



Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Podstawy automatyki i teorii maszyn
semestr zimowy 2019/2020

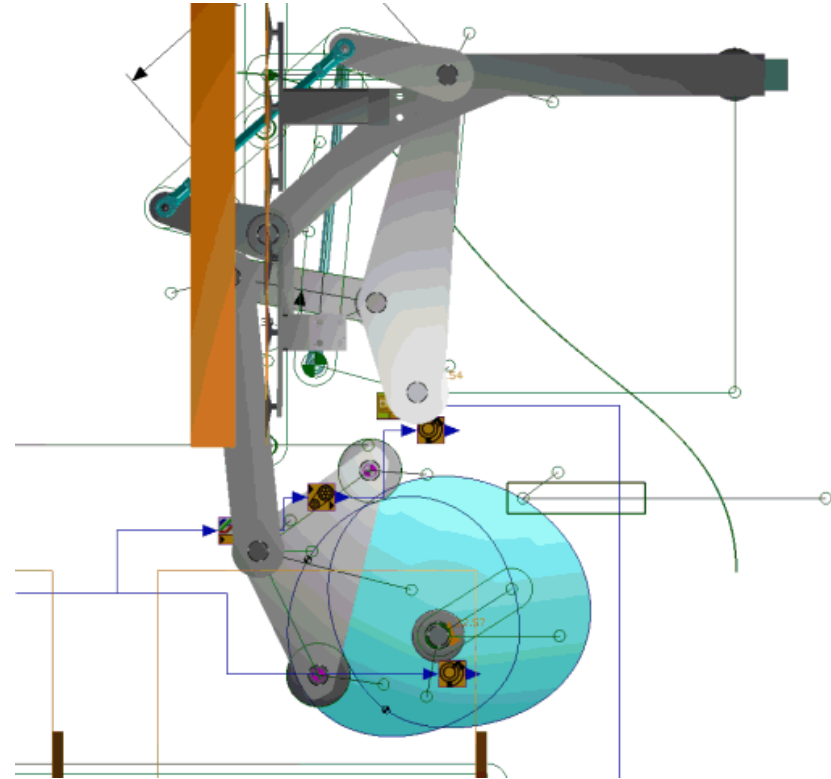
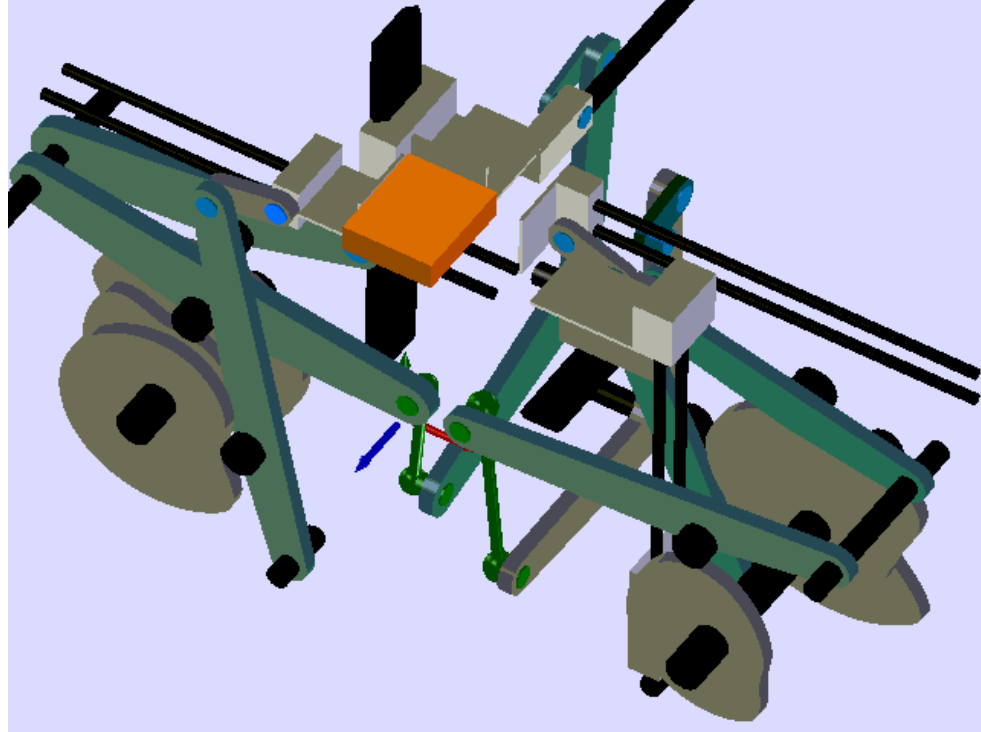
dr inż. Sebastian Korczak

Wykład 5

Mechanizmy krzywkowe.
Dynamika mechanizmów płaskich.

Mechanizmy krzywkowe

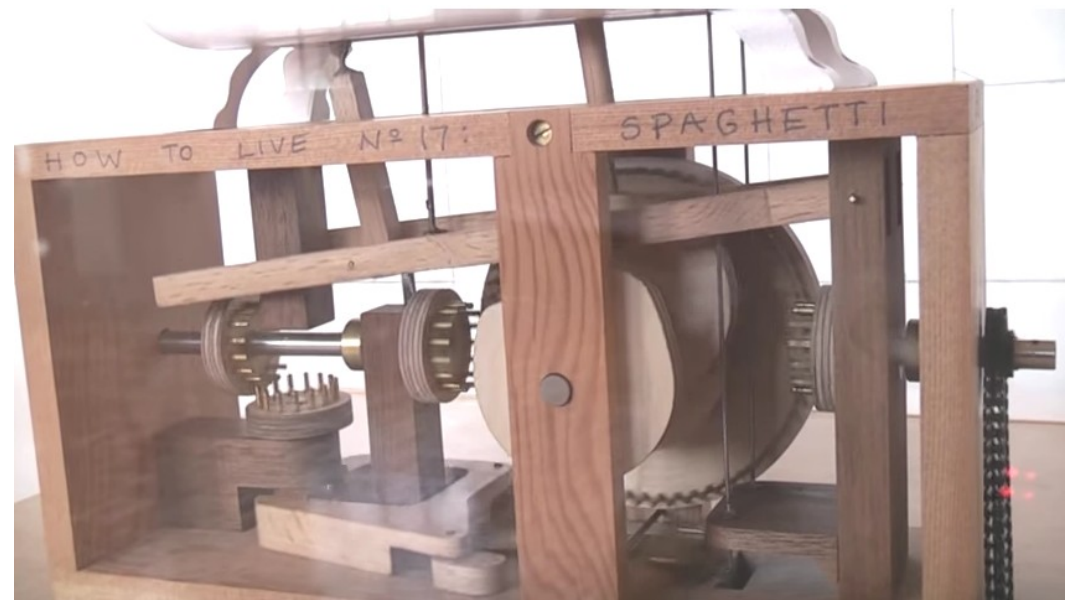
Inspiracje



źródło: psmotion.com

Mechanizmy krzywkowe

Inspiracje w sztuce



Mechanics Alive! Cabaret Mechanical
Theatre Automata Exhibition
<https://www.youtube.com/watch?v=kv1CpJi60xQ>

The "Draughtsman-Writer" automaton by Henri Maillardet

Mechanizmy krzywkowe

Podstawowe informacje

Mechanizm krzywkowy – mechanizm składający się z krzywki i popychacza tworzących parę kinematyczną wyższą klasy IV.

Krzywka porusza się najczęściej ruchem obrotowym (czasem postępowym, a popychacz ruchem postępowo zwrotnym (czasem wahadłowym).

zalety

- prosta konstrukcja,
- łatwość wykonania,
- dowolne wymiary,
- łatwość uzyskania skomplikowanych przebiegów.

wady

- niska wytrzymałość przy dużych obciążeniach,
- brak adaptacyjności

Mechanizmy krzywkowe

Podstawowe informacje

Podział mechanizmów krzywkowych:

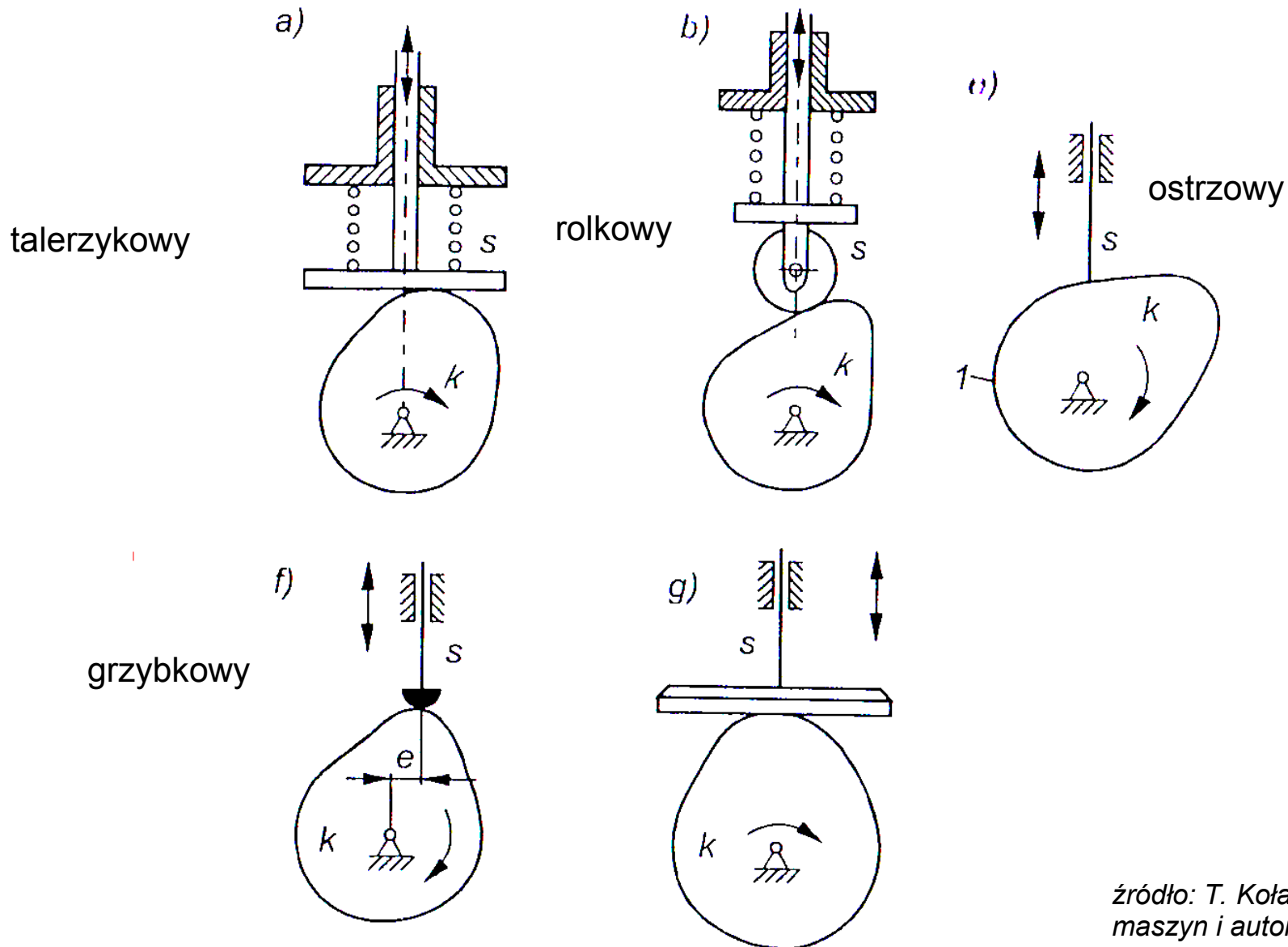
płaskie / przestrzenne

z popychaczem centralnym / z popychaczem mimośrodowym

z zamknięciem kinematycznym / z zamknięciem siłowym

Mechanizmy krzywkowe

Przykłady popychaczy

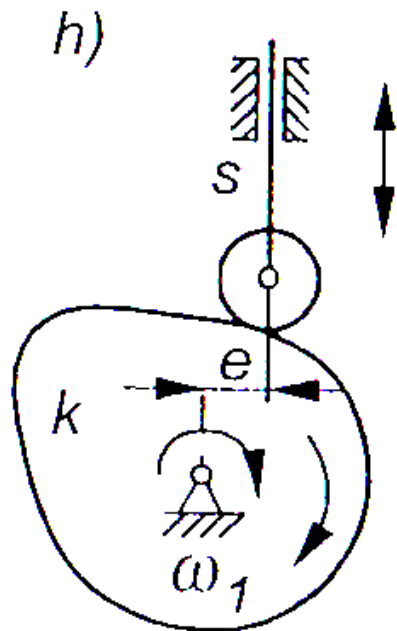


źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

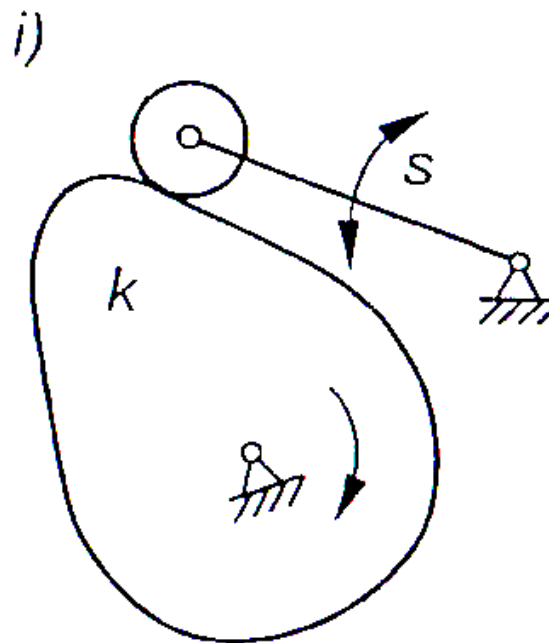
Mechanizmy krzywkowe

Przykłady

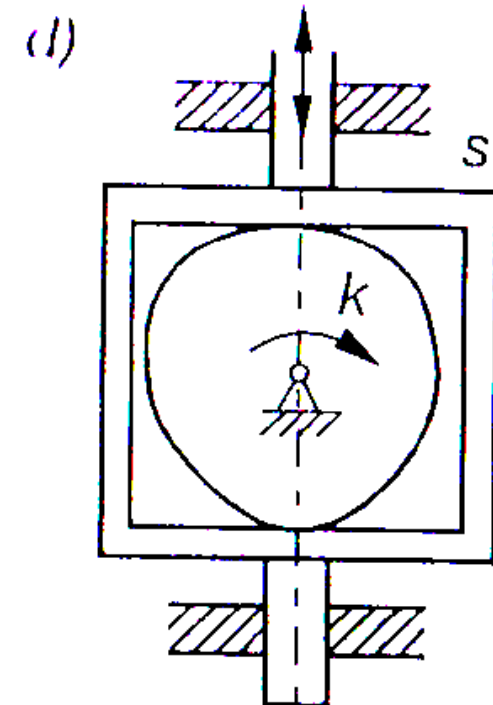
mimośrodowy



wahadłowy



płaski
ramkowy

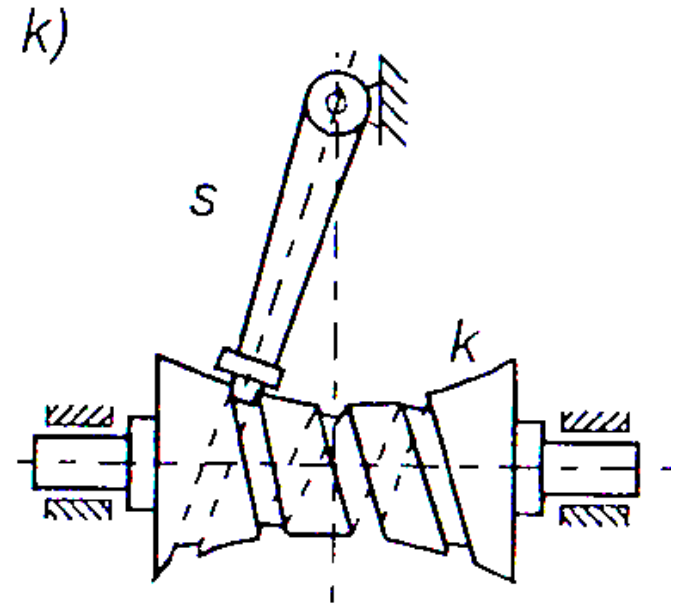
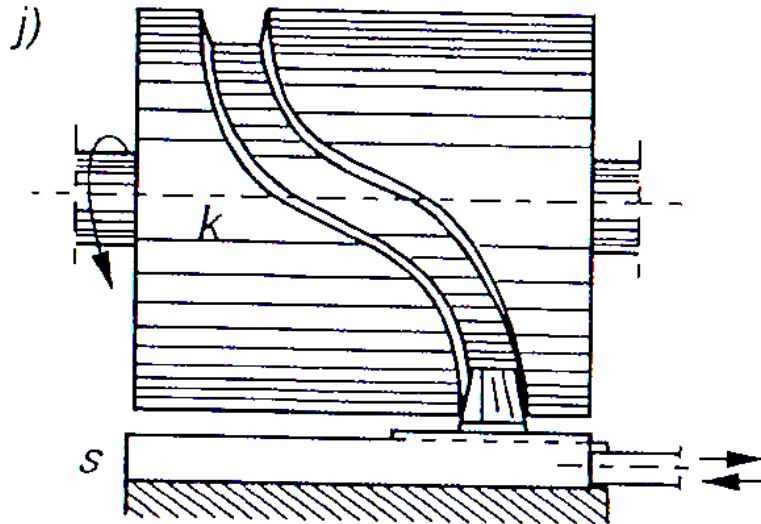


źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

Mechanizmy krzywkowe

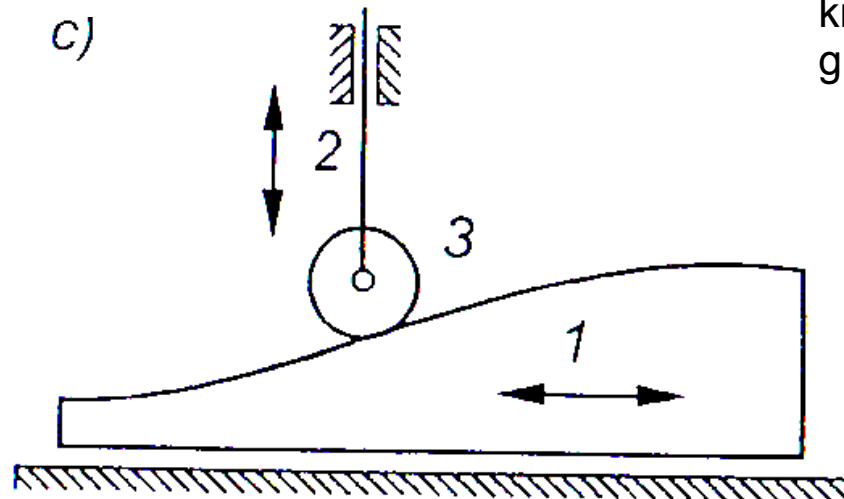
Przykłady

przestrzenna
krzywka walcowa



przestrzenna
krzywka
globoidalna

krzywka o ruchu
postępowym



źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

Analiza i synteza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego – wyznaczenie przebiegu przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki dla zadanej konstrukcji i geometrii mechanizmu.

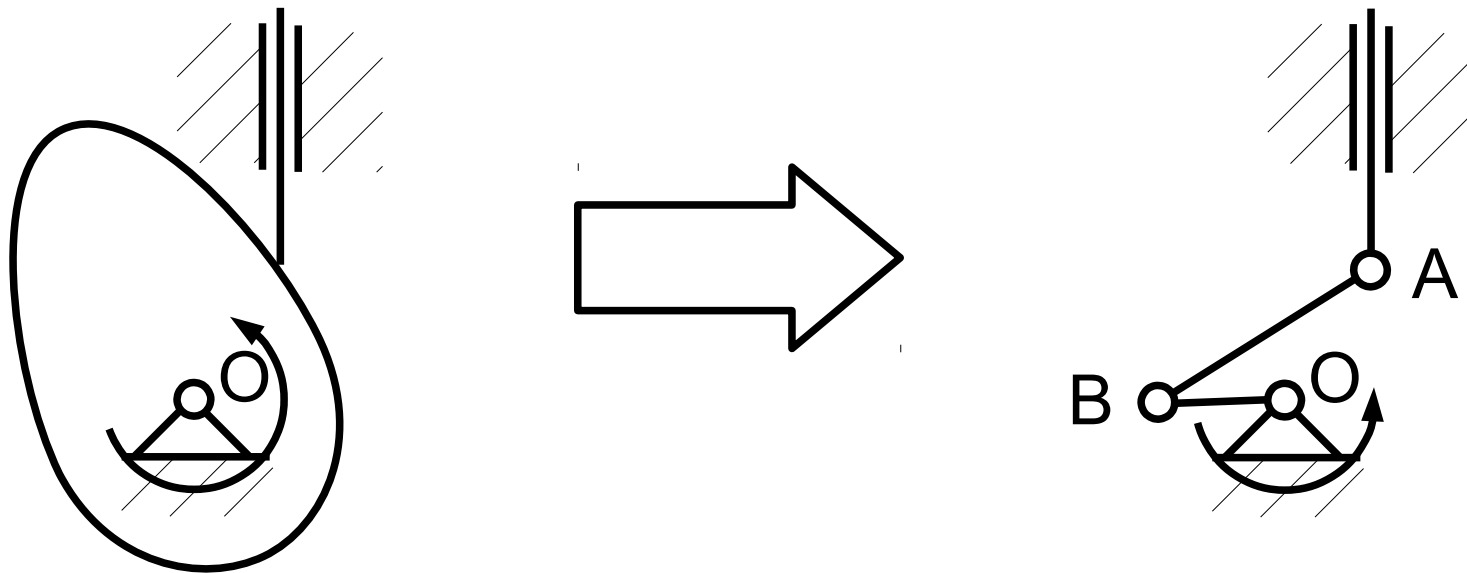
Synteza mechanizmu krzywkowego – zaprojektowanie geometrii krzywki dla danej konstrukcji mechanizmu krzywkowego w celu uzyskania pożądanego przebiegu przemieszczenia, prędkości lub przyspieszenia popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki. Dodatkowo narzuca się pewne ograniczenia, np. maksymalny wznios popychacza, maksymalną prędkość lub przyspieszenie. Należy sprawdzić również trzecią pochodną wzniosu popychacza (udar), która powinna mieć skończone wartości.

Analiza i synteza mechanizmów krzywkowych

<u>Analiza</u>	<u>Synteza</u>
<ul style="list-style-type: none">• zastąpienie pary IV klasy parami V klasy i zastosowanie metod wykreślnych (plany prędkości i przyspieszeń)• graficzne wyznaczenie przebiegu wzniosu popychacza i jego różniczkowanie graficzne• zastosowanie metody analitycznej (zastąpienie mechanizmu wielobokiem wektorów)	<ul style="list-style-type: none">• graficzne konstruowanie zarysu krzywki poprzez obracanie koła bazowego i odkładanie pożądanego wzniosu popychacza• analityczne projektowanie zarysu krzywki poprzez opis funkcyjny

Analiza mechanizmów krzywkowych

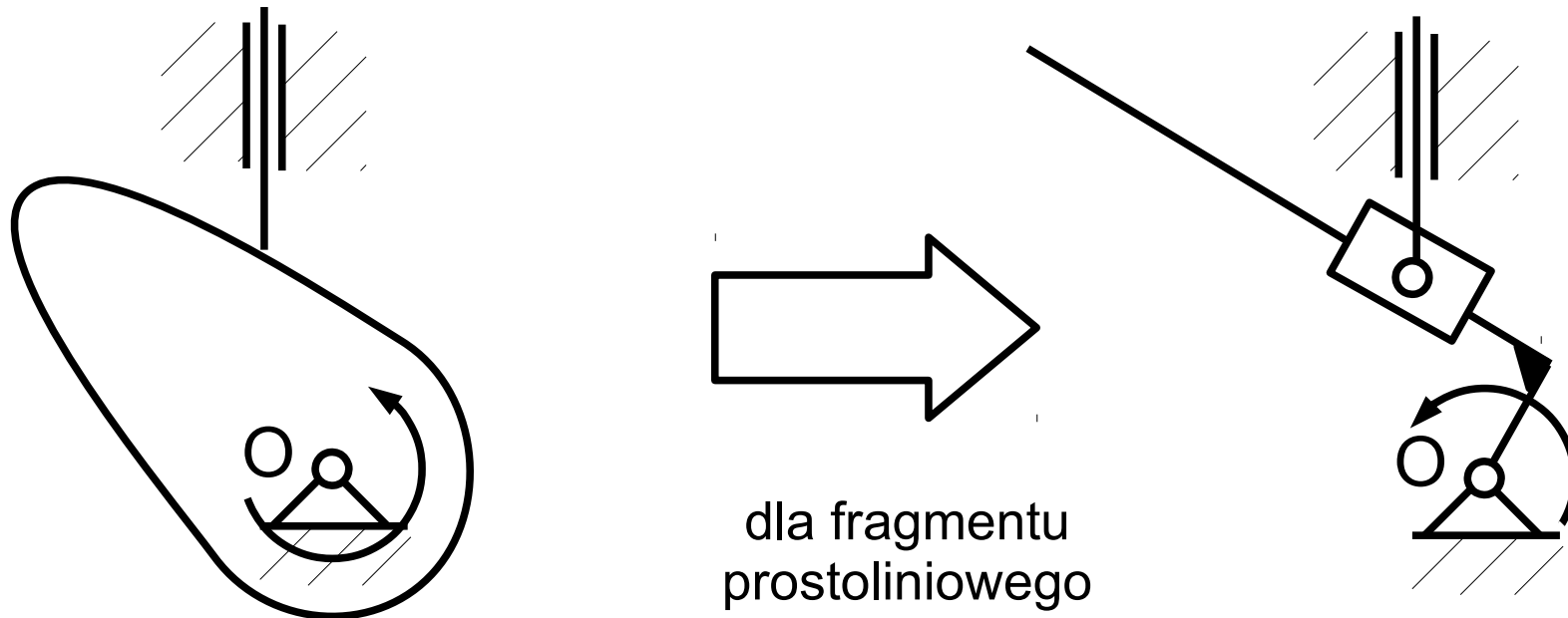
Analiza mechanizmu krzywkowego metodą wykreślną poprzez zastępowanie pary IV klasy parami V klasy.



AB – promień krzywizny
krzywki w punkcie styku z
popychaczem

Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego metodą wykreślną poprzez zastępowanie par IV klasy parami V klasy.

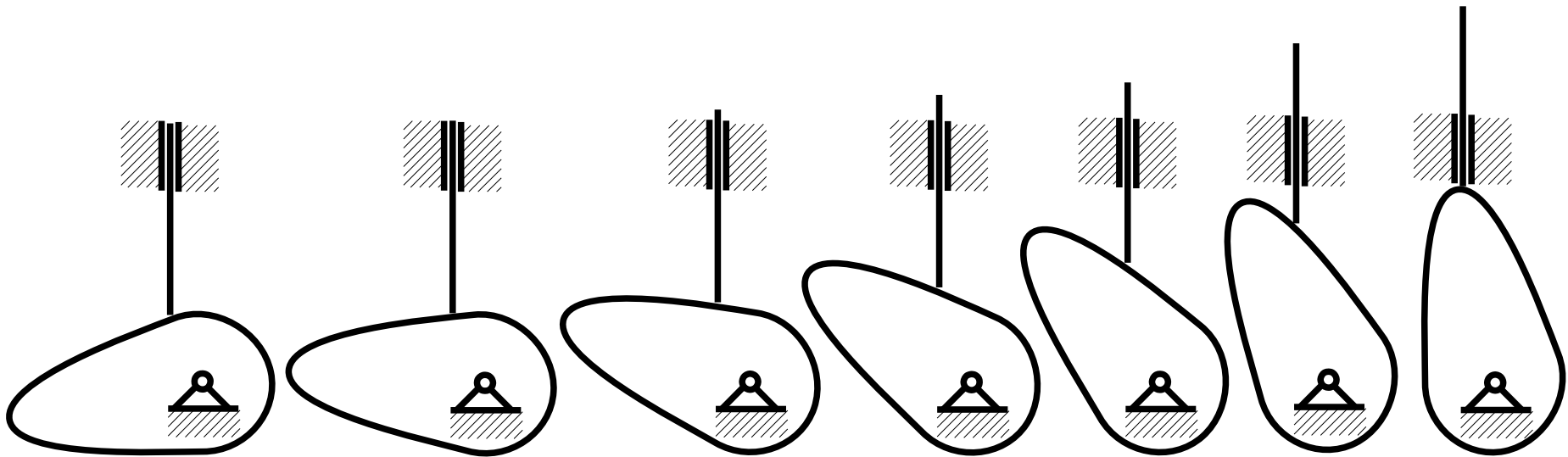


Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie
wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie

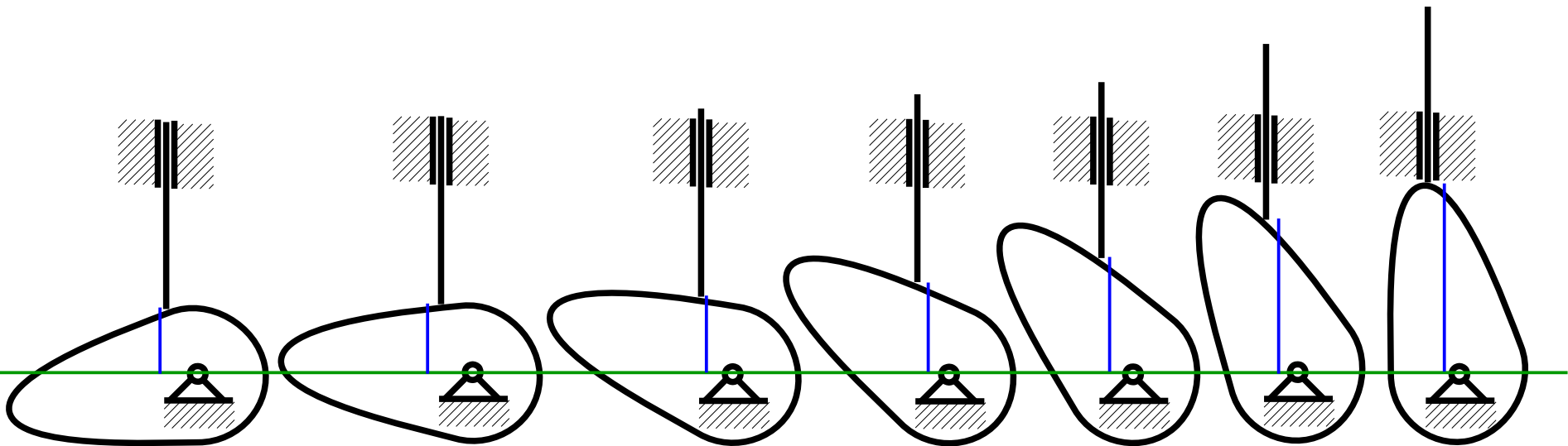
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



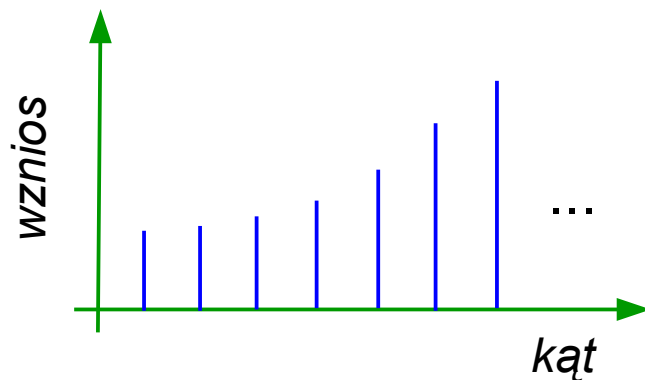
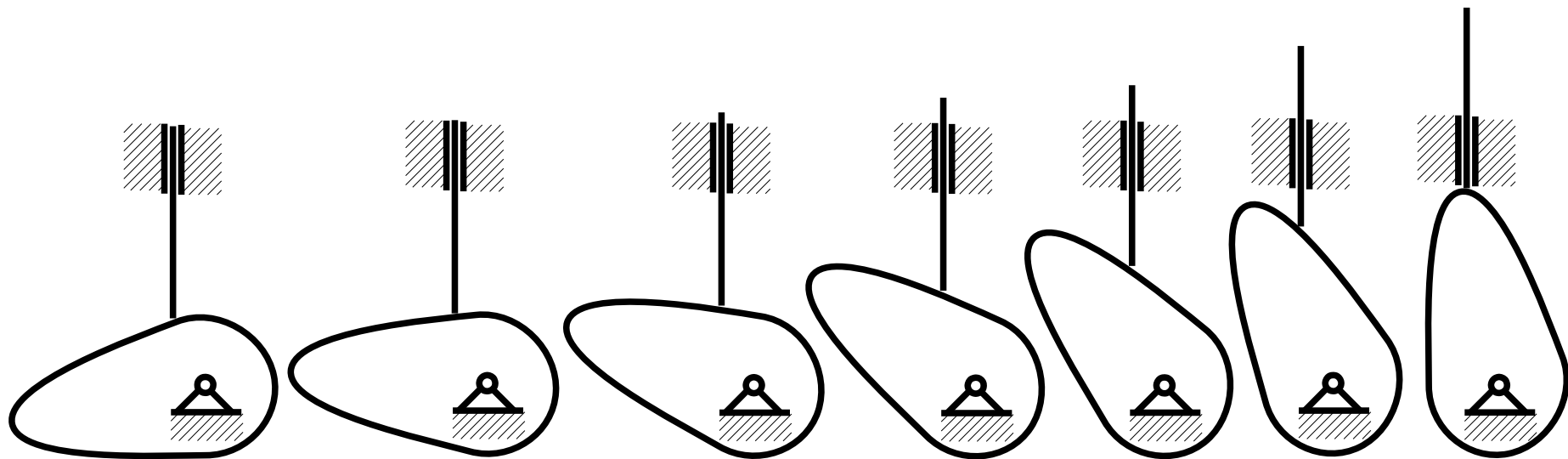
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



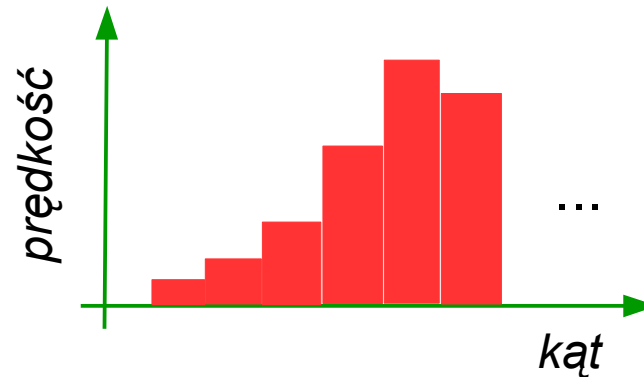
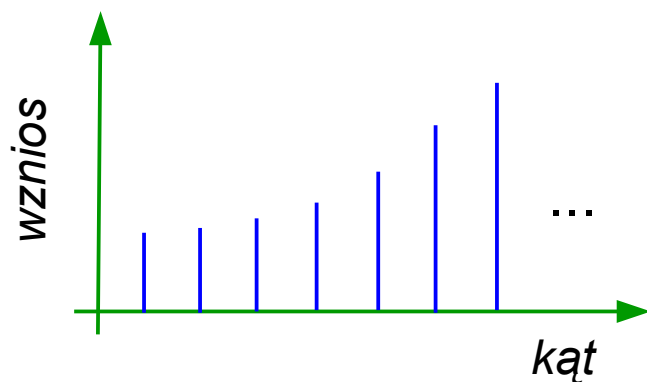
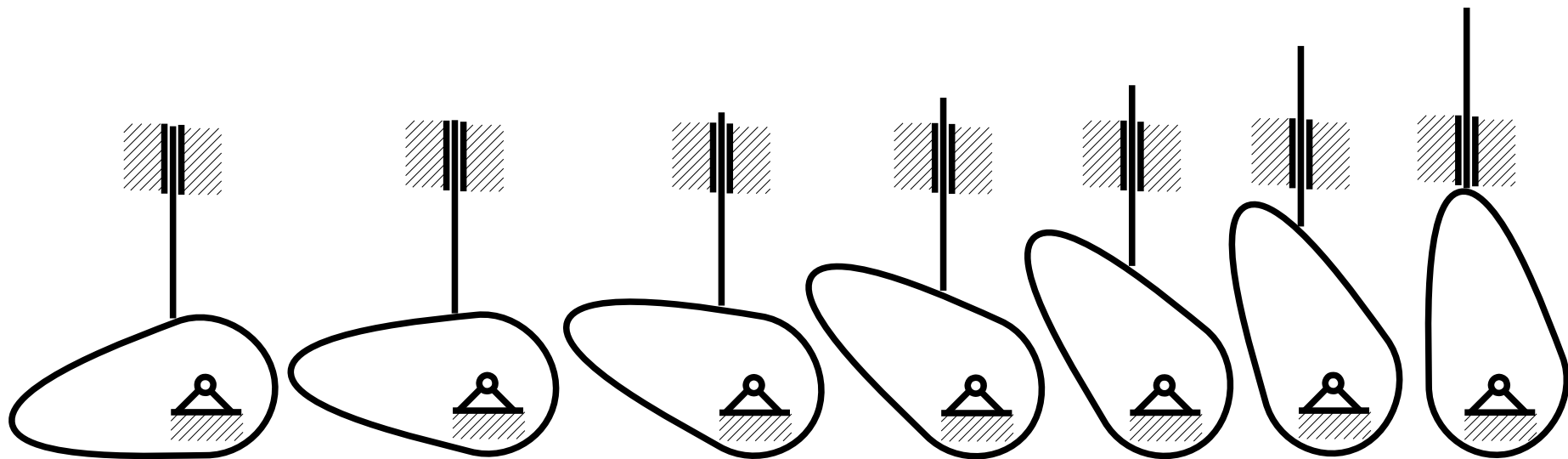
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



