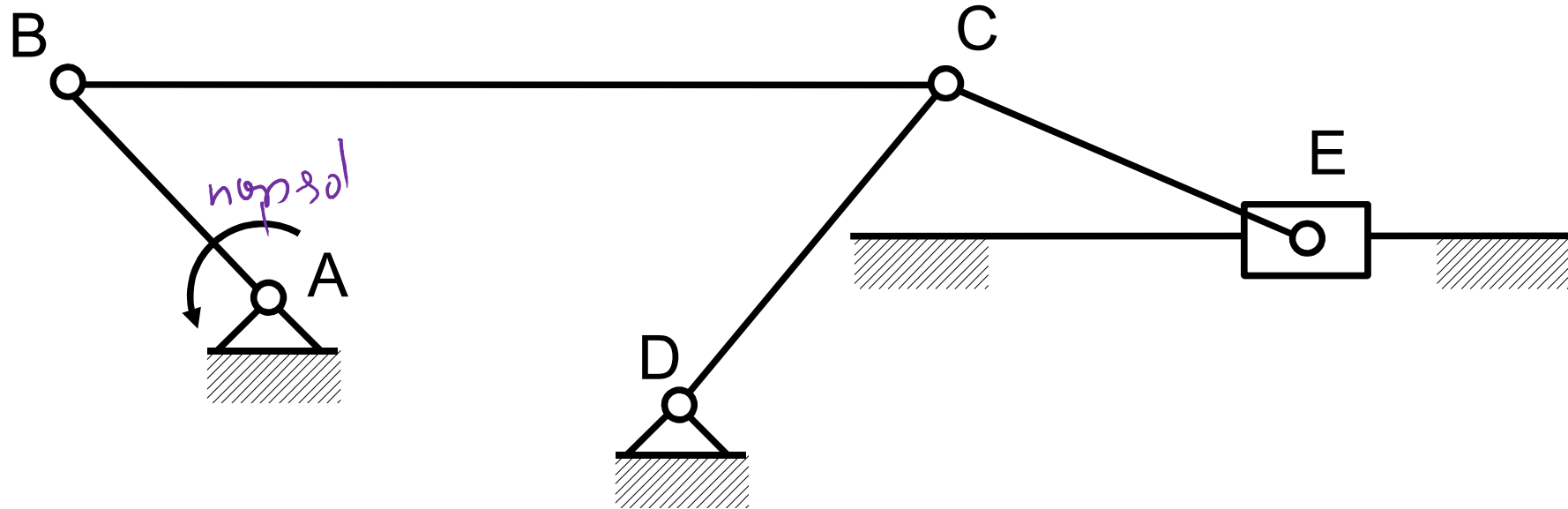
I grupa strukturalna – człon napędowy

$$n=1 \quad p_5=1 \quad + \quad \text{napęd}$$



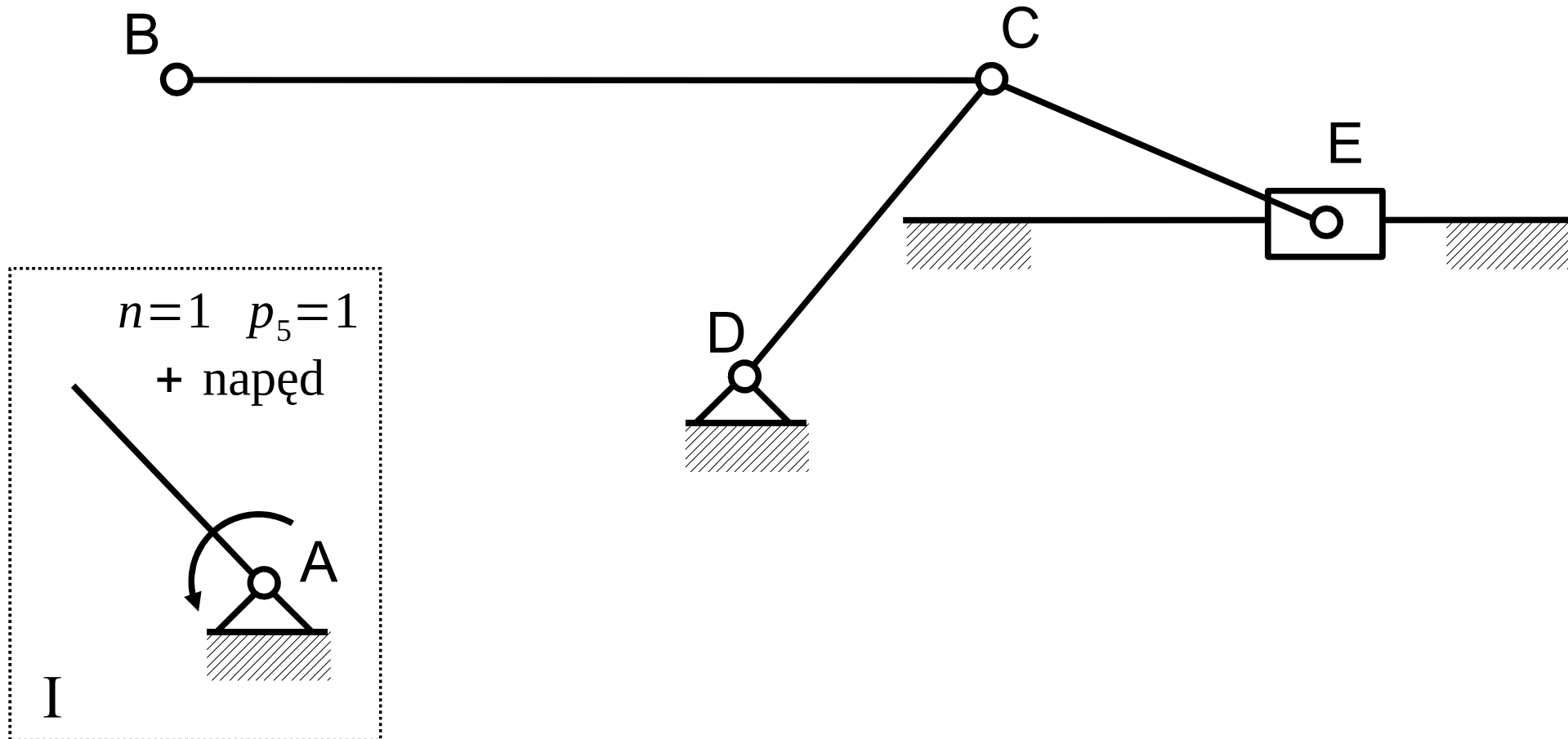
Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 1



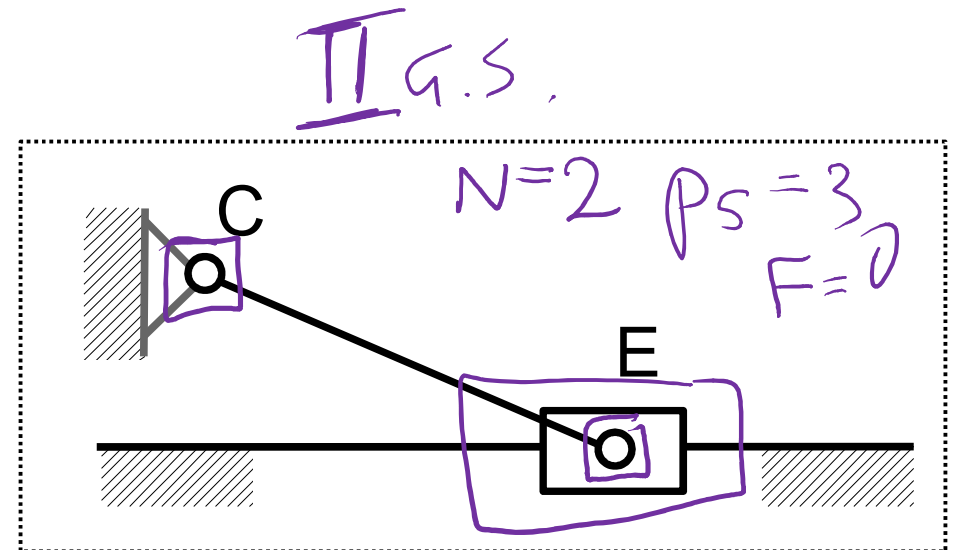
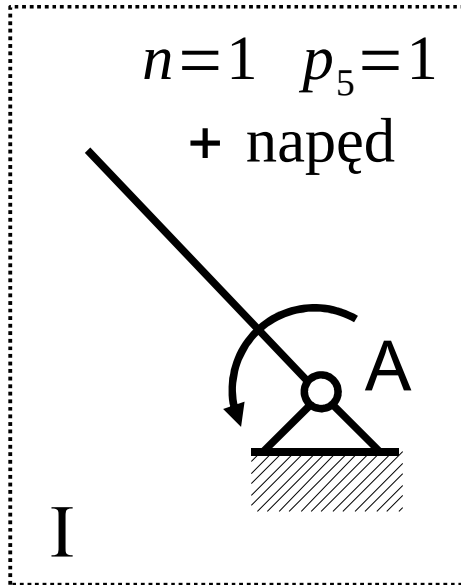
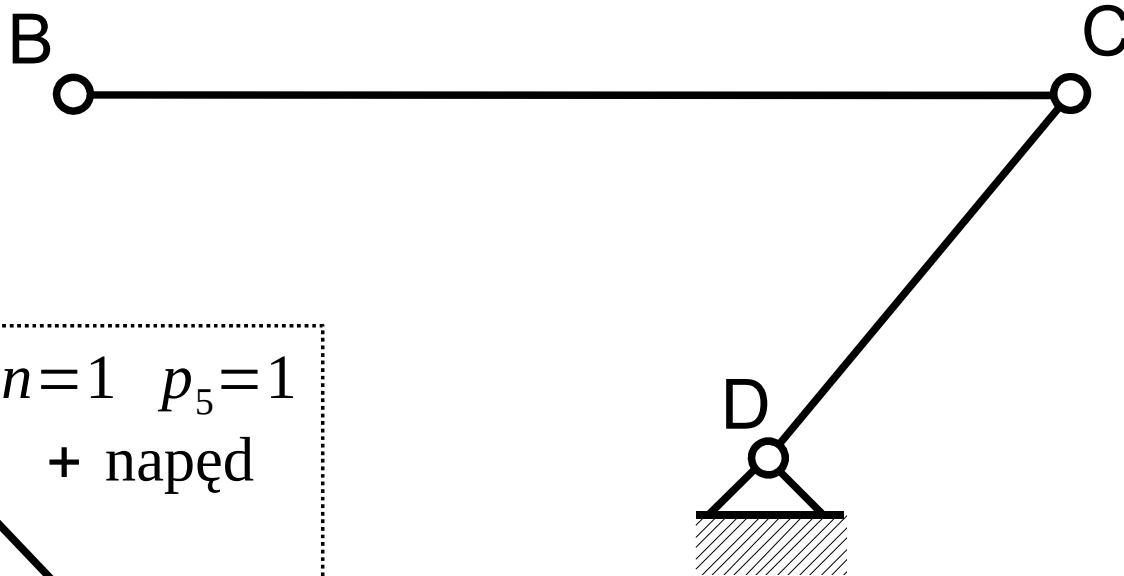
Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 1



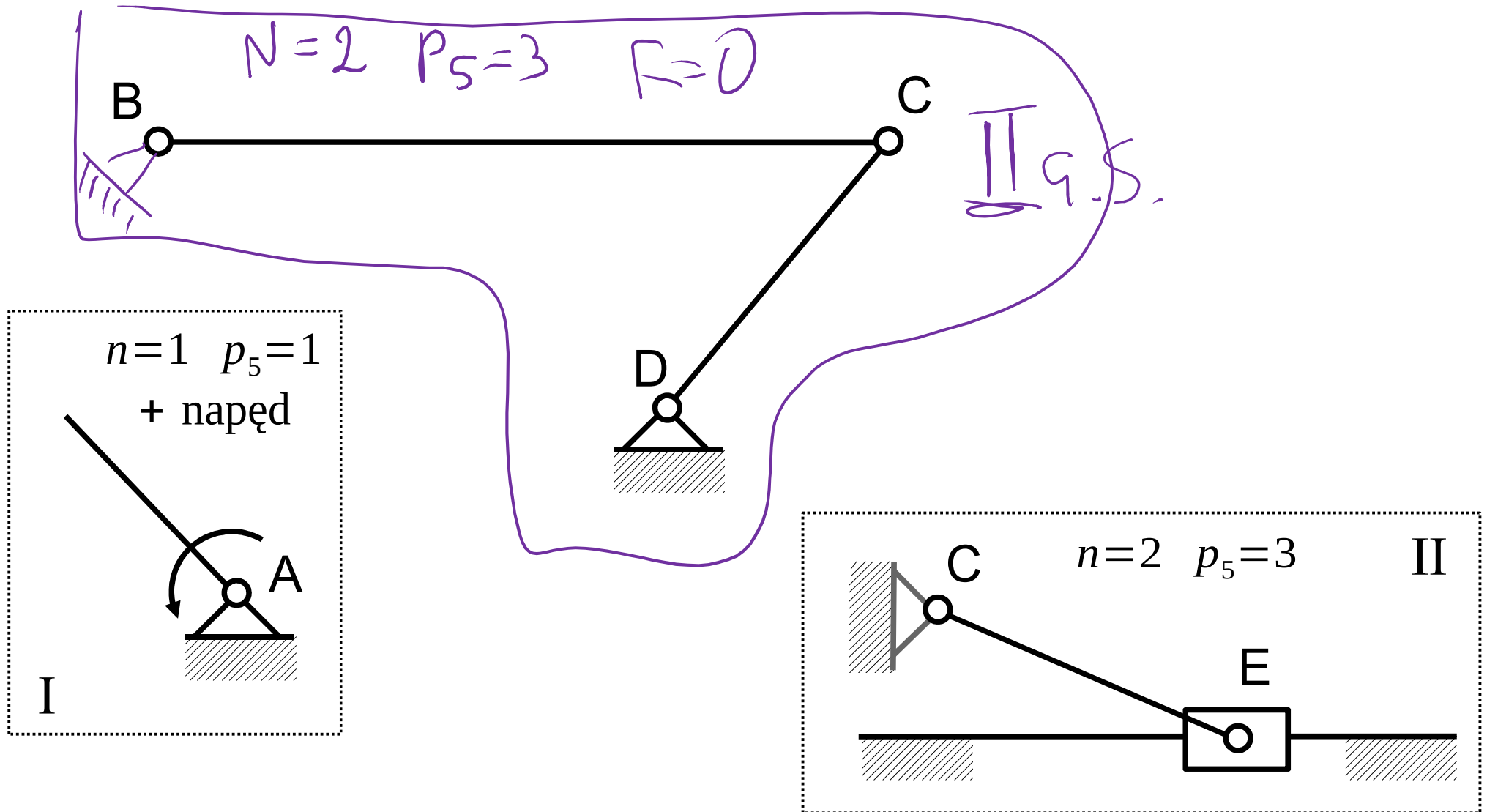
Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 1