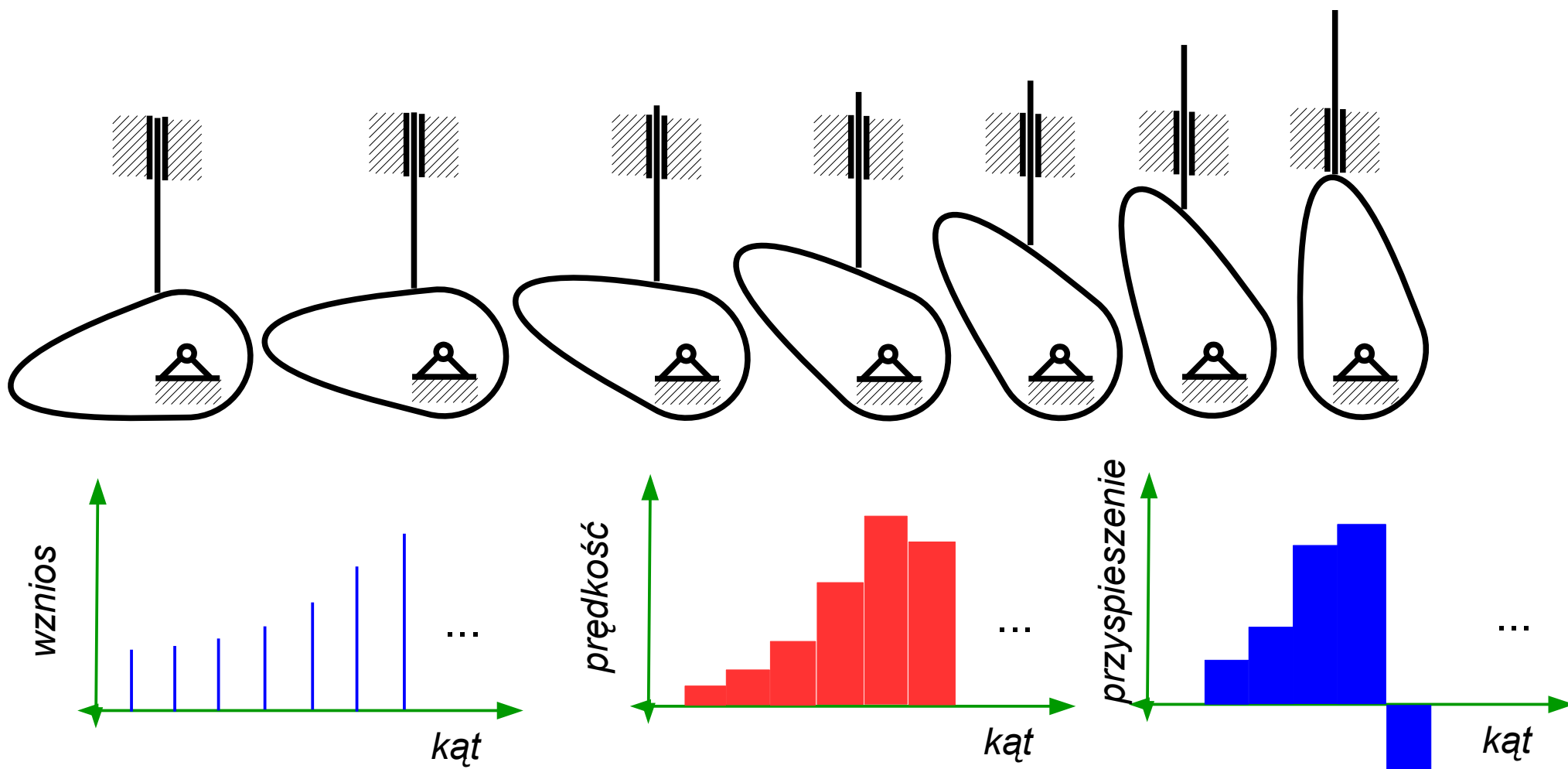
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



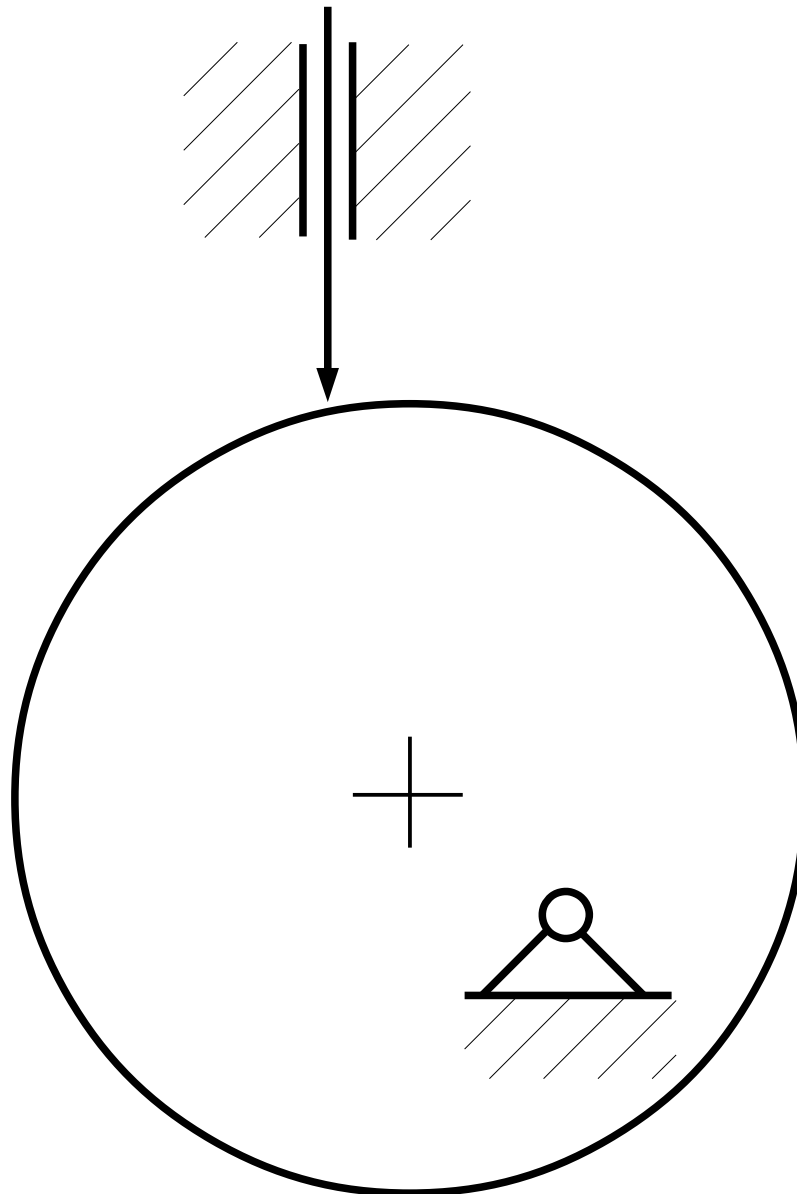
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



Analiza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

Dane:

wznios popychacza



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

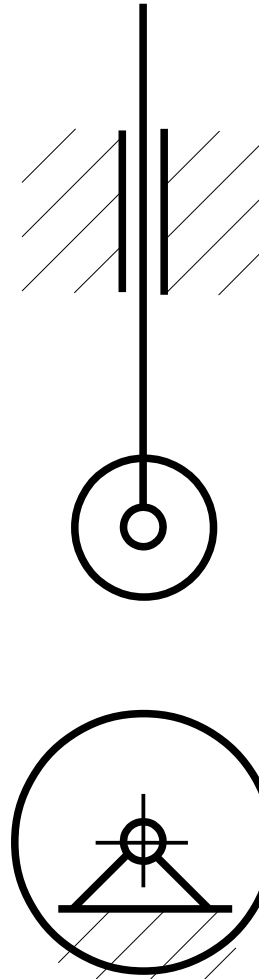
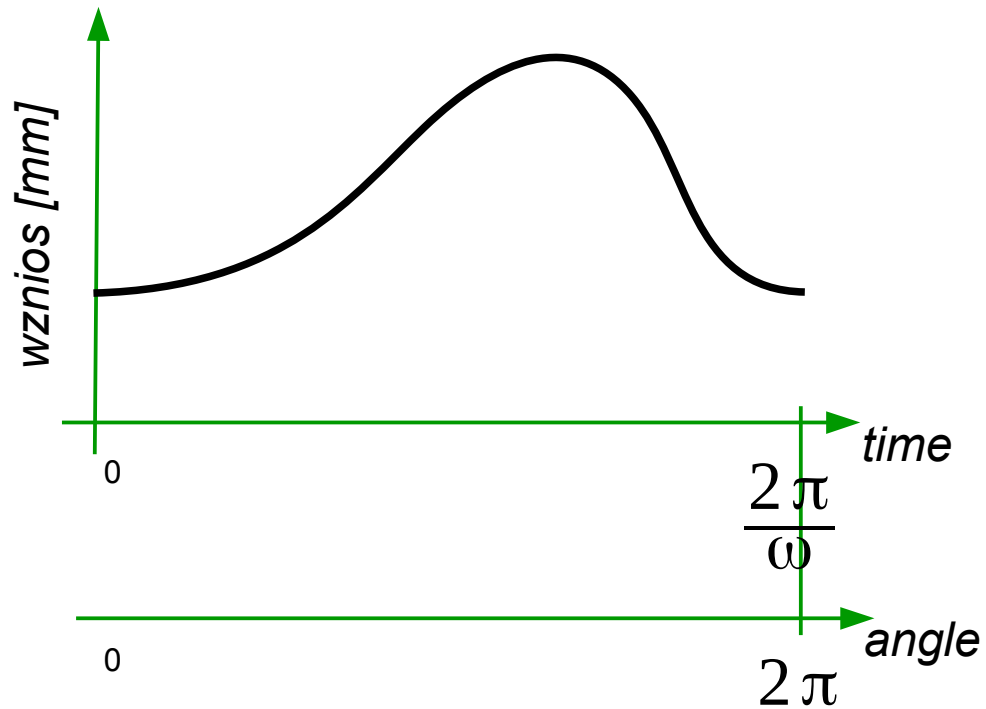


Assumption: constant angular velocity of a cam

$$\varphi(t) = \omega t$$

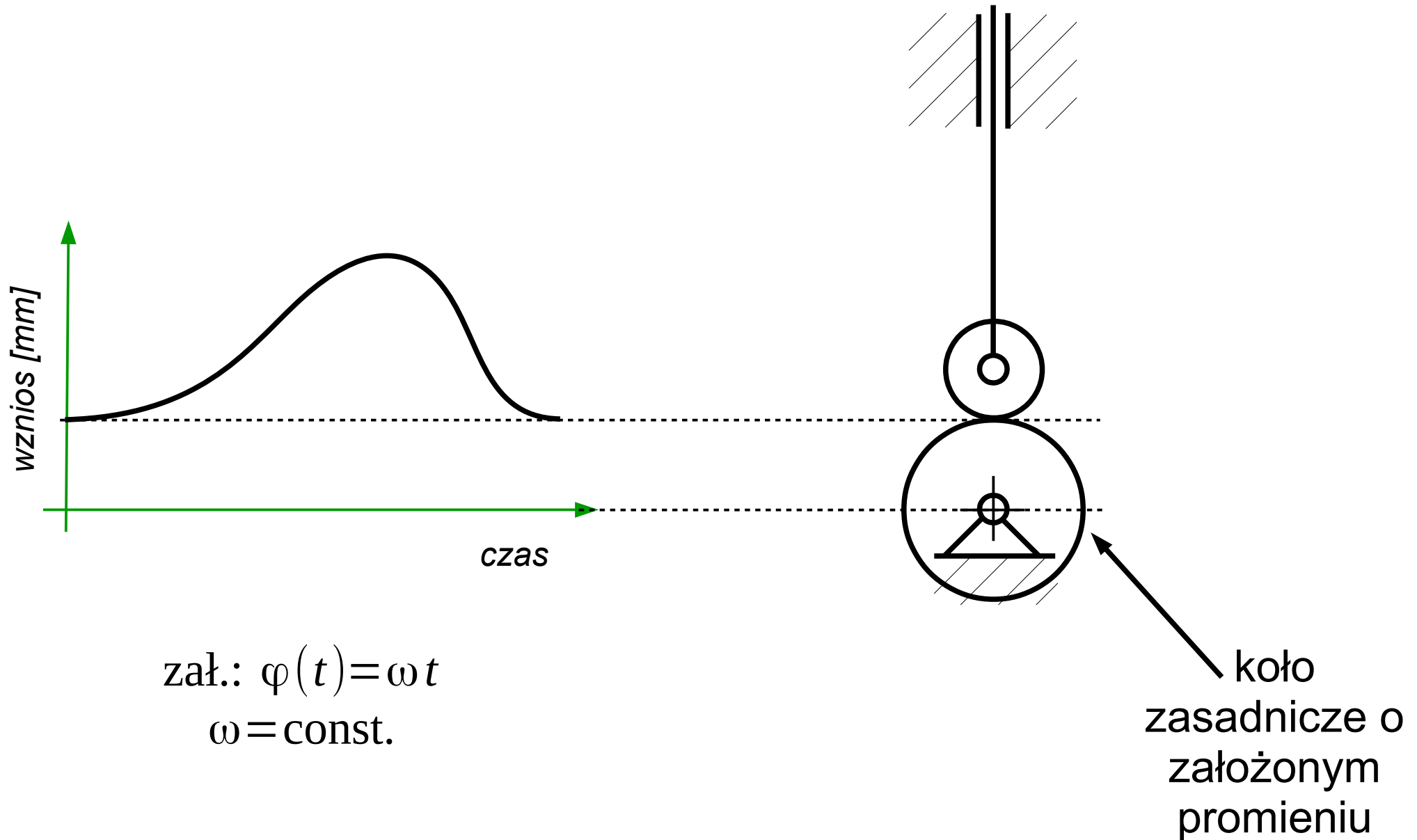
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



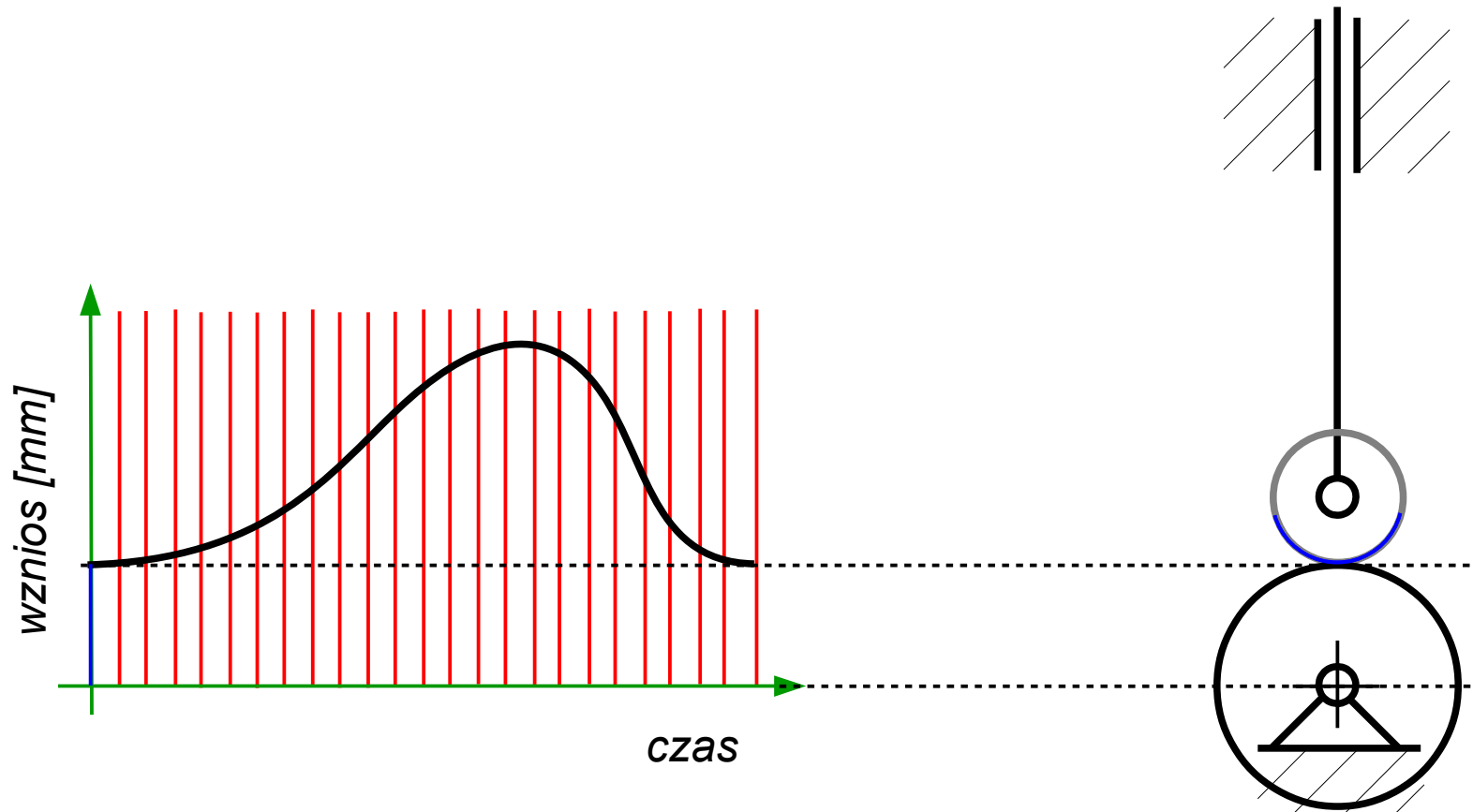
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



Synteza mechanizmów krzywkowych

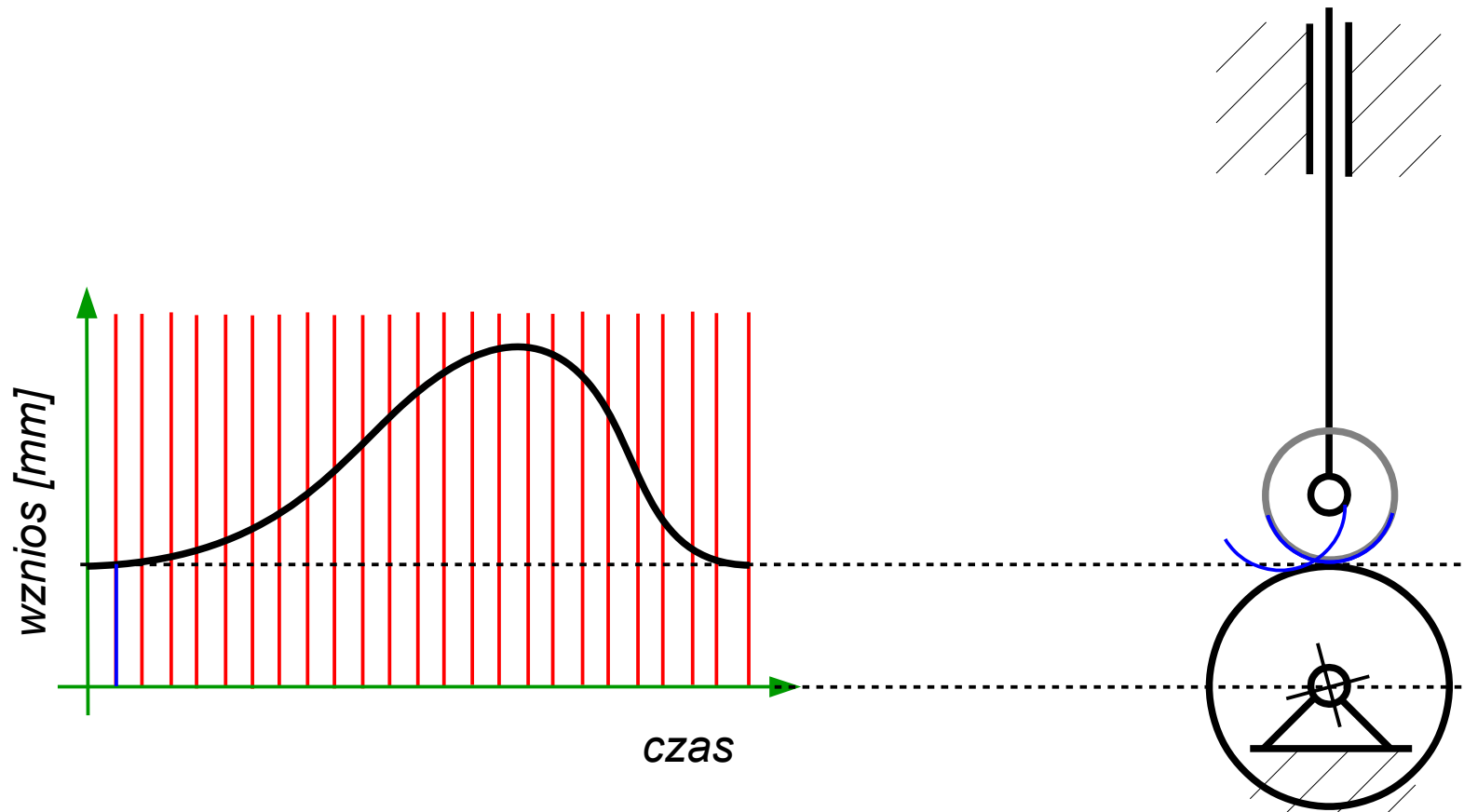
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

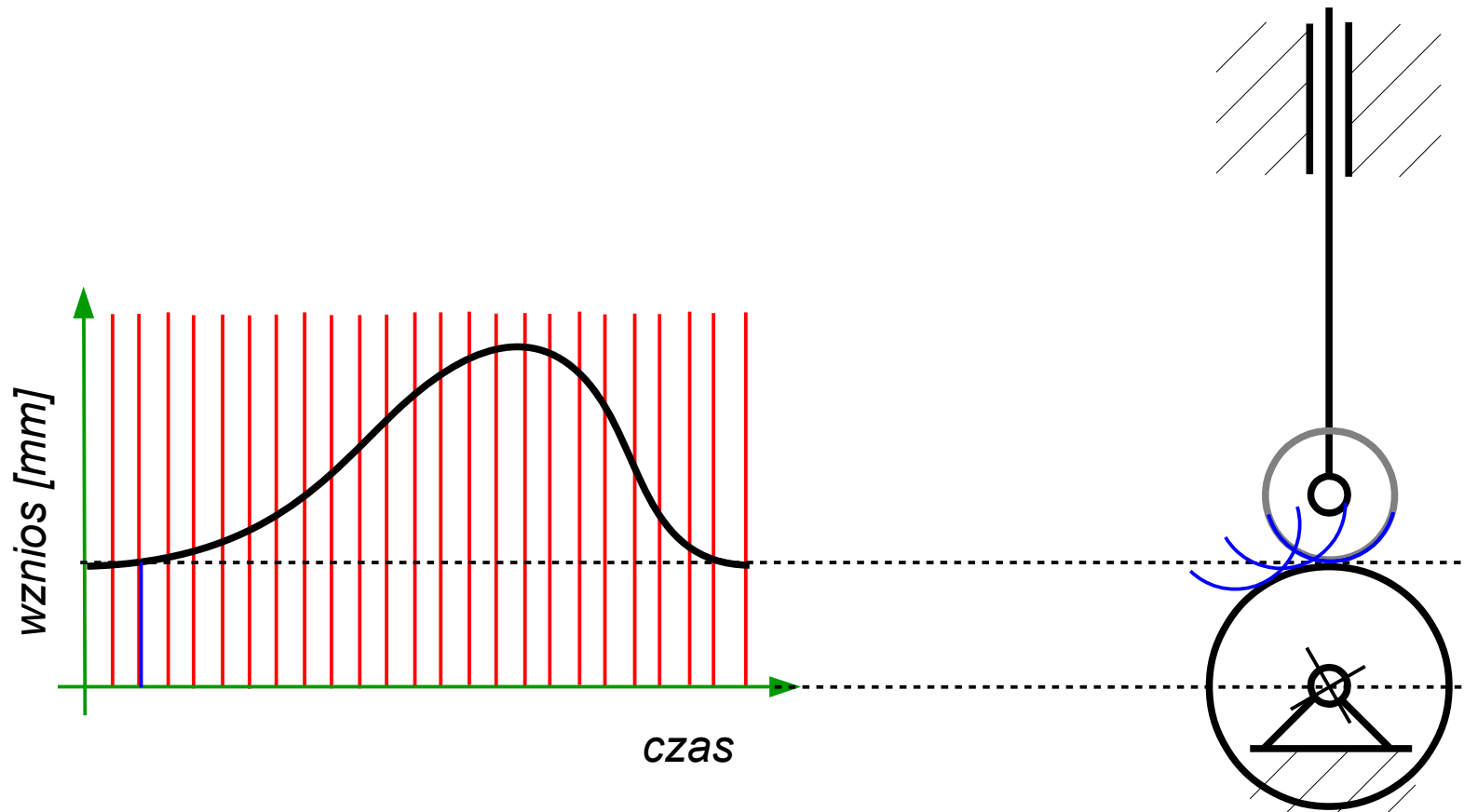
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

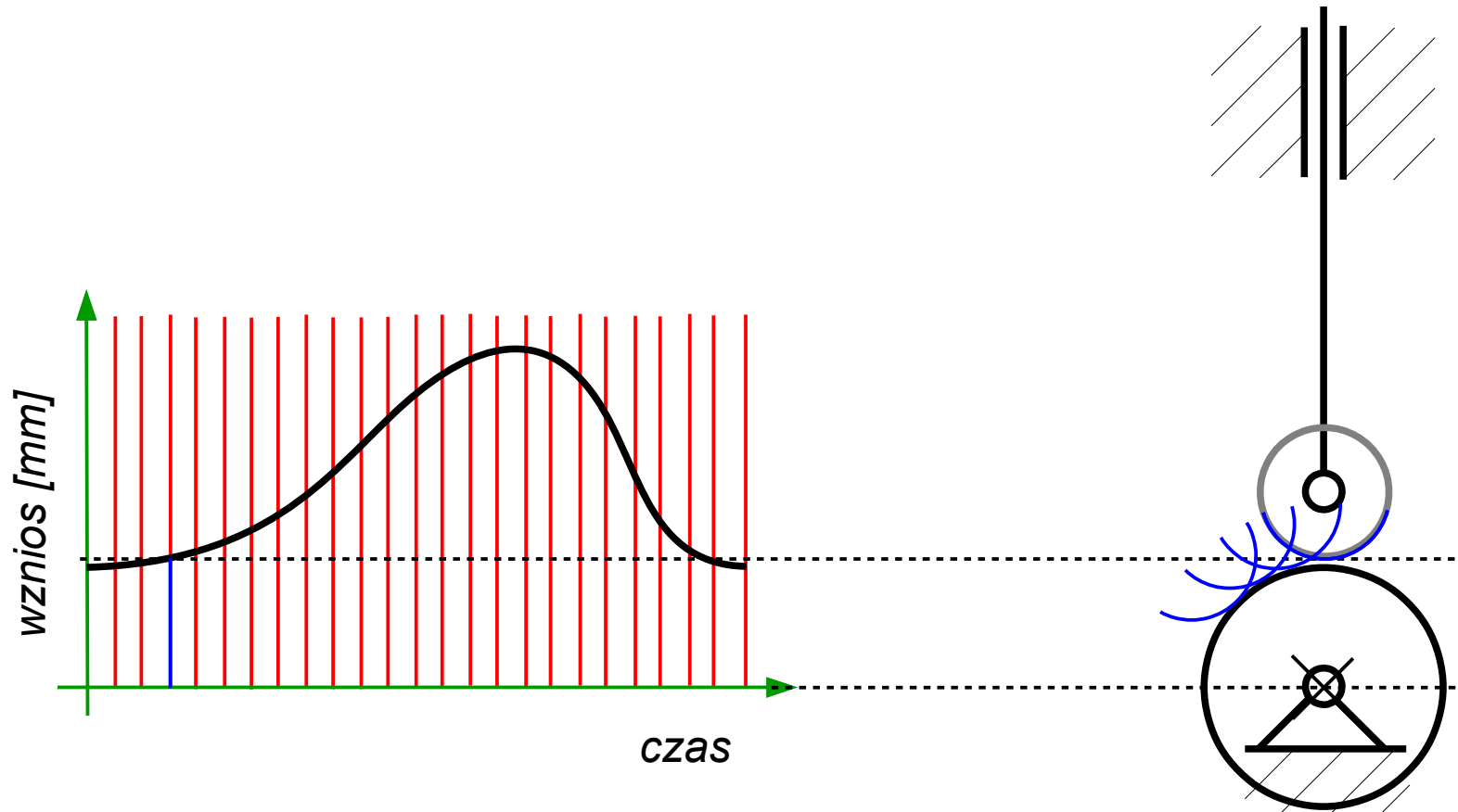
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

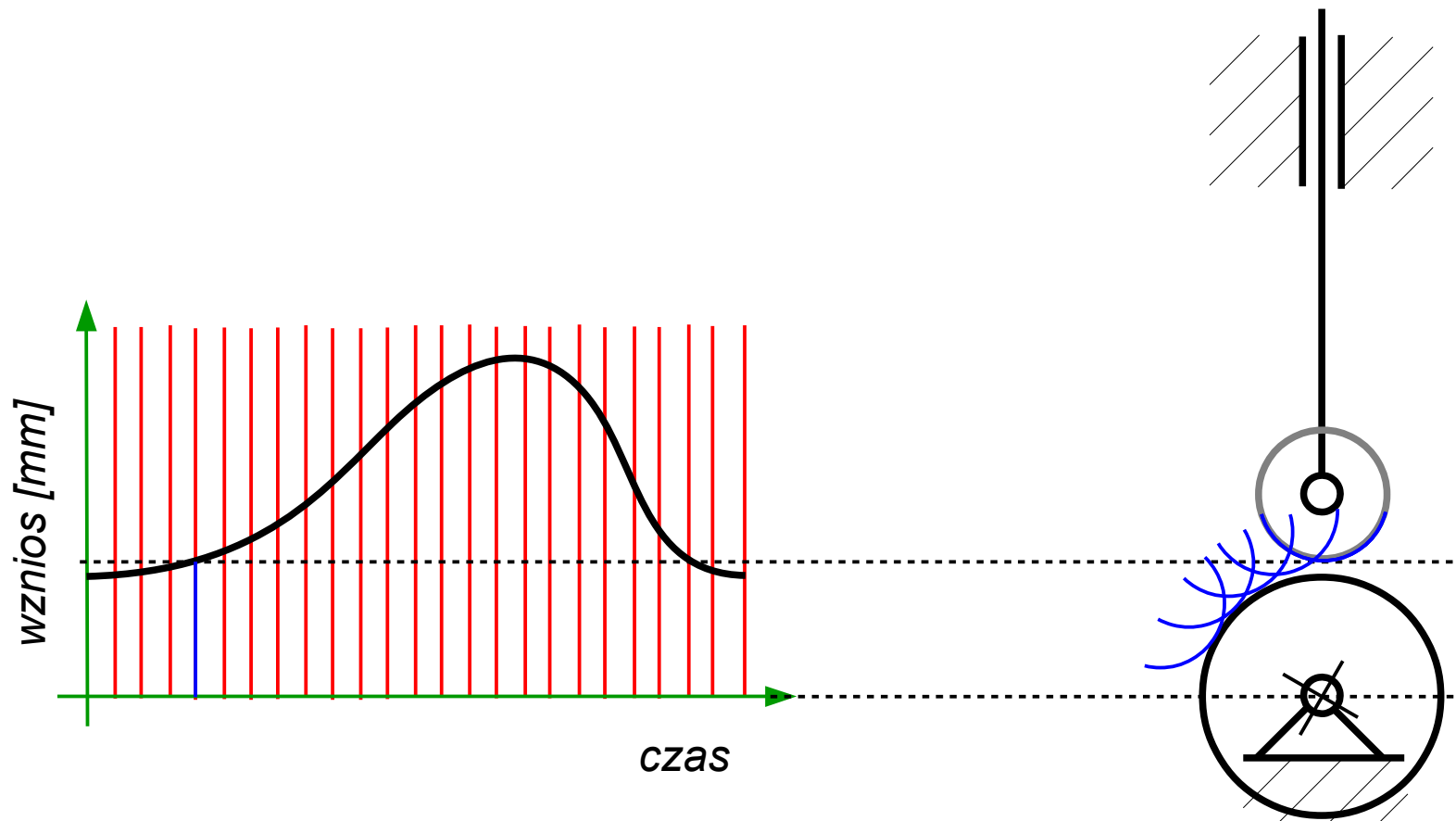
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

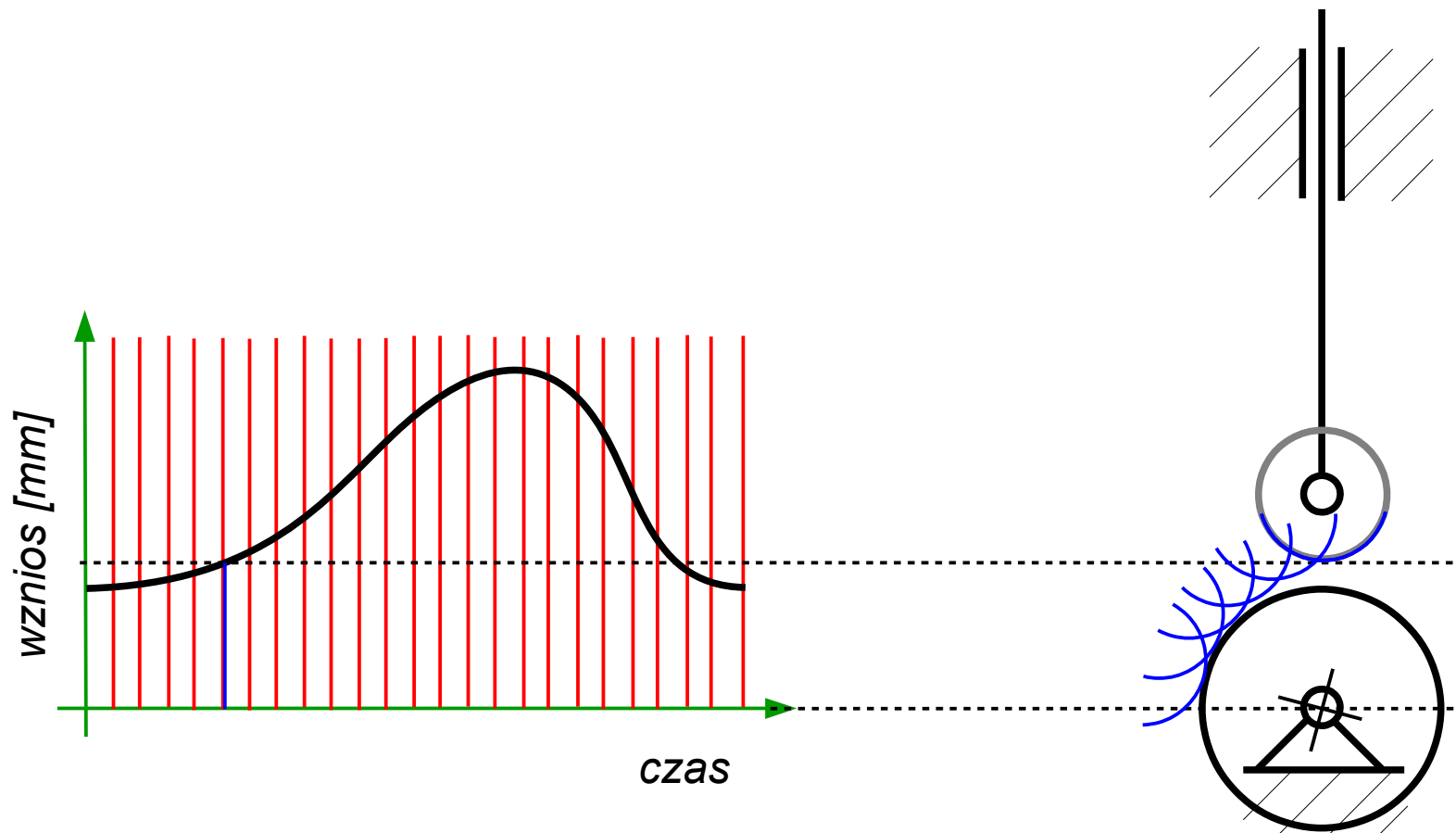
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

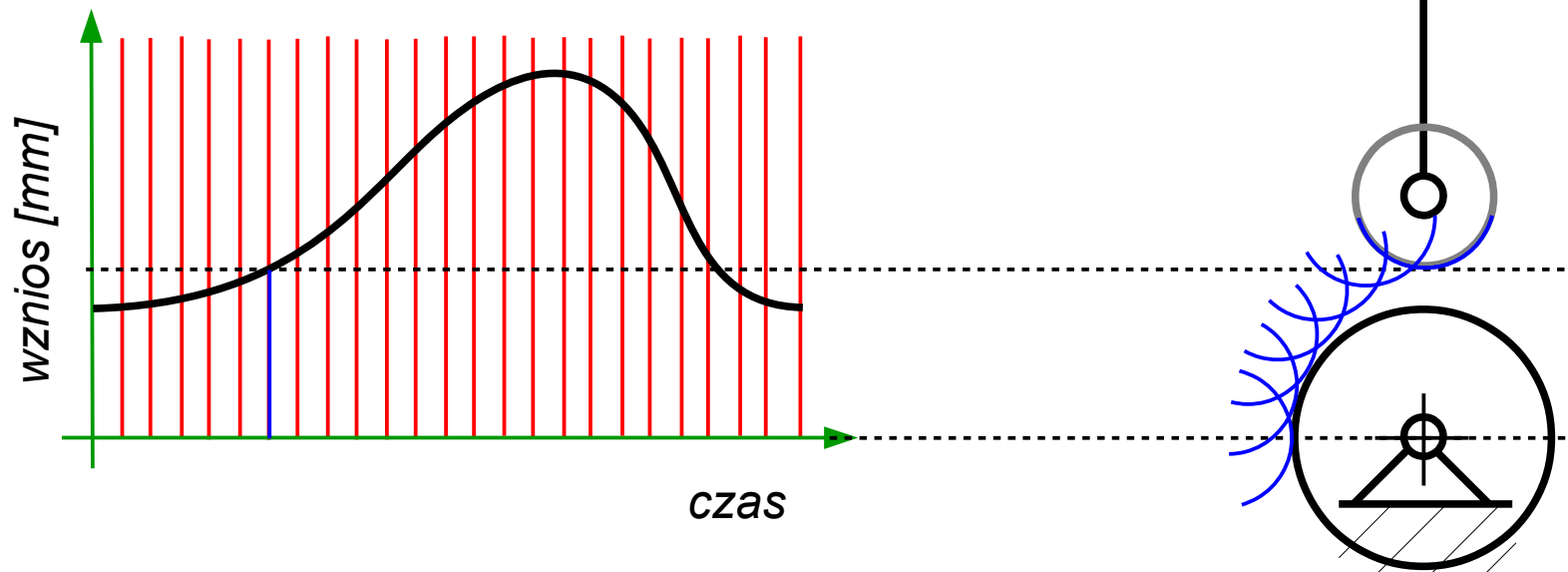
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