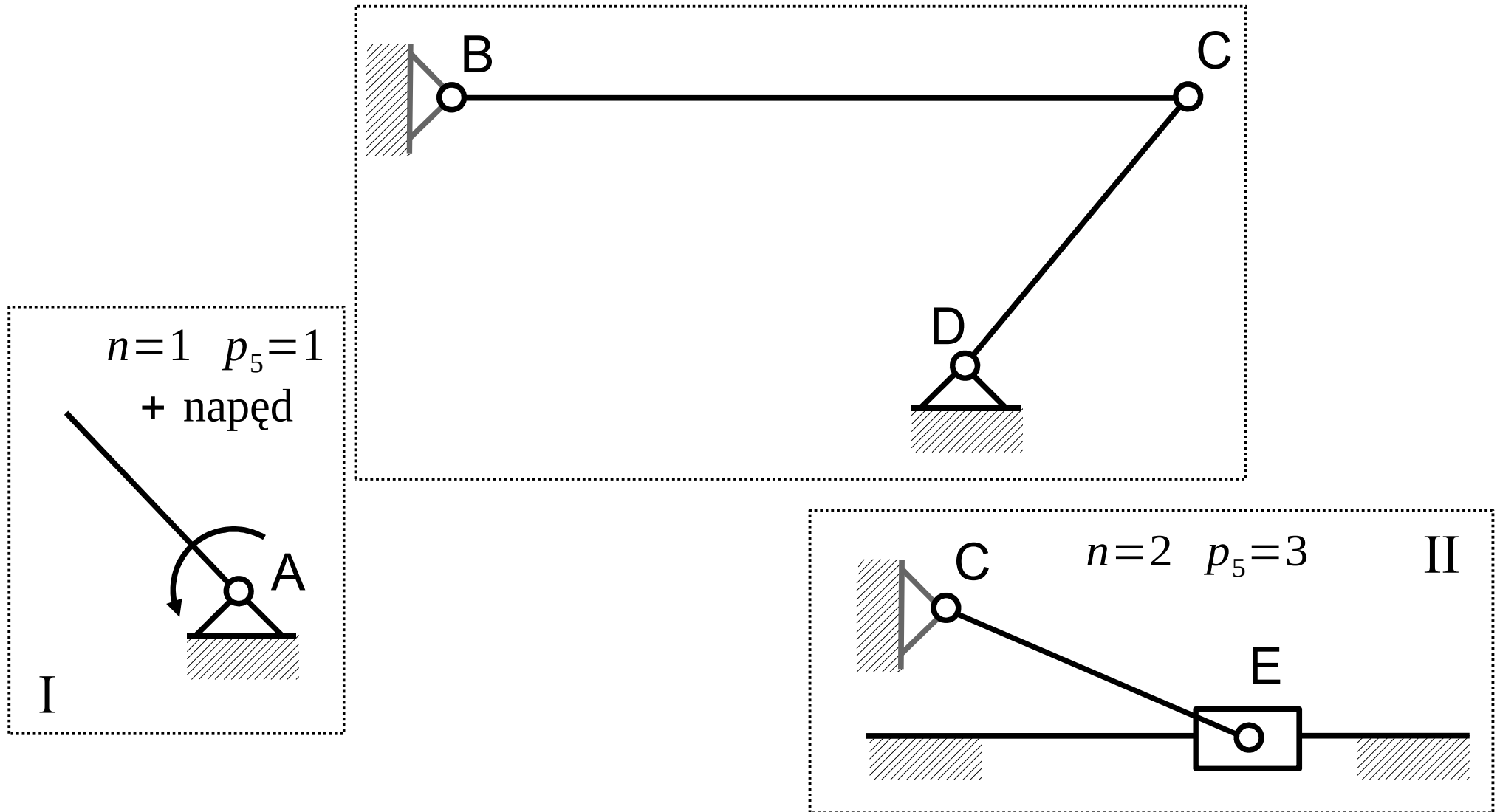
Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 1



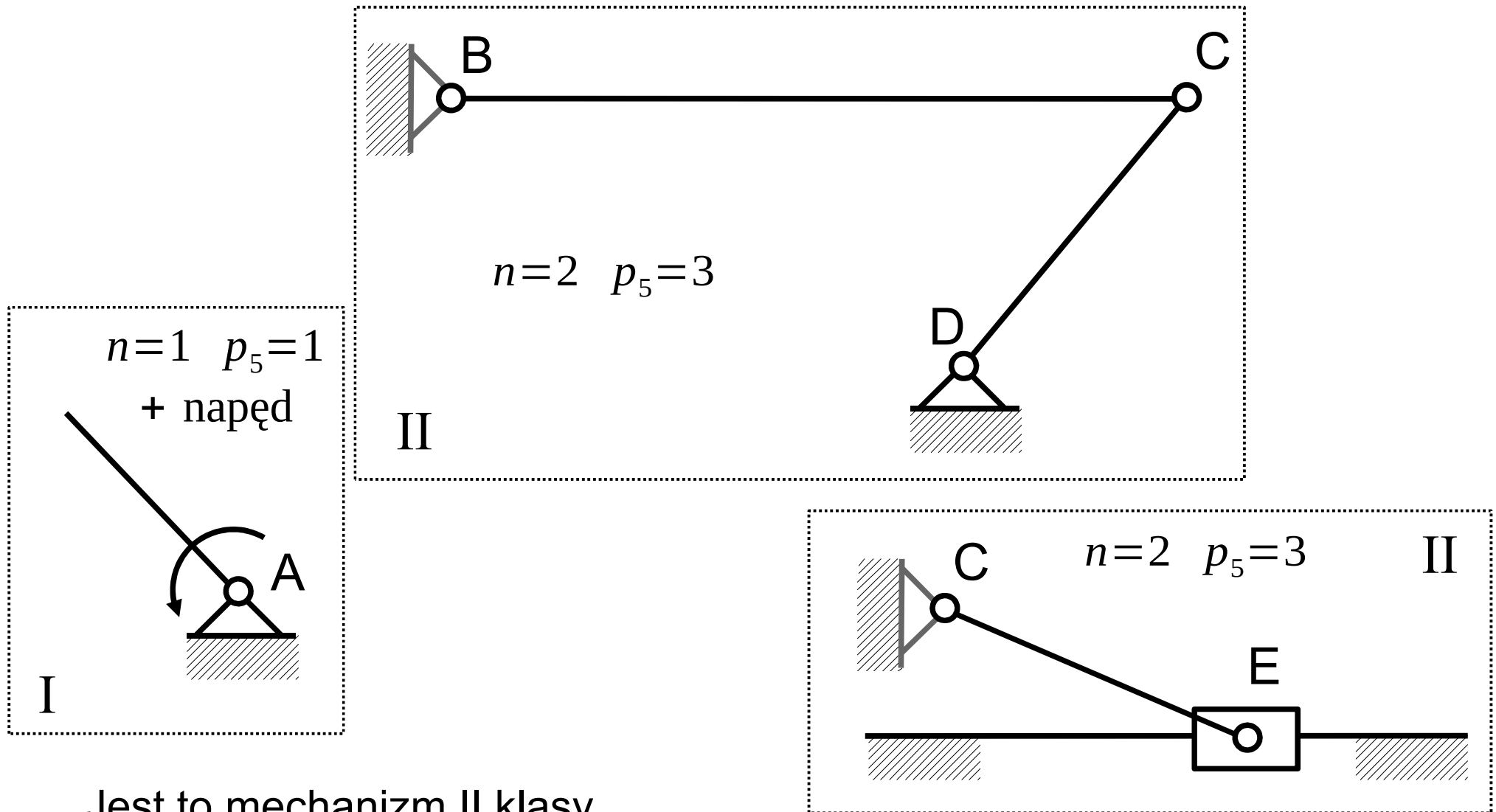
Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 1



Podział strukturalny mechanizmów

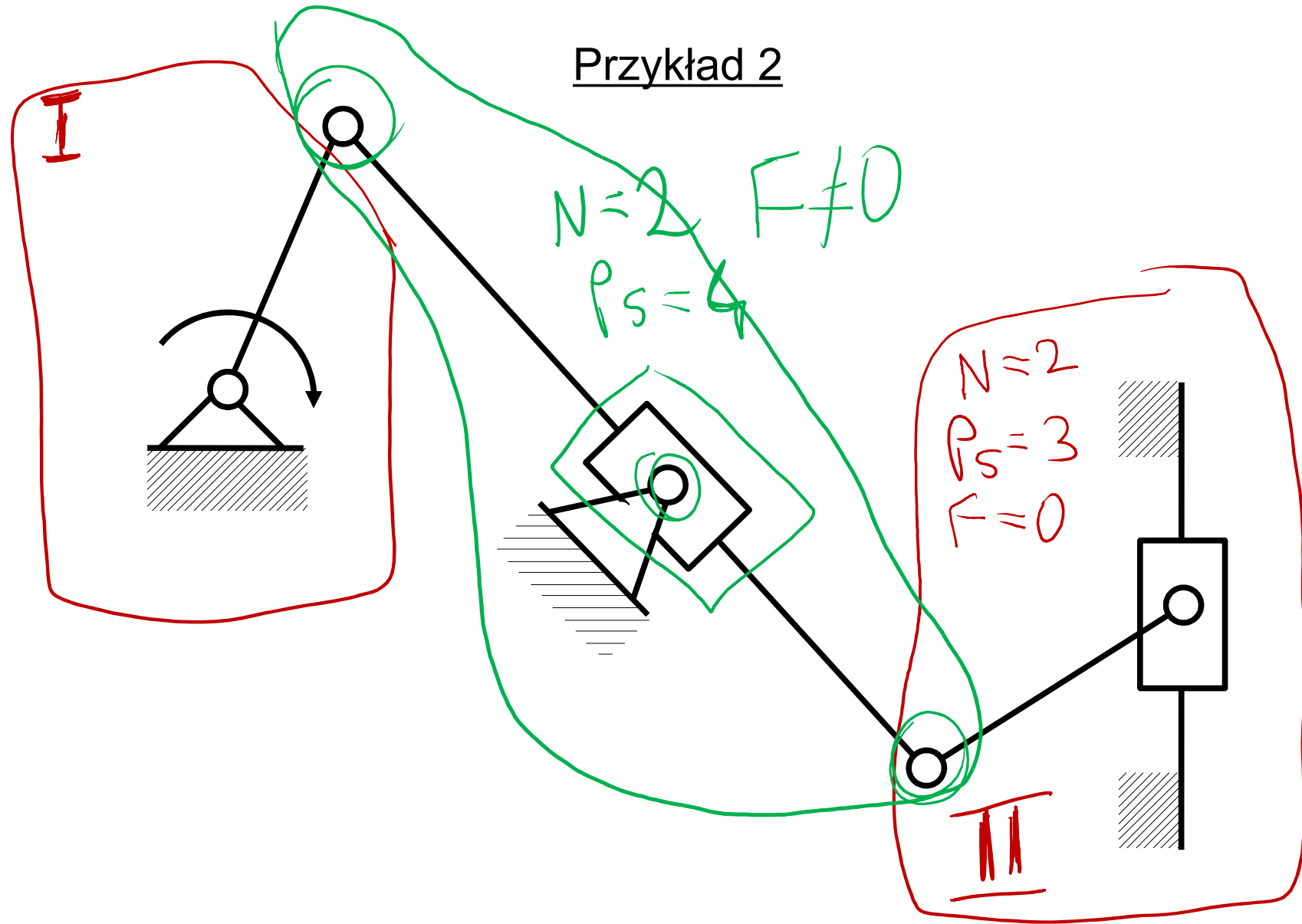
Przykład 1



Jest to mechanizm II klasy.

Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 2

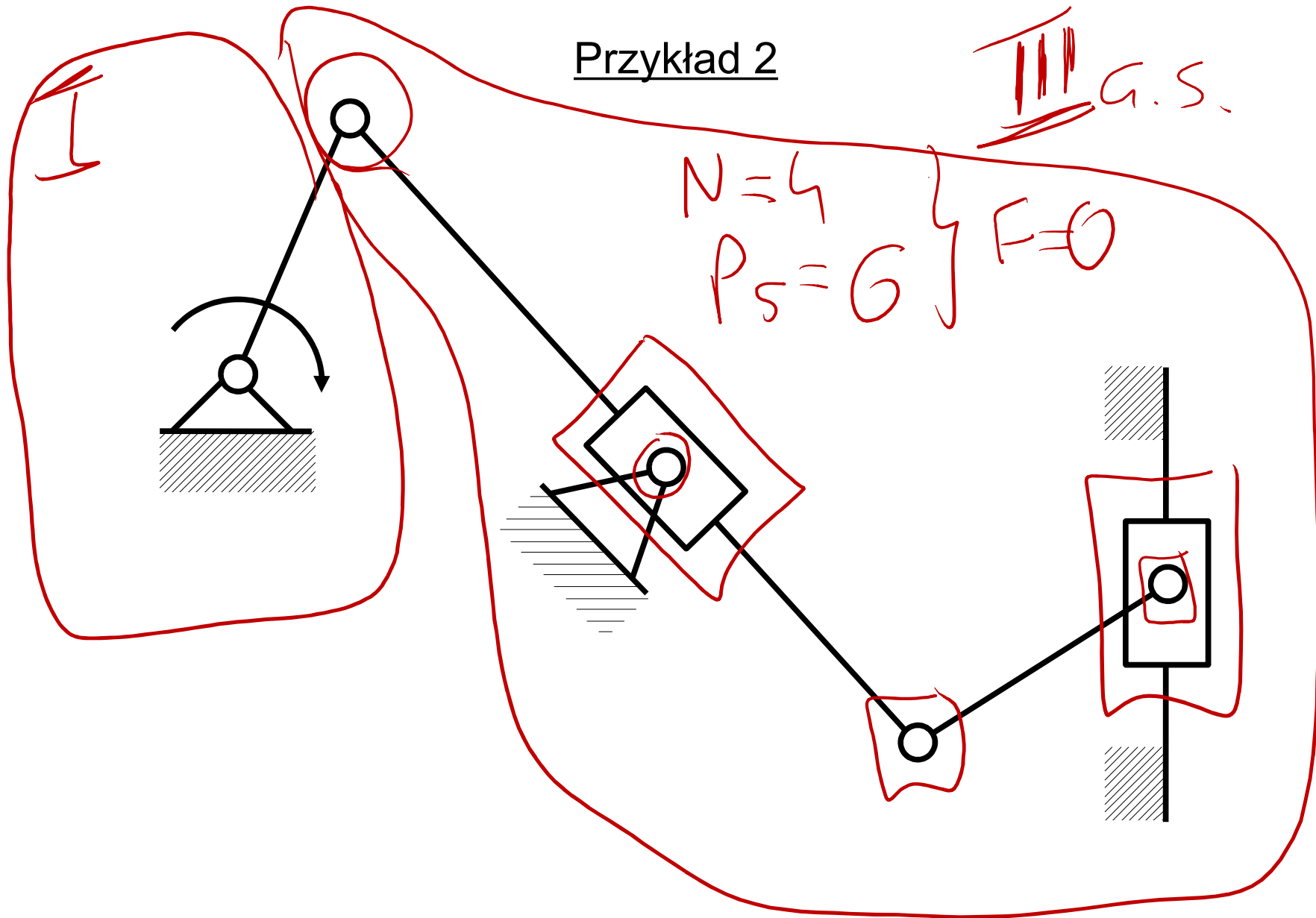


Podział strukturalny mechanizmów

Przykład 2

III G.S.

$$\left. \begin{array}{l} N=4 \\ P_5=6 \end{array} \right\} F=0$$



Kinematyka mechanizmów

Analiza kinematyczna mechanizmu – polega na wyznaczeniu prędkości i przyspieszeń wybranych członów mechanizmu w interesujących nas położeniach tego mechanizmu. Dana musi być budowa mechanizmu (geometria członów, rodzaje par kinematycznych) oraz sposób jego napędzania.

Metody wyznaczania prędkości i przyspieszeń mechanizmów

Metody wykreślne

- metoda rzutów prędkości,
- metoda chwilowego środka obrotu,
- metoda chwilowego środka przyspieszeń,
- metoda prędkości obróconych,
- metoda rozkładu prędkości,
- metoda rozkładu przyspieszeń,
- metoda planu prędkości,
- metoda planu przyspieszeń.

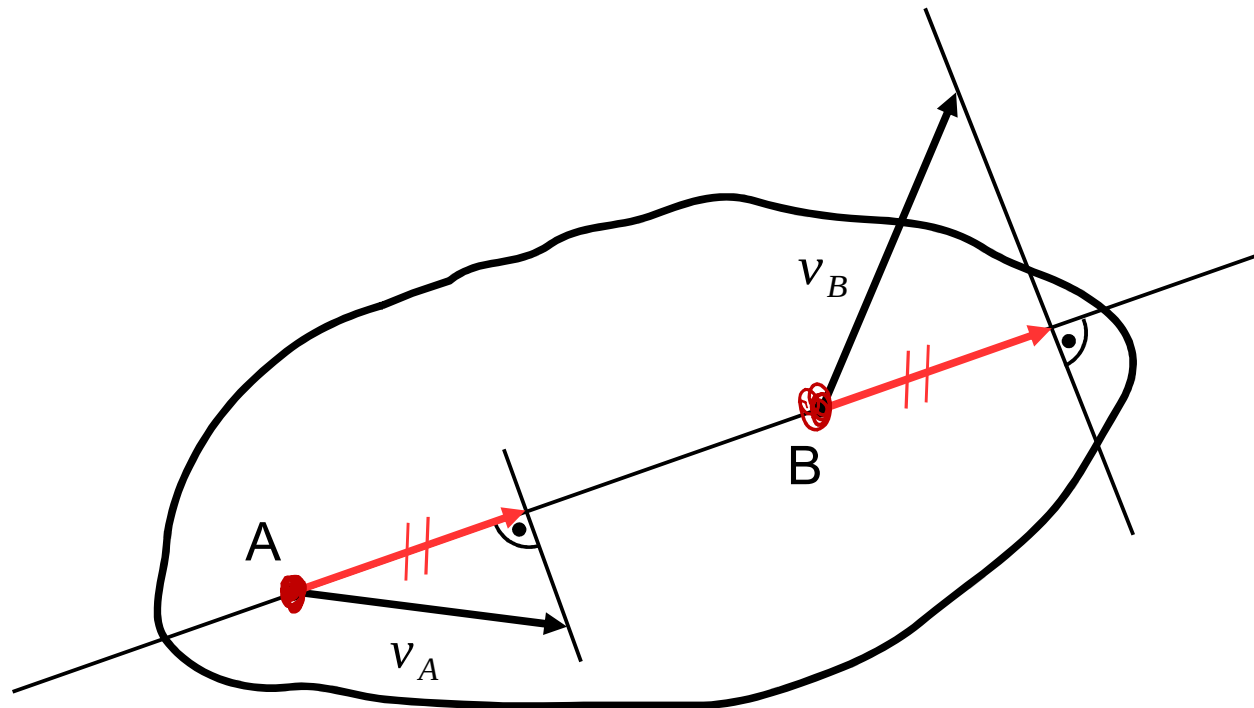
Metoda analityczna

Metody wyznaczania prędkości i przyspieszeń mechanizmów

	Metody wykreślne	Metoda analityczna
zalety	<ul style="list-style-type: none">• możliwość lepszego zrozumienia pracy mechanizmu,• możliwość analizowania bardzo złożonych mechanizmów,• brak konieczności użycia komputera.	<ul style="list-style-type: none">• wynikiem są funkcje opisujące prędkości i przyspieszenia dla dowolnej konfiguracji mechanizmu,• możliwość analizowania bardzo złożonych mechanizmów, ale z użyciem komputera.
wady	<ul style="list-style-type: none">• bardzo duża pracochłonność,• konieczność powtarzania procedury rysowania dla wielu położeń mechanizmu,• występowanie błędów rysunkowych.	<ul style="list-style-type: none">• w przypadku skomplikowanych mechanizmów otrzymujemy trudne w rozwiązaniu układy równań,• interpretacja wyników obliczeń może być trudna.

Metoda rzutów prędkości

Rzuty prędkości dwóch punktów bryły sztywnej na kierunek łączący te punkty są sobie równe.