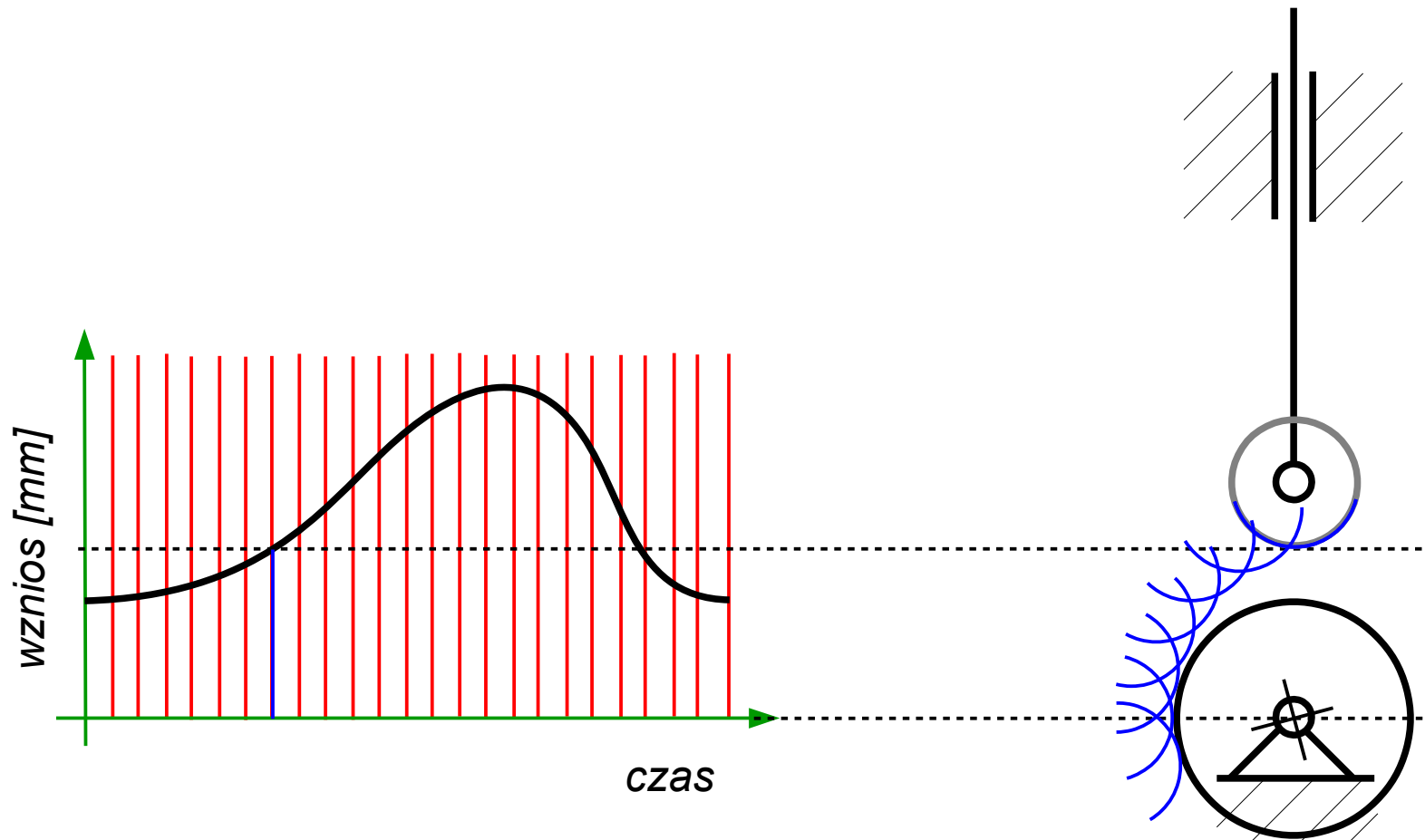
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

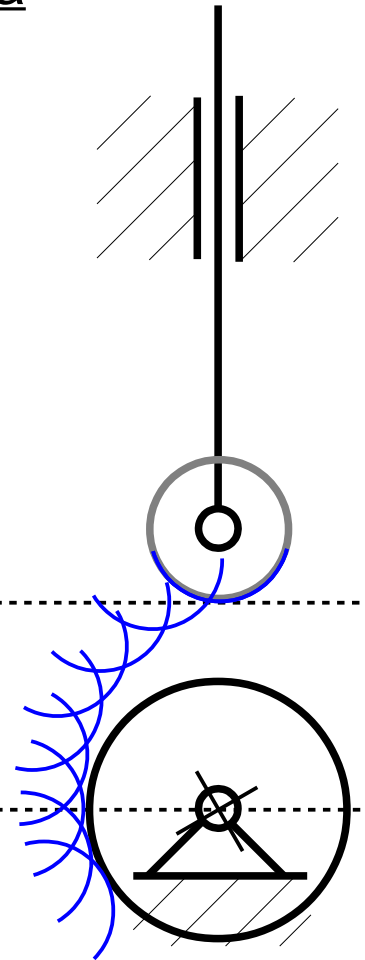
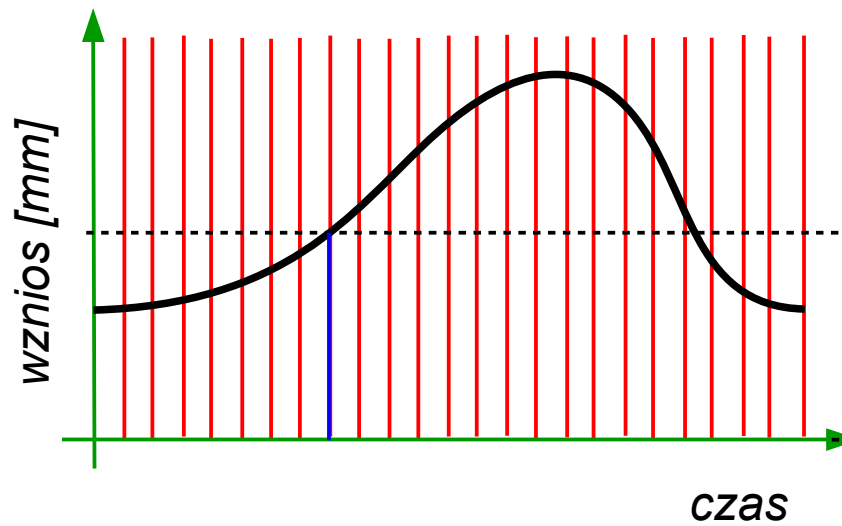
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

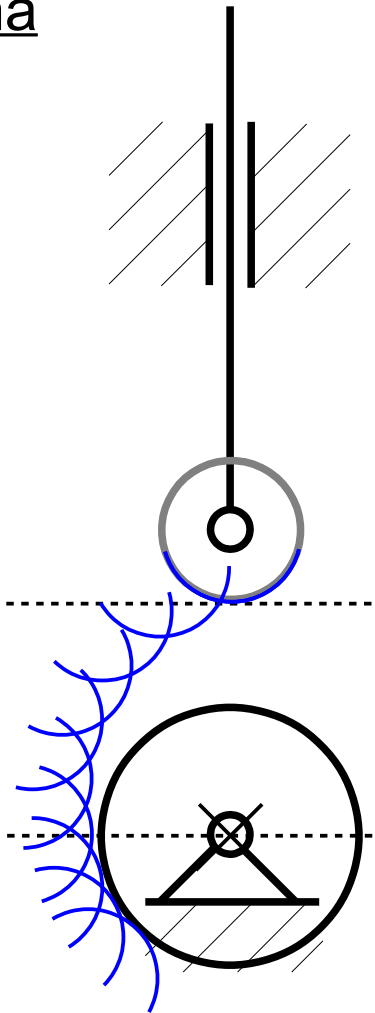
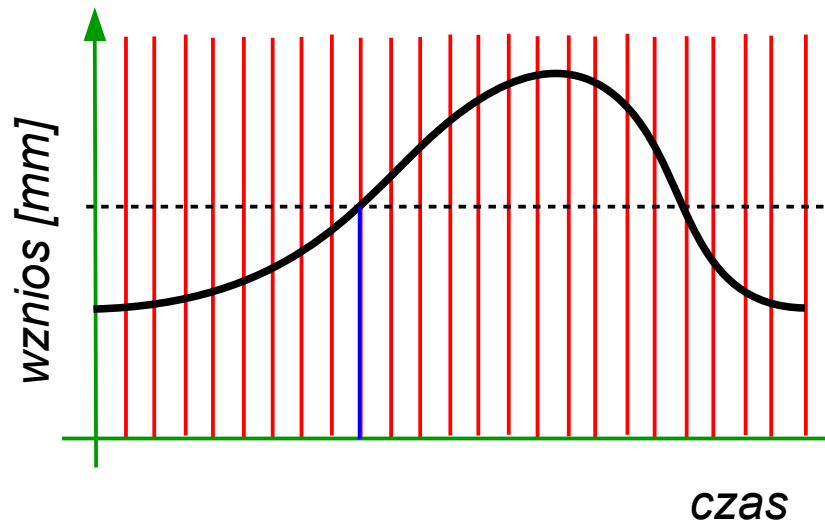
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

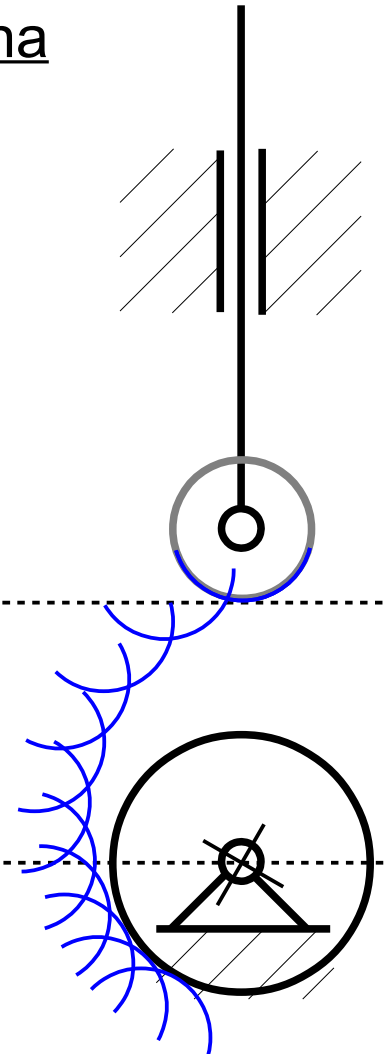
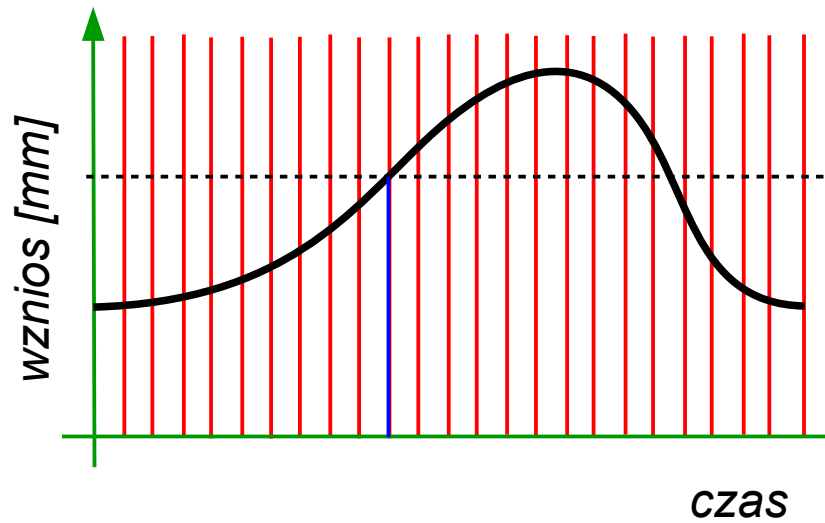
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

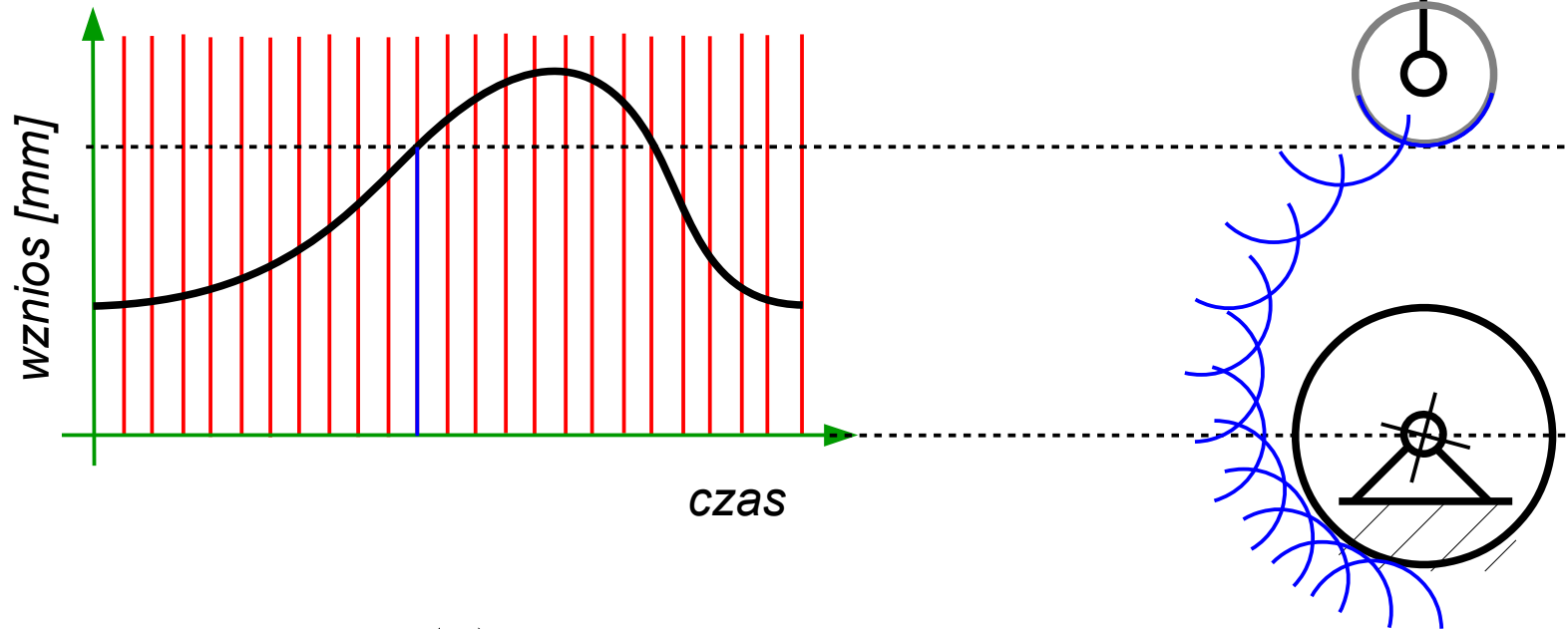
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

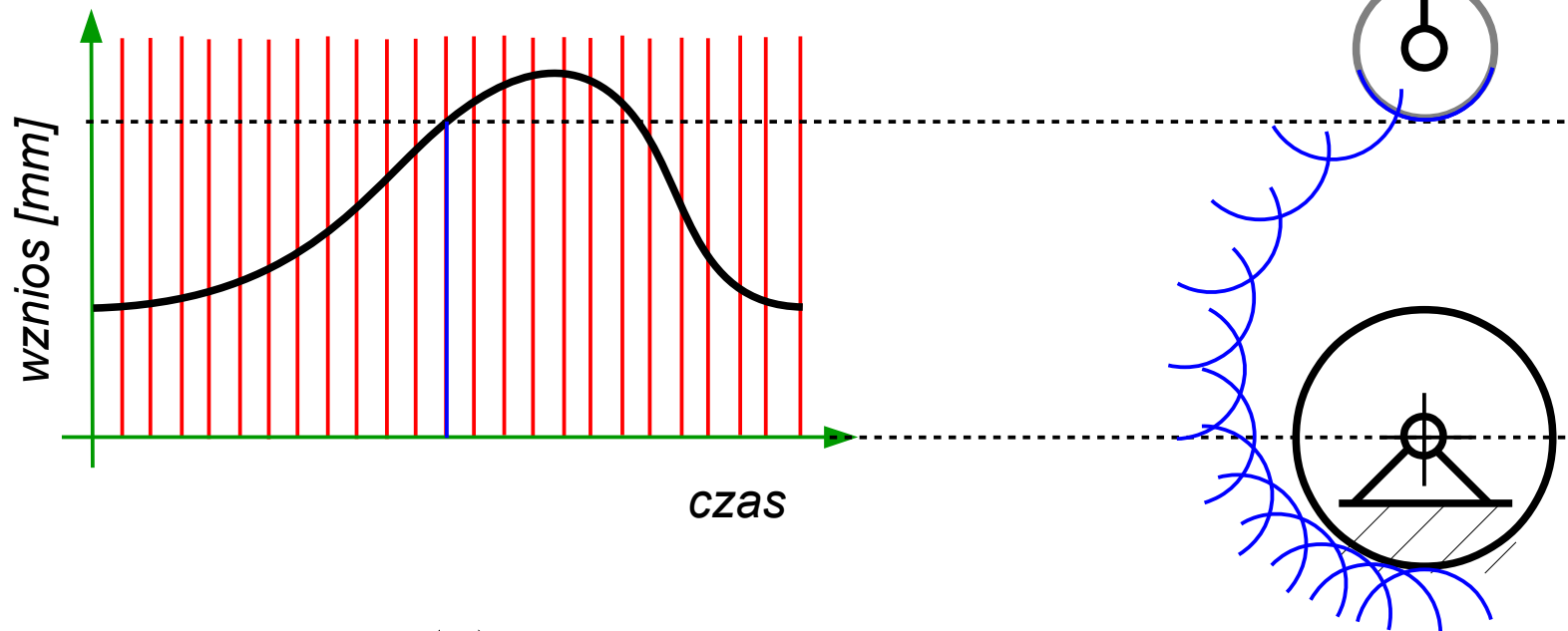
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

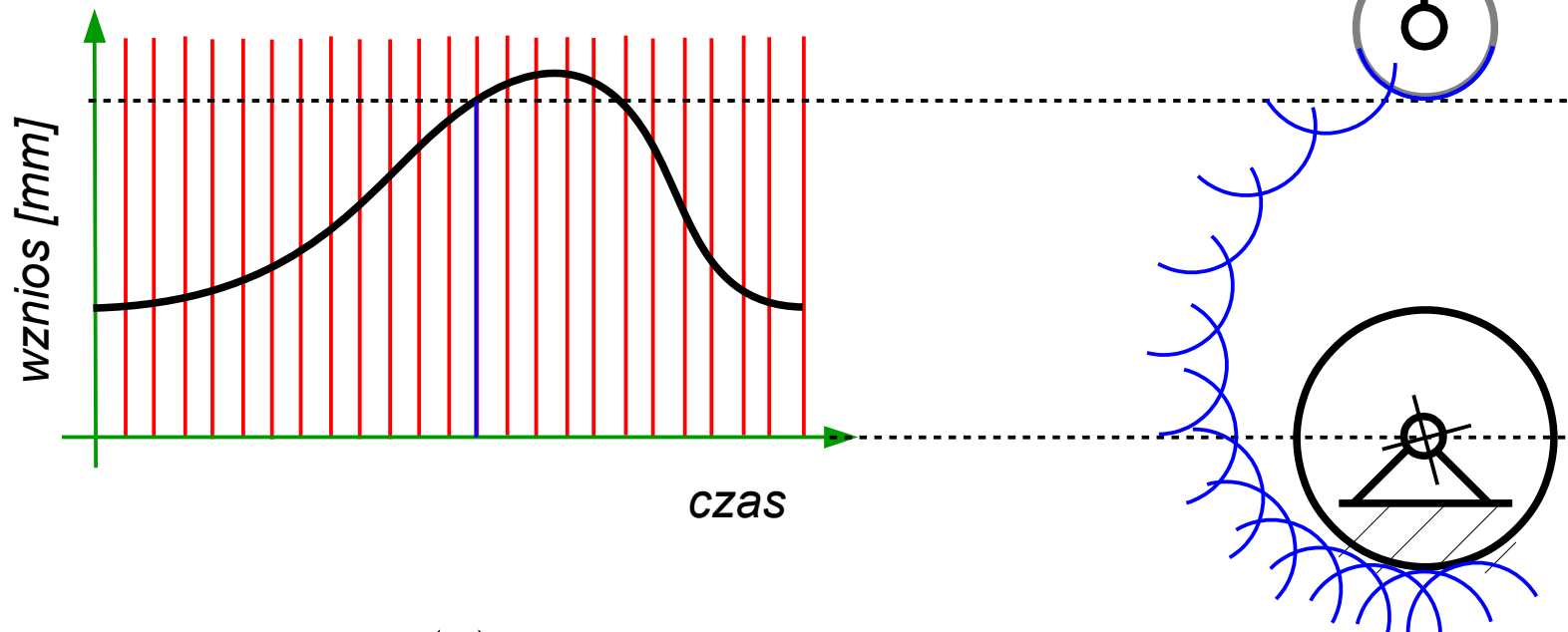
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

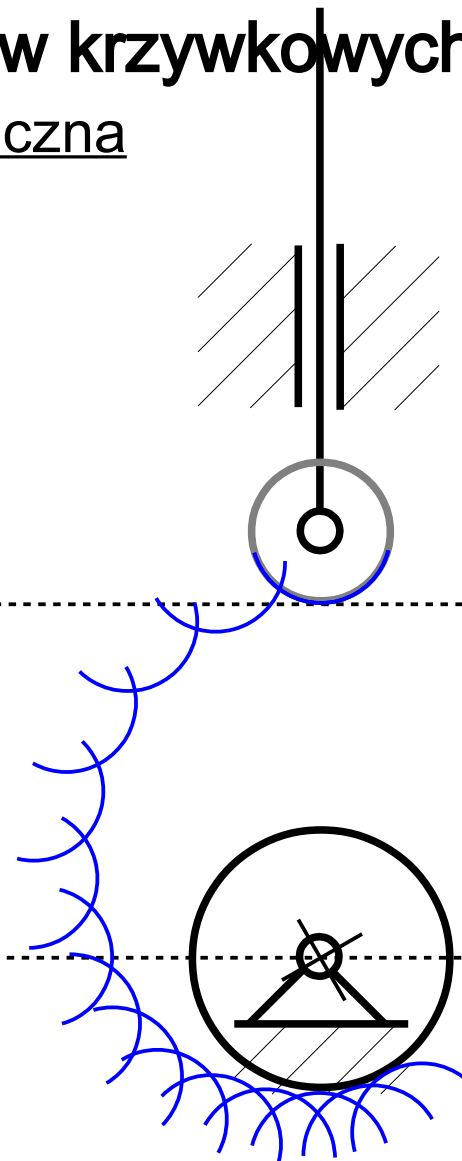
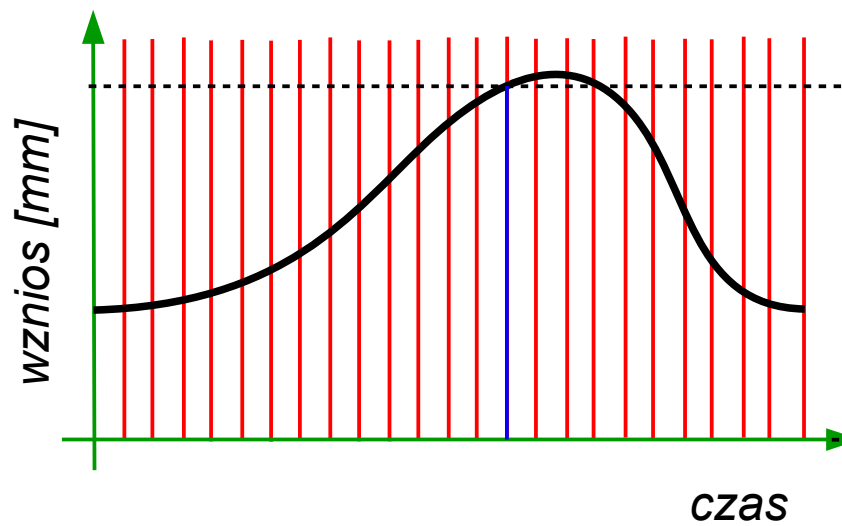
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

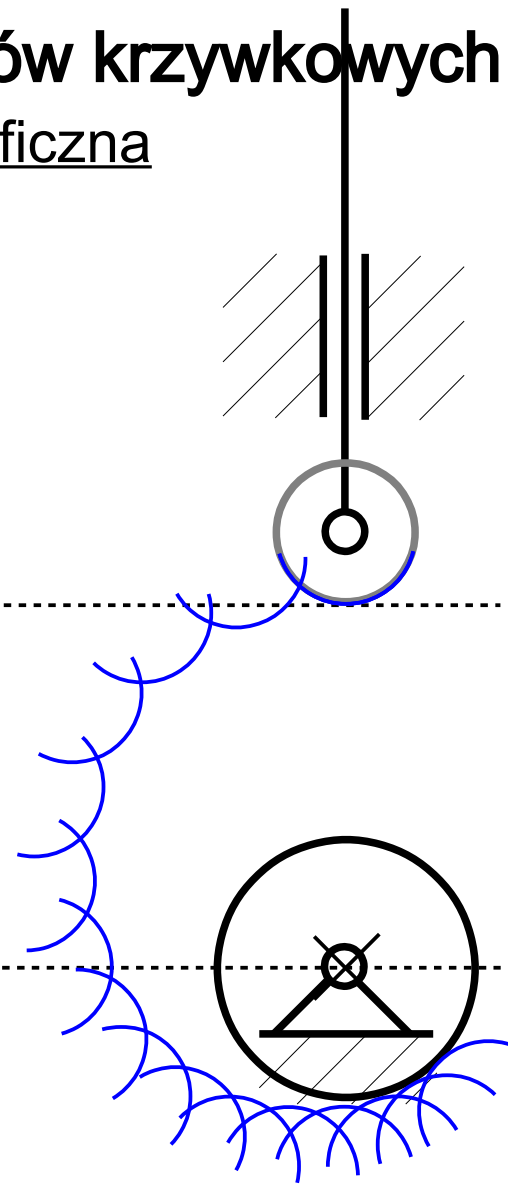
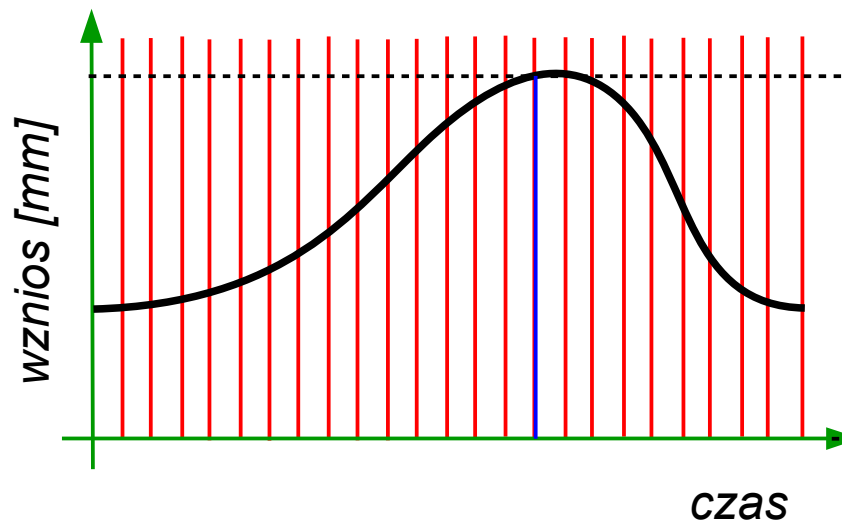
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

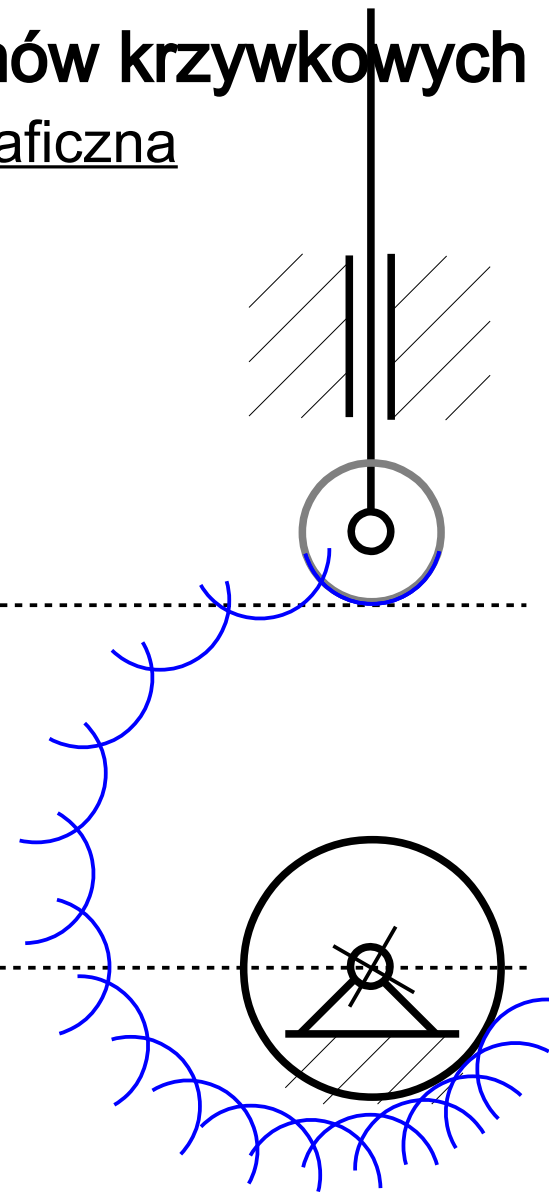
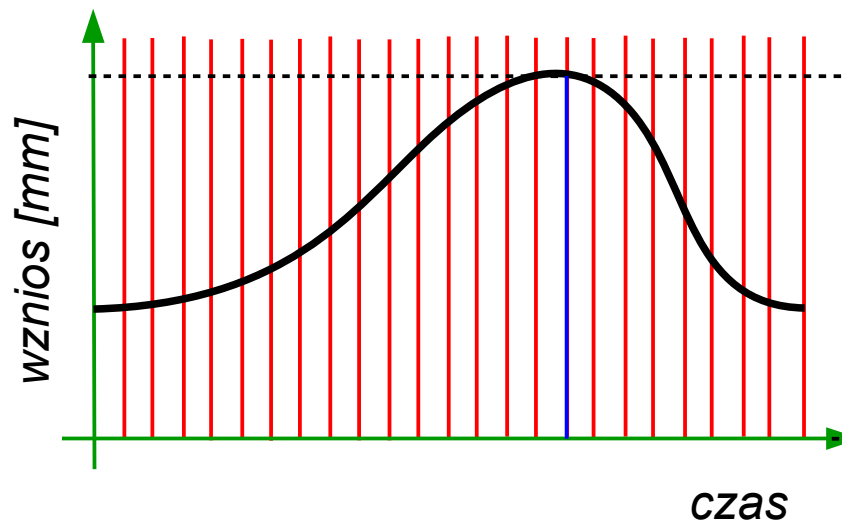
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

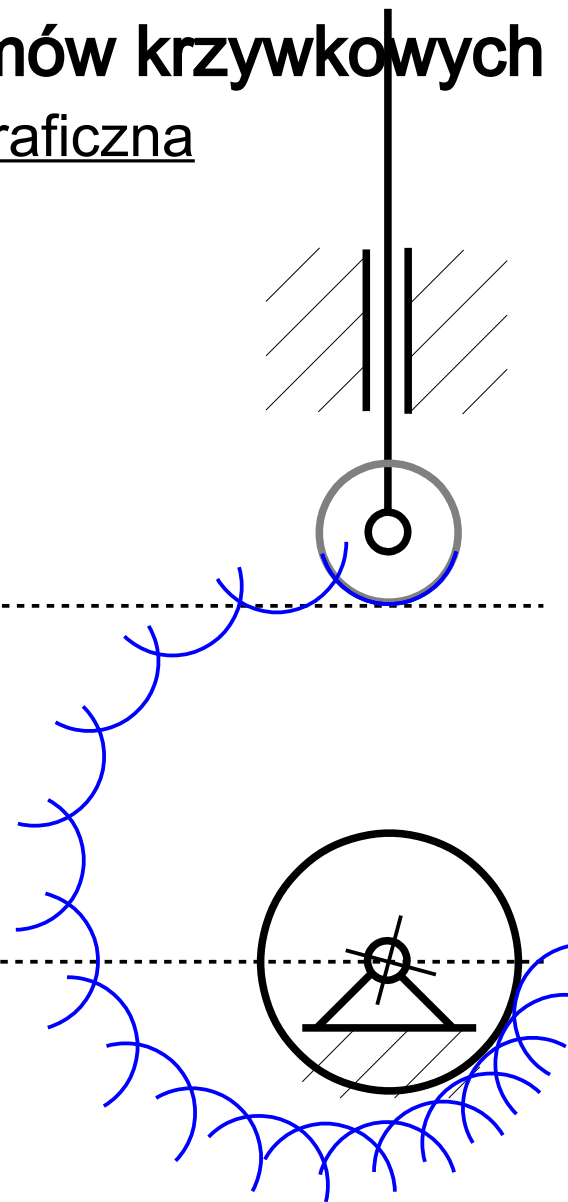
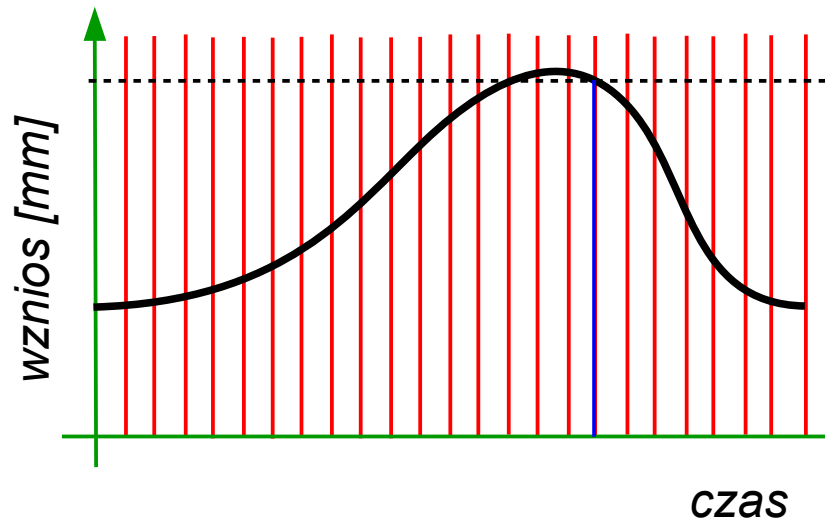
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

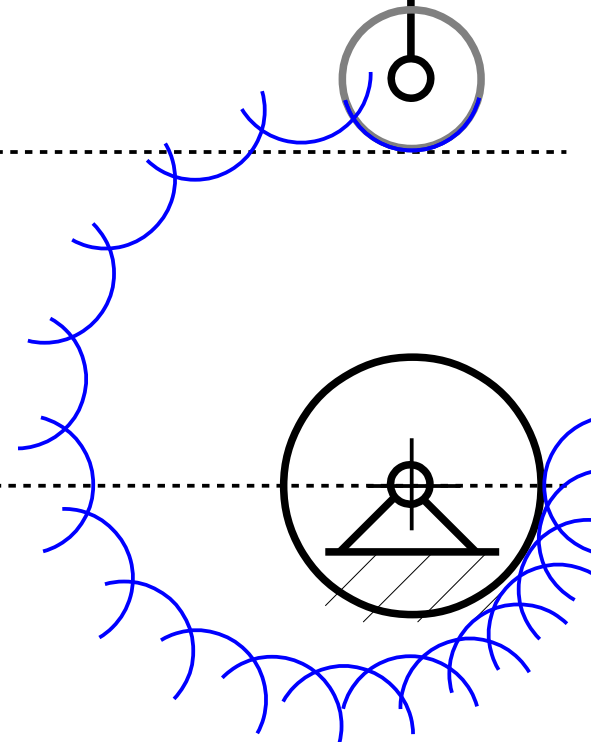
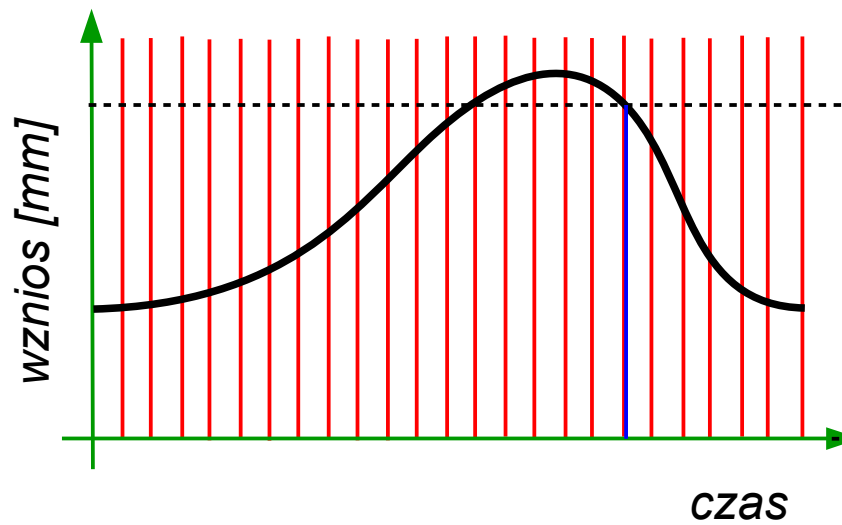
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