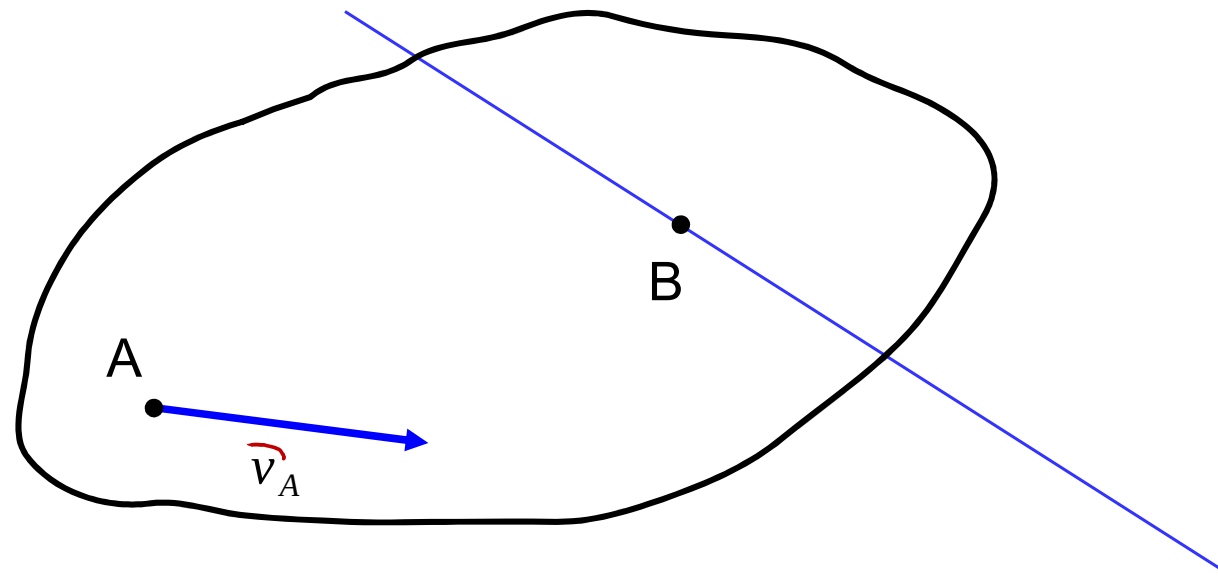


Metoda rzutów prędkości

Przykład zastosowania

Dane: \vec{v}_A i kierunek \vec{v}_B

Szukane: \vec{v}_B

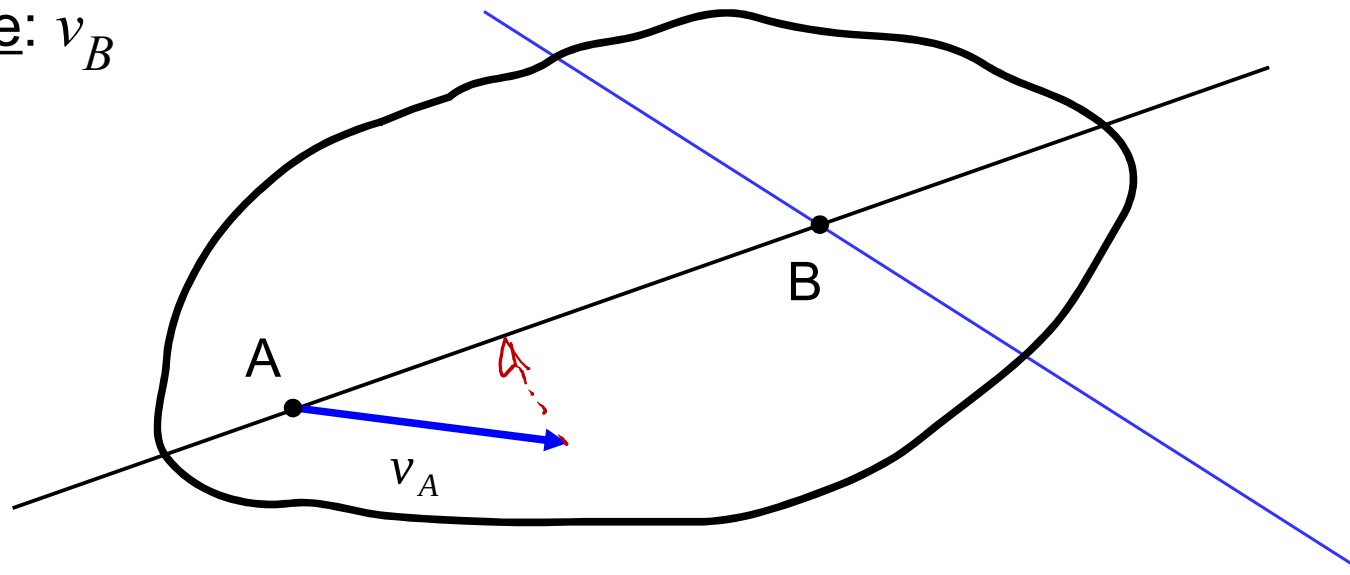


Metoda rzutów prędkości

Przykład zastosowania

Dane: v_A i kierunek v_B

Szukane: v_B

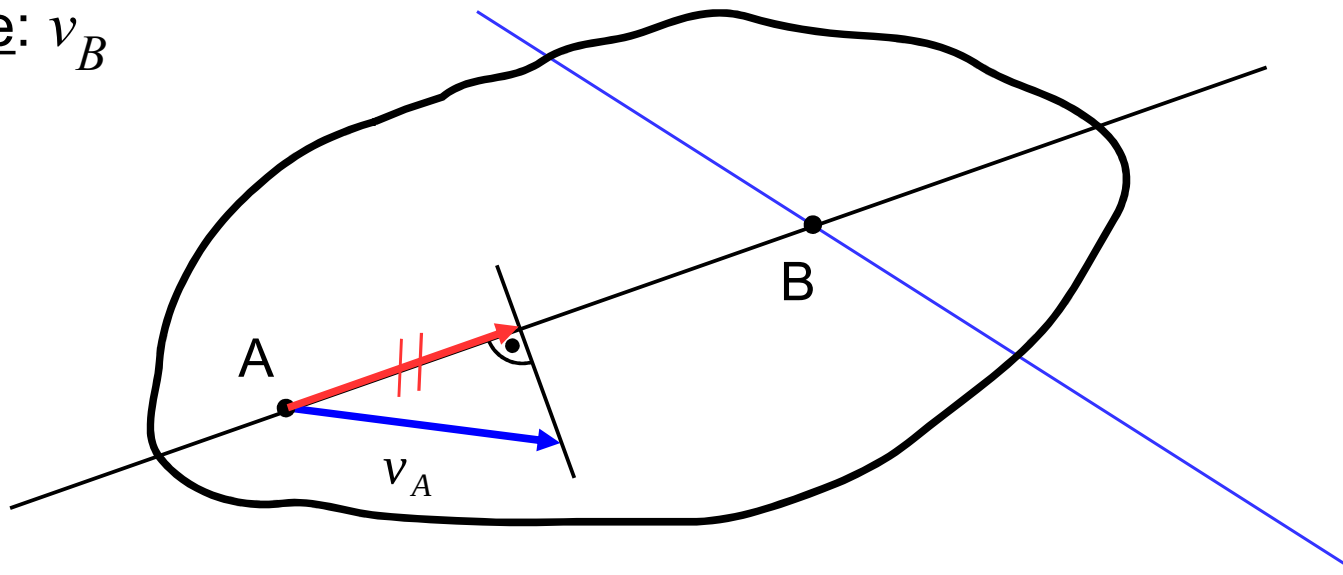


Metoda rzutów prędkości

Przykład zastosowania

Dane: v_A i kierunek v_B

Szukane: v_B

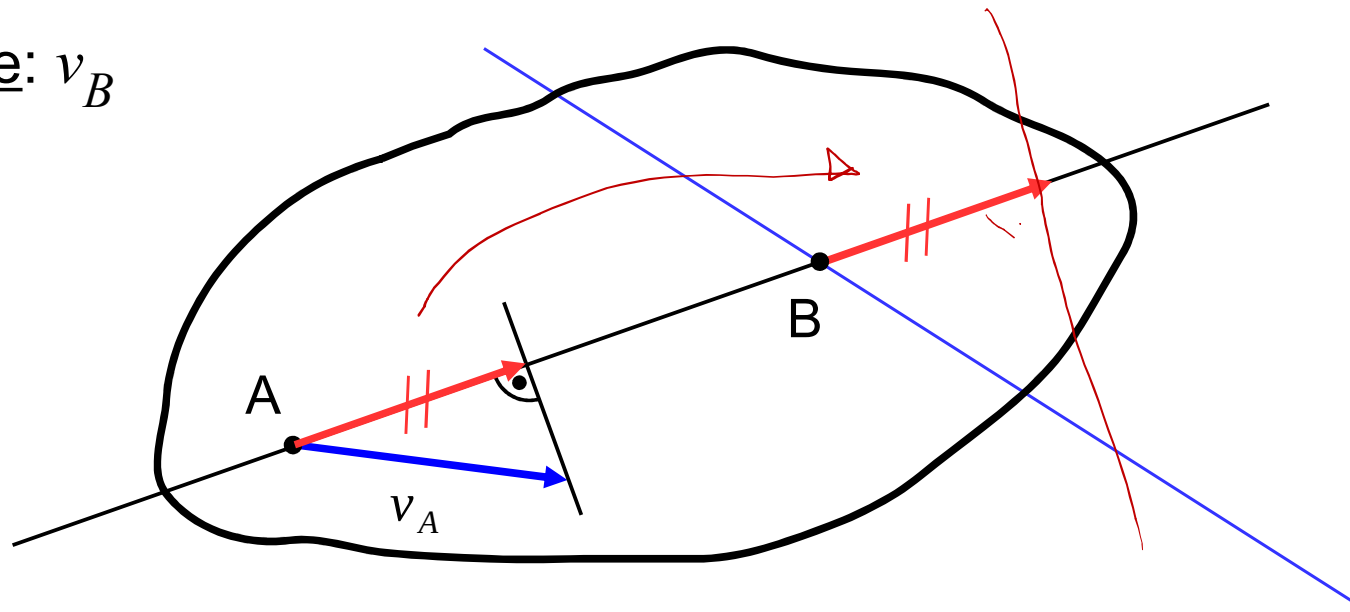


Metoda rzutów prędkości

Przykład zastosowania

Dane: v_A i kierunek v_B

Szukane: v_B

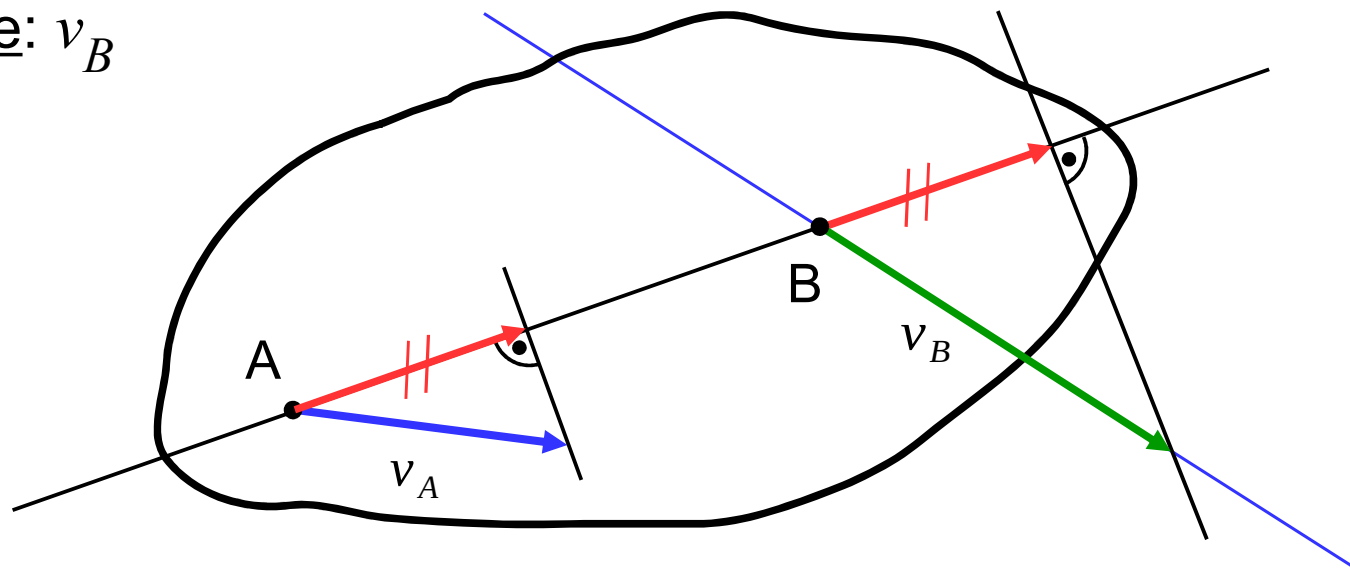


Metoda rzutów prędkości

Przykład zastosowania

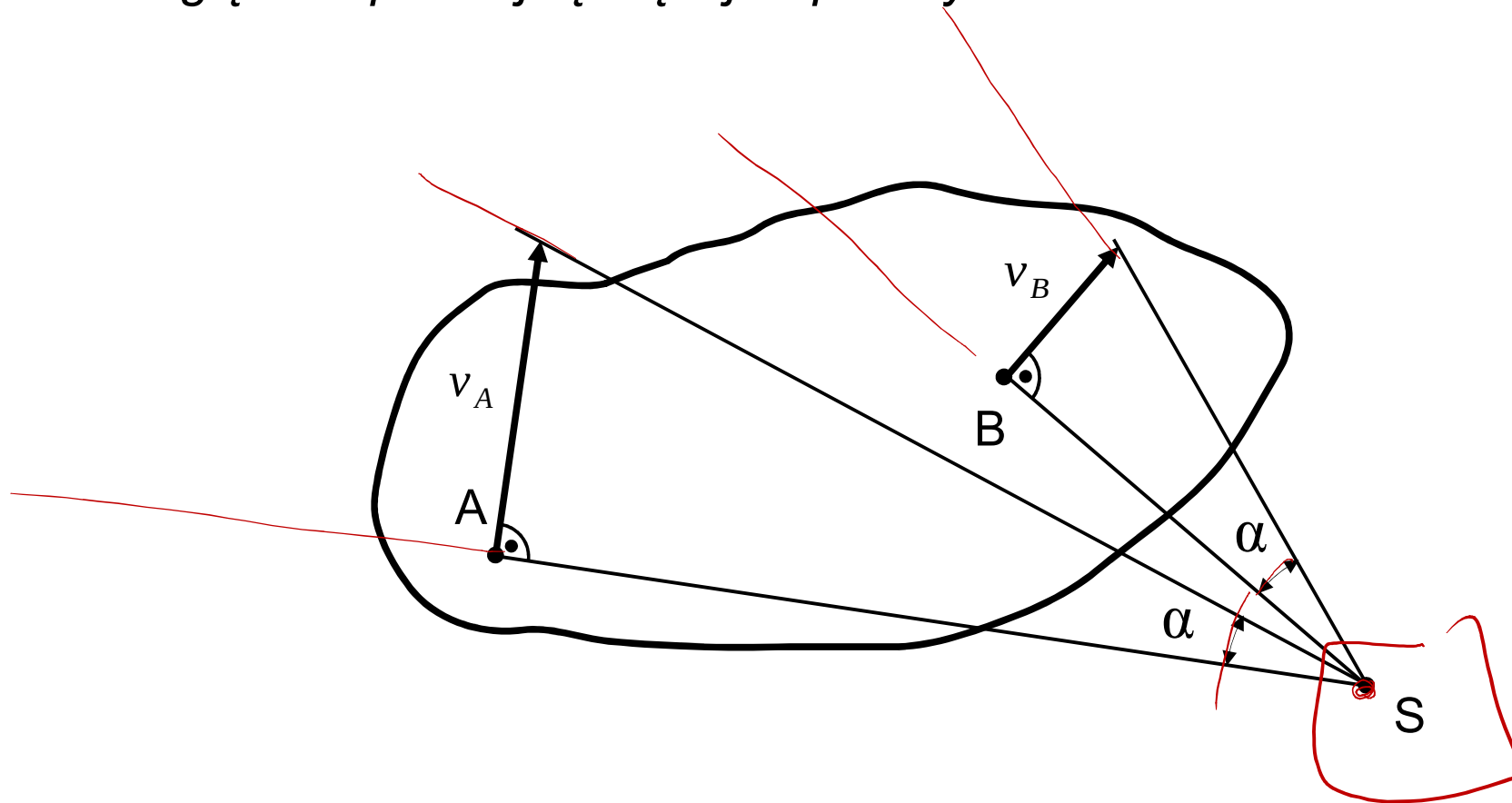
Dane: v_A i kierunek v_B

Szukane: v_B



Metoda chwilowego środka obrotu

Z chwilowego środka obrotu widać końce wektorów prędkości wszystkich punktów bryły sztywnej pod jednakowym kątem względem prostej łączącej te punkty ze środkiem obrotu.

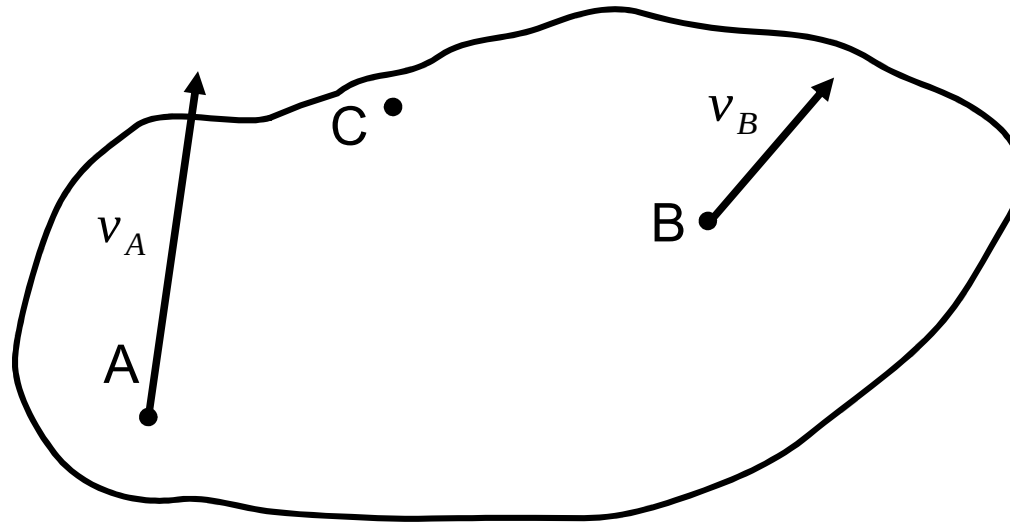


Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania

Dane: v_A i v_B

Szukane: v_C



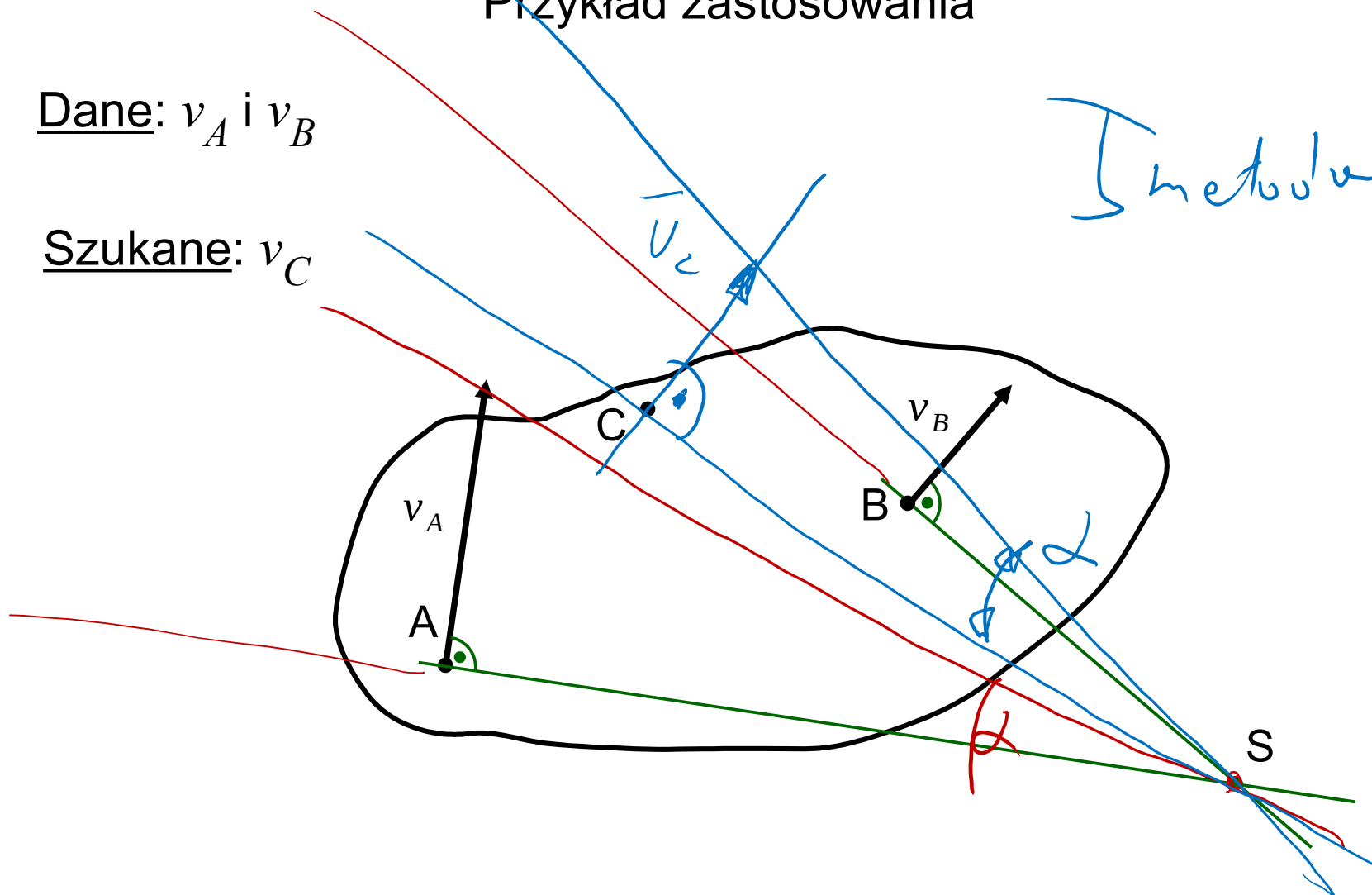
Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania

Dane: v_A i v_B

Szukane: v_C

Metoda



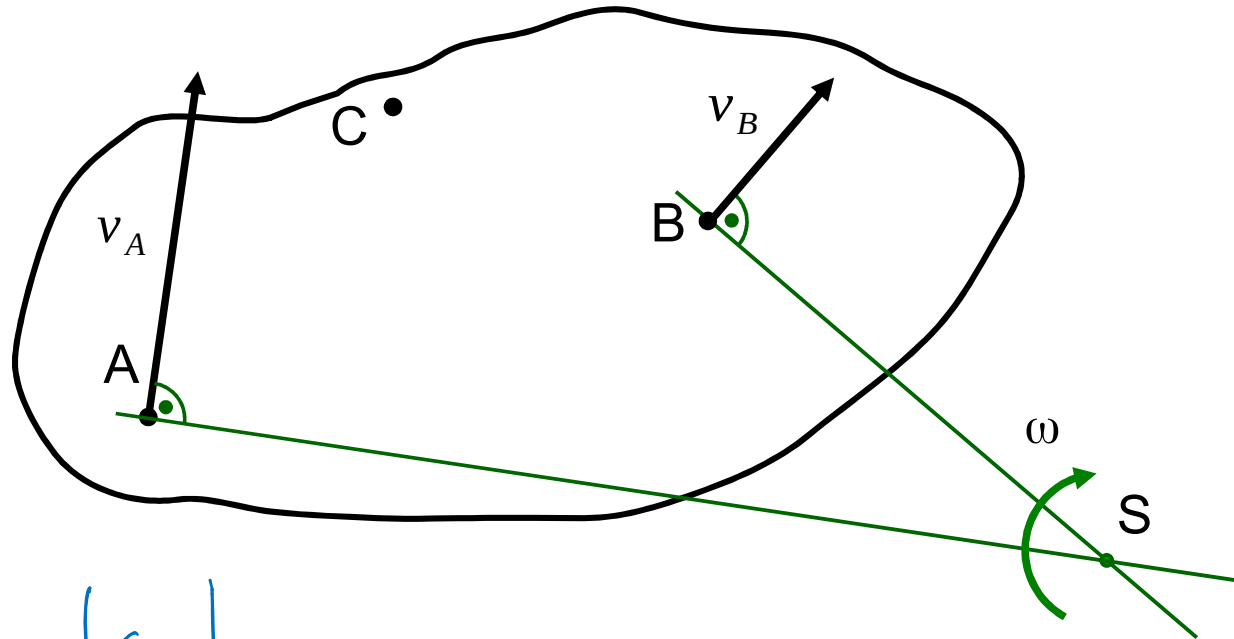
Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania



Dane: v_A i v_B

Szukane: v_C



$$v_A = \omega \cdot |SA|$$

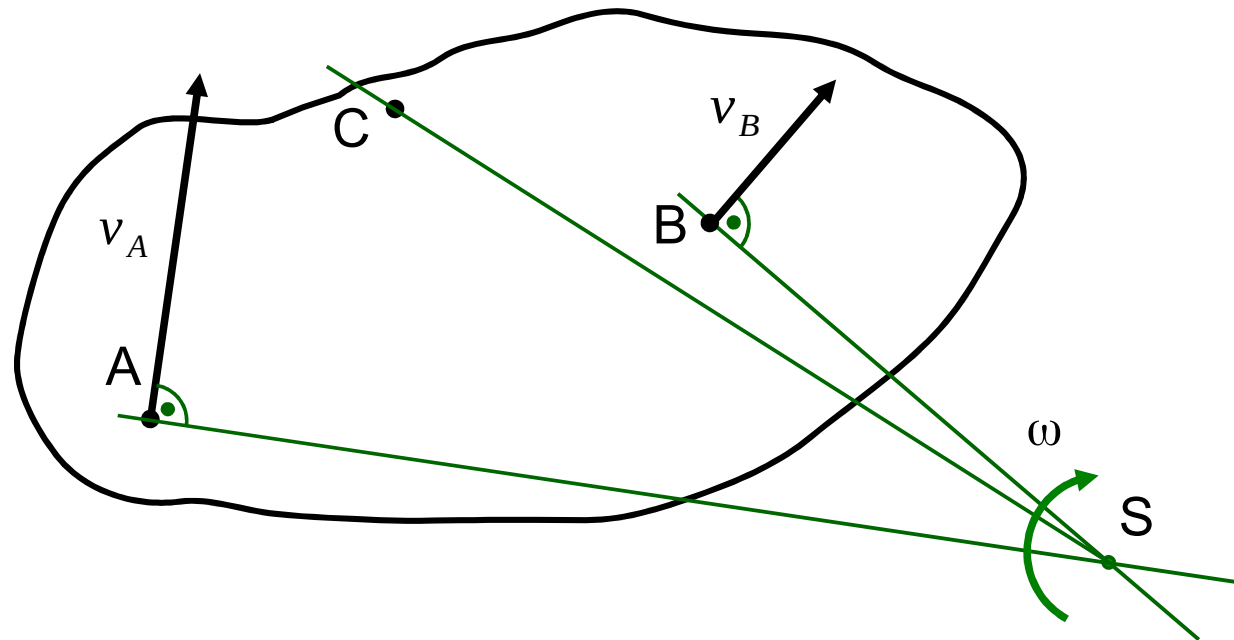
$$\omega = \frac{v_A}{|SA|} = \frac{v_B}{|SB|}$$

Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania

Dane: v_A i v_B

Szukane: v_C



$$\omega = \frac{v_A}{|SA|} = \frac{v_B}{|SB|}$$

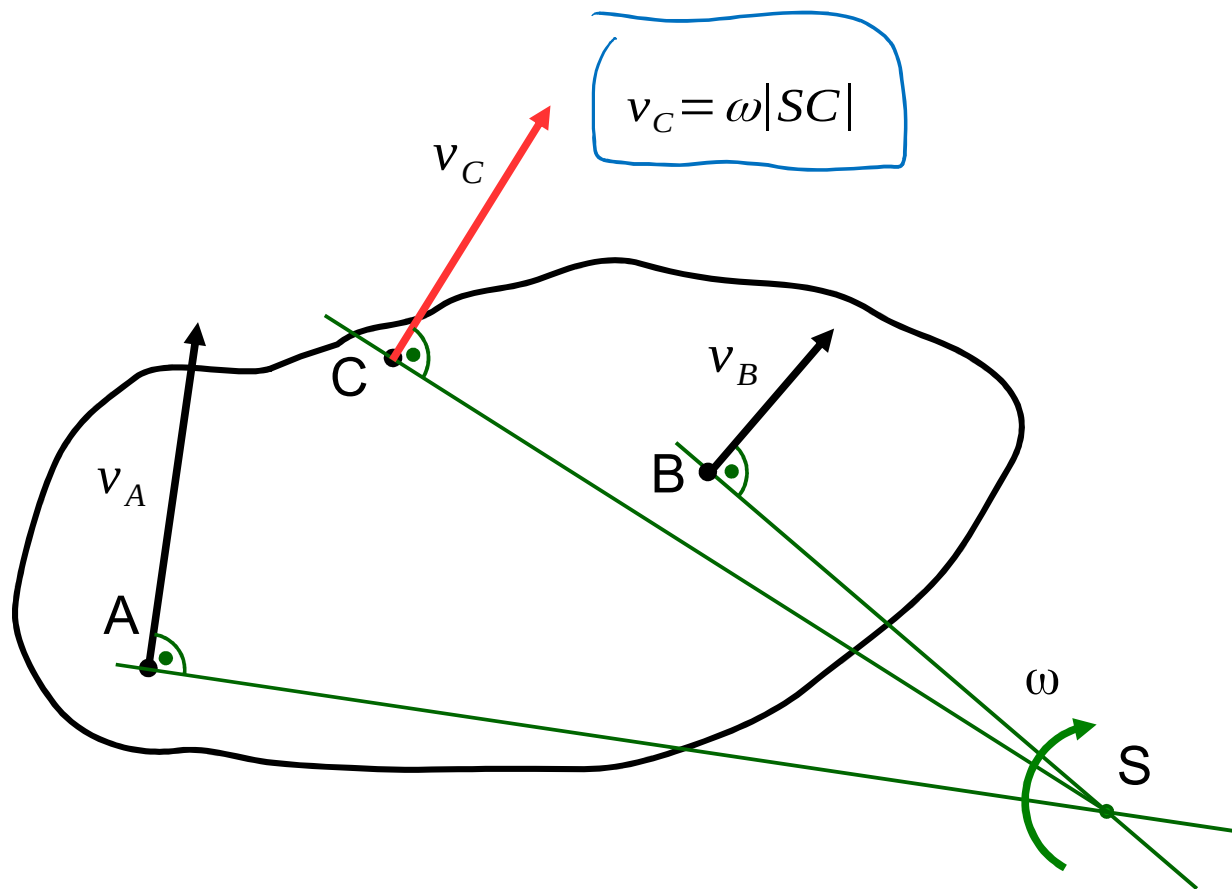
Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania