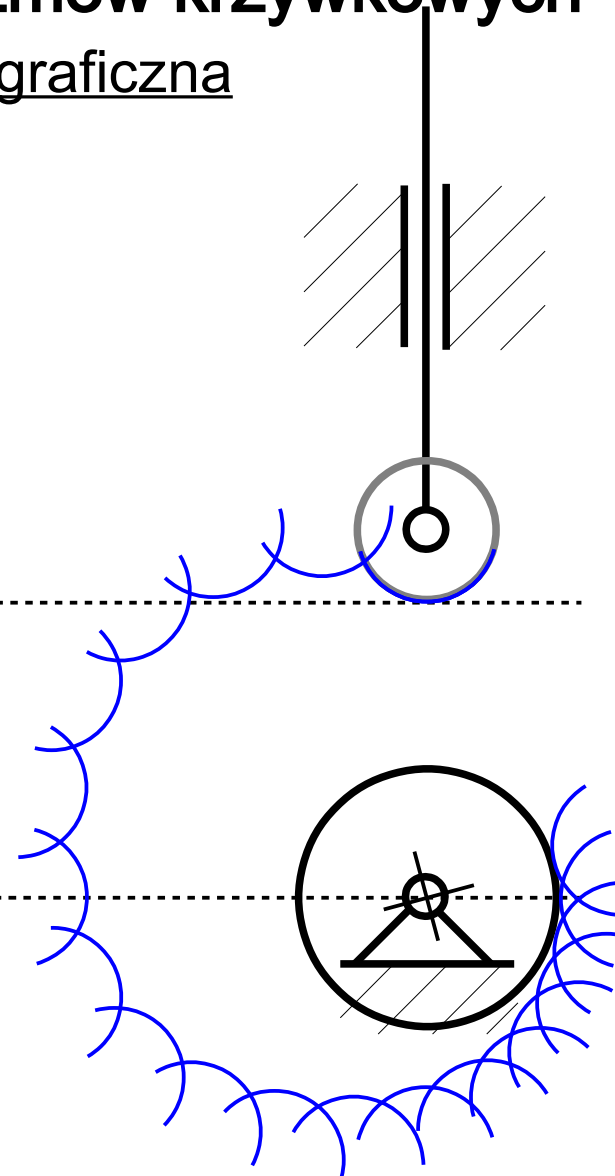
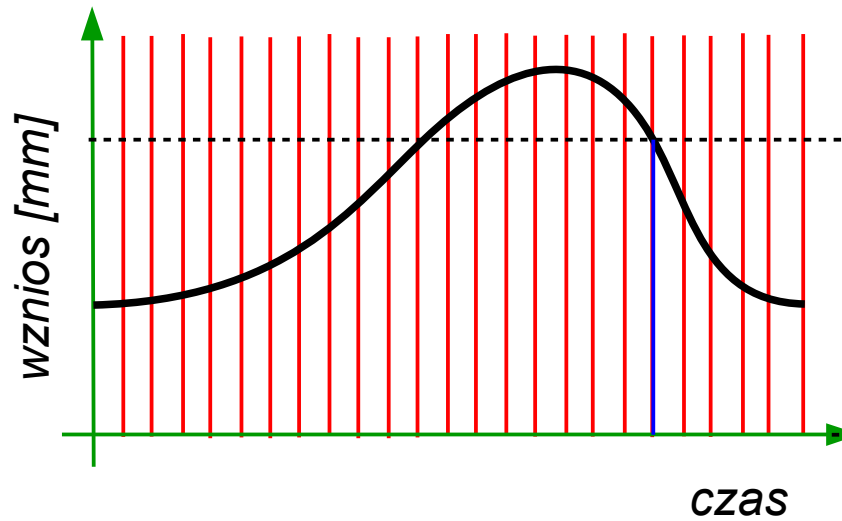
Metoda graficzna



zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

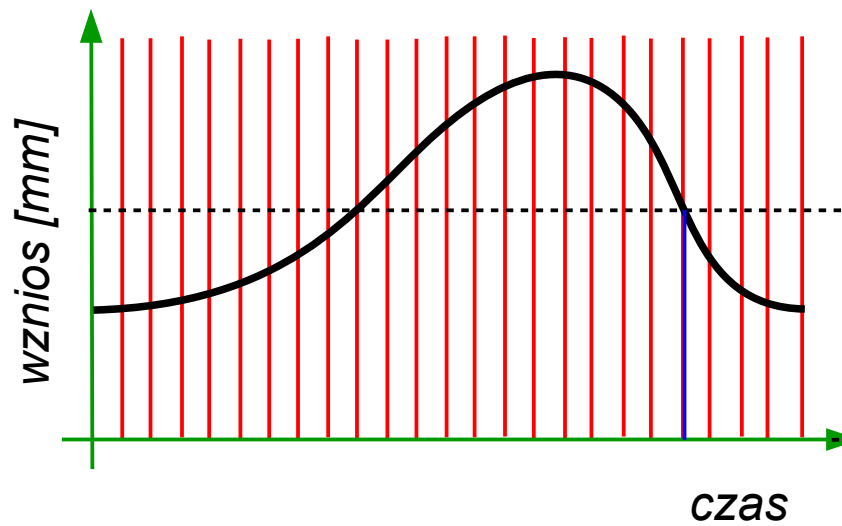
Metoda graficzna



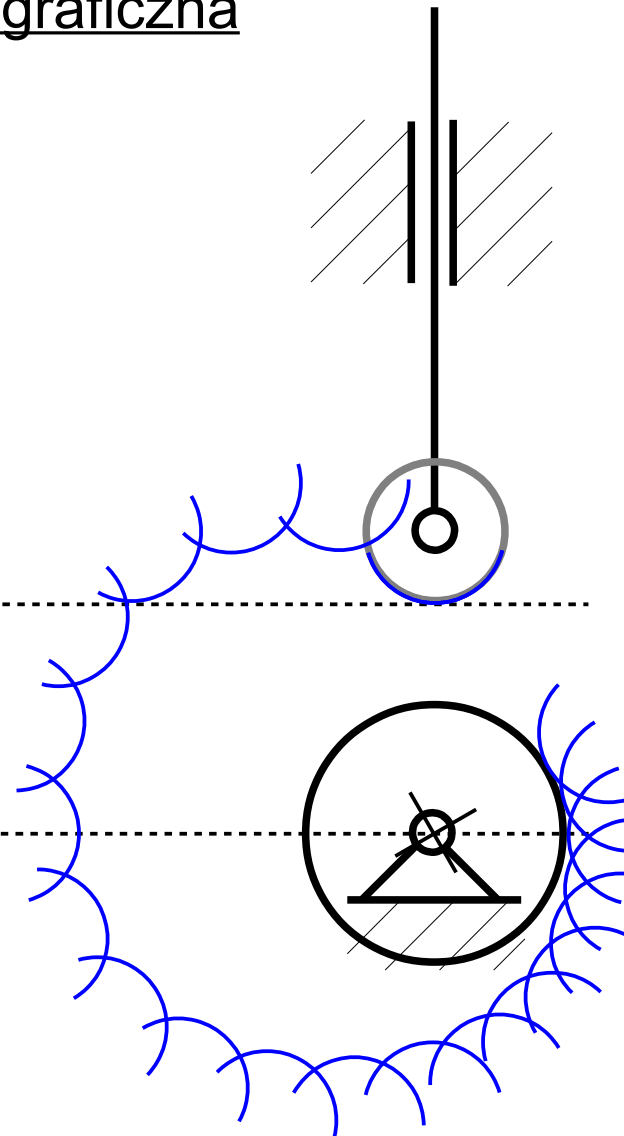
zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

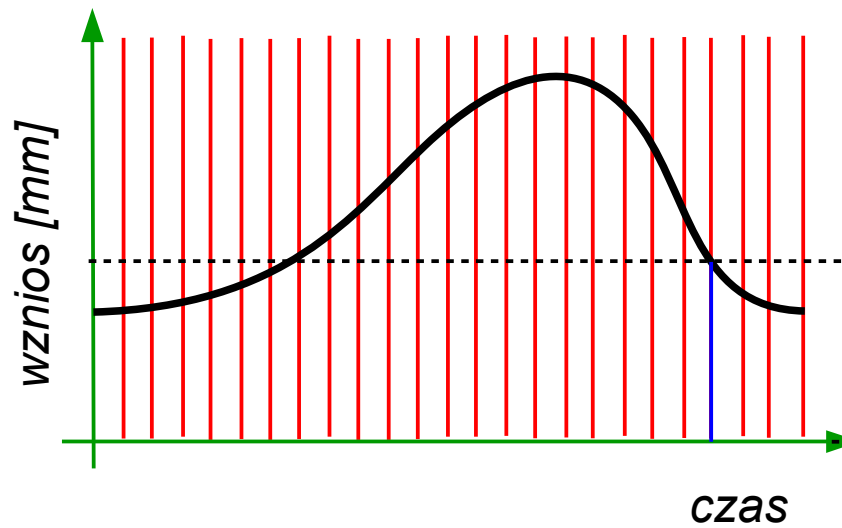


zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$

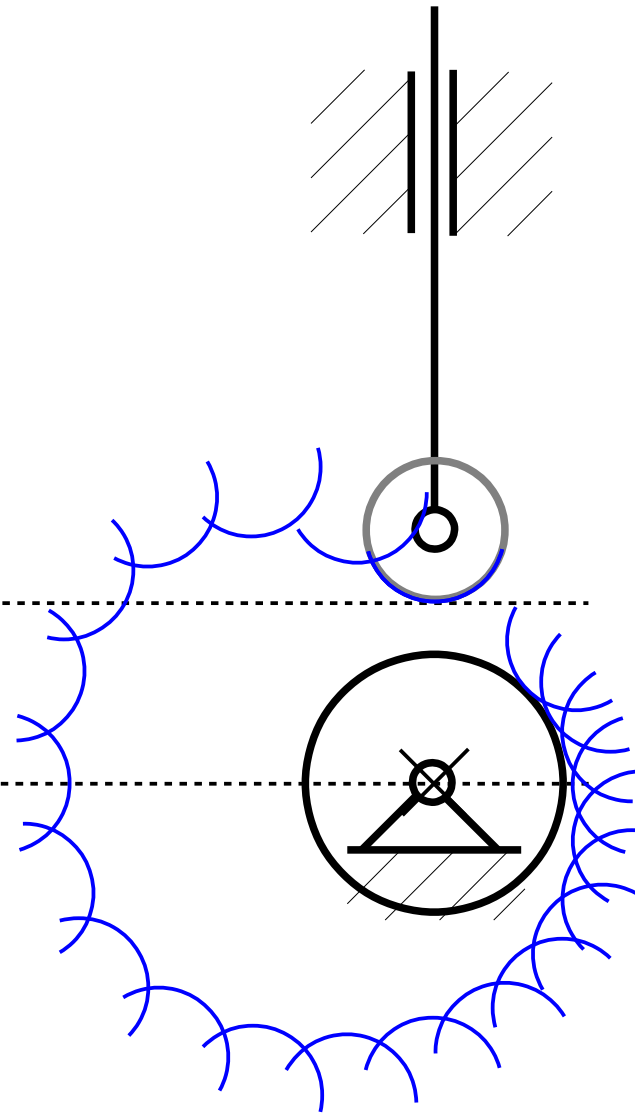


Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

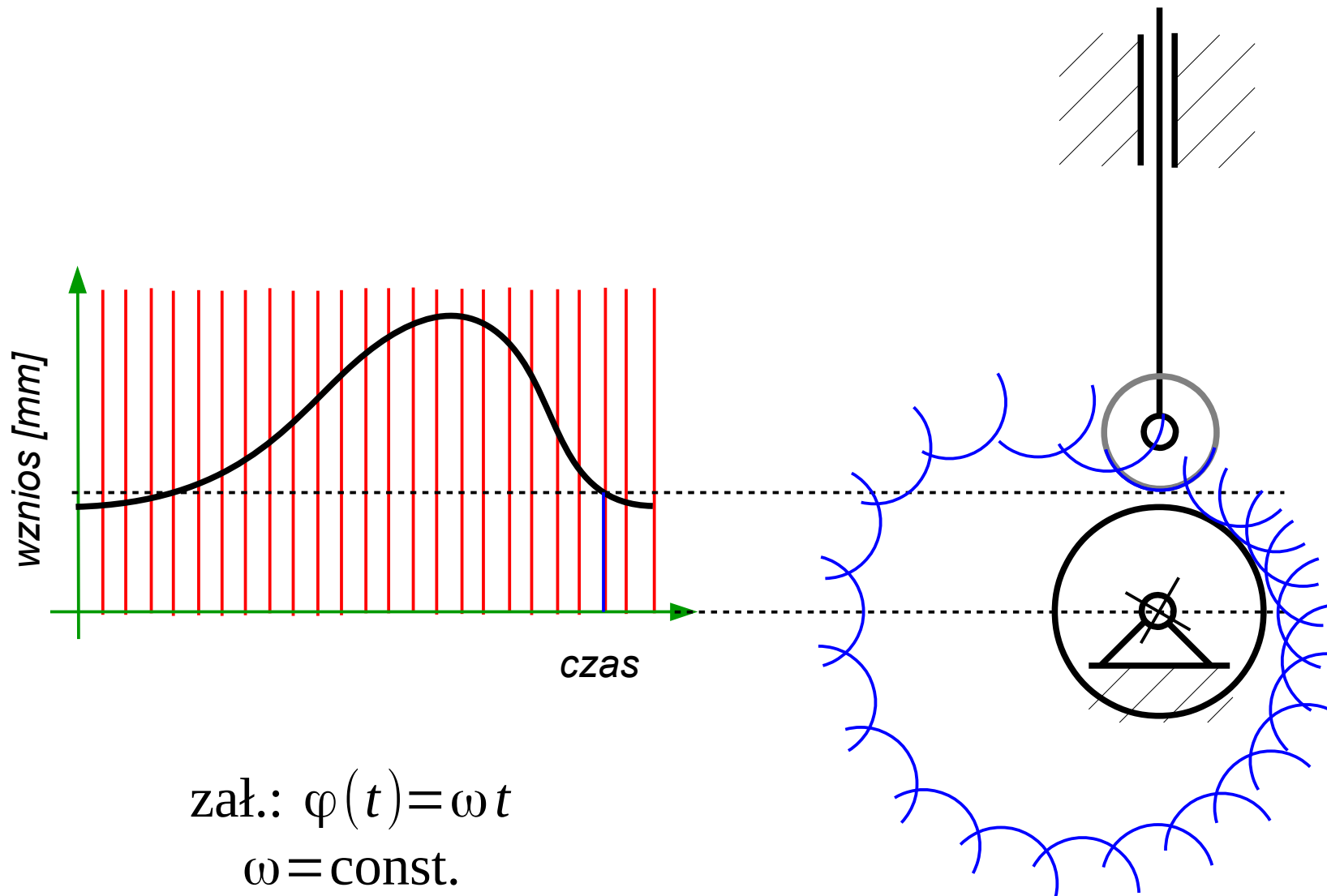


zał.: $\varphi(t) = \omega t$
 $\omega = \text{const.}$



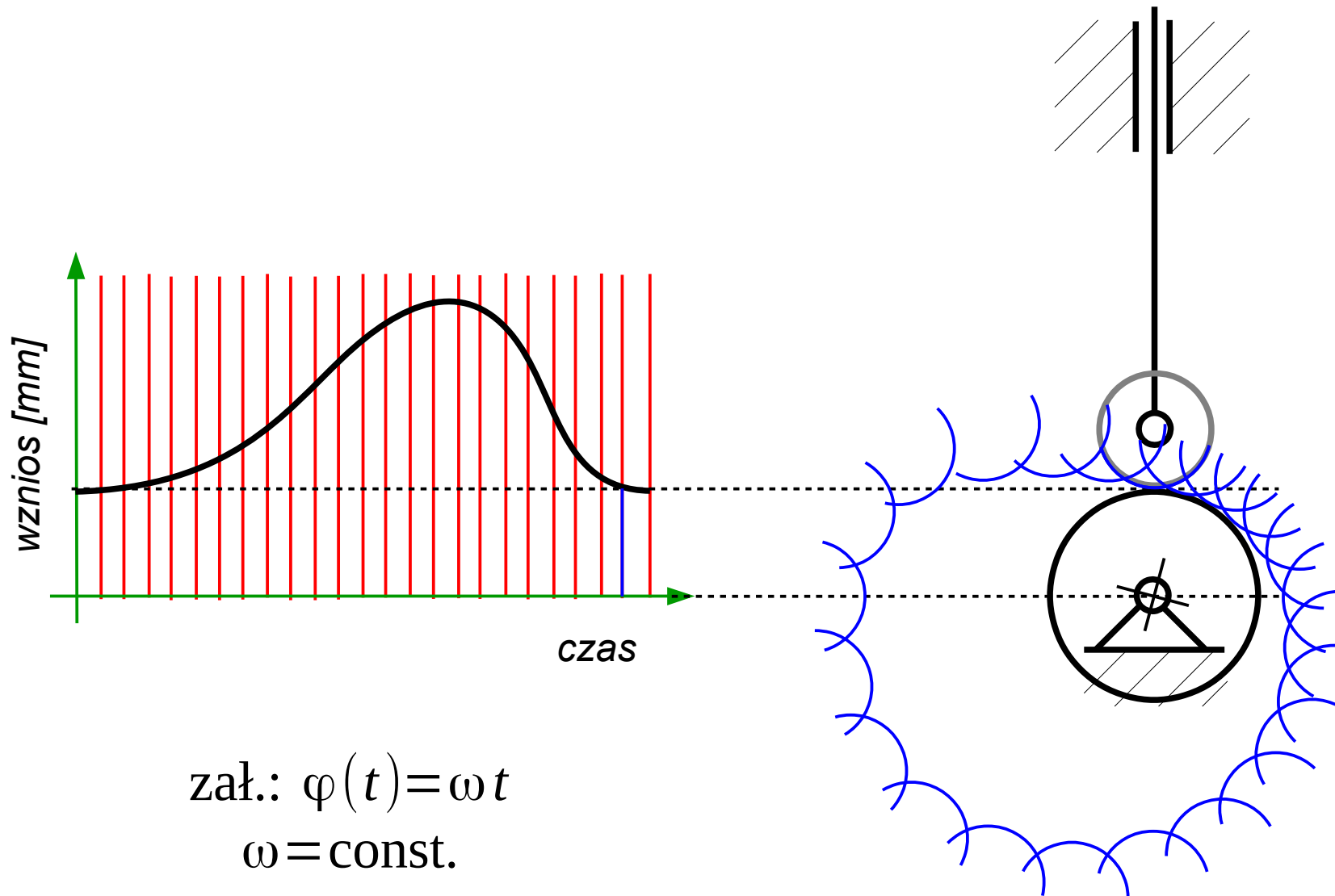
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



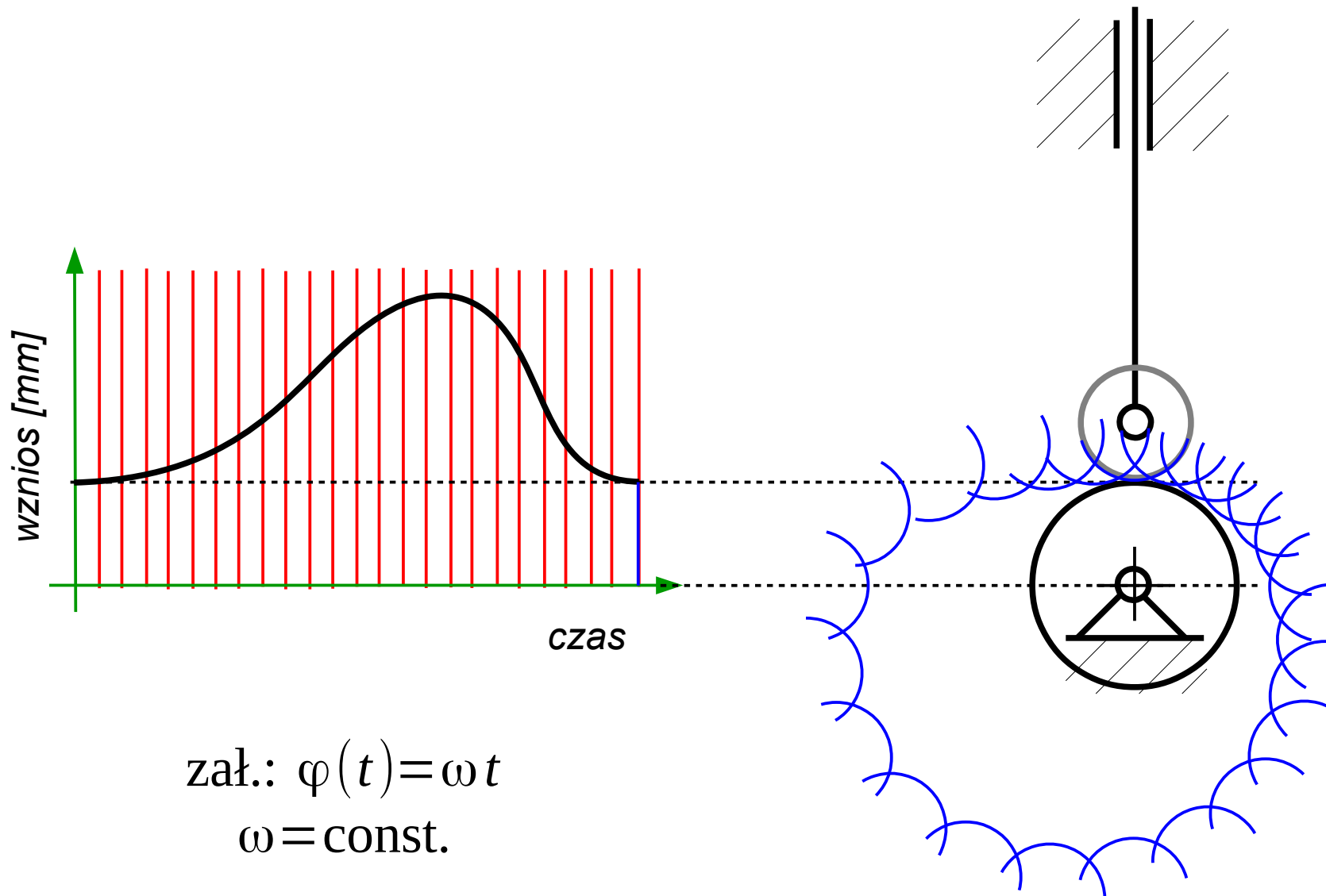
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



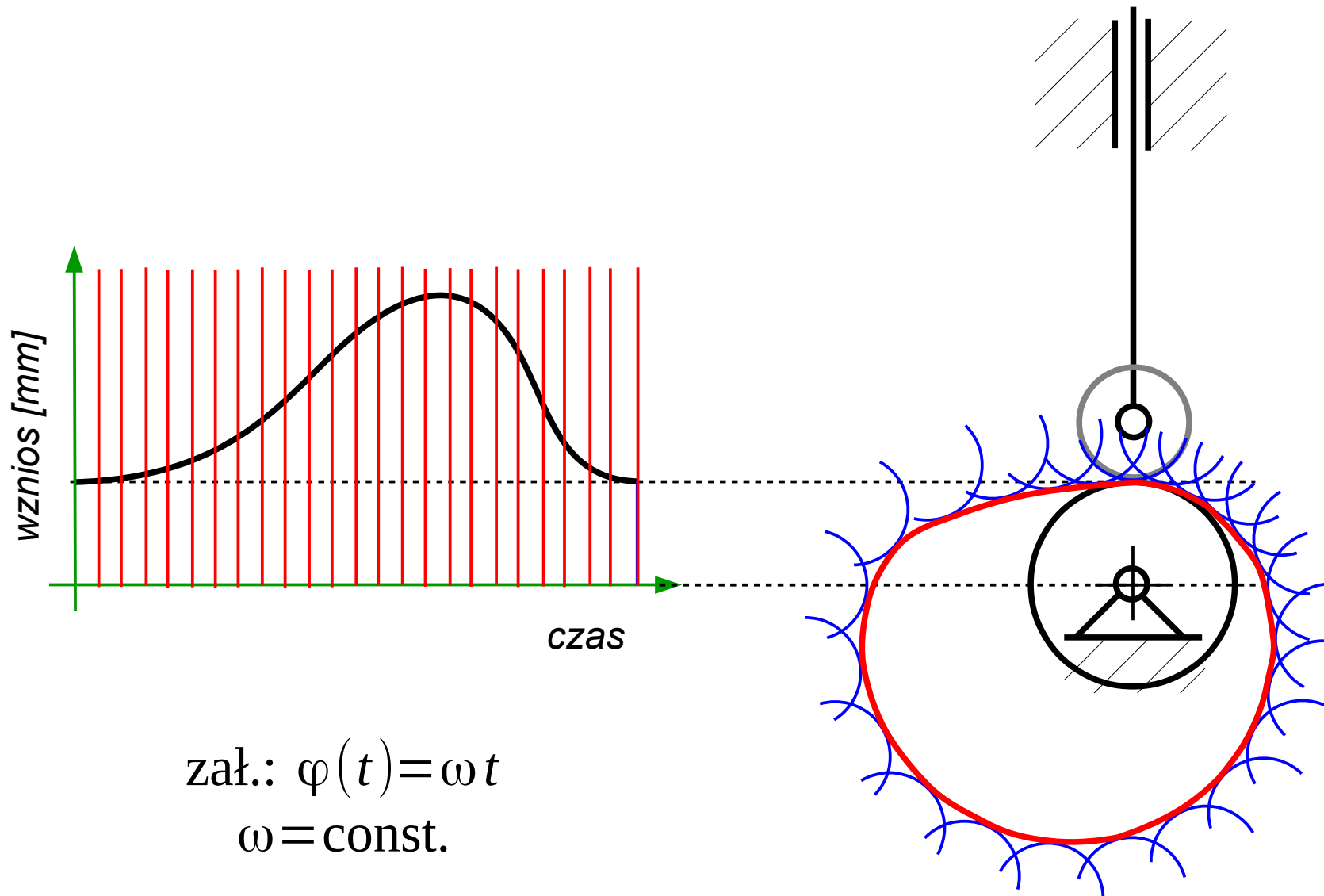
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



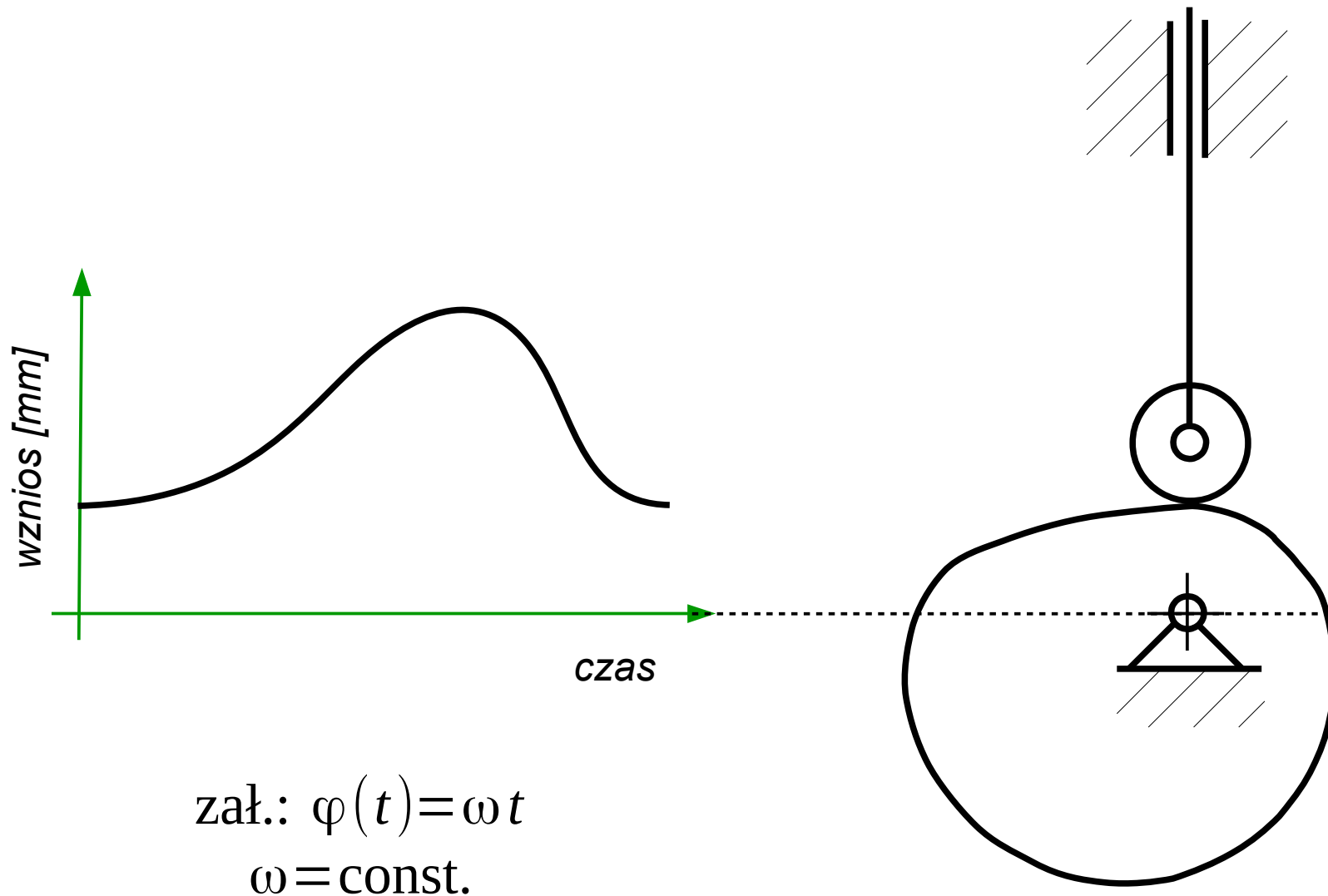
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Dla danego przebiegu przyspieszenia lub prędkości wzniosu popychacza w funkcji czasu (lub kąta obrotu) charakterystykę wzniosu popychacza otrzymuje się poprzez całkowanie.

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Dla danego przebiegu przyspieszenia lub prędkości wzniosu popychacza w funkcji czasu (lub kąta obrotu) charakterystykę wzniosu popychacza otrzymuje się poprzez całkowanie.

Przebieg wzniosu popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki możemy wprost wykorzystać do wygenerowania zarysu krzywki (lub po przekształceniu do współrzędnych biegunowych).

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Dla danego przebiegu przyspieszenia lub prędkości wzniosu popychacza w funkcji czasu (lub kąta obrotu) charakterystykę wzniosu popychacza otrzymuje się poprzez całkowanie.

Przebieg wzniosu popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki możemy wprost wykorzystać do wygenerowania zarysu krzywki (lub po przekształceniu do współrzędnych biegunowych).

Zastosowanie popychacza ostrzowego pozwala dokładnie odzwierciedlić zadaną funkcję wzniosu popychacza.

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Dla danego przebiegu przyspieszenia lub prędkości wzniosu popychacza w funkcji czasu (lub kąta obrotu) charakterystykę wzniosu popychacza otrzymuje się poprzez całkowanie.

Przebieg wzniosu popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki możemy wprost wykorzystać do wygenerowania zarysu krzywki (lub po przekształceniu do współrzędnych biegunowych).

Zastosowanie popychacza ostrzowego pozwala dokładnie odzwierciedlić zadaną funkcję wzniosu popychacza.

Zastosowanie popychacza rolkowego wprowadza ograniczenie maksymalnej prędkości wzniosu popychacza – wymaga ustalenia proporcji między wielkością krzywki a promieniem rolki.

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna

Dla danego przebiegu przyspieszenia lub prędkości wzniosu popychacza w funkcji czasu (lub kąta obrotu) charakterystykę wzniosu popychacza otrzymuje się poprzez całkowanie.

Przebieg wzniosu popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki możemy wprost wykorzystać do wygenerowania zarysu krzywki (lub po przekształceniu do współrzędnych biegunowych).

Zastosowanie popychacza ostrzowego pozwala dokładnie odzwierciedlić zadaną funkcję wzniosu popychacza.

Zastosowanie popychacza rolkowego wprowadza ograniczenie maksymalnej prędkości wzniosu popychacza – wymaga ustalenia proporcji między wielkością krzywki a promieniem rolki.

Często projektuje się krzywki o symetrycznym zarysie oraz gładkie (bez uskoków).

Synteza mechanizmów krzywkowych

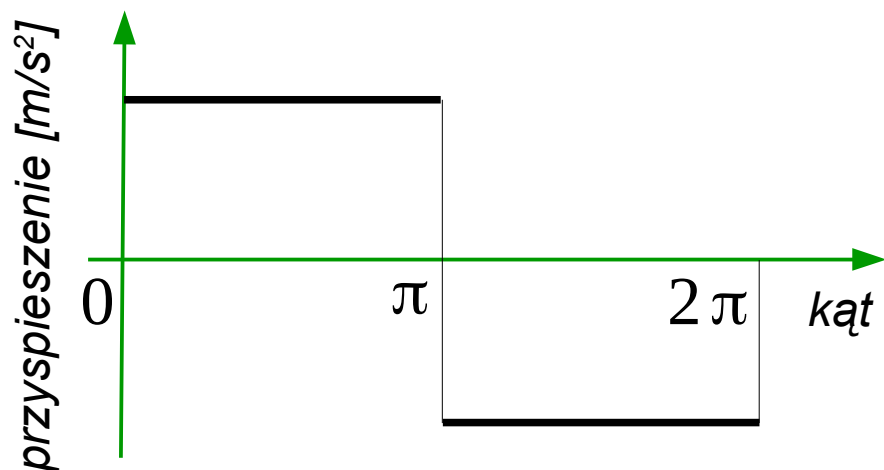
Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

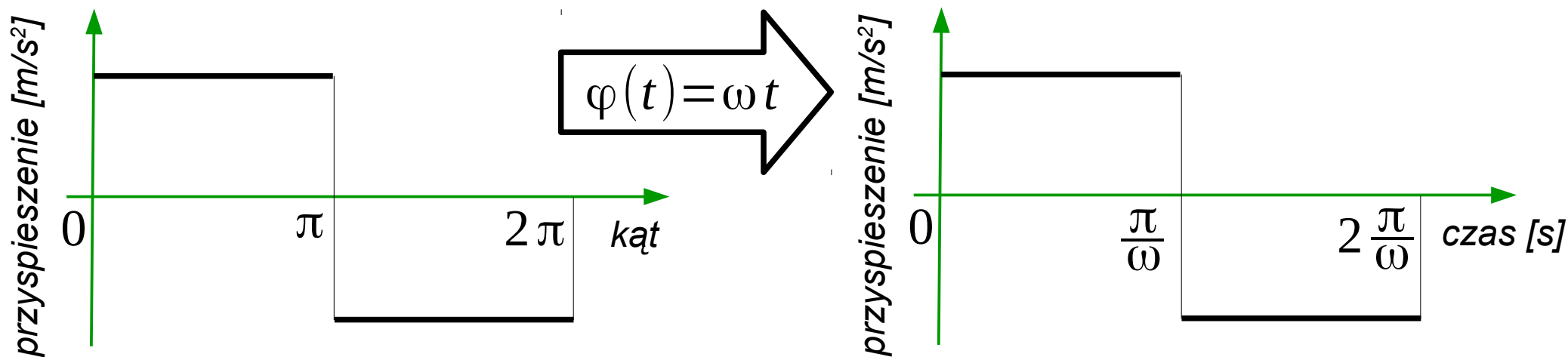
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

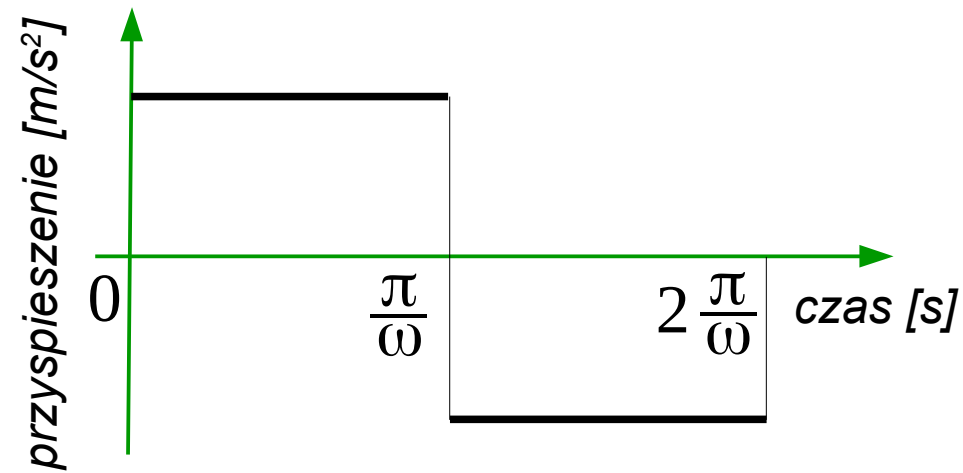
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

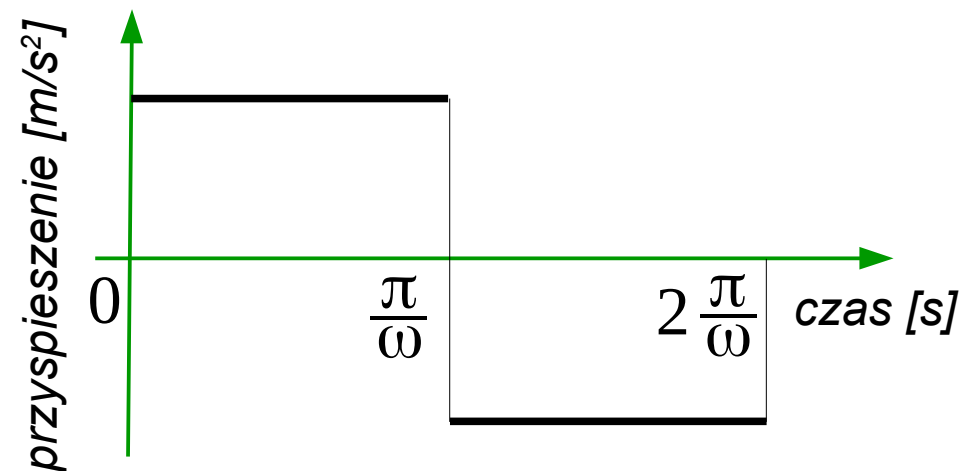
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