III metoda

Dane: v_A i v_B

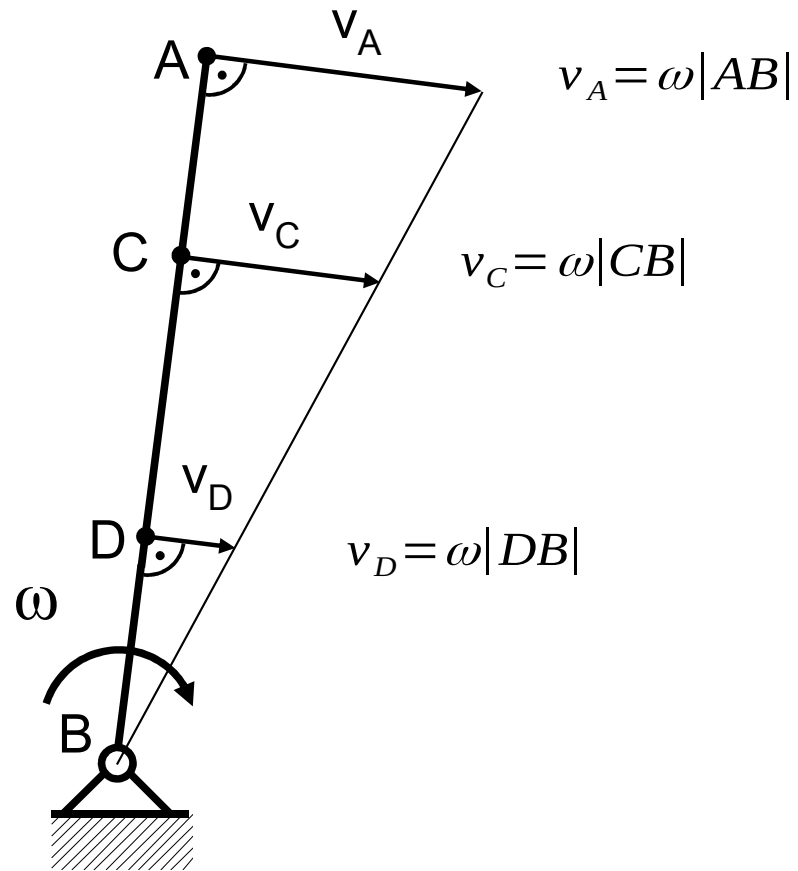
Szukane: v_C



$$\omega = \frac{v_A}{|SA|} = \frac{v_B}{|SB|}$$

Metoda chwilowego środka obrotu

Przykład zastosowania 2



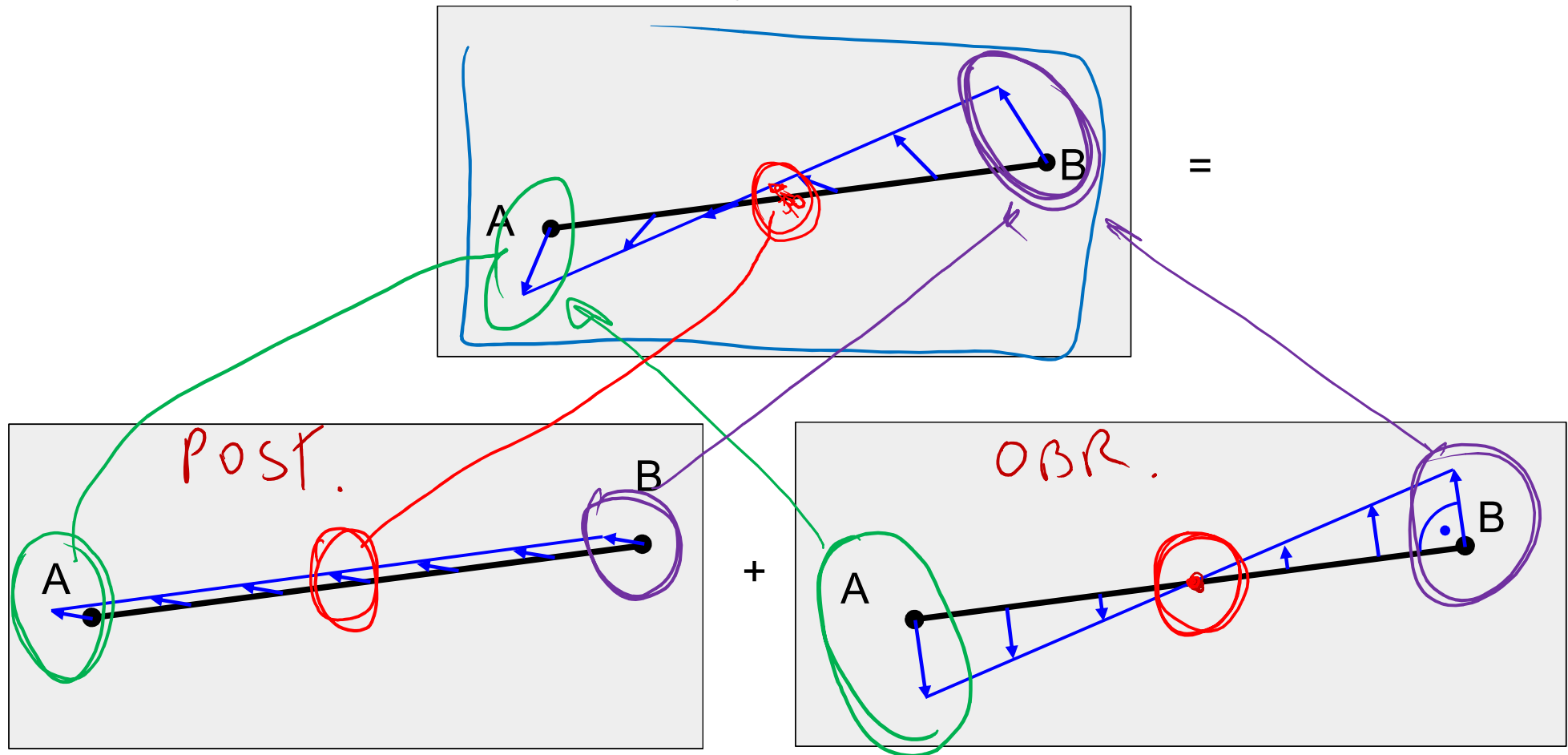
Metoda rozkładu prędkości

Dowolny ruch płaski bryły sztywnej możemy przedstawić za pomocą sumy ruchu postępowego i obrotowego.

Metoda rozkładu prędkości

Dowolny ruch płaski bryły sztywnej możemy przedstawić za pomocą sumy ruchu postępowego i obrotowego.

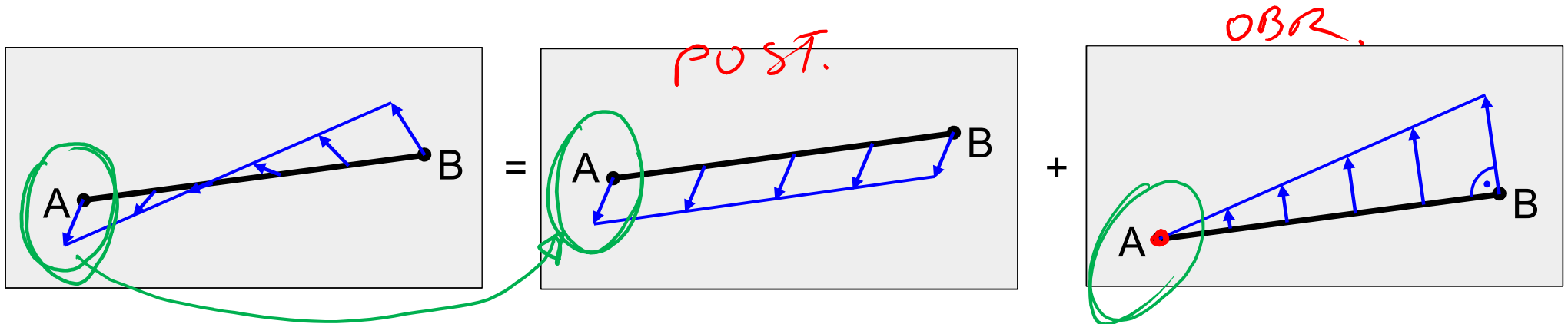
Przykład 1



Metoda rozkładu prędkości

Dowolny ruch płaski bryły sztywnej możemy przedstawić za pomocą sumy ruchu postępowego i obrotowego.

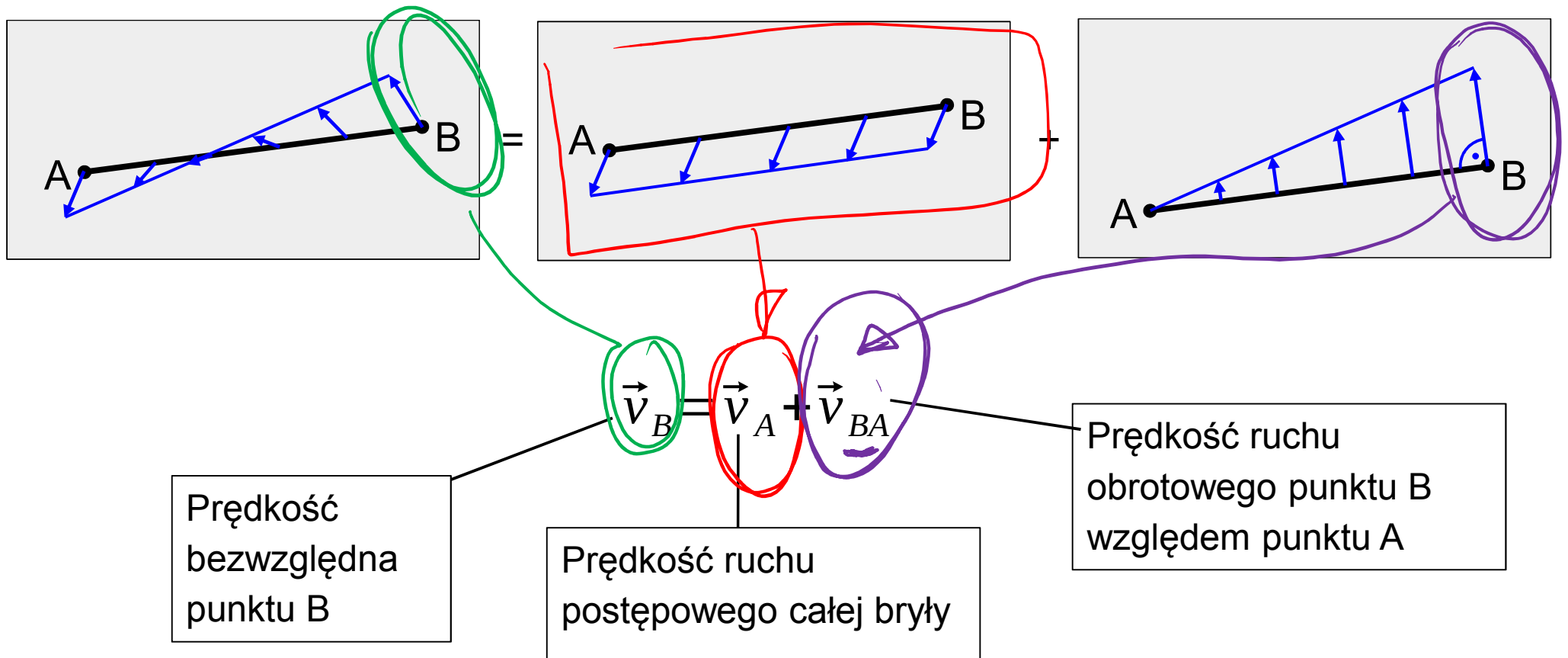
Przykład 2



Metoda rozkładu prędkości

Dowolny ruch płaski bryły sztywnej możemy przedstawić za pomocą sumy ruchu postępowego i obrotowego.

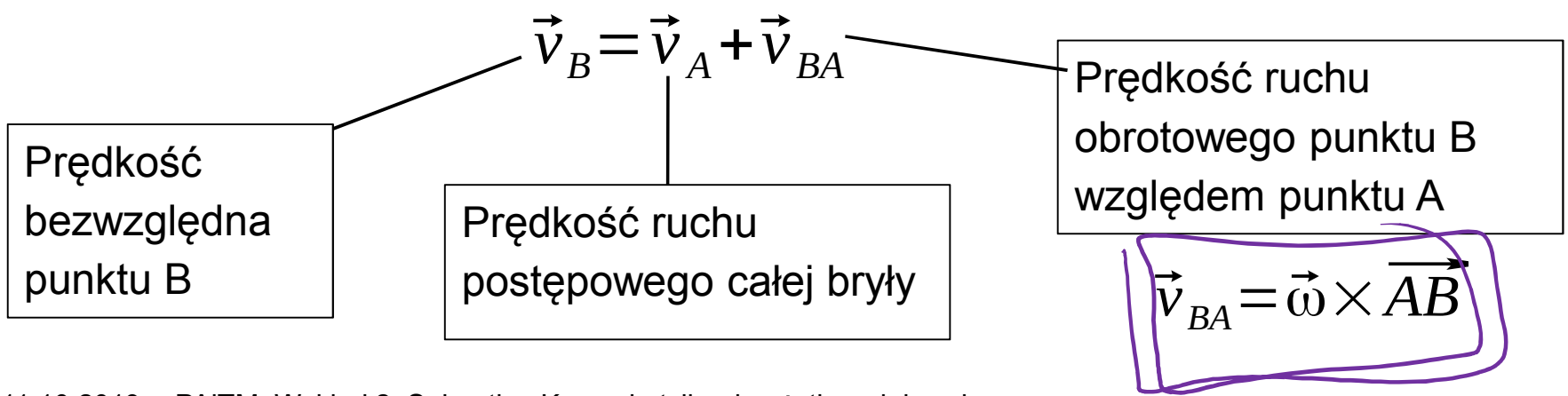
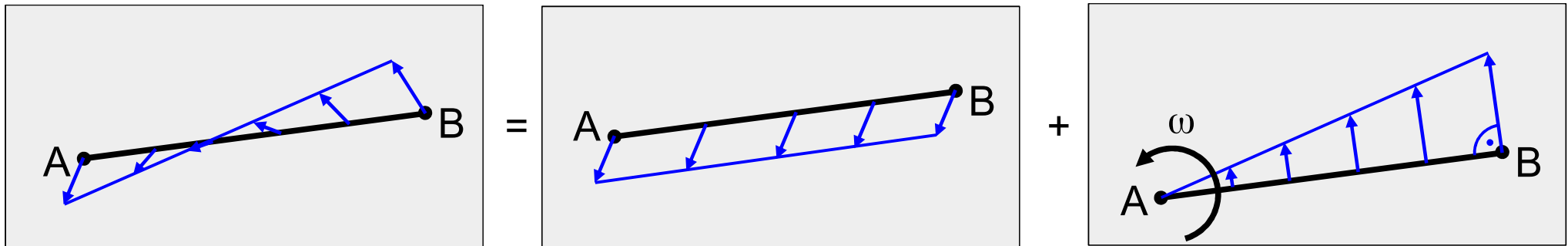
Przykład 2



Metoda rozkładu prędkości

Dowolny ruch płaski bryły sztywnej możemy przedstawić za pomocą sumy ruchu postępowego i obrotowego.