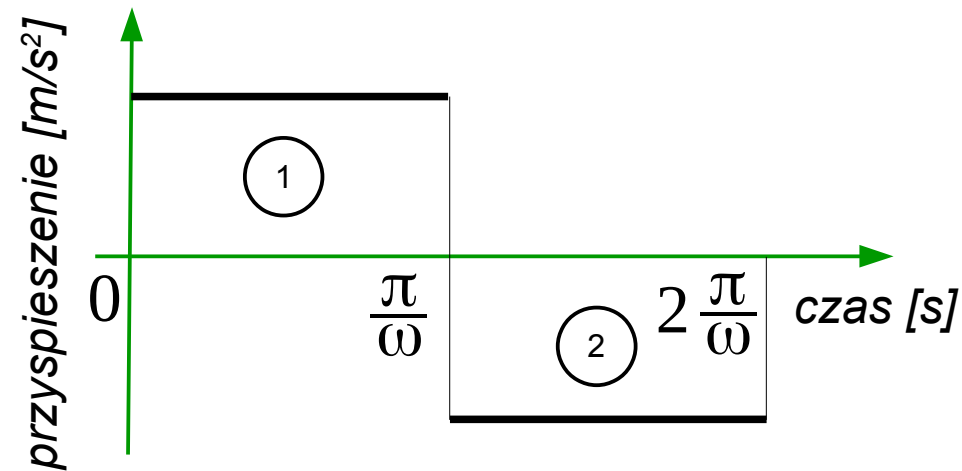
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



$$a_1 = a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + C_2$$

$$a_2 = -a_0$$

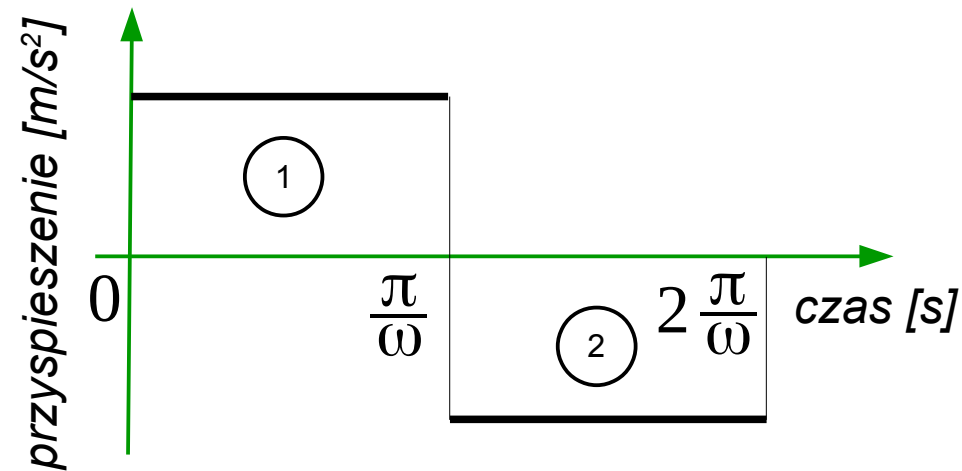
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

$$h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + C_3 t + C_4$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Promień koła zasadniczego krzywki

$$h_1(t=0) = h_2(t=2\frac{\pi}{\omega}) = R$$

$$C_2 = R$$

$$C_4 = R + 2a_0\frac{\pi^2}{\omega^2} - 2C_3\frac{\pi}{\omega}$$

$$a_1 = a_0$$

$$a_2 = -a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

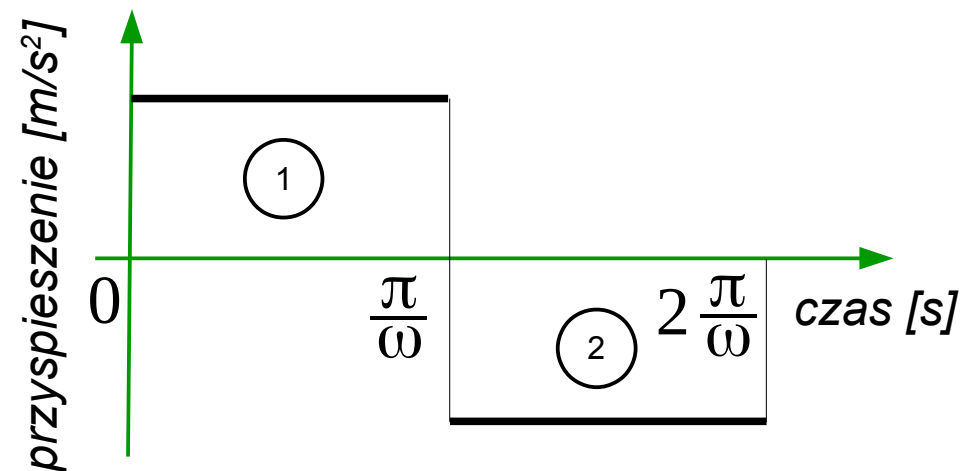
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + C_2 \quad h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + C_3 t + C_4$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Promień koła zasadniczego krzywki

$$h_1(t=0) = h_2(t=2\frac{\pi}{\omega}) = R$$

$$C_2 = R$$

$$C_4 = R + 2a_0 \frac{\pi^2}{\omega^2} - 2C_3 \frac{\pi}{\omega}$$

$$a_1 = a_0$$

$$a_2 = -a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R$$

$$h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + C_3 t + R + 2a_0 \frac{\pi^2}{\omega^2} - 2C_3 \frac{\pi}{\omega}$$

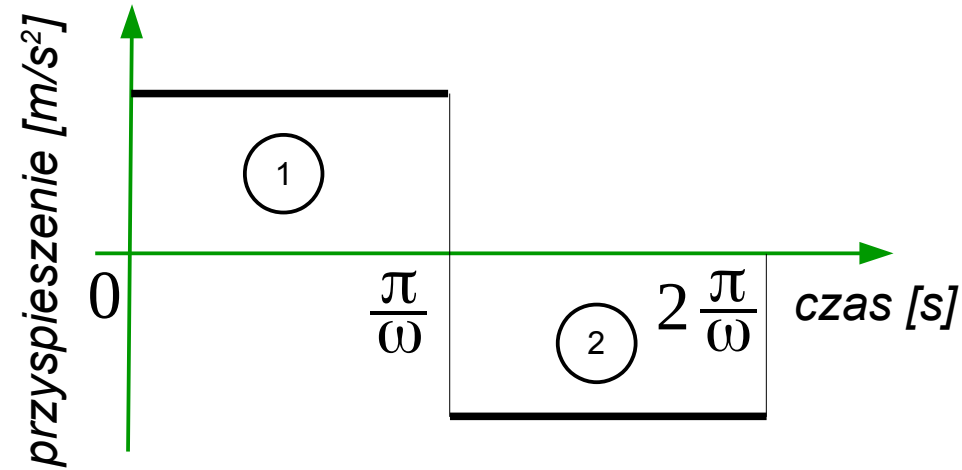
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

Ciągłość zarysu krzywki

$$h_2\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right) = h_1\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right)$$



$$a_1 = a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R$$

$$a_2 = -a_0$$

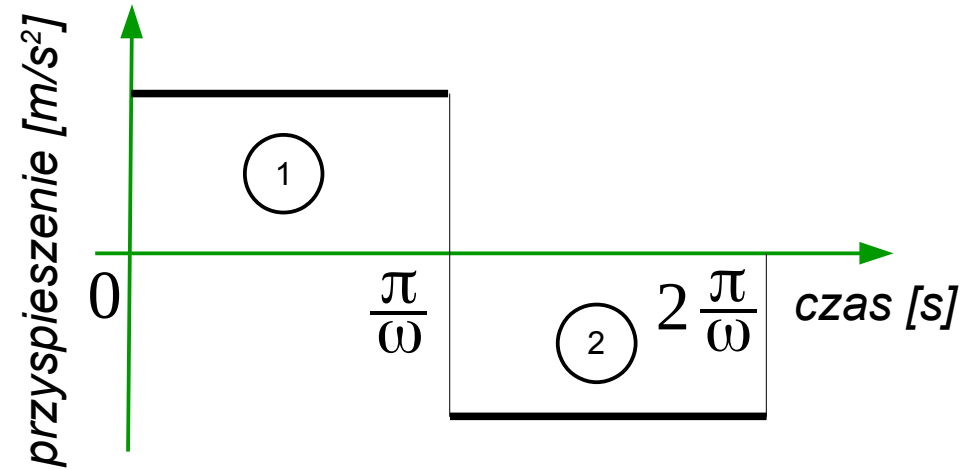
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

$$h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + C_3 t + R + 2a_0 \frac{\pi^2}{\omega^2} - 2C_3 \frac{\pi}{\omega}$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Ciągłość zarysu krzywki

$$h_2\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right) = h_1\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right)$$

$$C_3 = a_0 \frac{\pi}{\omega} - C_1$$

$$a_1 = a_0$$

$$a_2 = -a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

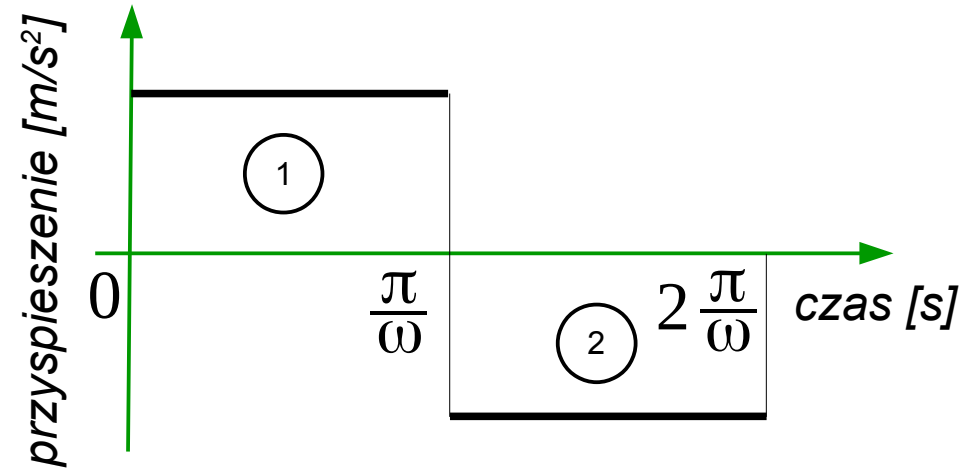
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R \quad h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + C_3 t + R + 2 a_0 \frac{\pi^2}{\omega^2} - 2 C_3 \frac{\pi}{\omega}$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Ciągłość zarysu krzywki

$$h_2\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right) = h_1\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right)$$

$$C_3 = a_0 \frac{\pi}{\omega} - C_1$$

$$a_1 = a_0$$

$$v_1(t) = a_0 t + C_1$$

$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R$$

$$a_2 = -a_0$$

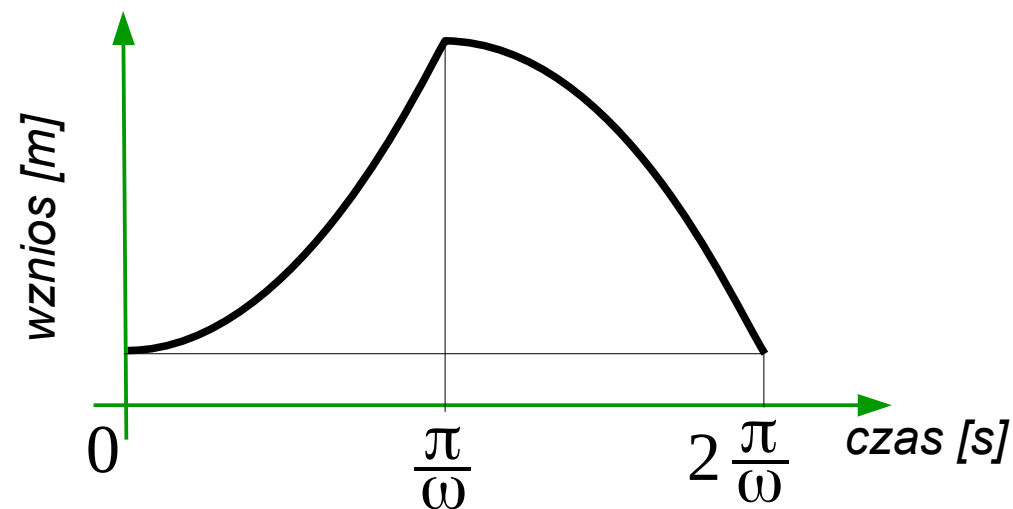
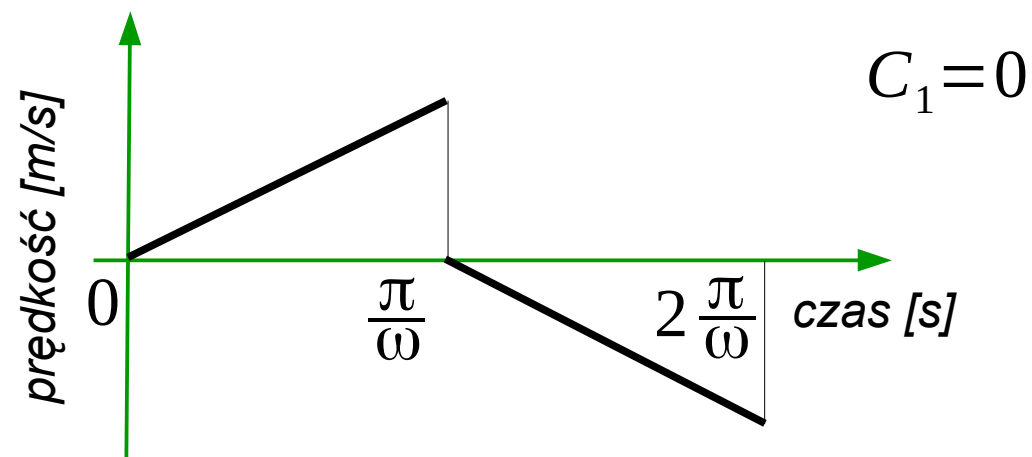
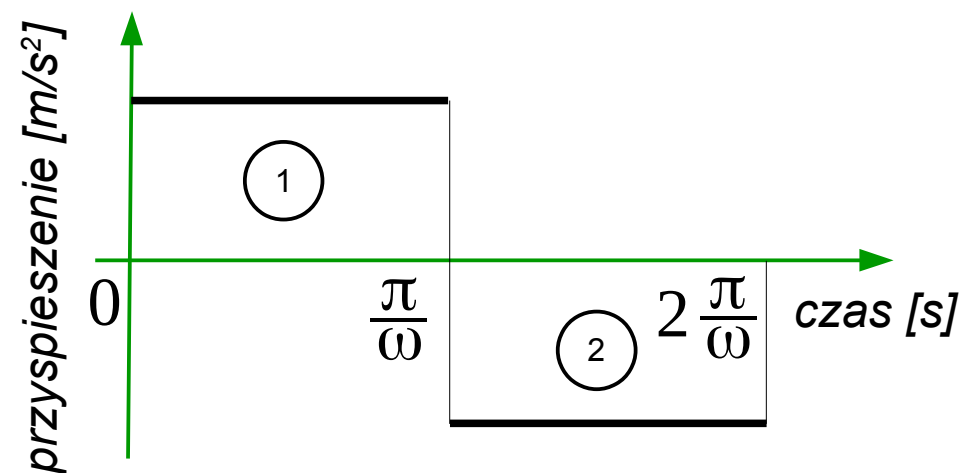
$$v_2(t) = -a_0 t + a_0 \frac{\pi}{\omega} - C_1$$

$$h_2(t) = \frac{-a_0 t^2}{2} + R + a_0 \frac{\pi}{\omega} t + C_1 \left(2 \frac{\pi}{\omega} - t\right)$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

$$h(t) = \begin{cases} \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R, & \text{for } t \in (0, \frac{\pi}{\omega}) \\ \frac{-a_0 t^2}{2} + R + a_0 \frac{\pi}{\omega} t + C_1 (2 \frac{\pi}{\omega} - t), & \text{for } t \in (\frac{\pi}{\omega}, 2 \frac{\pi}{\omega}) \end{cases}$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

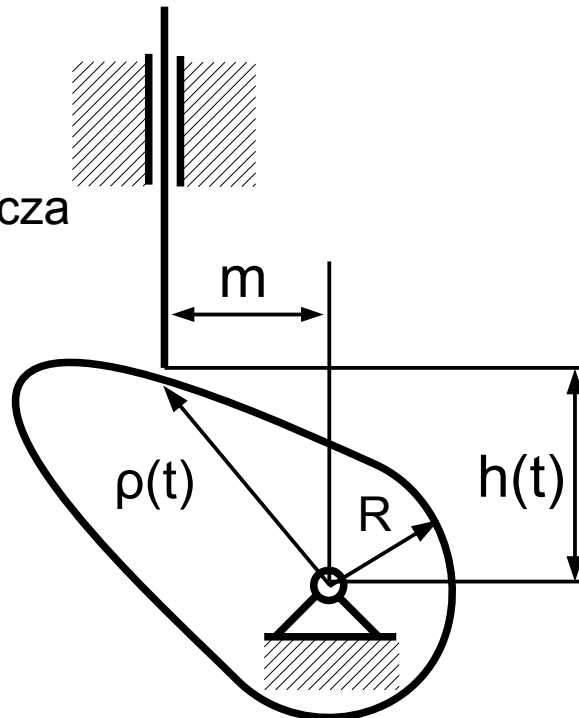
Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

$$h(t) = \begin{cases} \frac{at^2}{2} + C_1 t + R, & \text{dla } t \in (0, \frac{\pi}{\omega}) \\ -\frac{at^2}{2} + R + a_0 \frac{\pi}{\omega} t + C_1 (2 \frac{\pi}{\omega} - t), & \text{dla } t \in (\frac{\pi}{\omega}, 2 \frac{\pi}{\omega}) \end{cases}$$

Uwzględnienie mimośrodowość popychacza

$$\rho(t) = \sqrt{h^2(t) + m^2}$$



Synteza mechanizmów krzywkowych

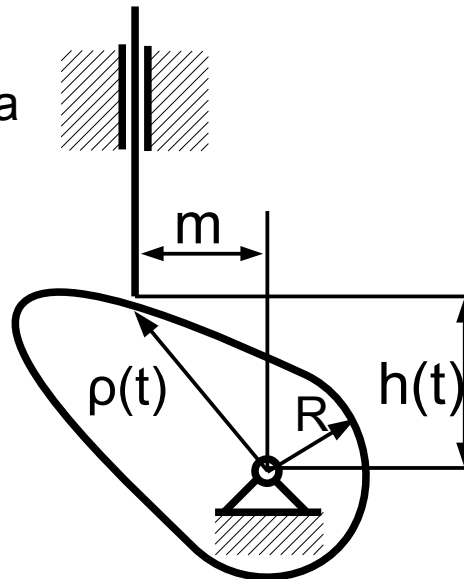
Metoda analityczna – przykład

Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

$$h(t) = \begin{cases} \frac{at^2}{2} + C_1 t + R, & \text{dla } t \in (0, \frac{\pi}{\omega}) \\ -\frac{at^2}{2} + R + a_0 \frac{\pi}{\omega} t + C_1 (2 \frac{\pi}{\omega} - t), & \text{dla } t \in (\frac{\pi}{\omega}, 2 \frac{\pi}{\omega}) \end{cases}$$

Uwzględnienie mimośrodowość popychacza

$$\rho(t) = \sqrt{h^2(t) + m^2}$$



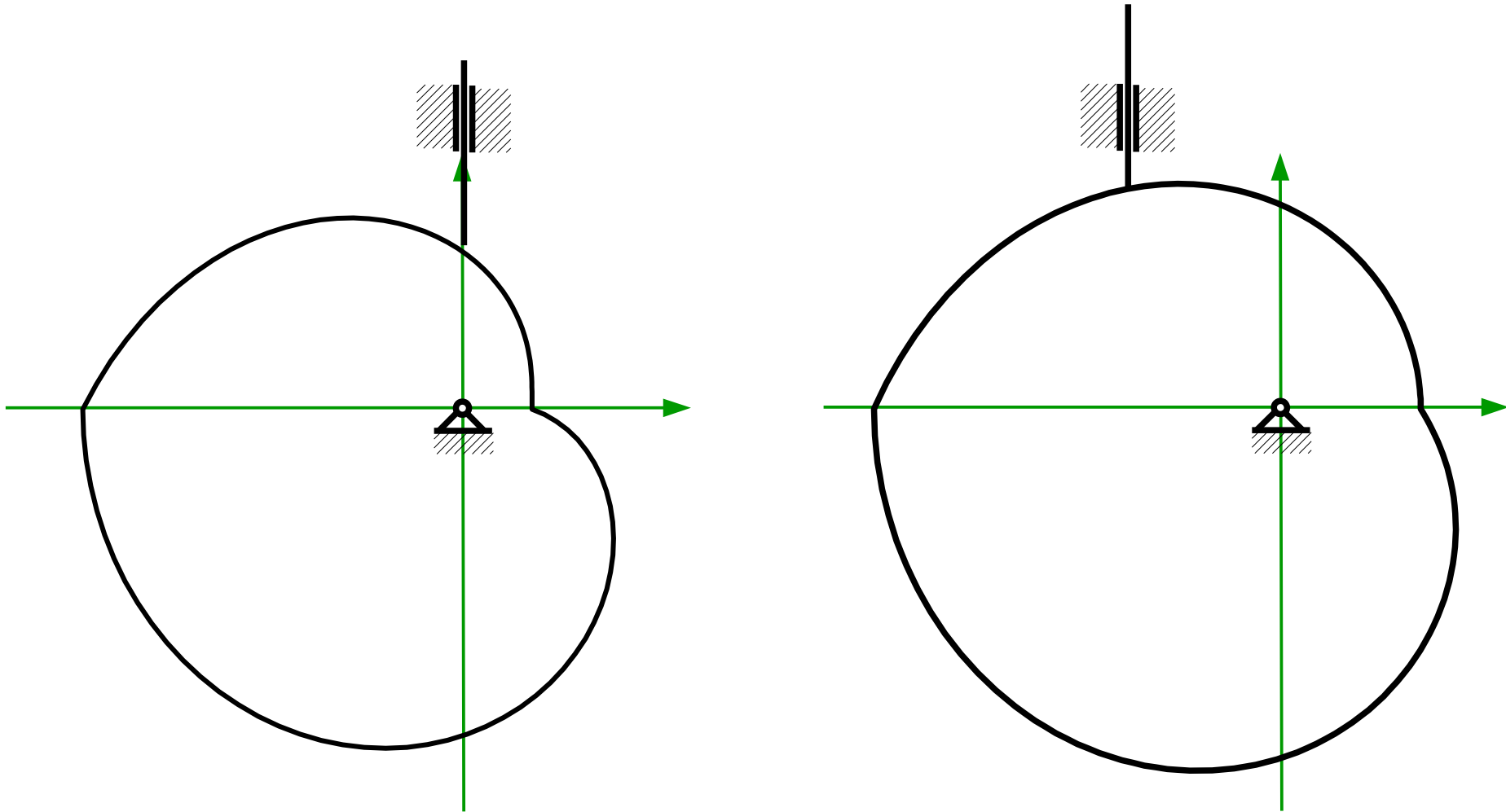
Przejdźcie ze współrzędnych biegunowych na prostokątne

$$x(t) = \rho(t) \cos \omega t$$

$$y(t) = \rho(t) \sin \omega t$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

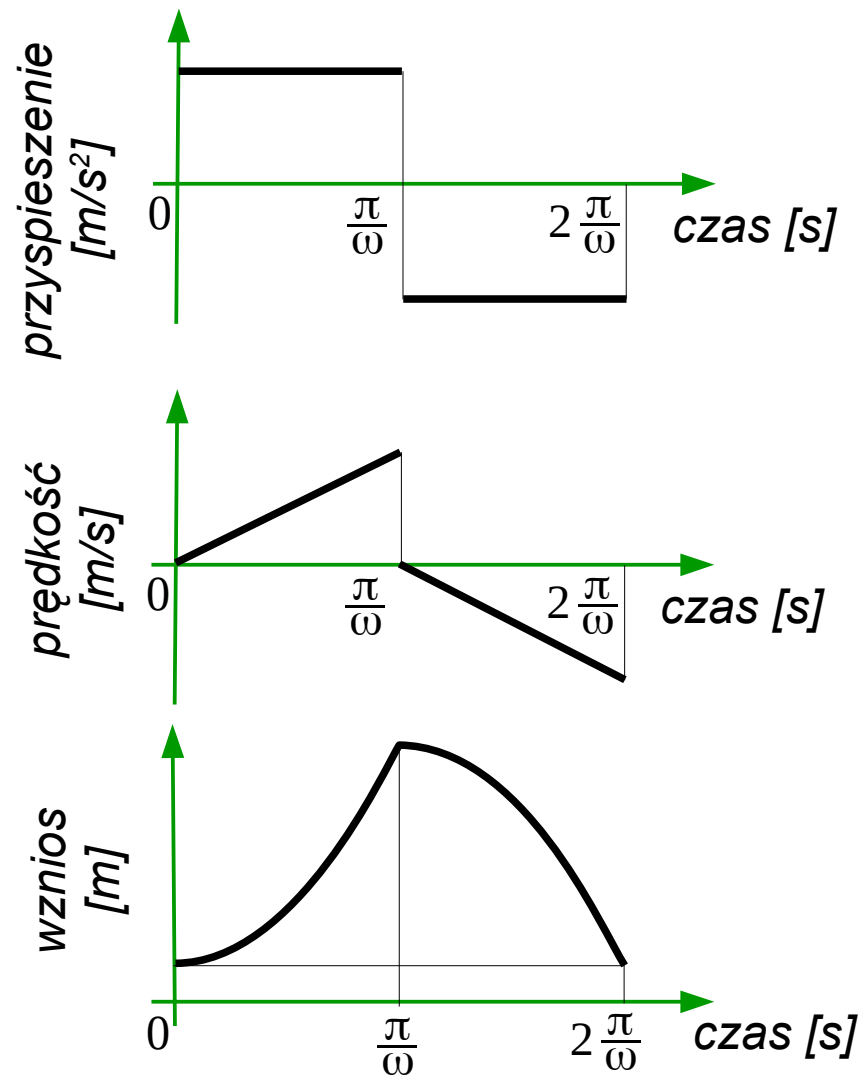
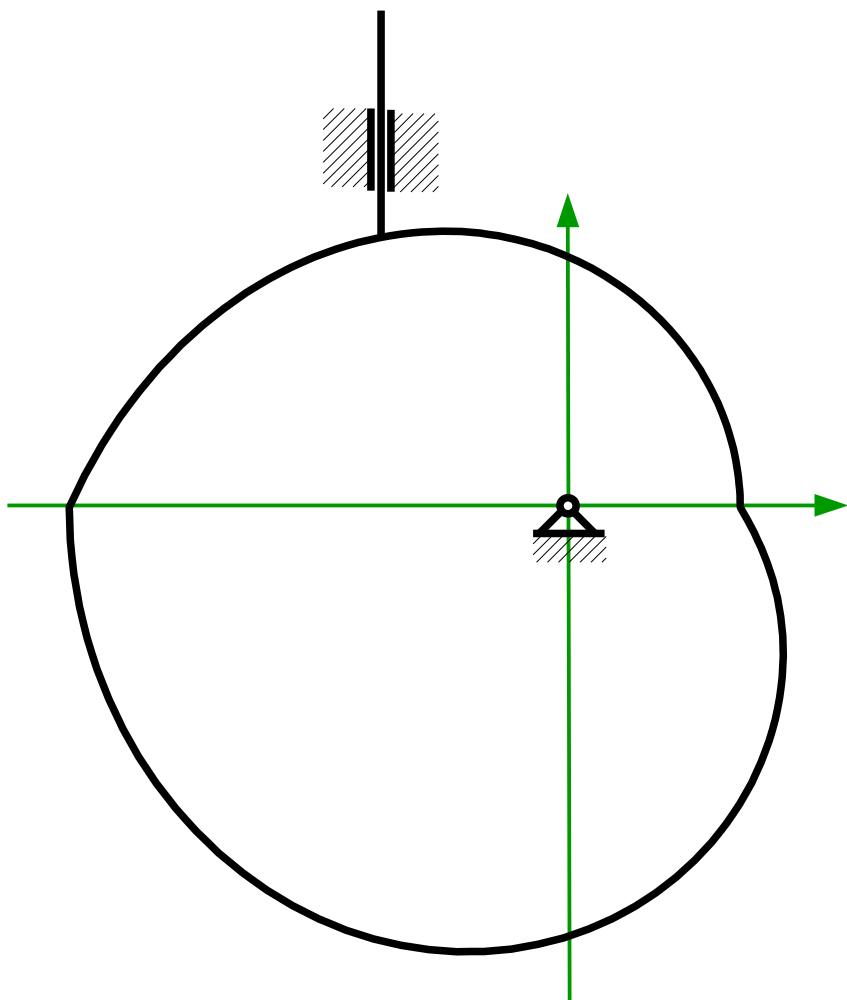
Metoda analityczna – przykład



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

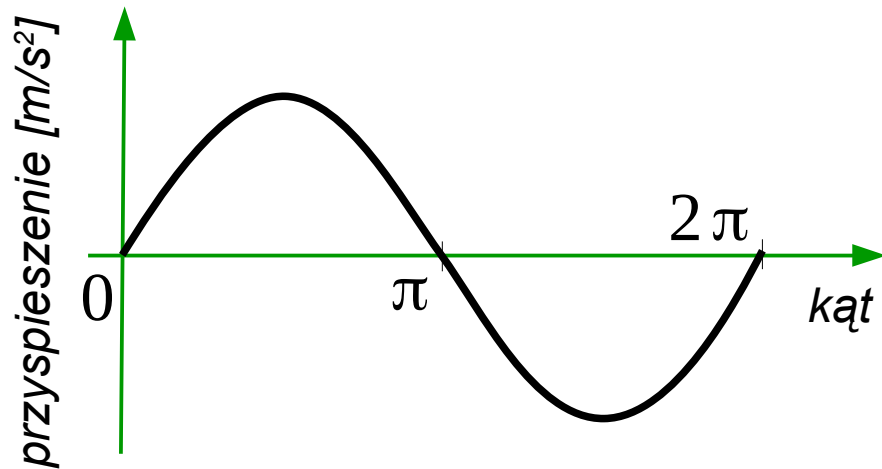
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład 2

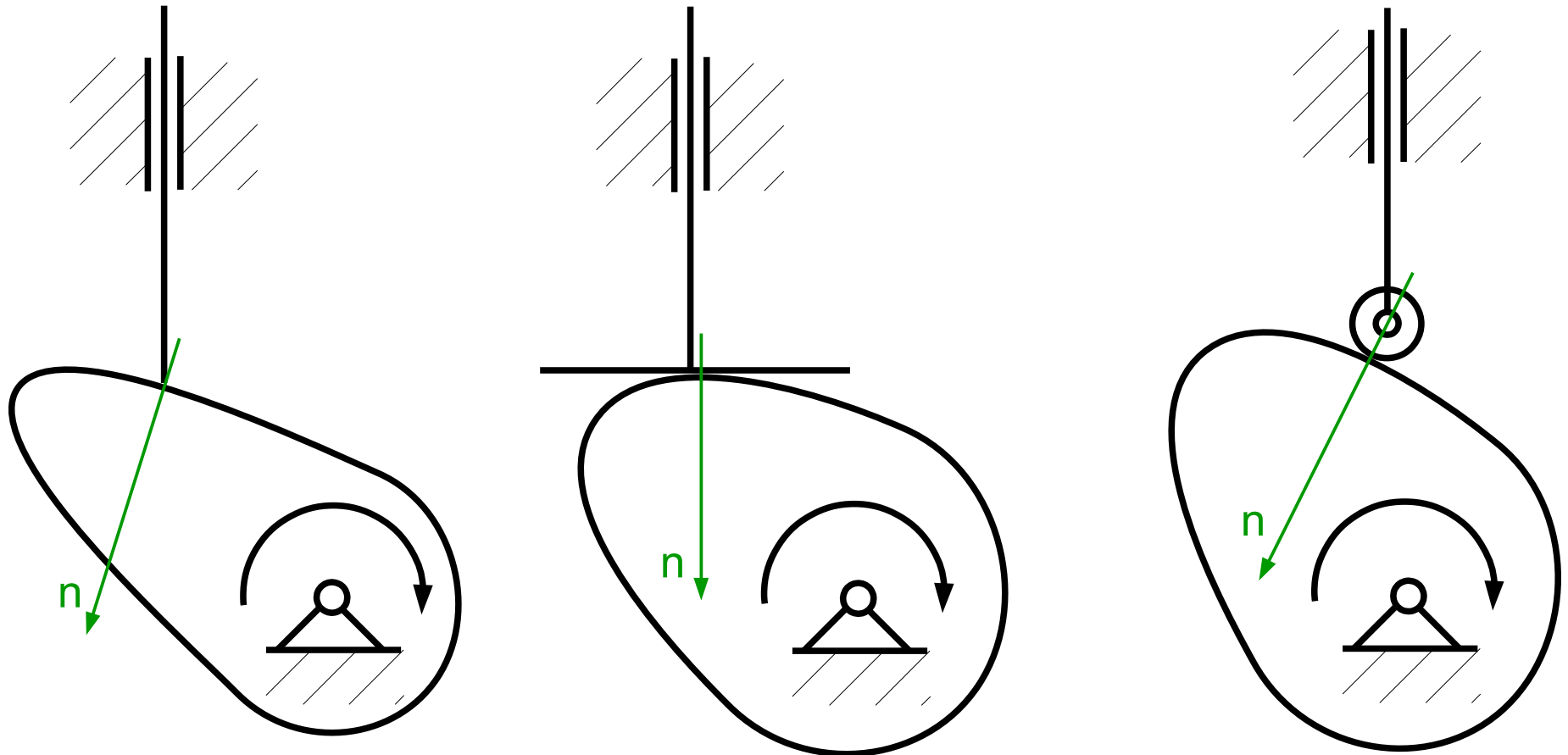
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym centralny aby uzyskać przyspieszenie o przebiegu sinusoidalnym przy stałej prędkości kątowej krzywki.



do domu

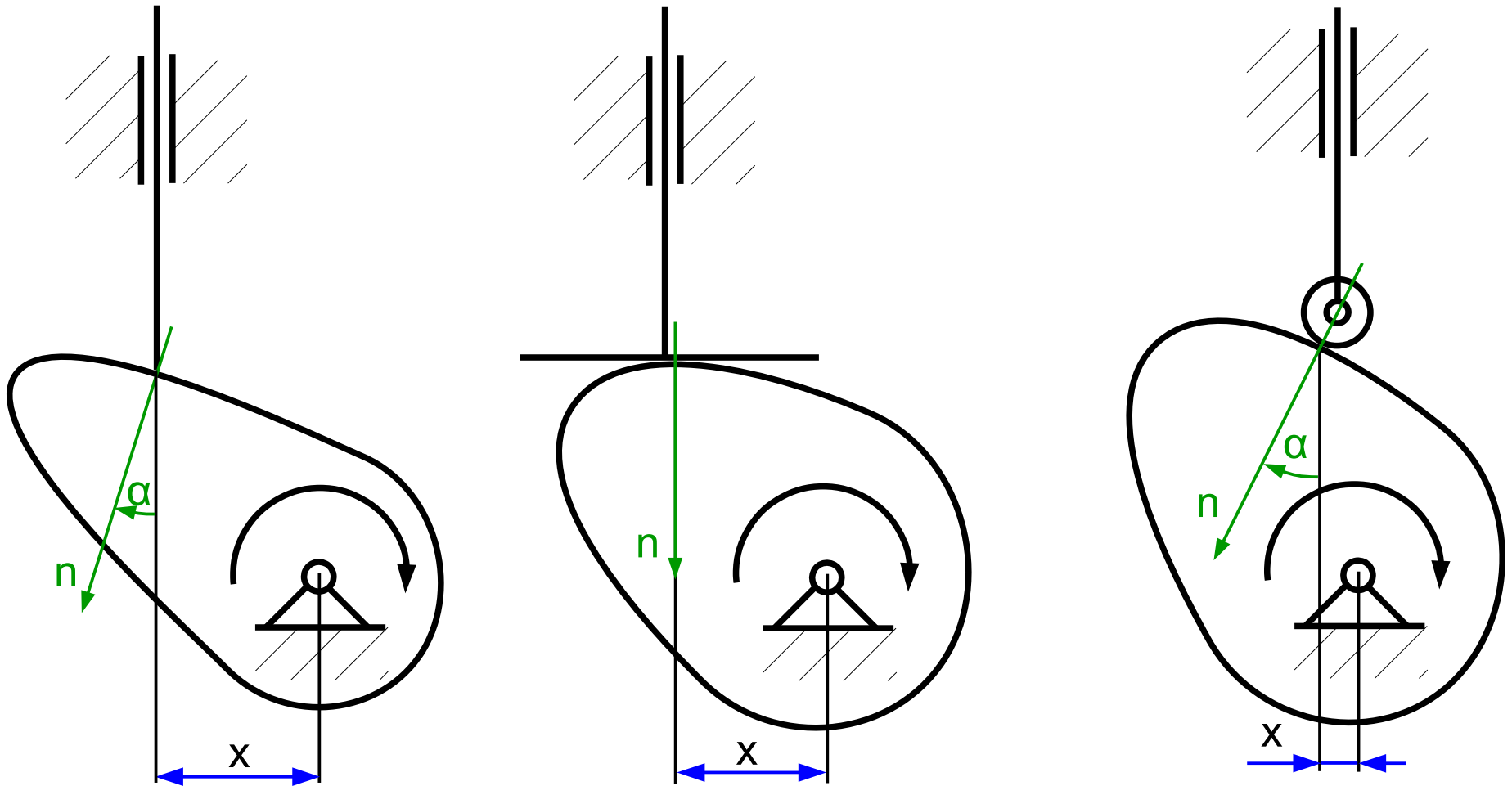
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



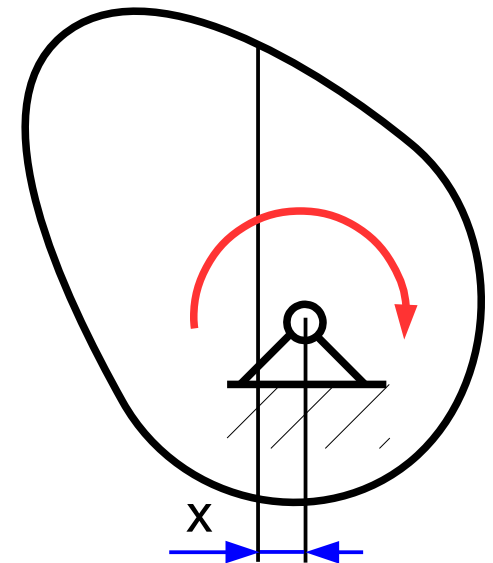
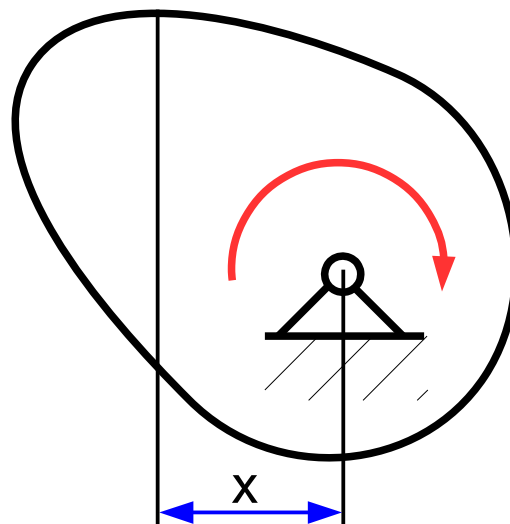
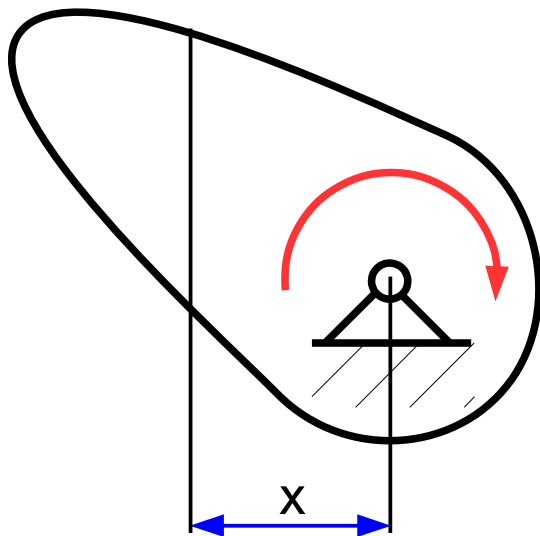
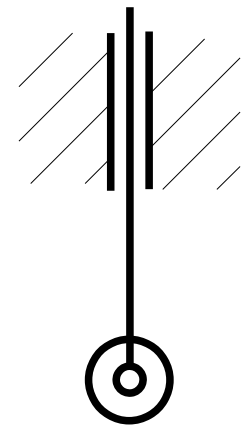
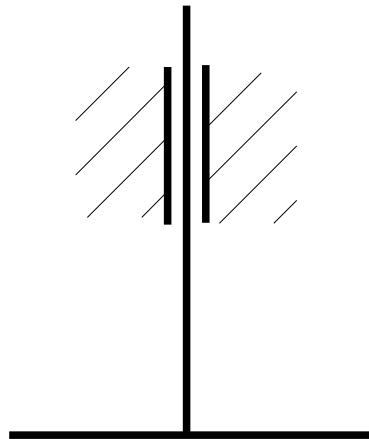
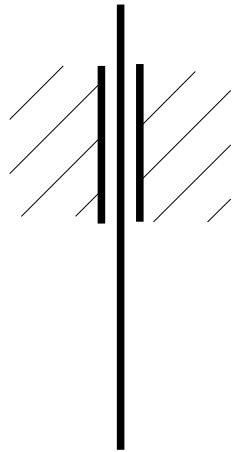
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