Przykład 2



Metoda planu prędkości

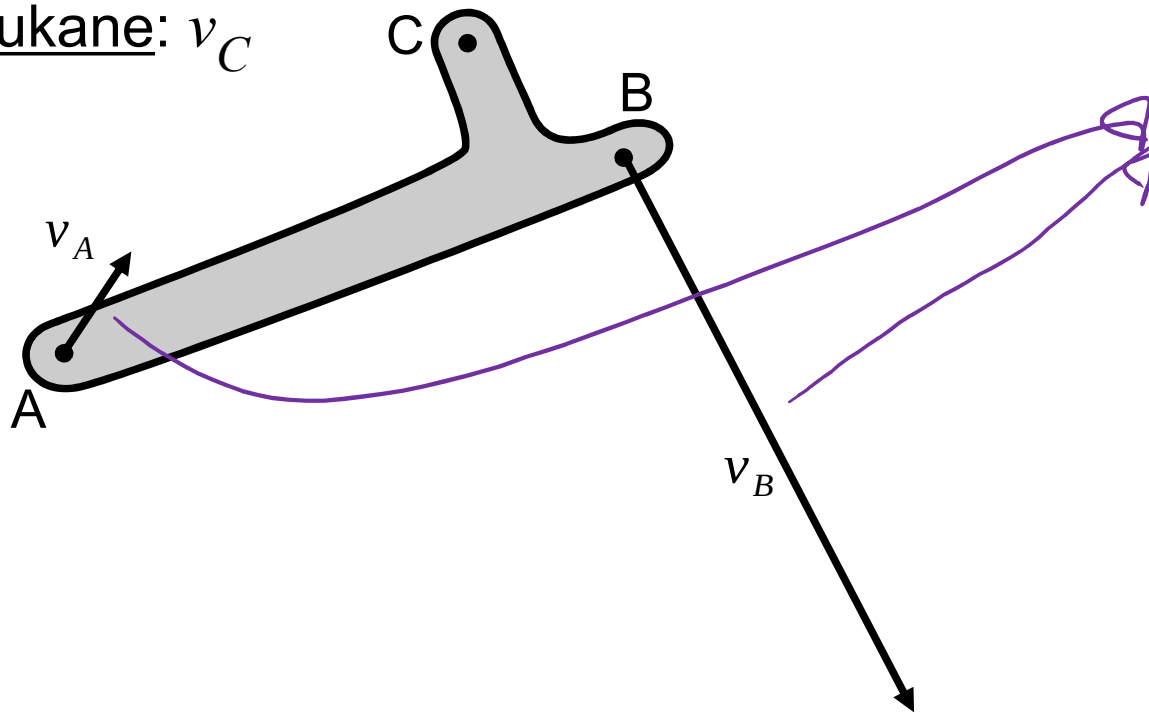
Planem prędkości członu sztywnego nazywamy miejsce geometryczne końców wektorów prędkości bezwzględnych członu odłożonych z punktu zwanego biegunem planu prędkości. Plan prędkości członu jest do niego podobny pod względem konfiguracji punktów i obrócony o kąt 90° zgodnie ze zwrotem chwilowej prędkości kątowej członu.

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C

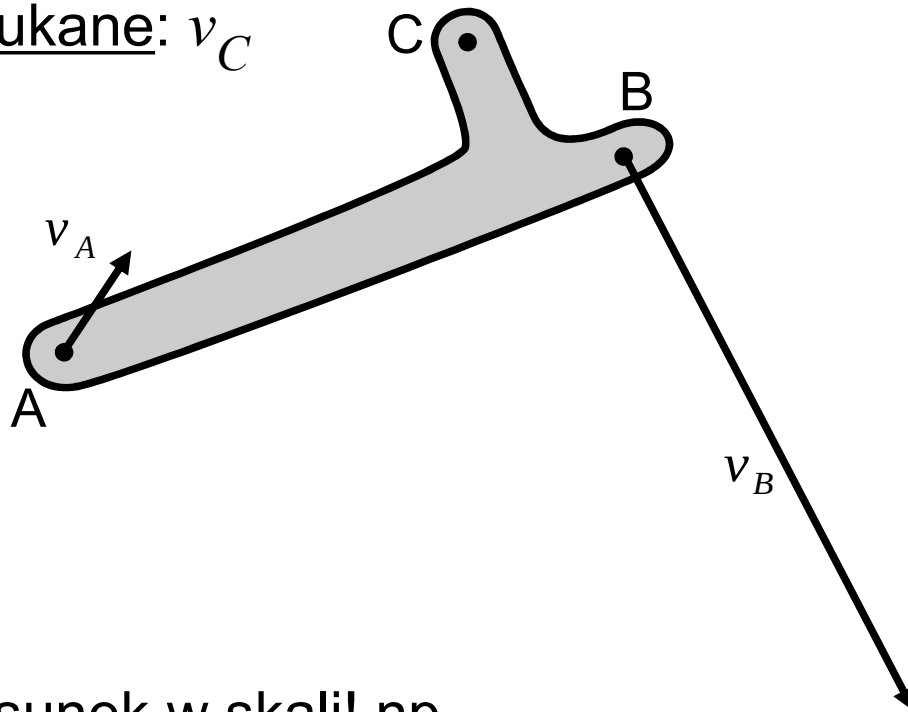


Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm \rightarrow 10cm

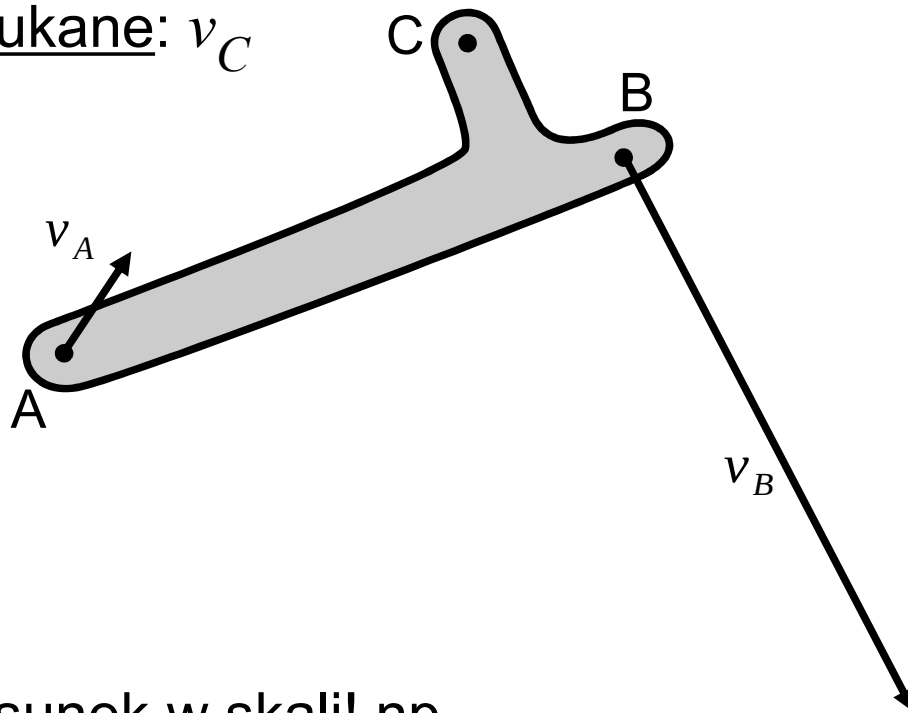
Podziałka wektorów: 1cm \rightarrow 1m/s

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

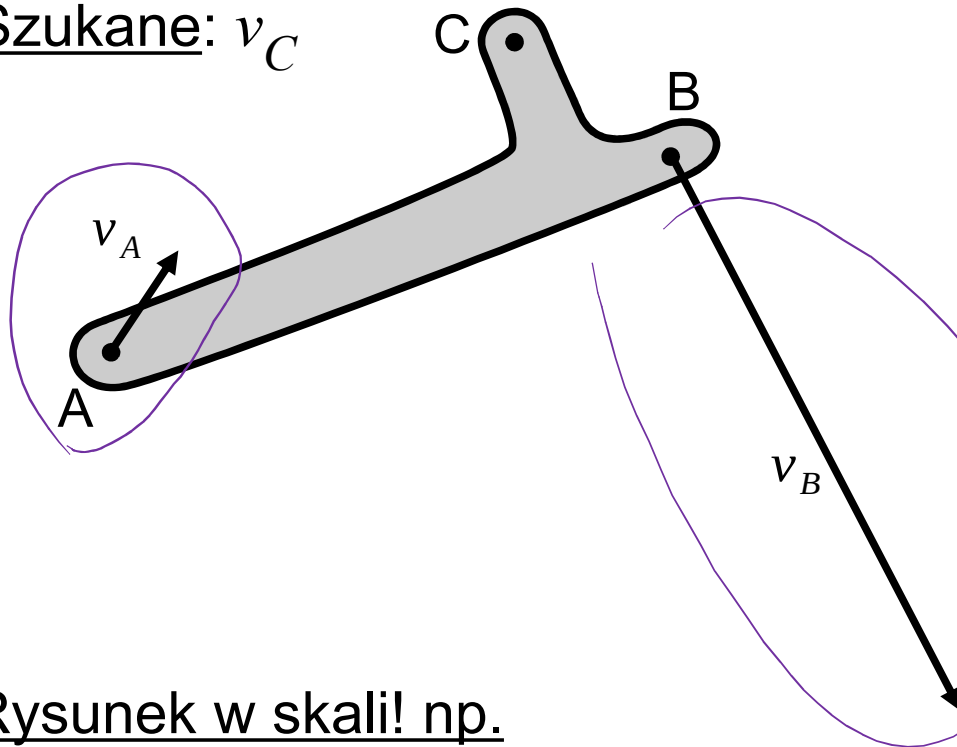
Podziałka geometrii: 1cm \rightarrow 10cm

Podziałka wektorów: 1cm \rightarrow 1m/s

Metoda planu prędkości

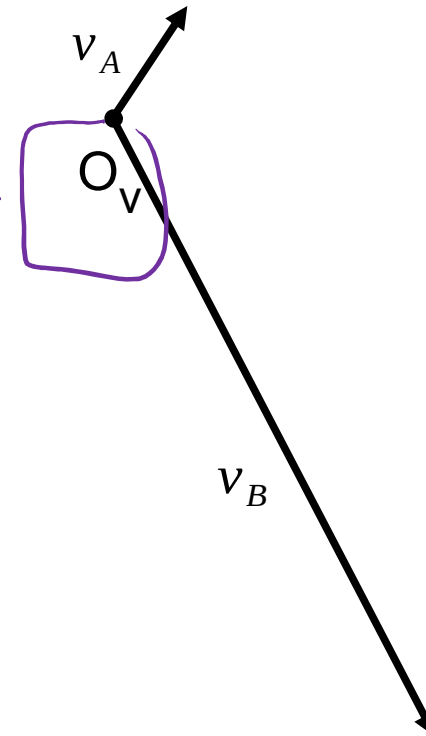
Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Przykład