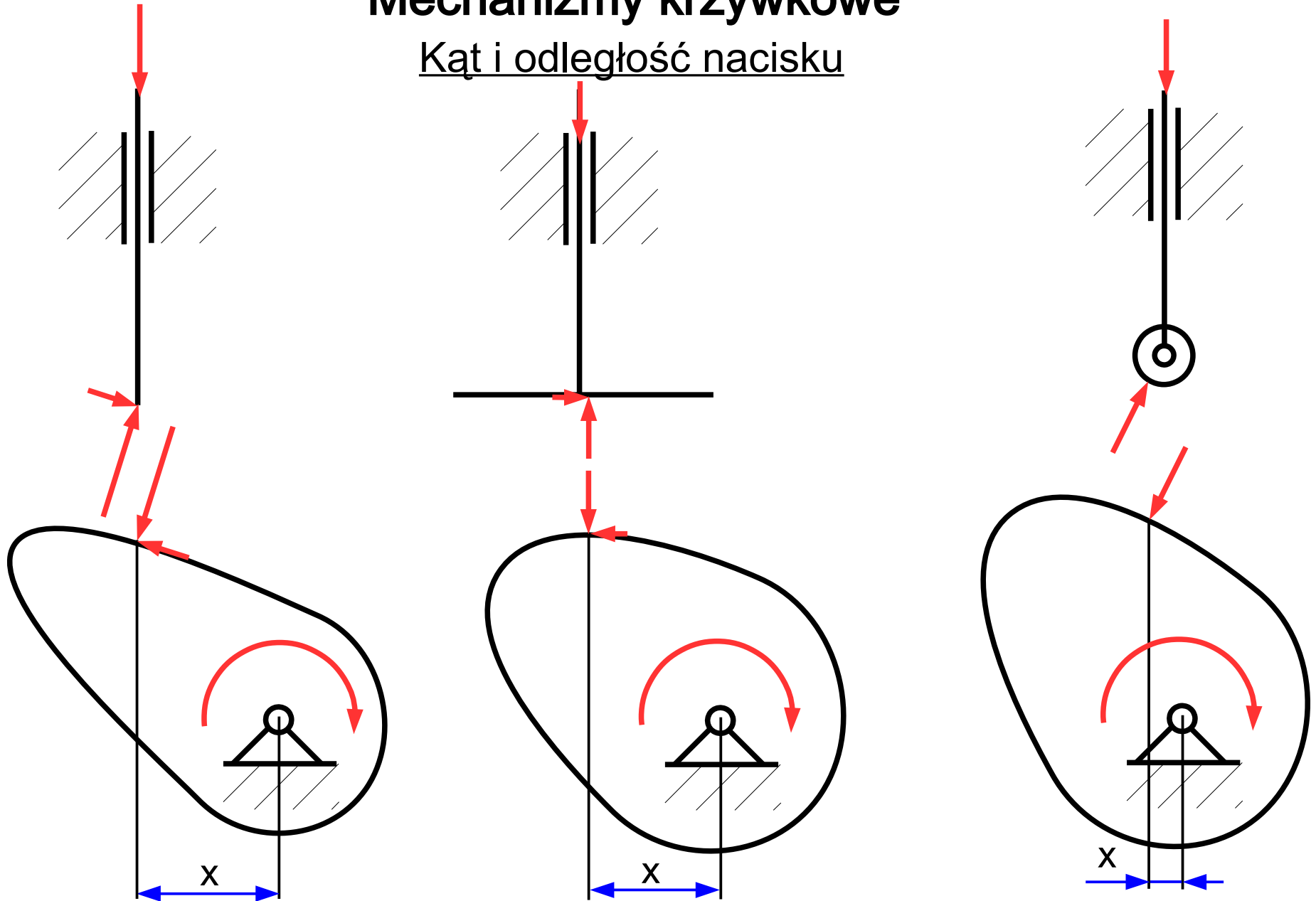
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



Mechanizmy krzywkowe

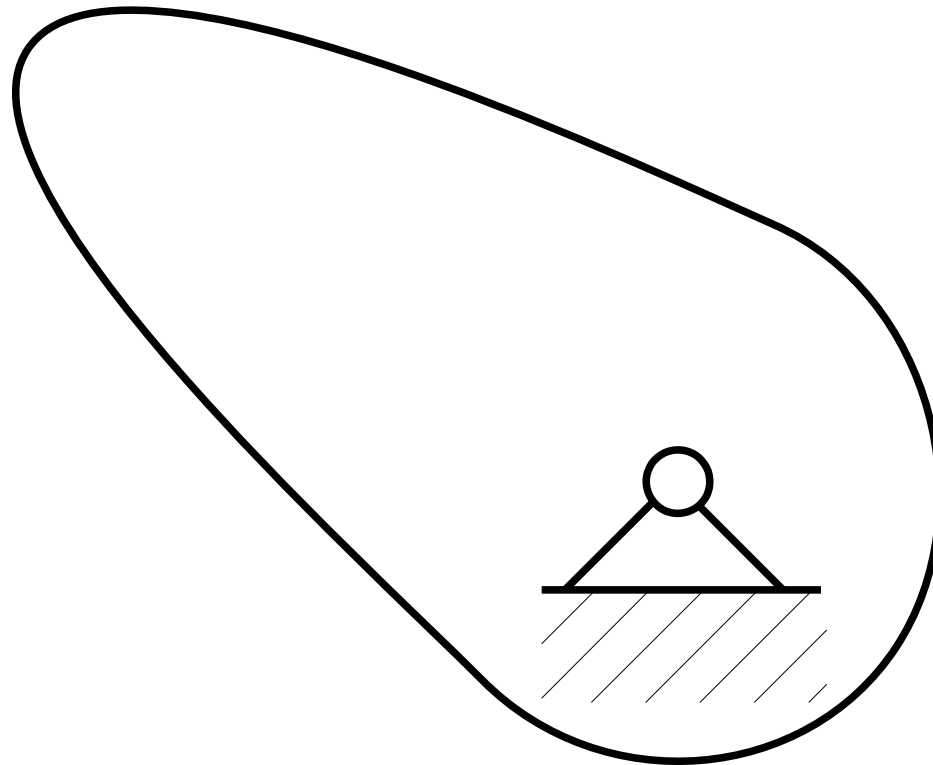
Kąt i odległość nacisku



Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

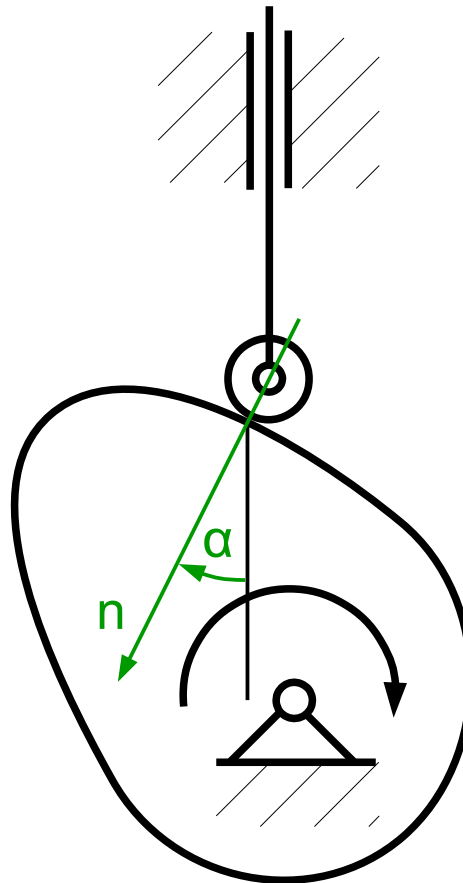
Warunek 1: minimalny promień krzywizny zarysu ze względu na wytrzymałość i odporność na zużycie.



Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

Warunek 2: największy dopuszczalny kąt nacisku z warunku wytrzymałości na zginanie popychacza i nacisków maksymalnych w prowadnicy.

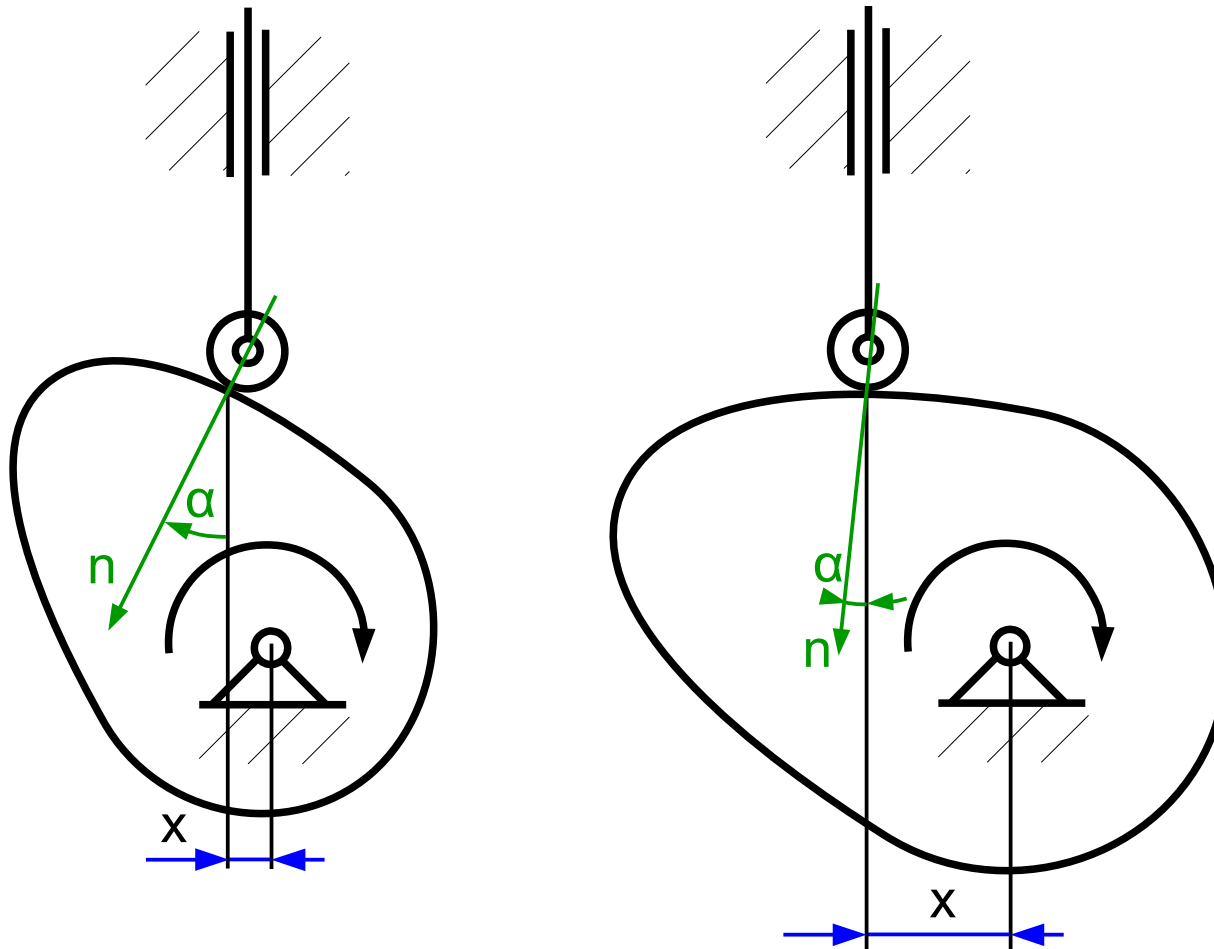


Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

Warunek 2: największy dopuszczalny kąt nacisku z warunku wytrzymałości na zginanie popychacza i nacisków maksymalnych w prowadnicy.

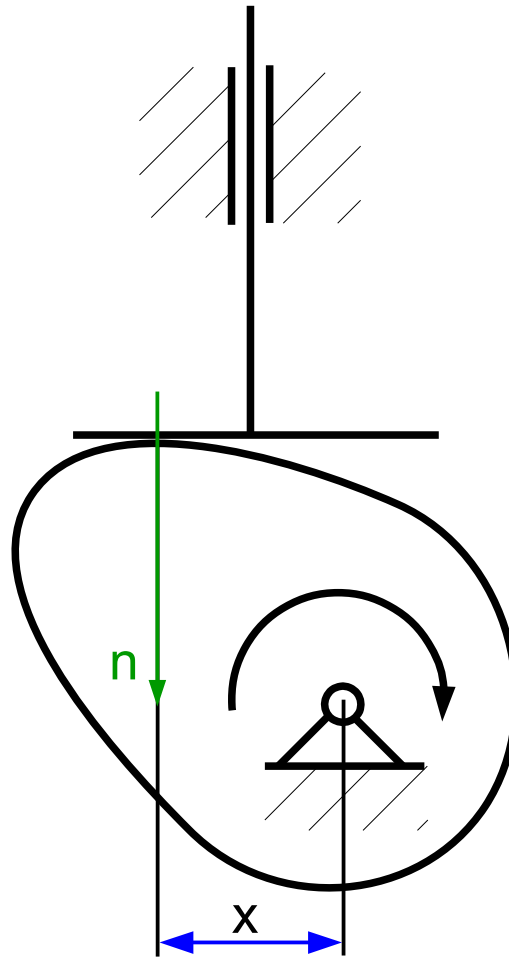
Uwaga: przesunięcie popychacza w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu krzywki zmniejsza wartości kąta nacisku.



Mechanizmy krzywkowe

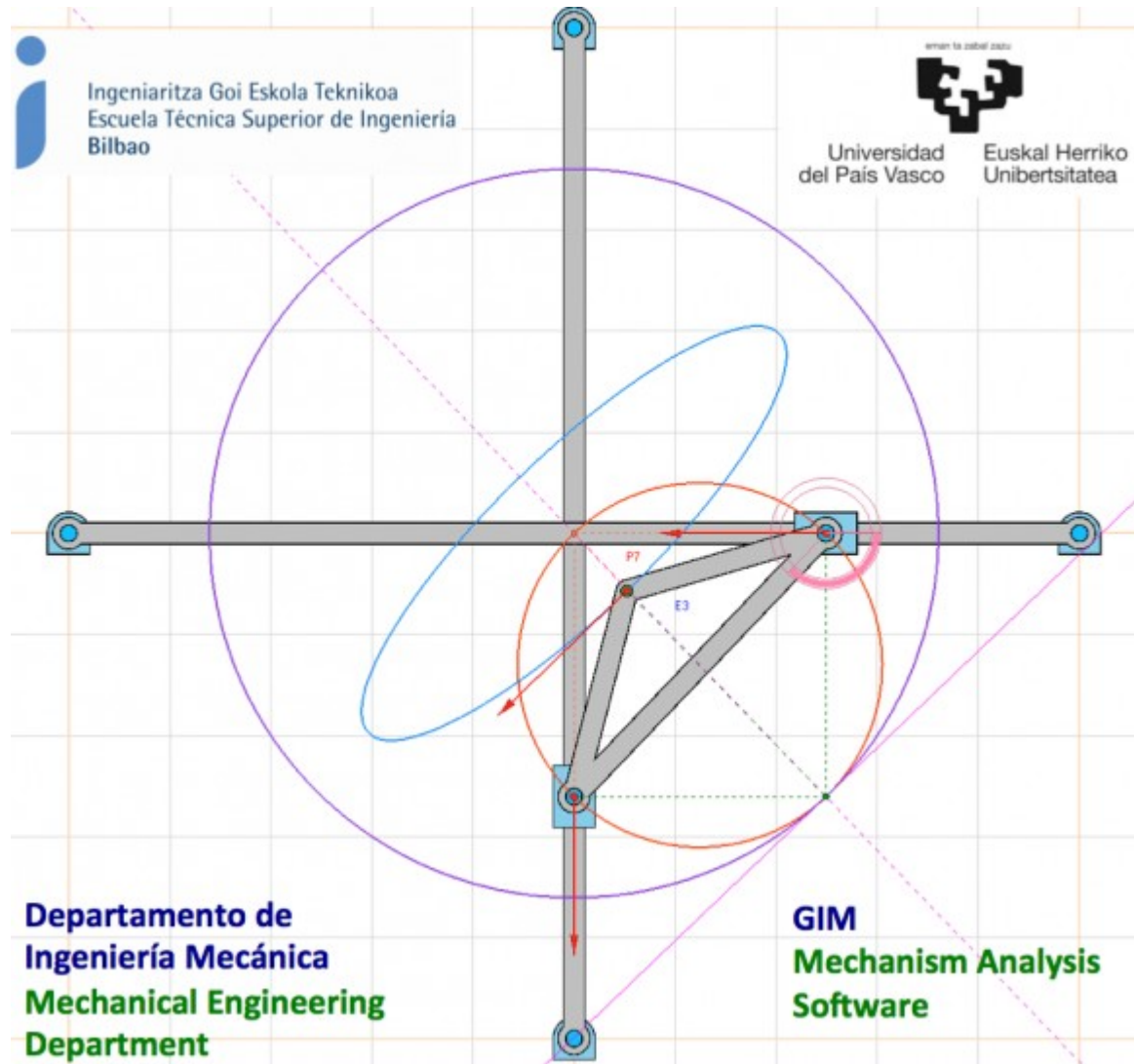
Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

Warunek 3: największa dopuszczalna odległość nacisku (dla popychaczy talerzykowych) z warunku na zginanie trzonu popychacza.



Mechanizmy

Oprogramowanie



<http://www.ehu.eus/compmech/software/>

Dynamika mechanizmów

Dynamika mechanizmów

Przegląd zagadnień

Opis mechanizmu płaskiego za pomocą brył sztywnych i punktów materialnych.

Wykreślne wyznaczanie sił i momentów sił bezwładności.

Reakcje w parach kinematycznych.

Siły napędzające i robocze.

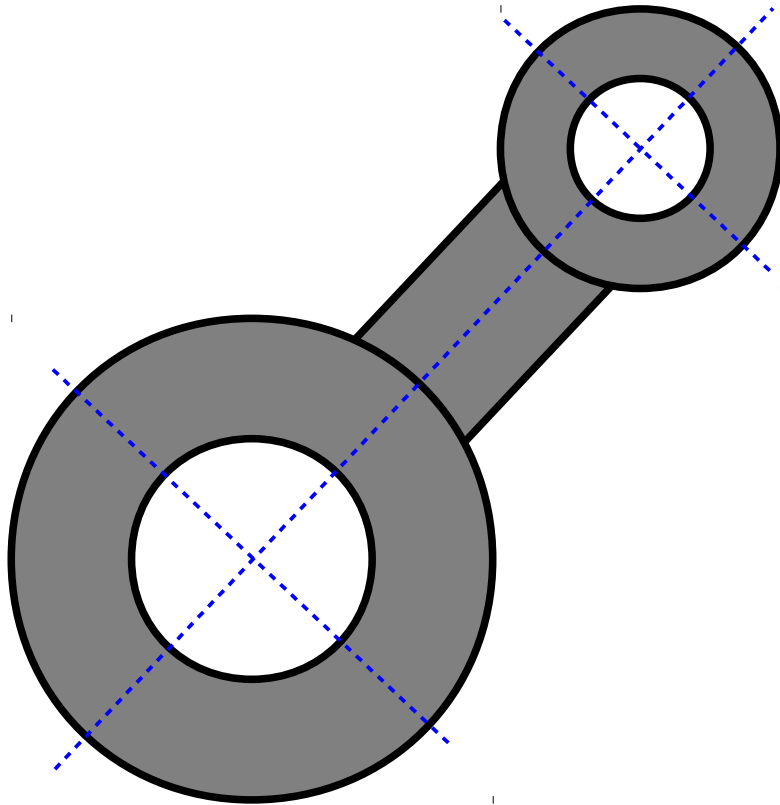
Pierwsze i drugie zadanie dynamiki mechanizmów.

Zastosowanie metod wykreślnych, analityczno-wykreślnych i analitycznych.

Tarcie w parach kinematycznych.

Dynamika mechanizmów

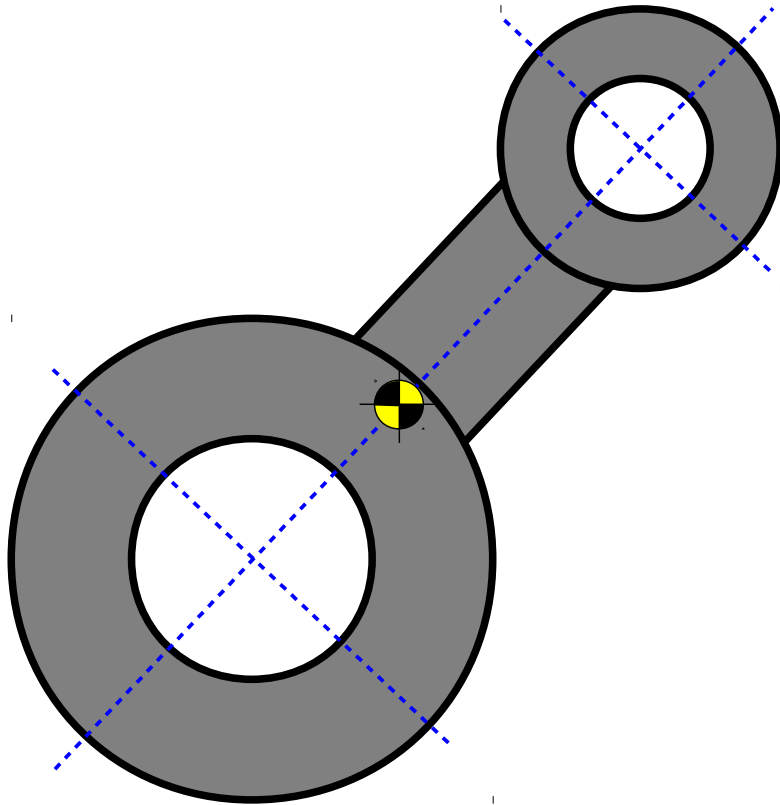
Reprezentacja członów mechanizmu



Dla członu mechanizmu płaskiego
jako bryły sztywnej podajemy:

Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu



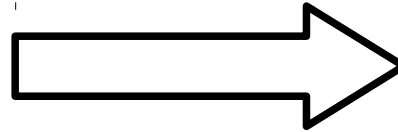
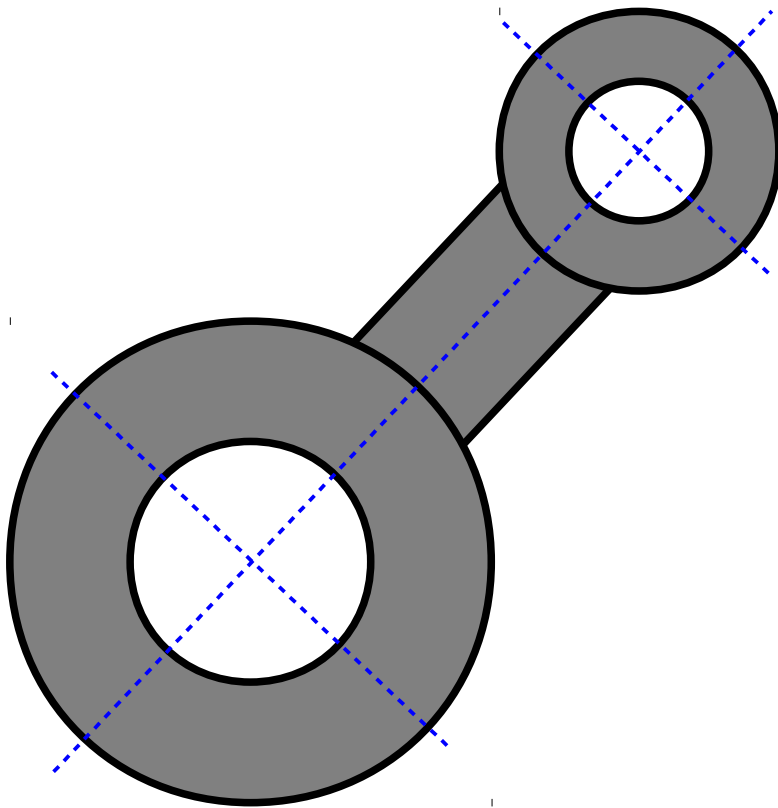
Dla członu mechanizmu płaskiego
jako bryły sztywnej podajemy:

- masa
- położenie środka masy
- masowy moment bezwładności względem osi prostopadłej do płaszczyzny ruchu i przechodzącej przez środek masy
- położenie punktów łączenia w pary kinematyczne

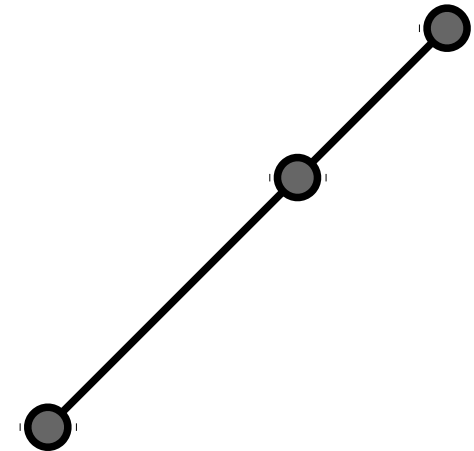
Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych



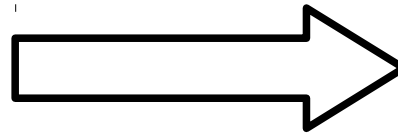
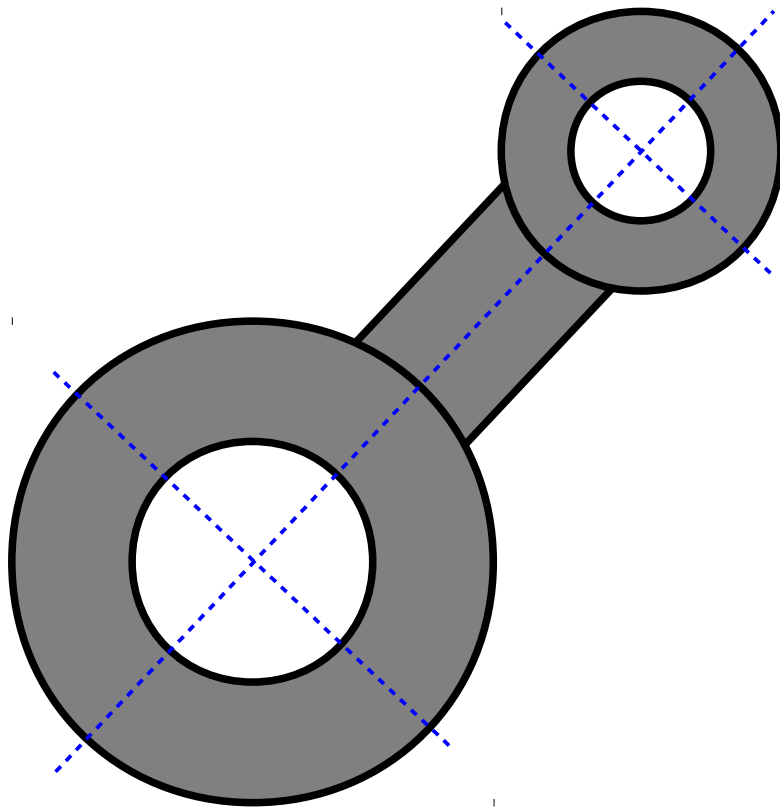
układ punktów materialnych



Dynamika mechanizmów

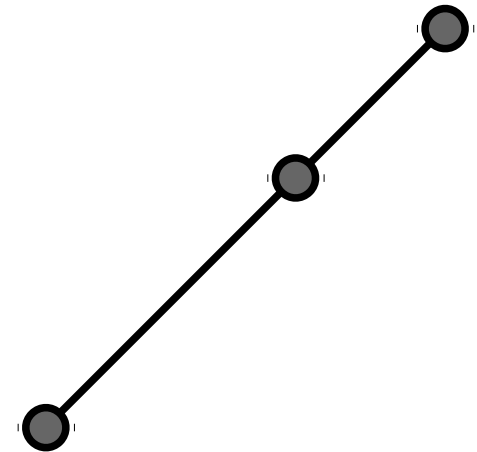
Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych



- równość mas
- położenie środka masy
- równość momentów bezwładności

układ punktów materialnych



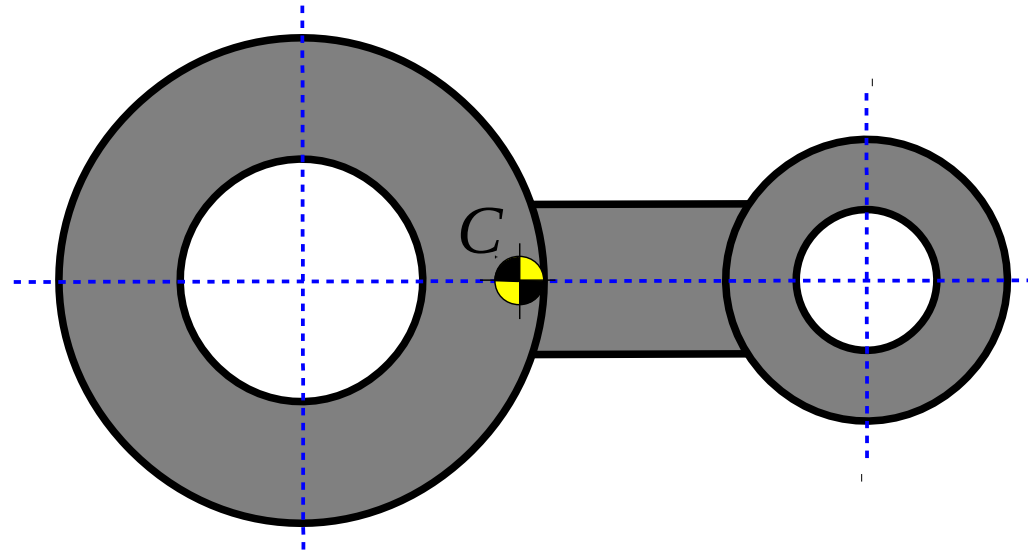
Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych - przykład

Dane:

Geometria, masa m ,
położenie środka masy
(pkt. C) i moment
bezwładności I_C



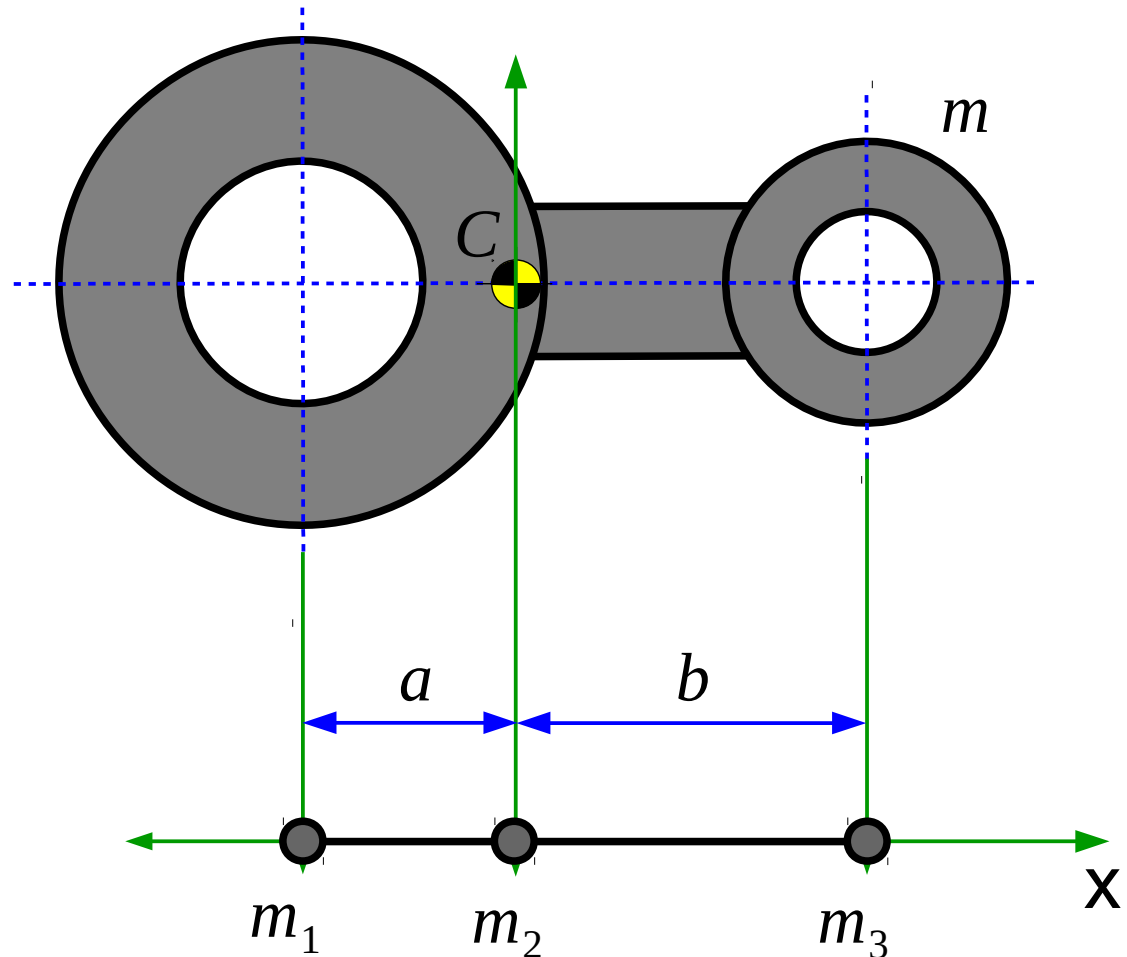
Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych - przykład

Dane:

Geometria, masa m ,
położenie środka masy
(pkt. C) i moment
bezwładności I_C



Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych - przykład

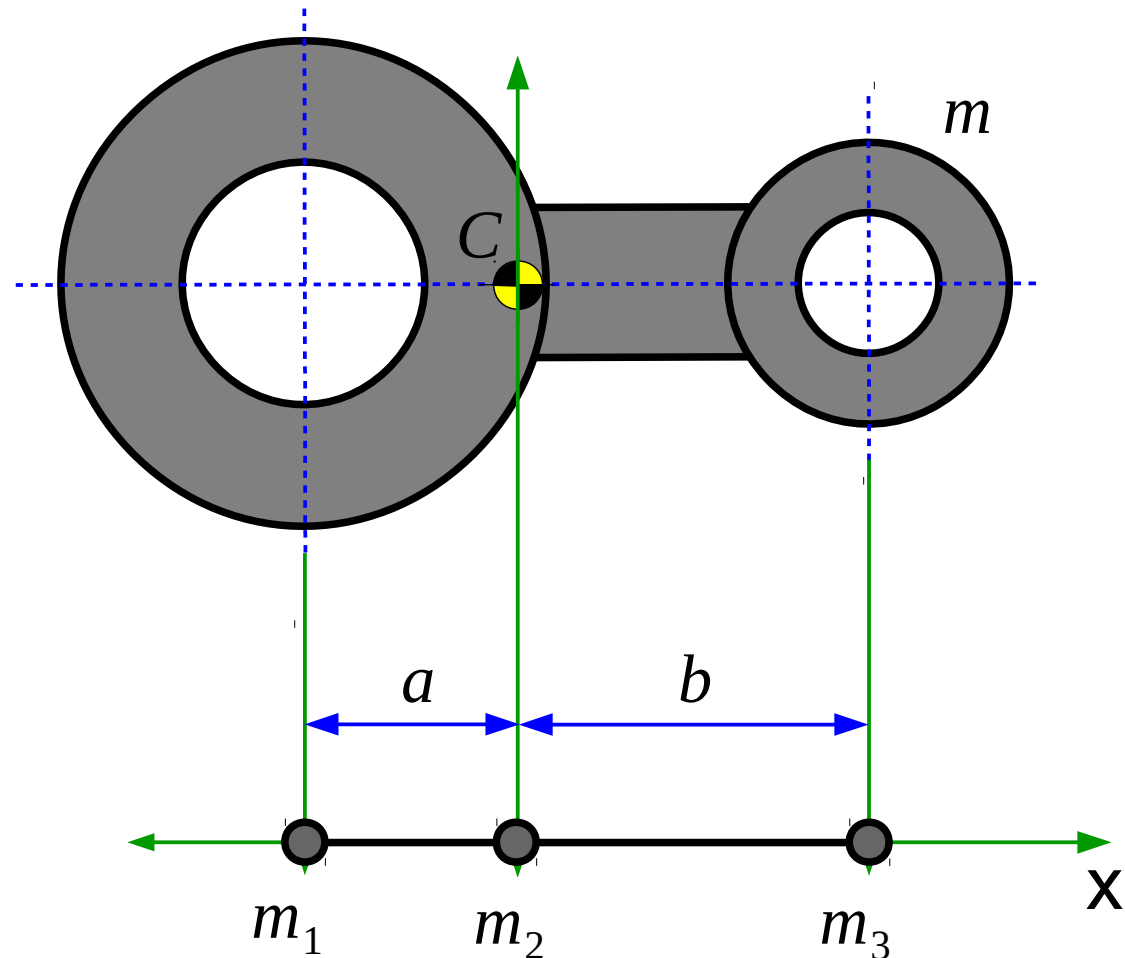
Dane:

Geometria, masa m ,
położenie środka masy
(pkt. C) i moment
bezwładności I_C

$$m_1 + m_2 + m_3 = m$$

$$x_C = \frac{-a m_1 + b m_3}{m_1 + m_2 + m_3} = 0$$

$$m_1 a^2 + m_3 b^2 = I_C$$



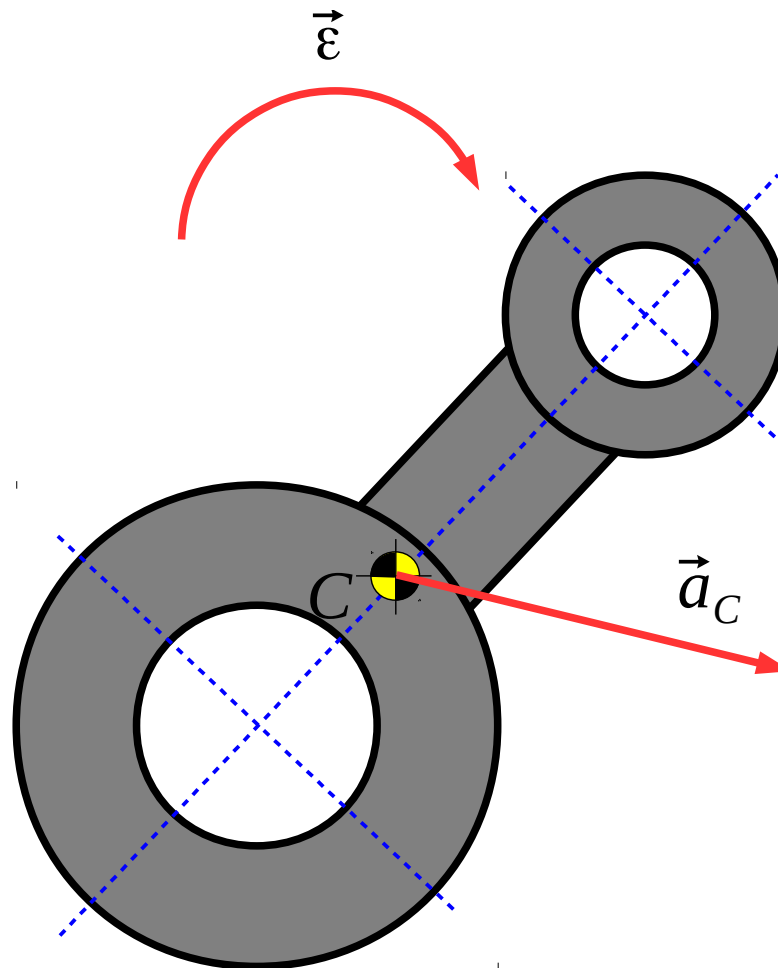
Dynamika mechanizmów

Siły i momenty sił bezwładności

Dane:

$\vec{\varepsilon}$ \vec{a}_C

z planu przyspieszeń

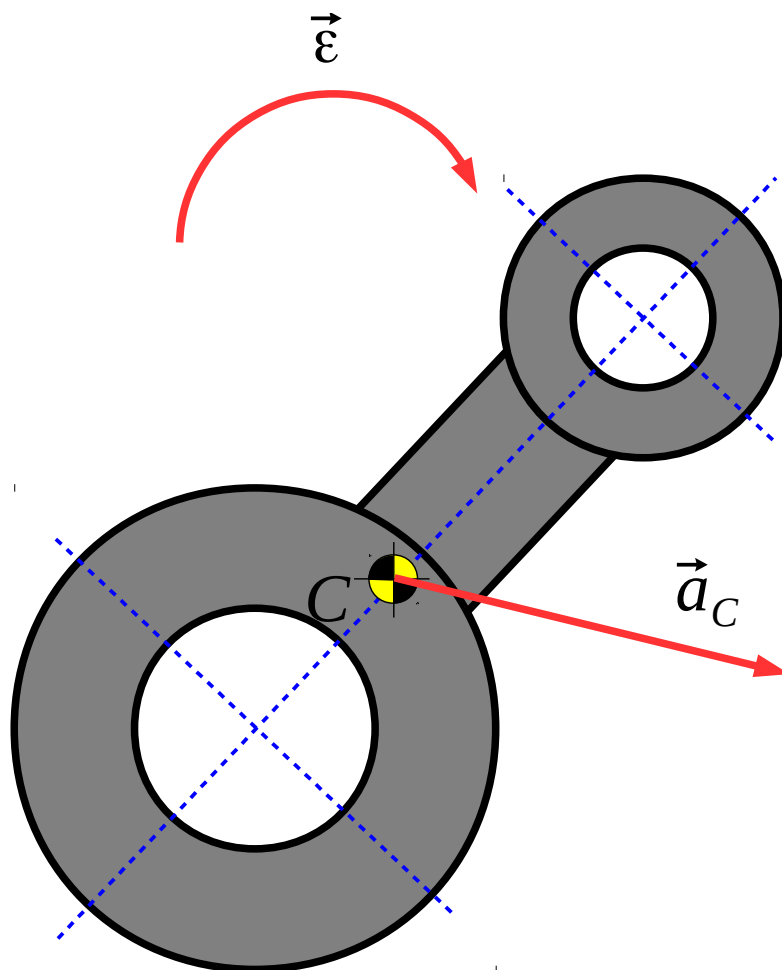


Dynamika mechanizmów

Siły i momenty sił bezwładności

Dane:

$\vec{\varepsilon}$ \vec{a}_C
z planu przyspieszeń



siła bezwładności

$$\vec{B}_C = -m \vec{a}_C$$

Moment od sił bezwładności

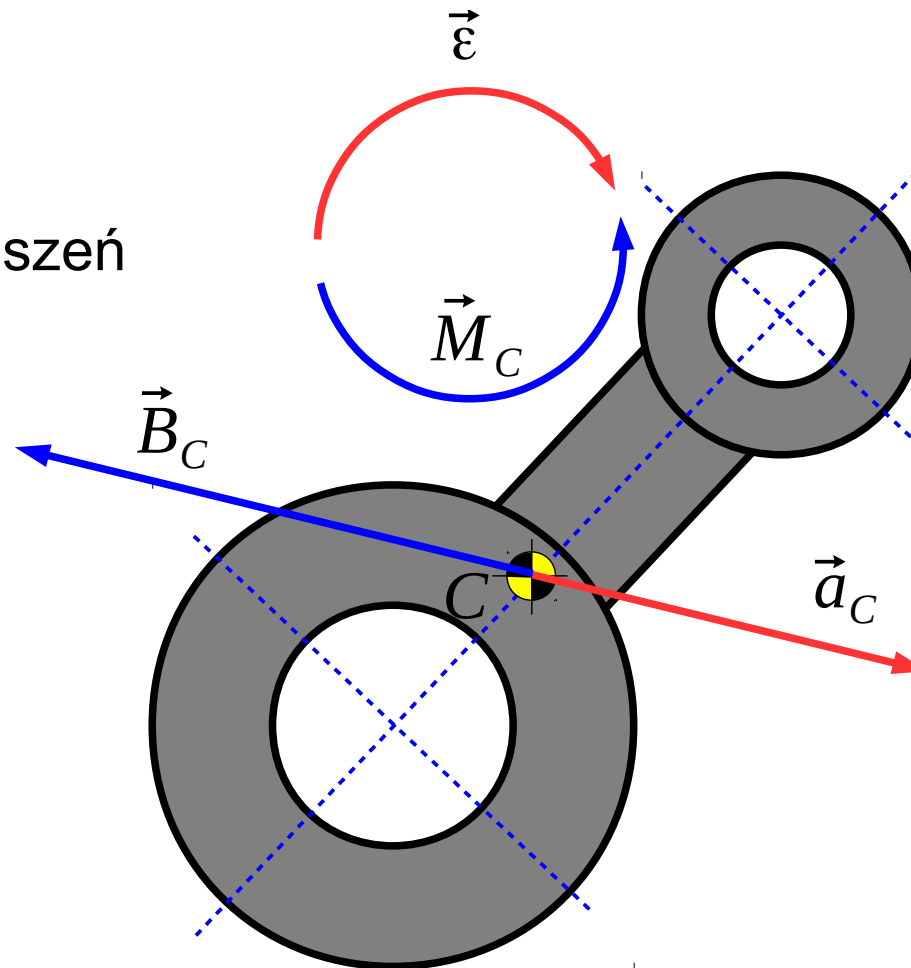
$$\vec{M}_C = -I_C \vec{\varepsilon}$$

Dynamika mechanizmów

Siły i momenty sił bezwładności

Dane:

z planu przyspieszeń



siła bezwładności

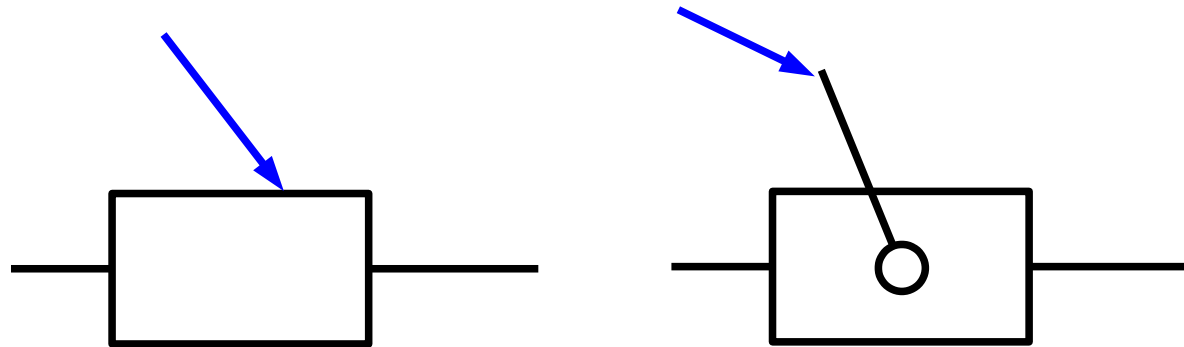
$$\vec{B}_C = -m \vec{a}_C$$

Moment od sił bezwładności

$$\vec{M}_C = -I_C \vec{\varepsilon}$$

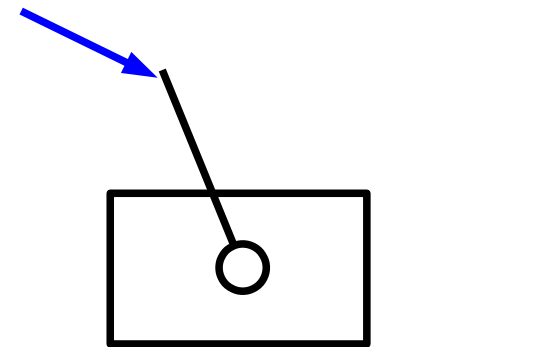
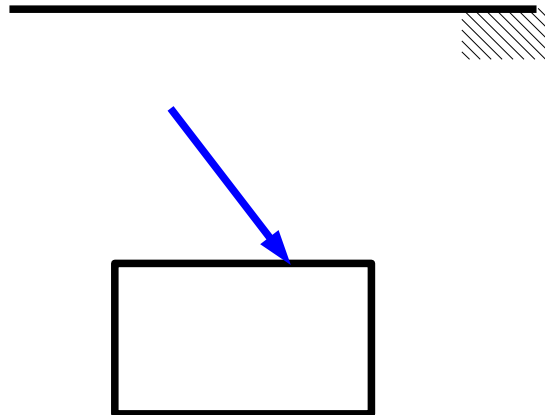
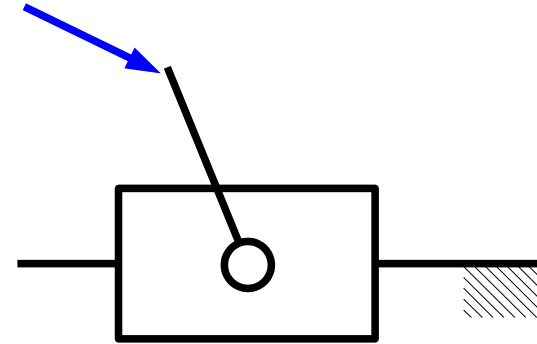
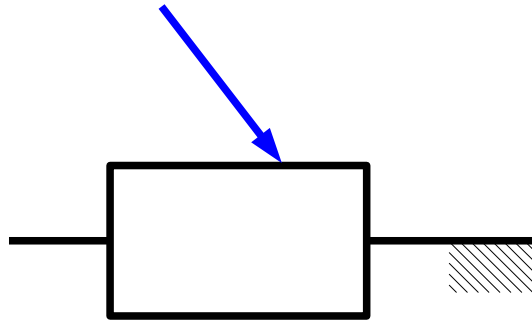
Dynamika mechanizmów

Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



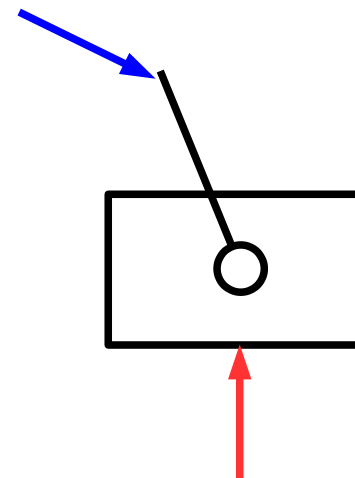
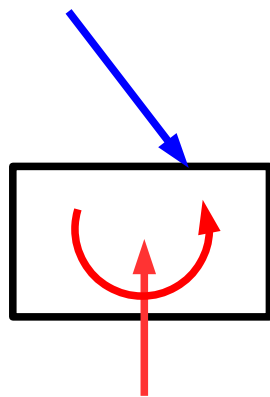
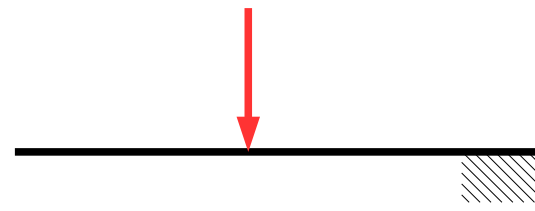
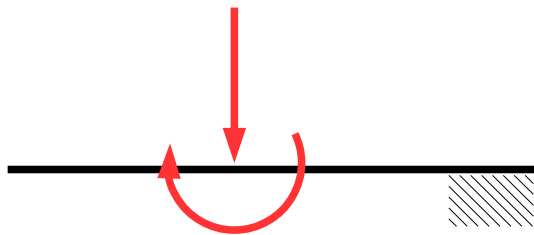
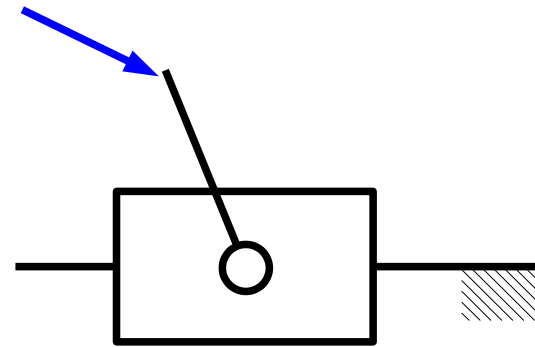
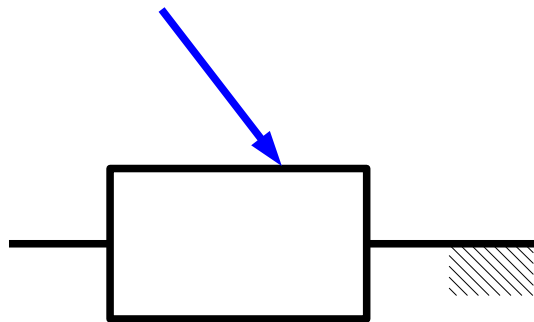
Dynamika mechanizmów

Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



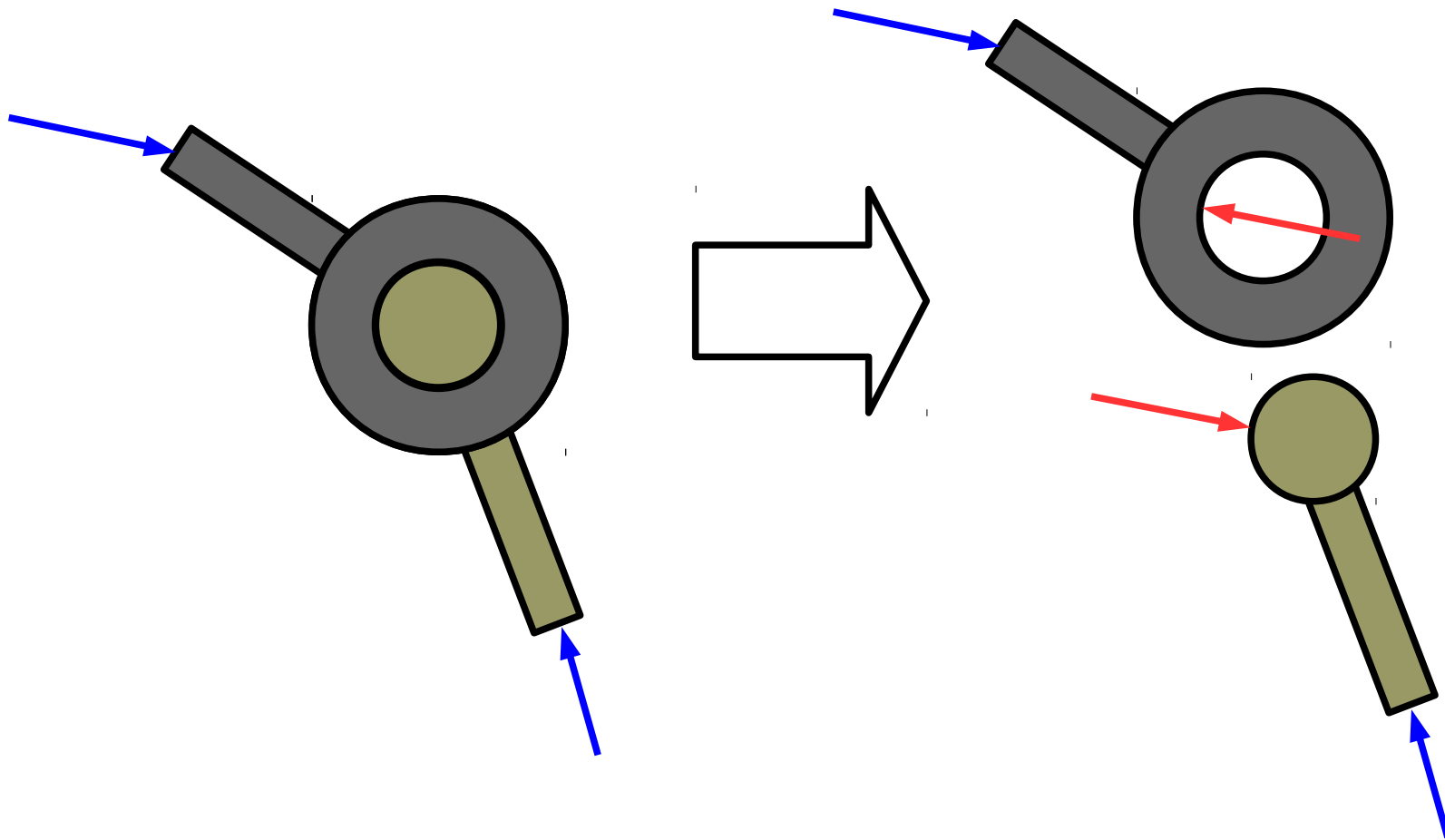
Dynamika mechanizmów

Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



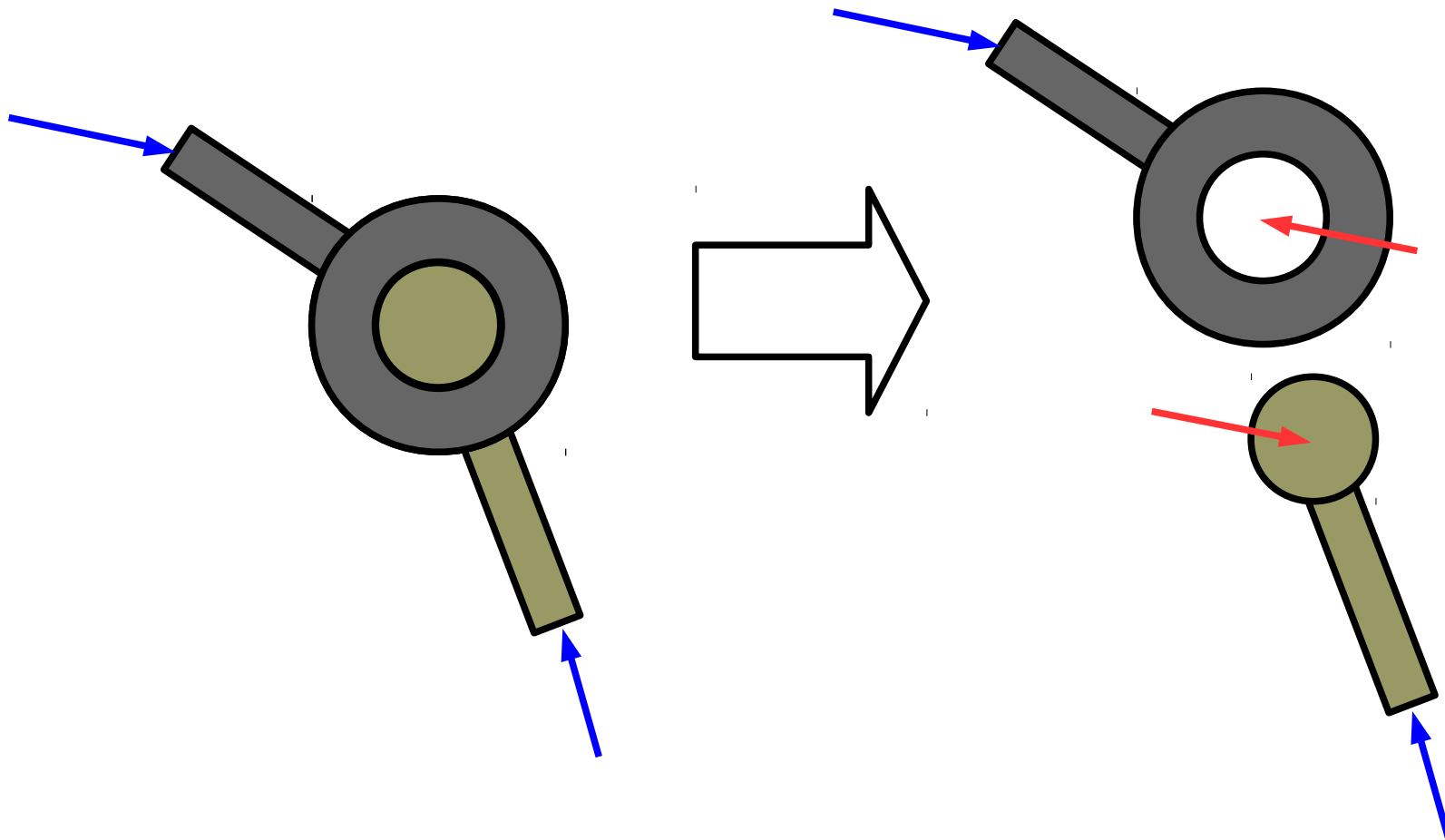
Dynamika mechanizmów

Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



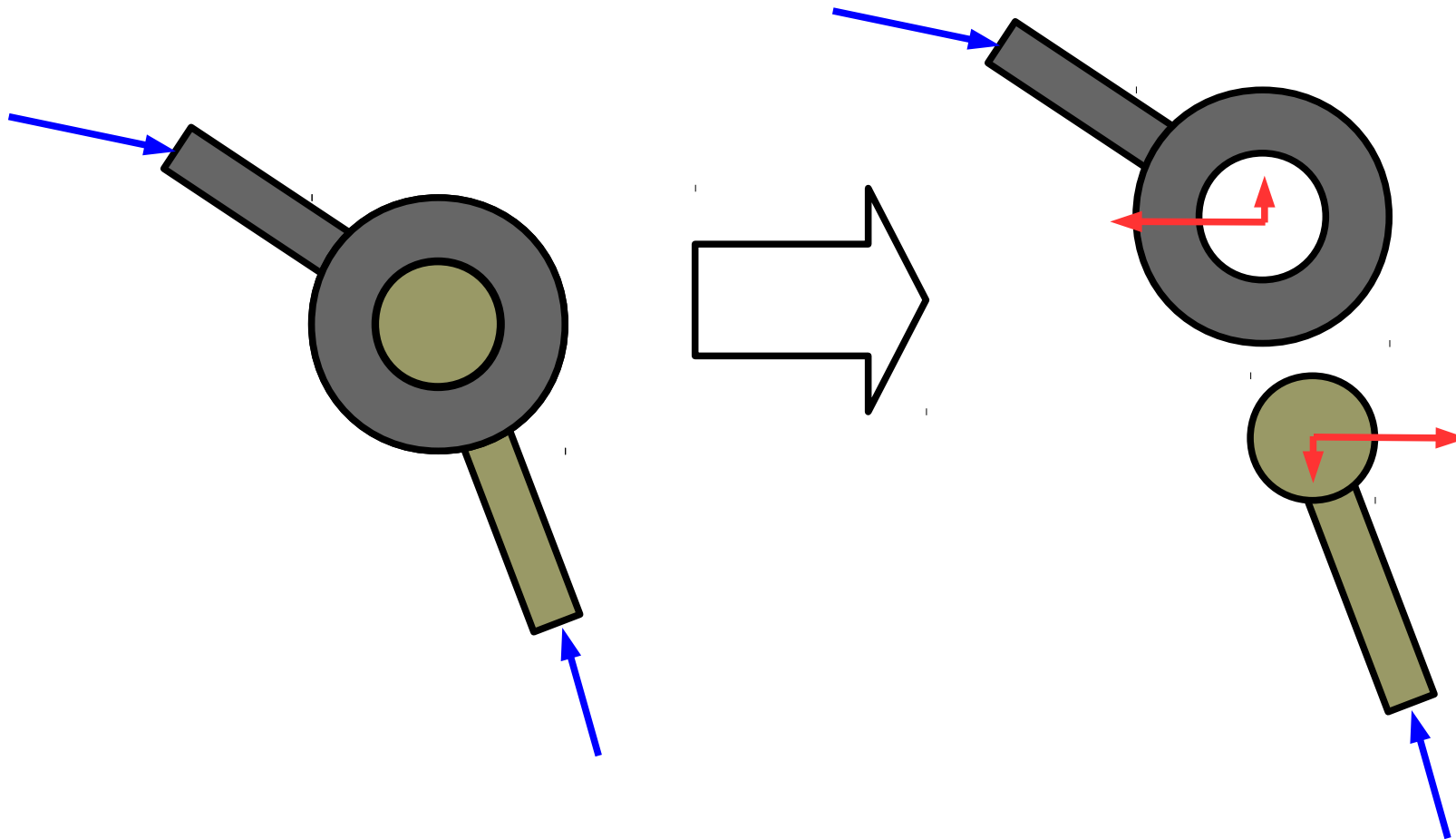
Dynamika mechanizmów

Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



Dynamika mechanizmów

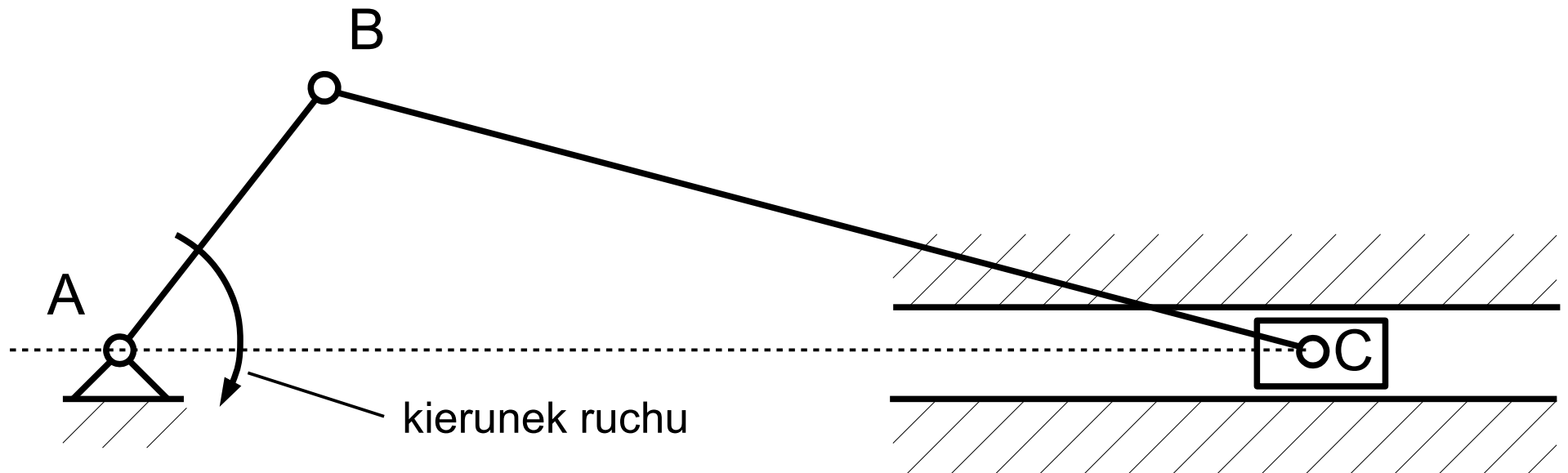
Reakcje w parach kinematycznych (bez tarcia)



Dynamika mechanizmów

Siły napędzające i robocze

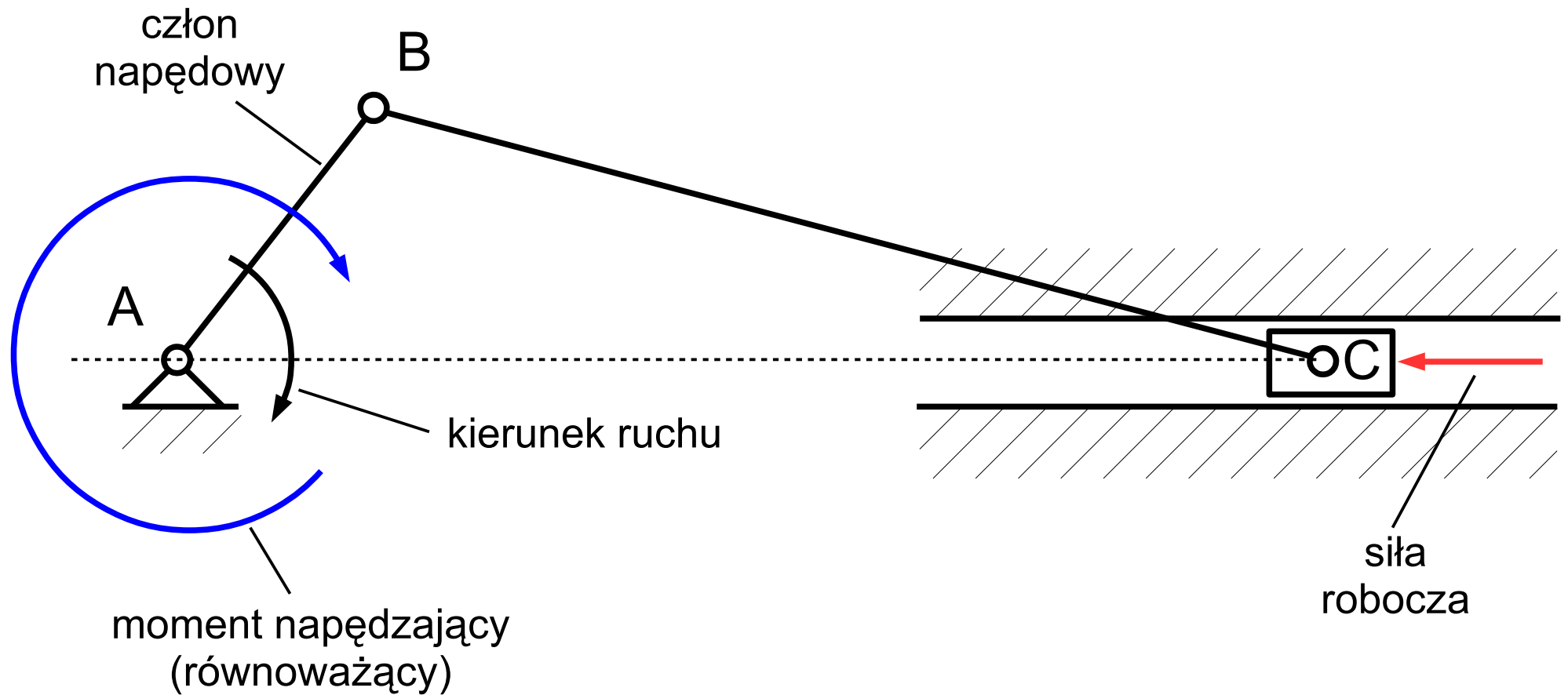
Przykład – sprężarka



Dynamika mechanizmów

Siły napędzające i robocze

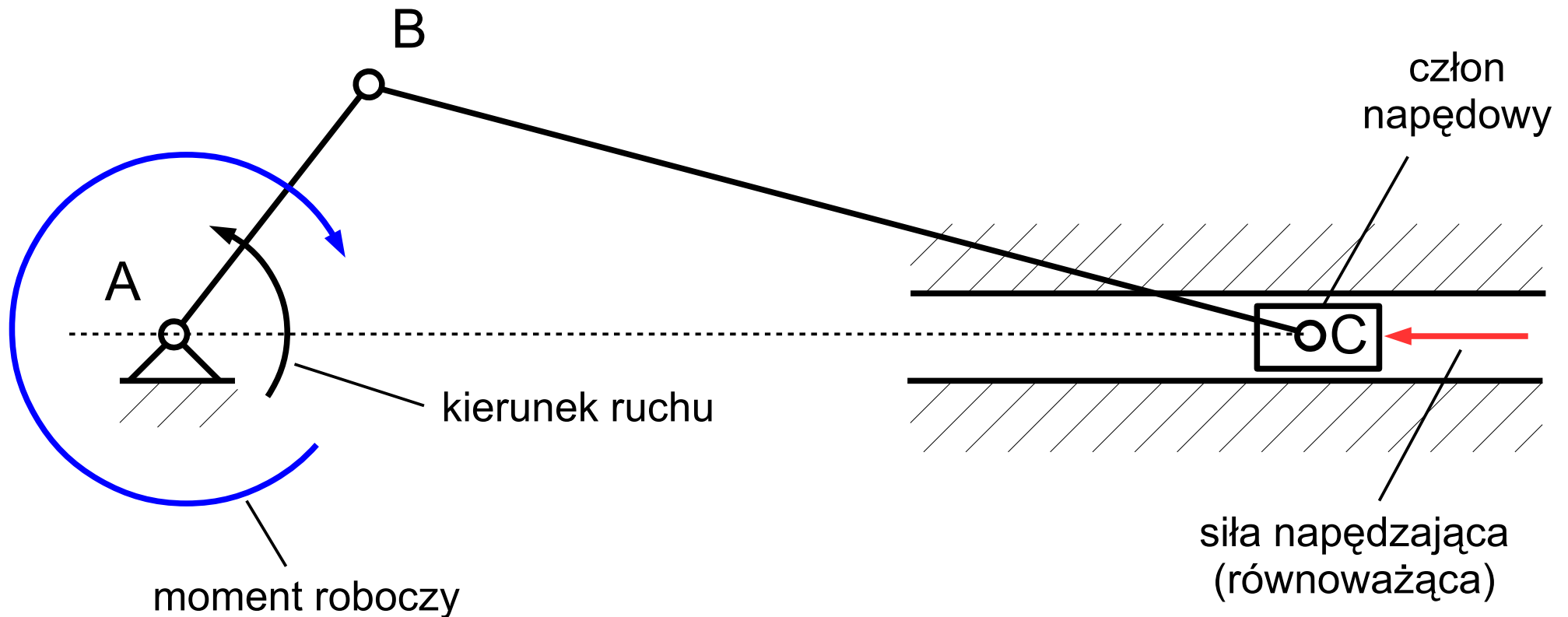
Przykład – sprężarka



Dynamika mechanizmów

Siły napędzające i robocze

Przykład – silnik



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – wyznaczenie sił i momentów sił działających na mechanizm wywołujących zadany ruch mechanizmu.

Drugie zadanie dynamiki – wyznaczenie ruchu mechanizmu pod wpływem sił i momentów zewnętrznych.

Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki

Wyznaczenie sił i momentów sił działających na mechanizm wywołujących zadany ruch mechanizmu – KINETOSTATYKA MECHANIZMÓW.

0. Zaprojektowanie mechanizmu do wykonywania konkretnego zadania. Ustalenie napędu i sprawdzenie zgodności z założeniami przebiegu przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń.

1. W oparciu o wyznaczone przyspieszenia wyznaczyć siły bezwładności działające na człony ruchome mechanizmu w wybranym położeniu mechanizmu.