biegun



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm → 10cm

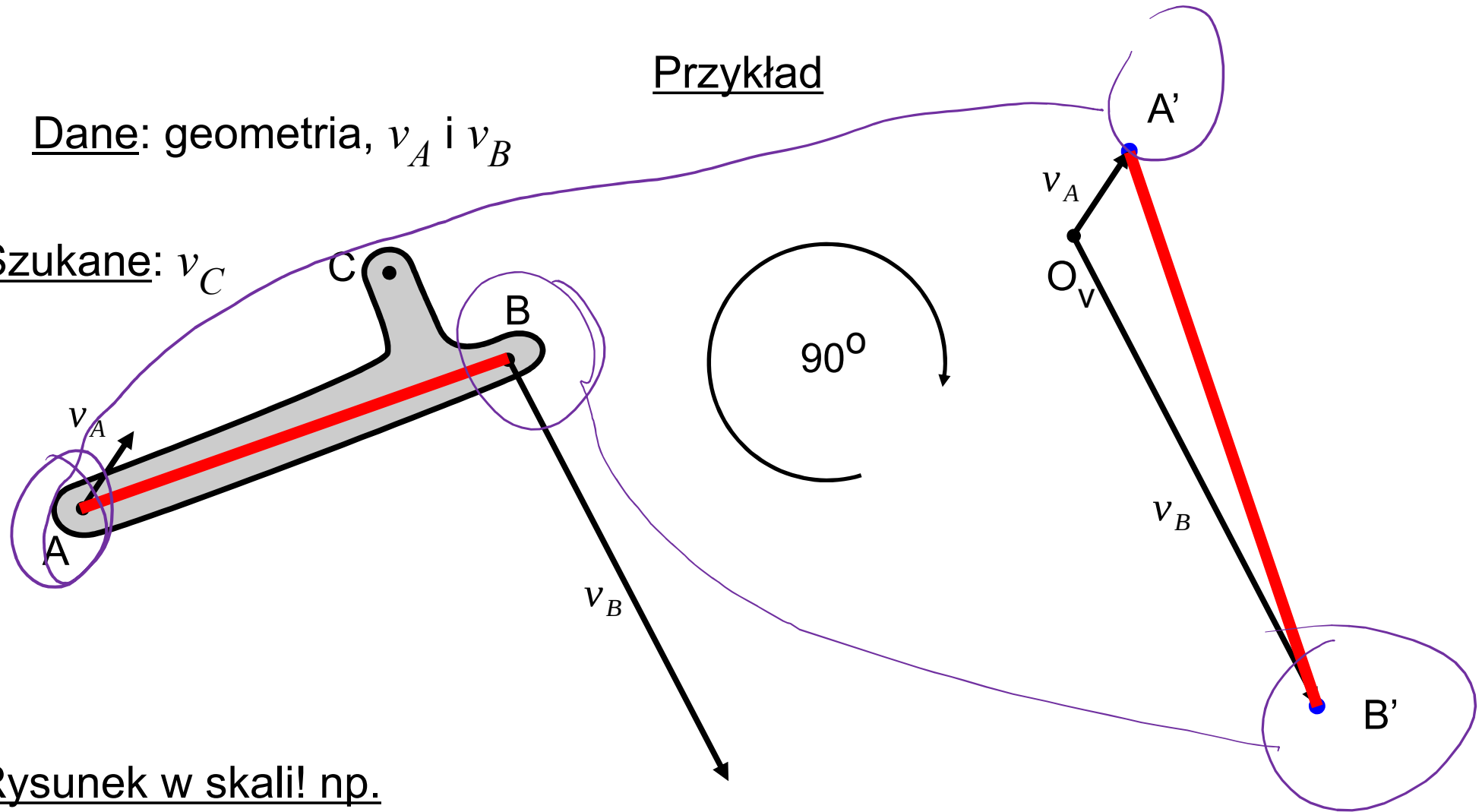
Podziałka wektorów: 1cm → 1m/s

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm → 10cm

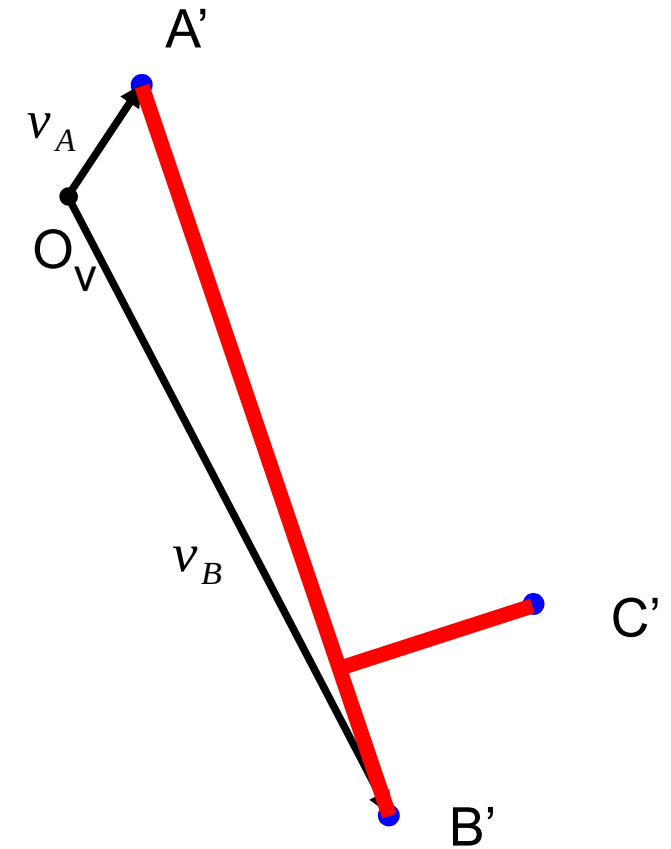
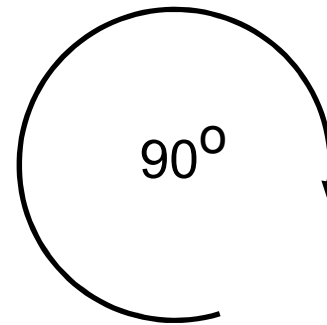
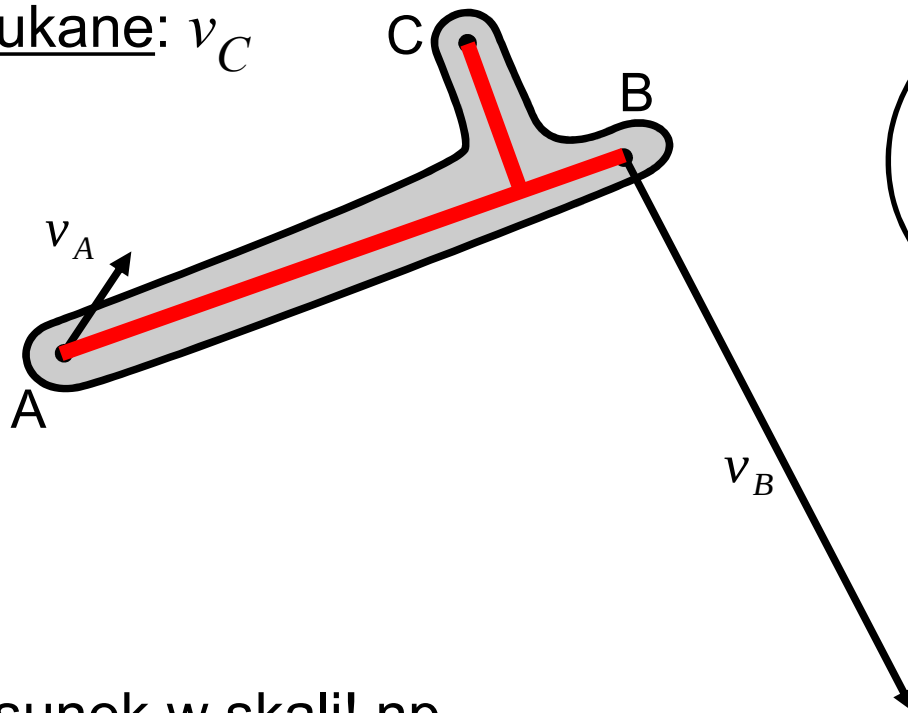
Podziałka wektorów: 1cm → 1m/s

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm \rightarrow 10cm

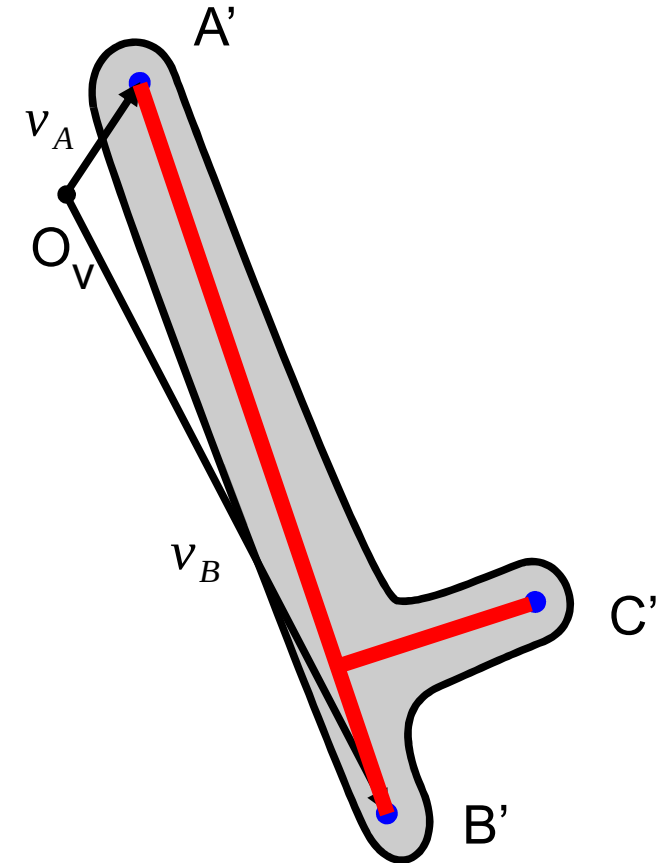
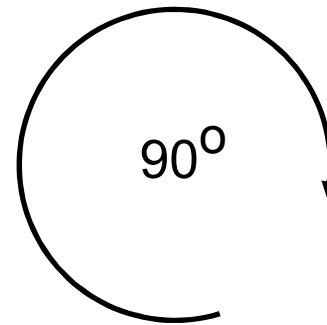
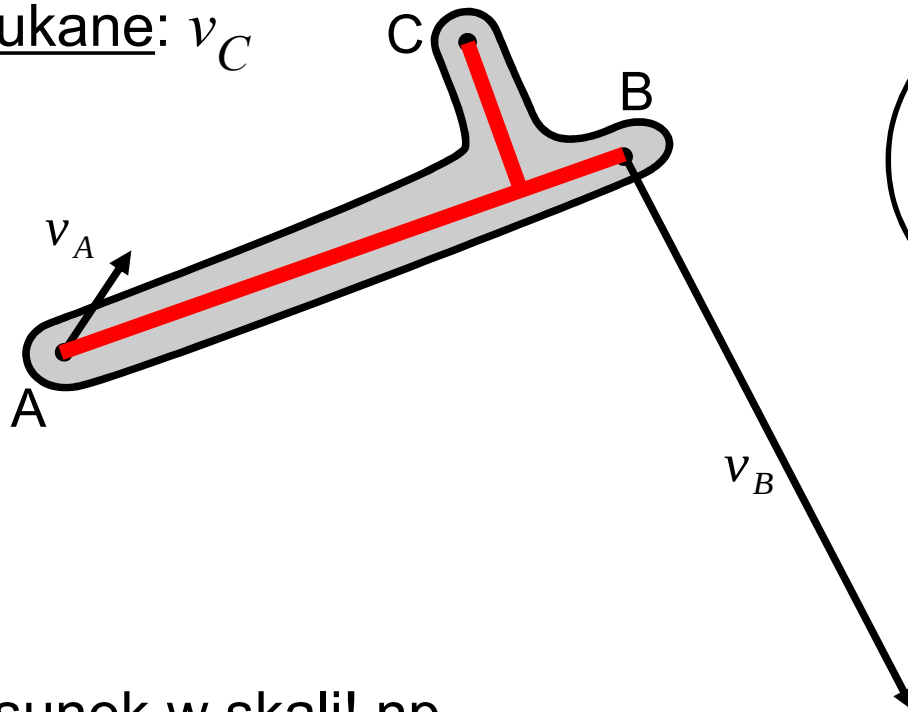
Podziałka wektorów: 1cm \rightarrow 1m/s

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm \rightarrow 10cm

Podziałka wektorów: 1cm \rightarrow 1m/s

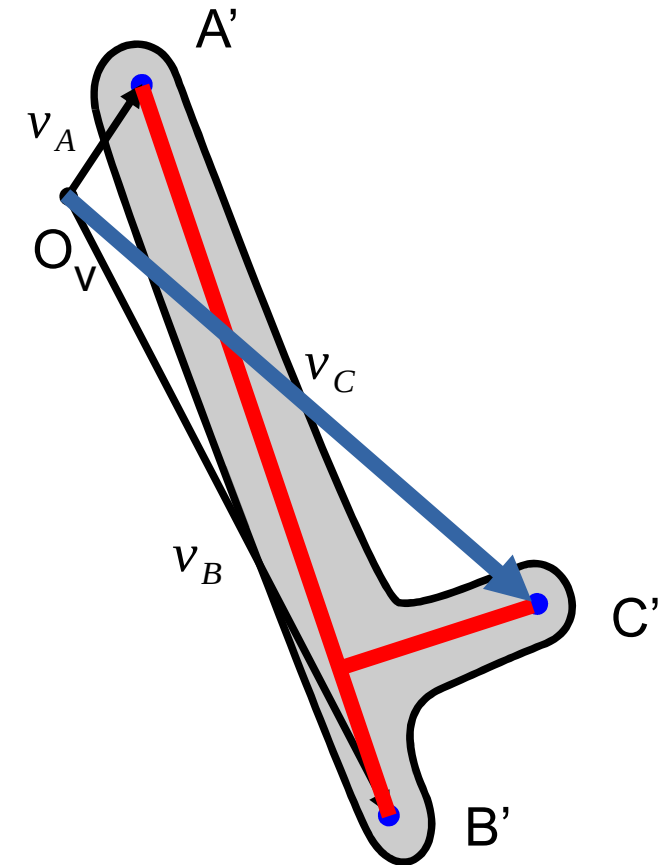
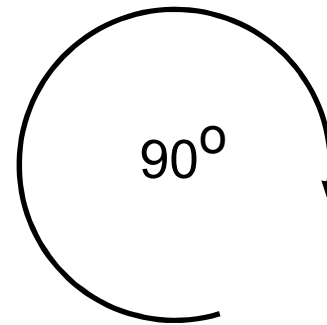
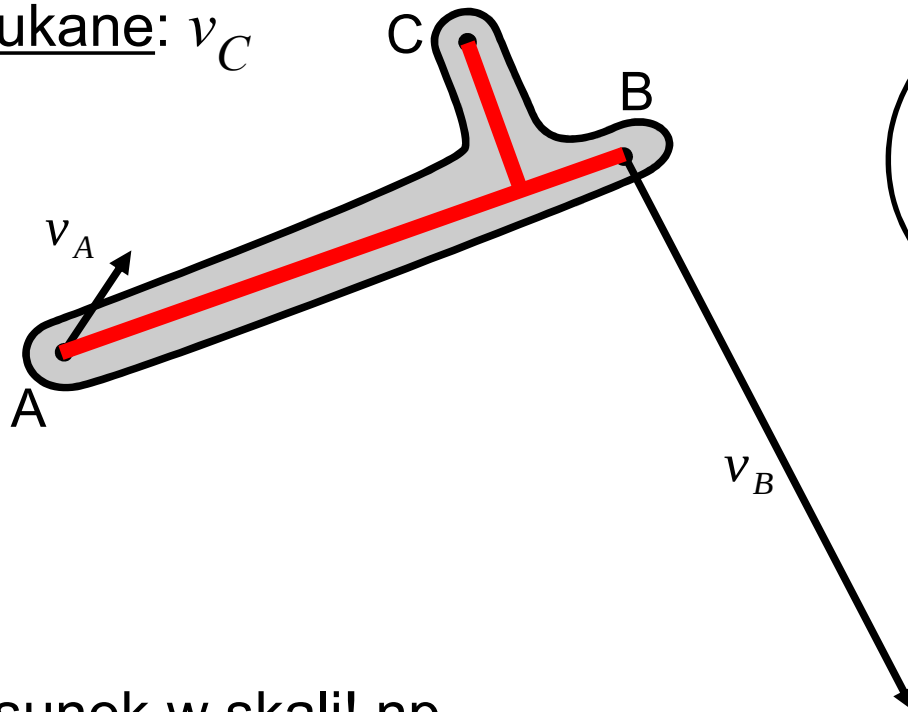
Inna podziałka geometrii!

Metoda planu prędkości

Przykład

Dane: geometria, v_A i v_B

Szukane: v_C



Rysunek w skali! np.

Podziałka geometrii: 1cm \rightarrow 10cm

Podziałka wektorów: 1cm \rightarrow 1m/s

Inna podziałka geometrii!