2. Dokonać rozkładu mechanizmu na podukłady ujawniając reakcje w połączeniach.

3. Zapisać równania d'Alemberta dla podukładów mechanizmu (dla ruchu postępowego i obrotowego).

4. Rozwiązać powstałe równania metodą graficzną, analityczną lub mieszaną.

Dynamika mechanizmów

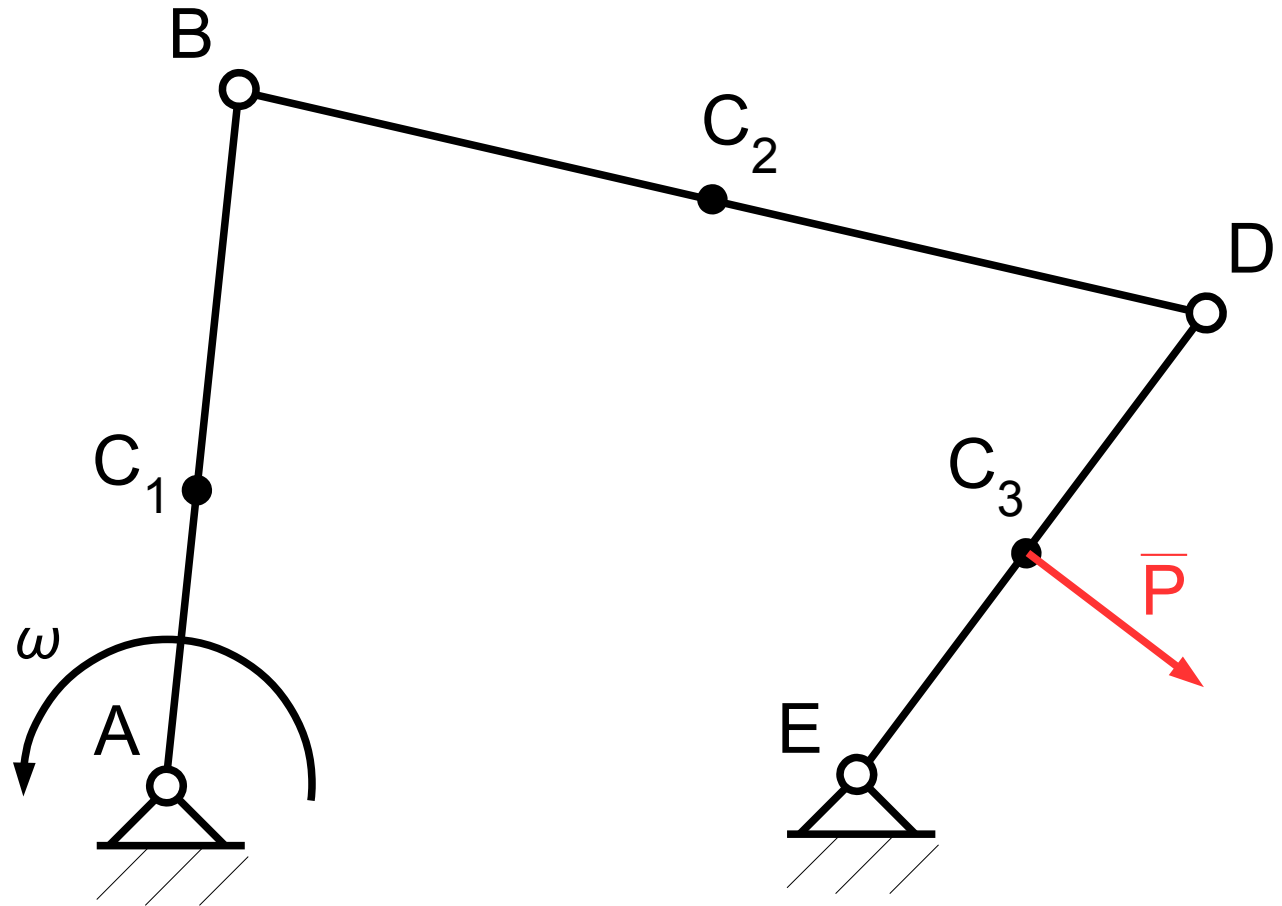
Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

Dane:

Geometria, masy, położenia środków mas i momenty bezwładności członów mechanizmu. Zadana stała prędkość kątowa członu napędowego ω oraz wektor siły roboczej \bar{P} w danym położeniu mechanizmu.

Szukane:

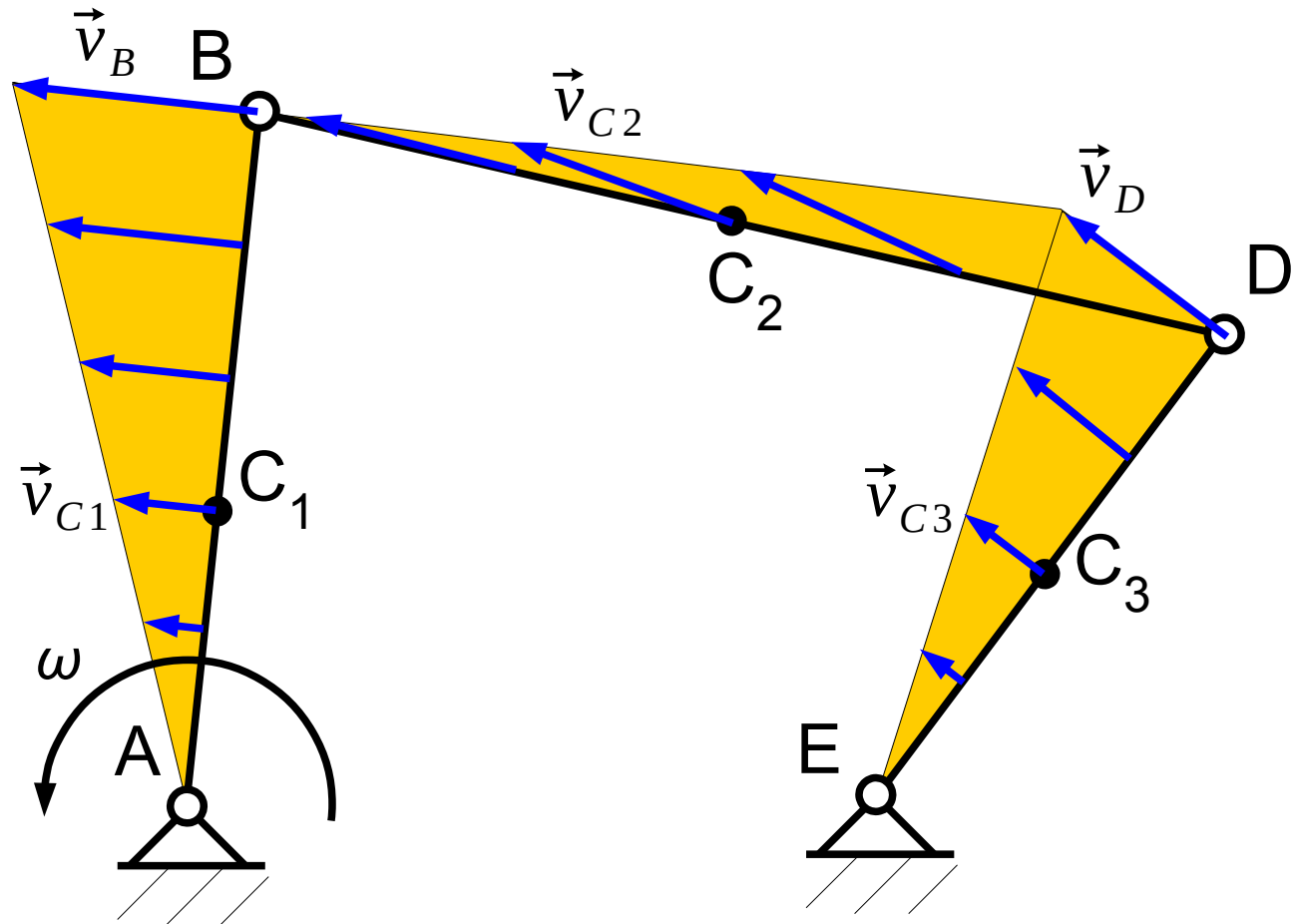
Moment napędowy i siły reakcji w połączeniach.



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

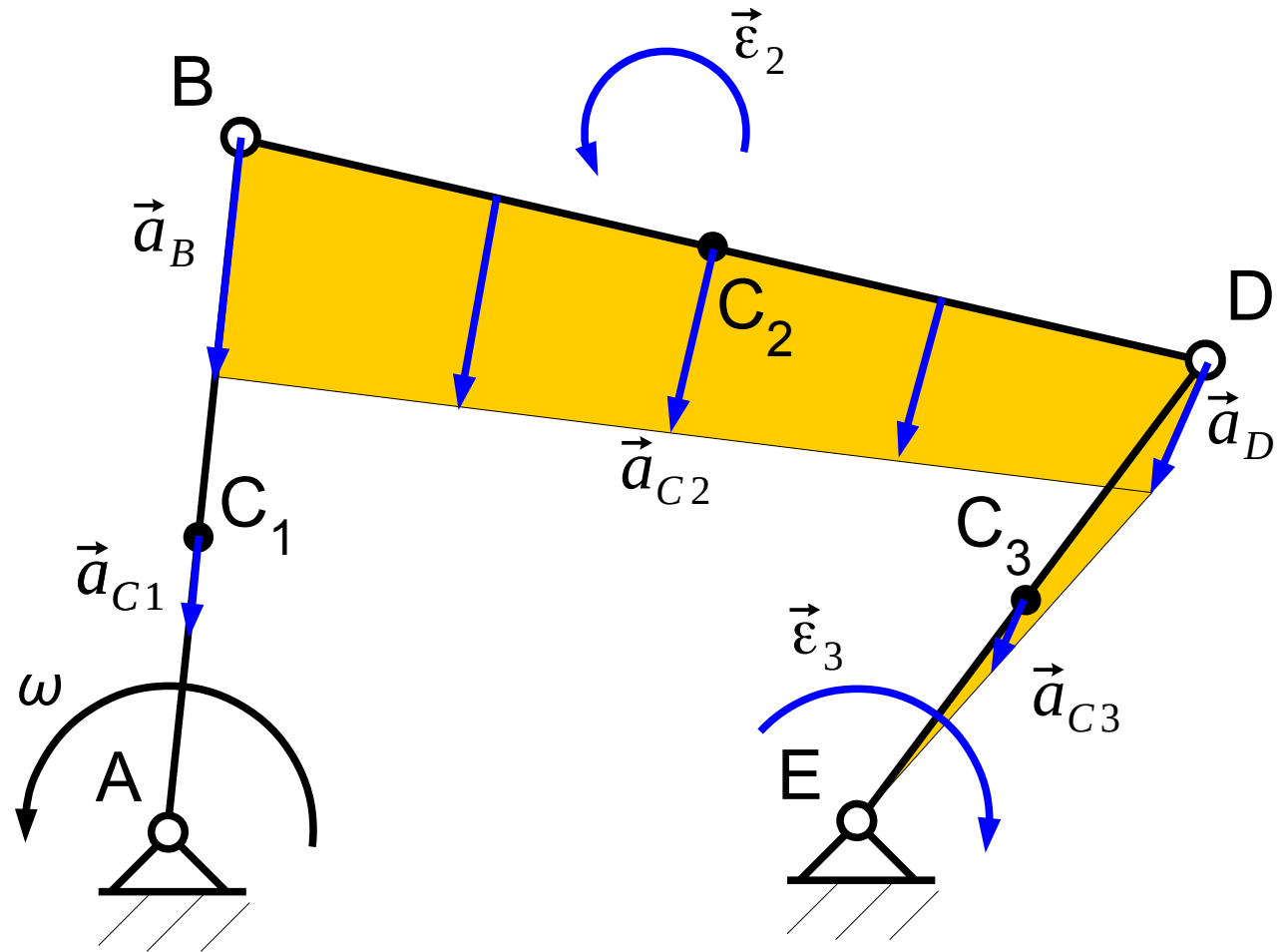
rozkład prędkości



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

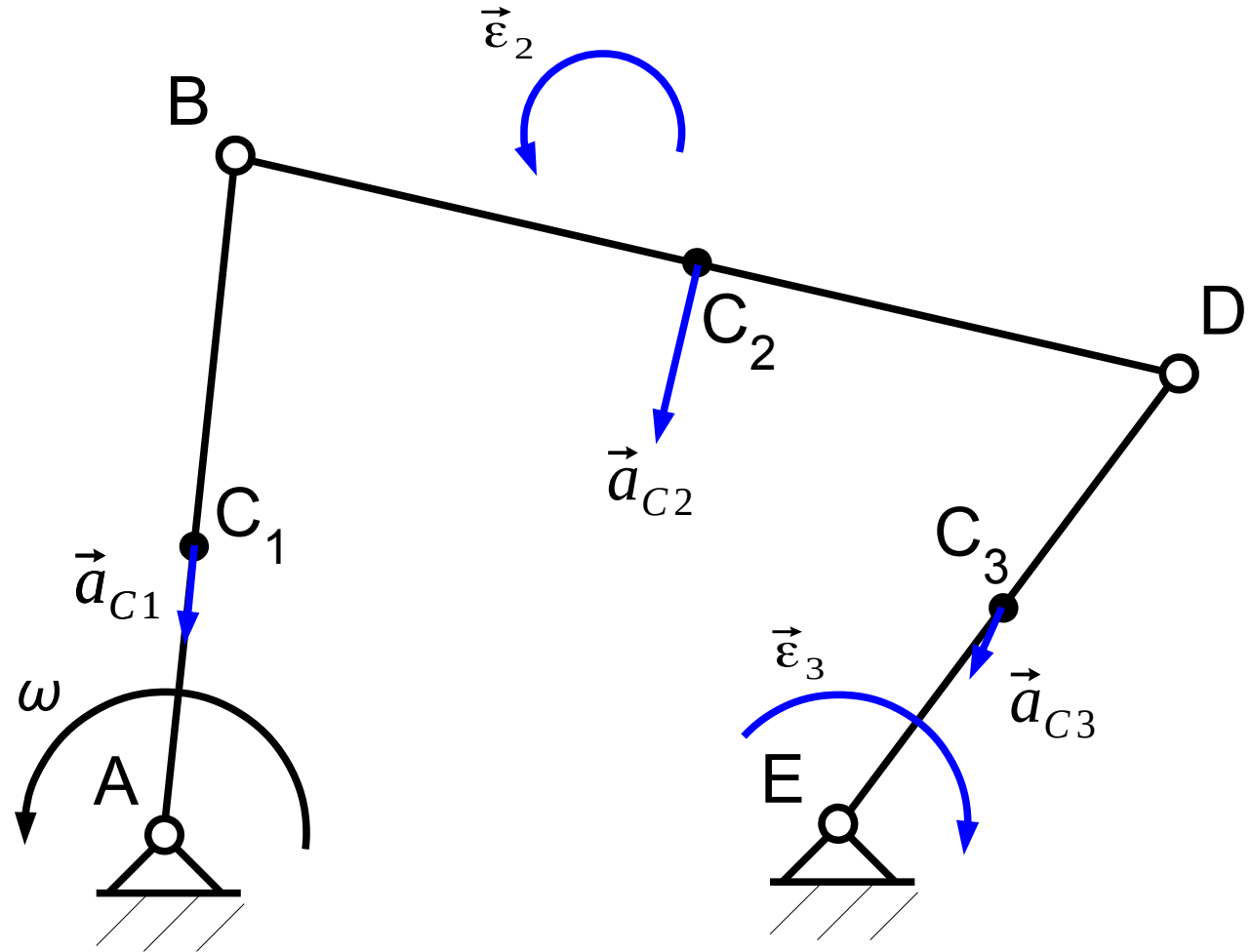
rozkład przyspieszeń



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

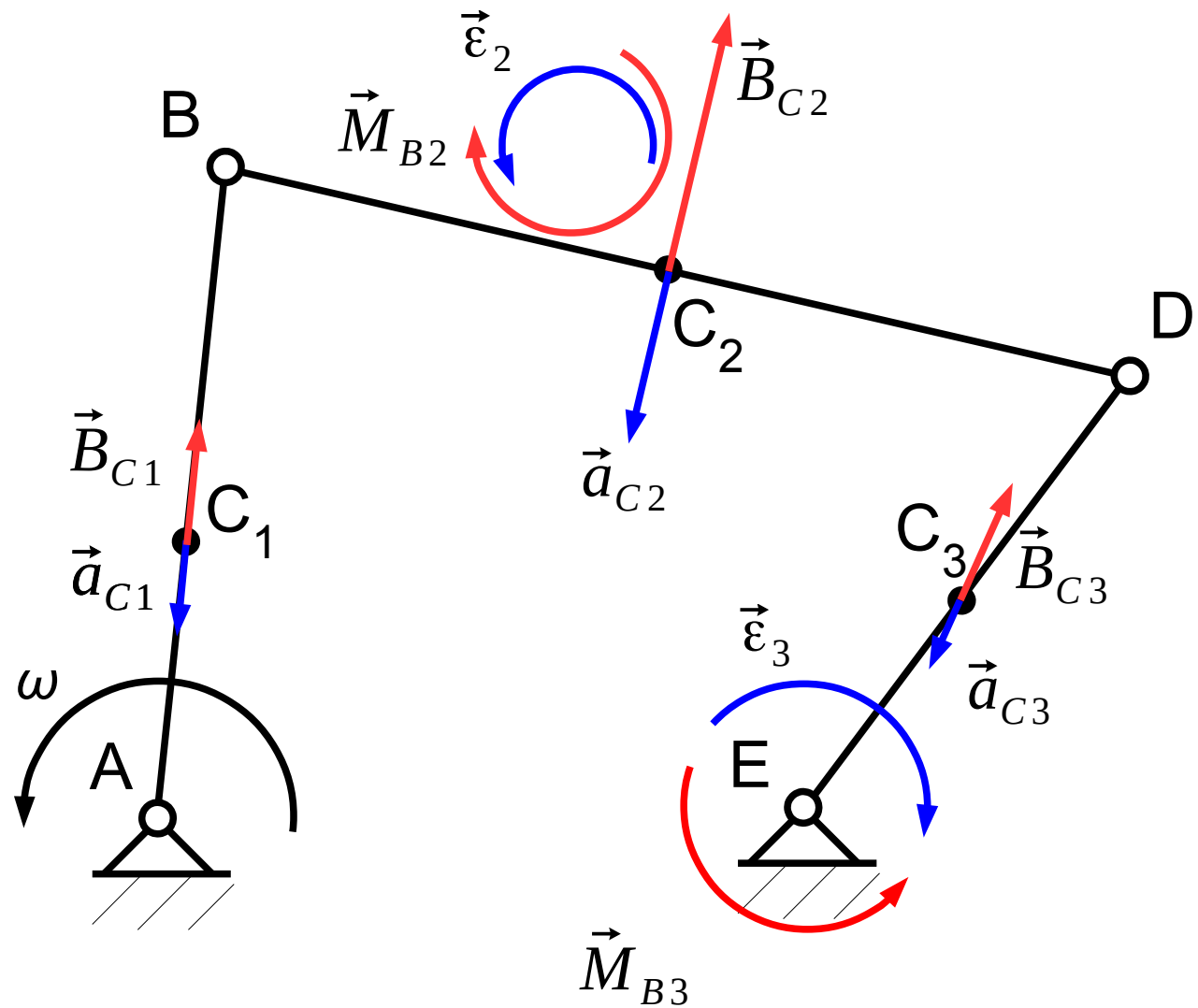
rozkład przyspieszeń



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

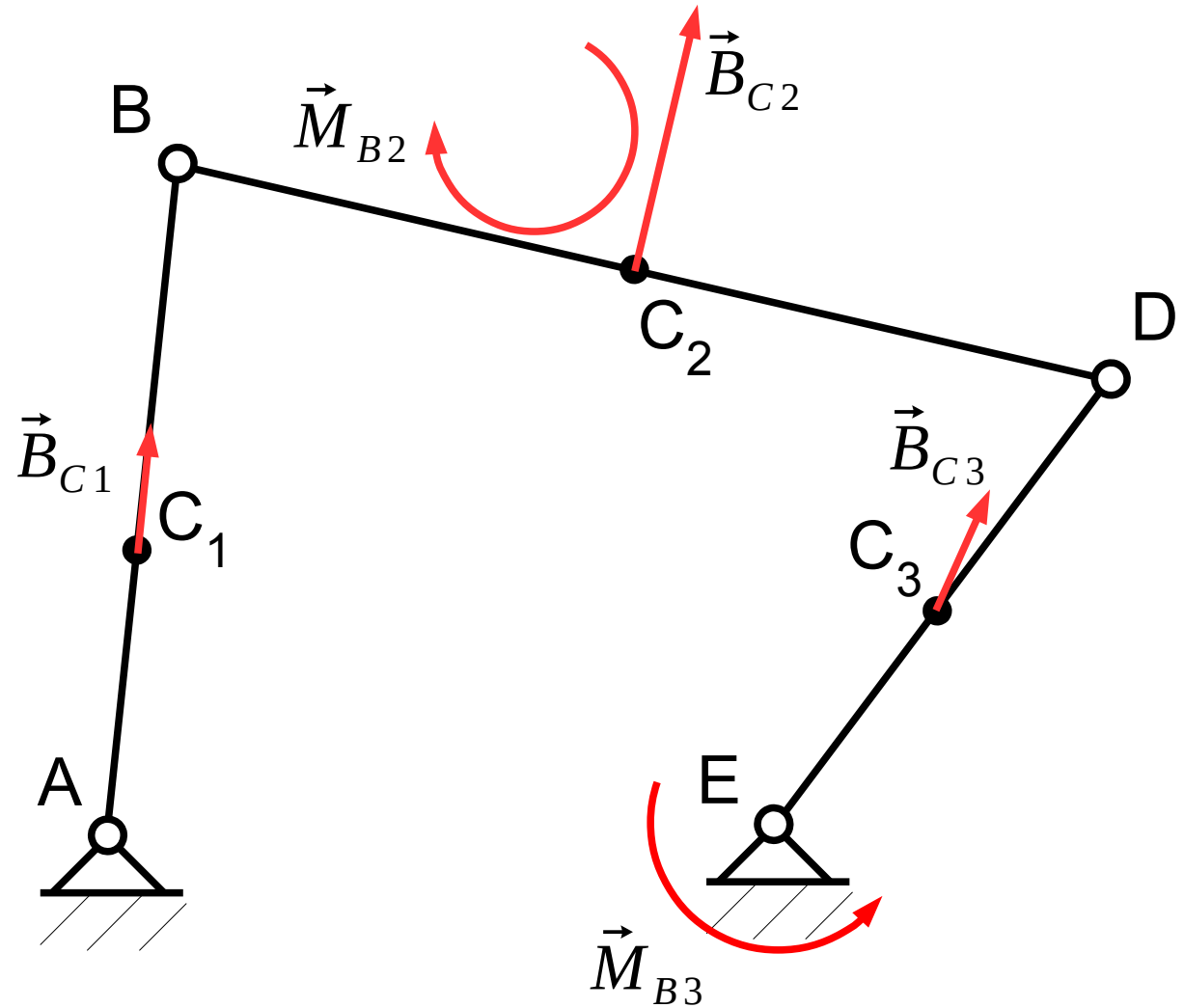
siły bezwładności



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

siły bezwładności



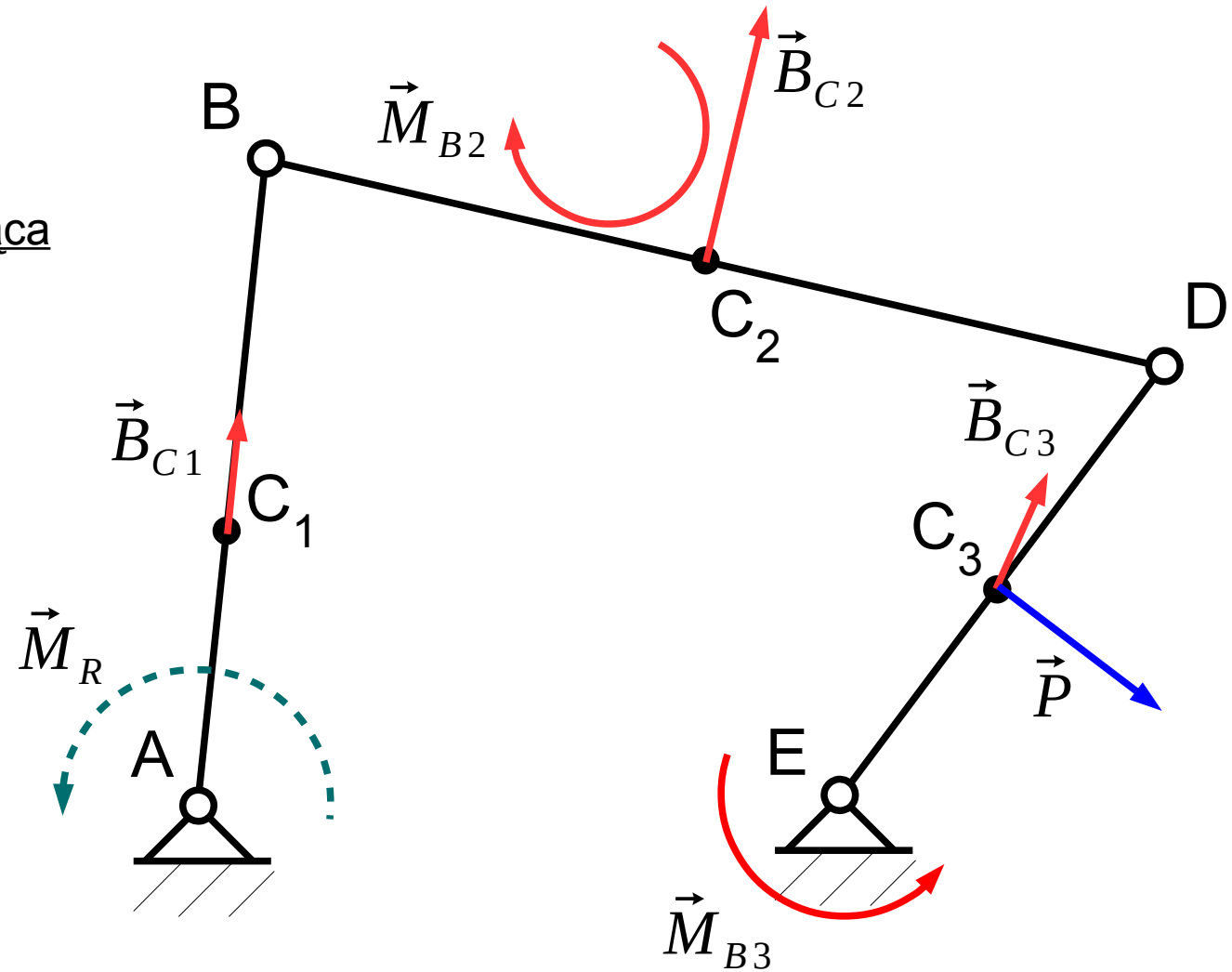
Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

Siły bezwładności

Siła robocza

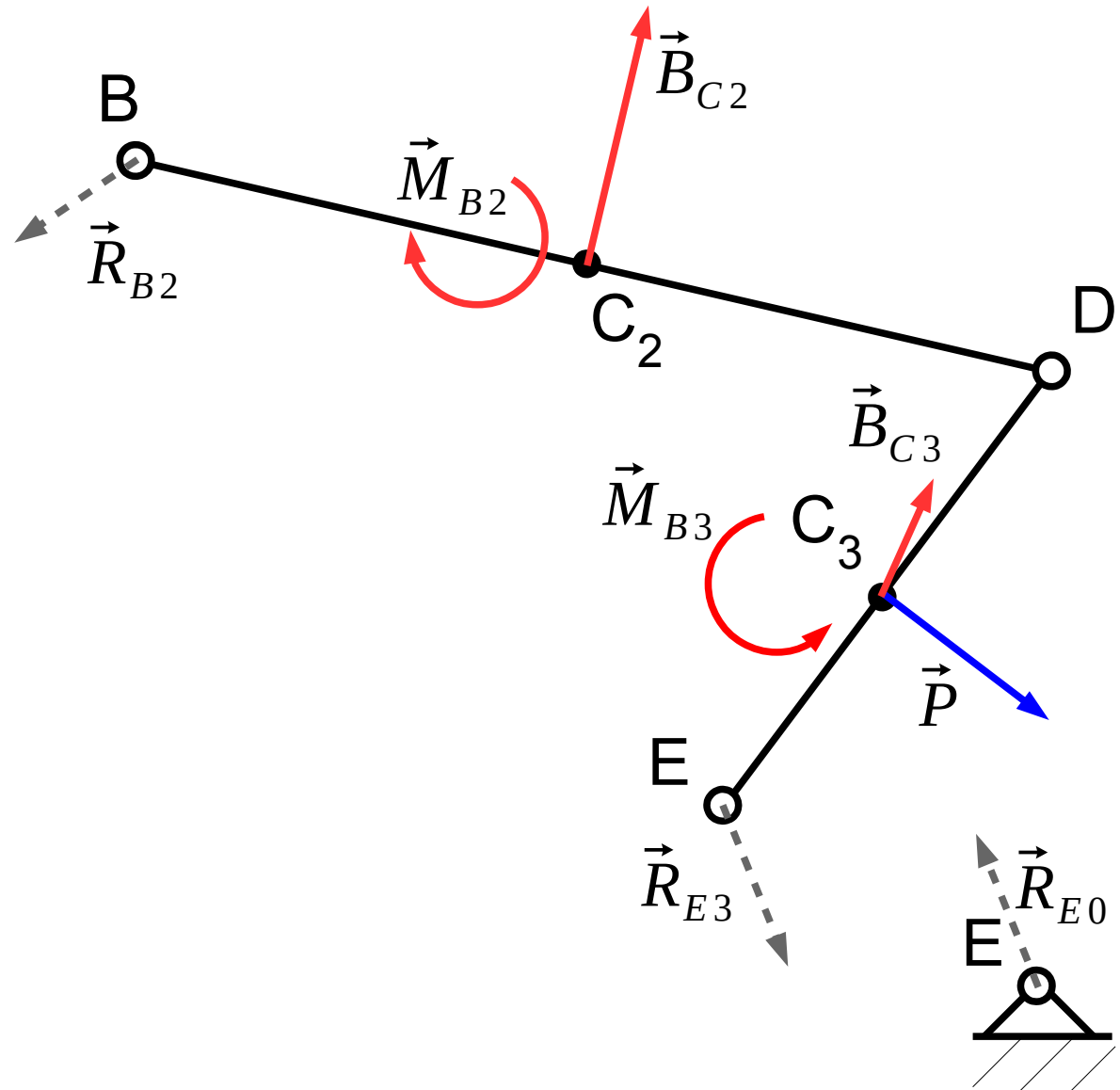
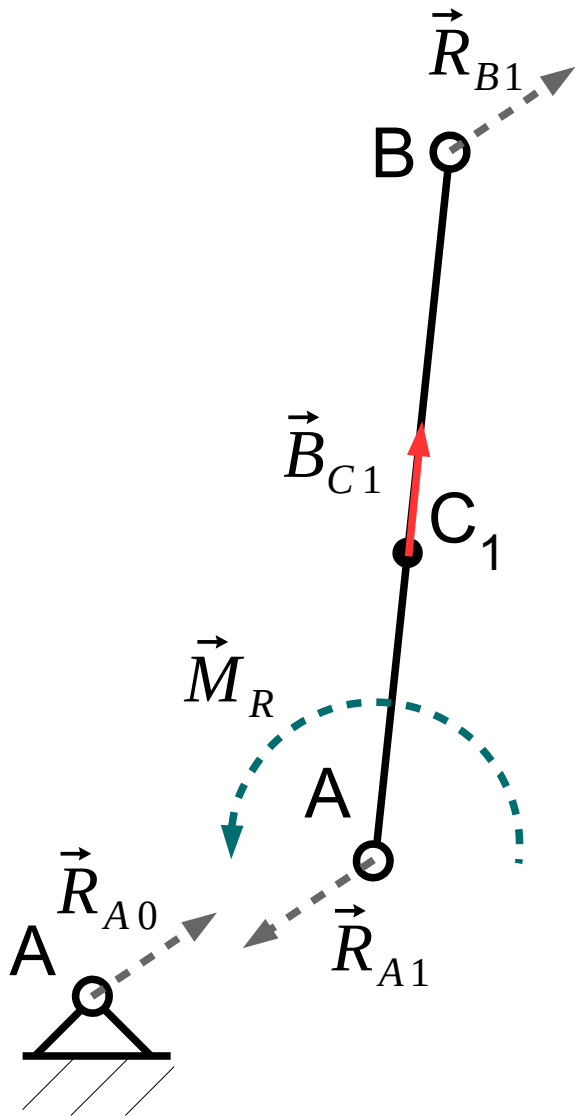
Poszukiwana siła napędzająca



Dynamika mechanizmów

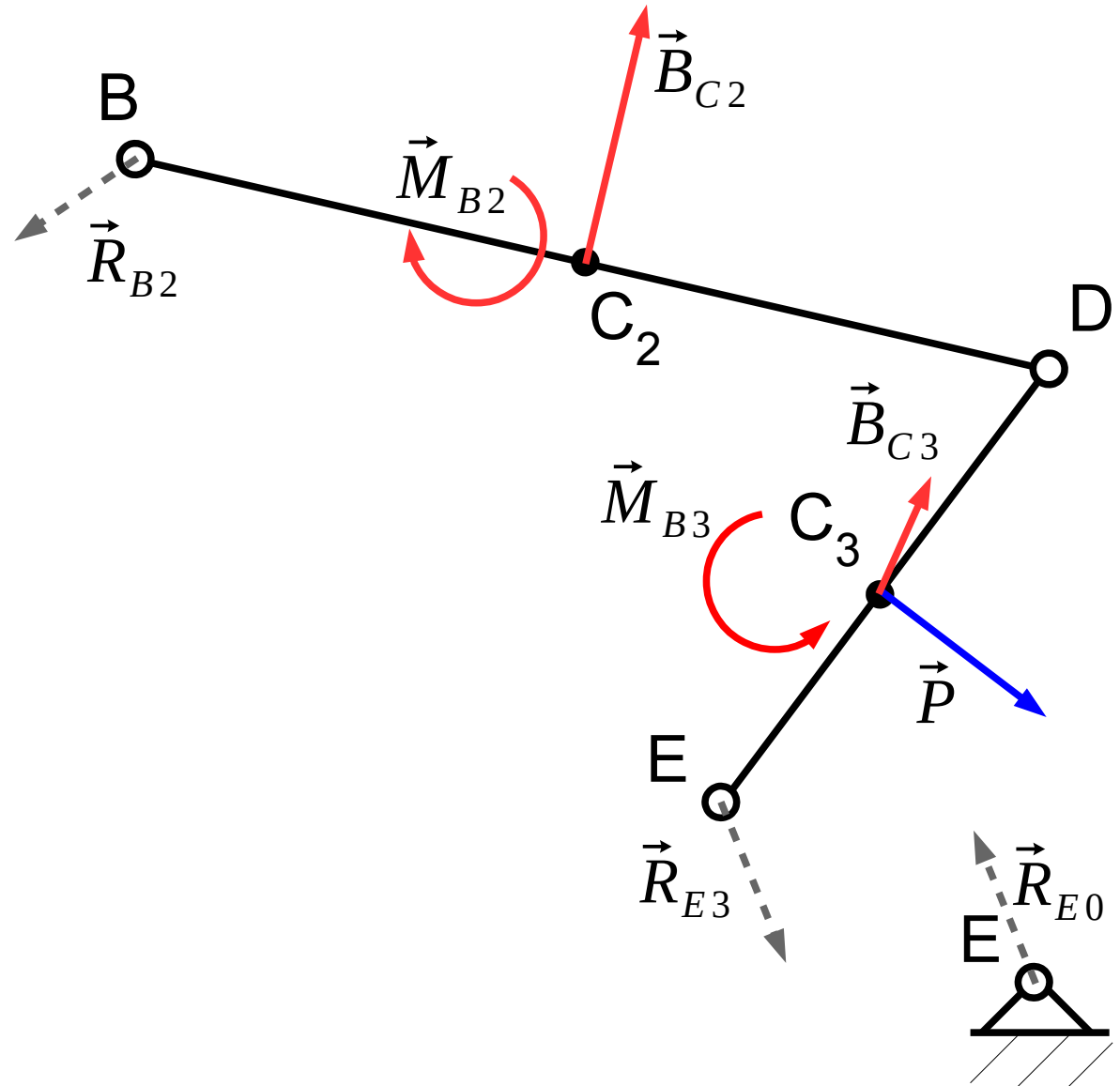
Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

Podział strukturalny i reakcje



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

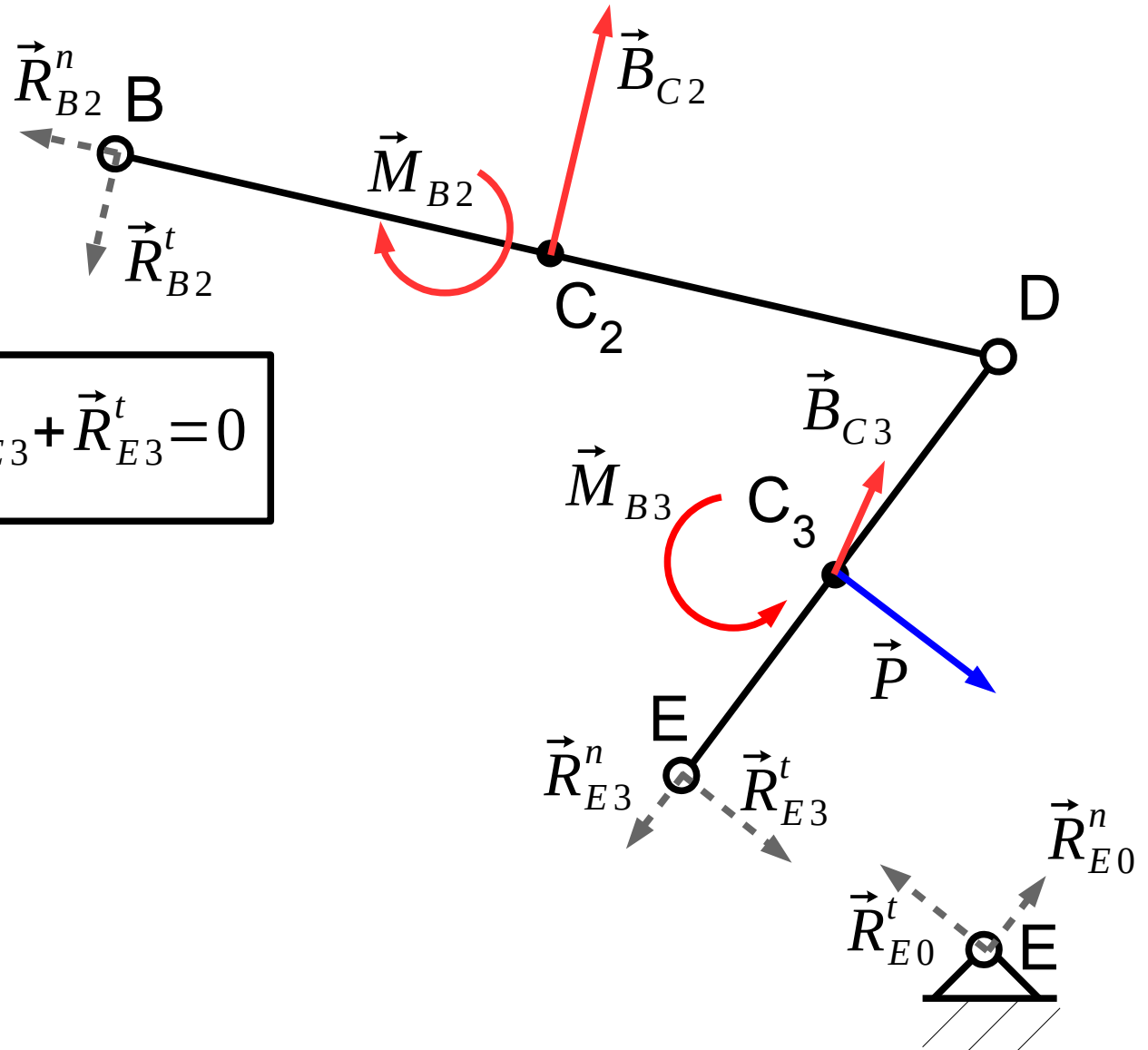


$$\vec{R}_{B2} + \vec{B}_{C2} + \vec{B}_{C3} + \vec{P} + \vec{R}_{E3} = 0$$

Dynamika mechanizmów

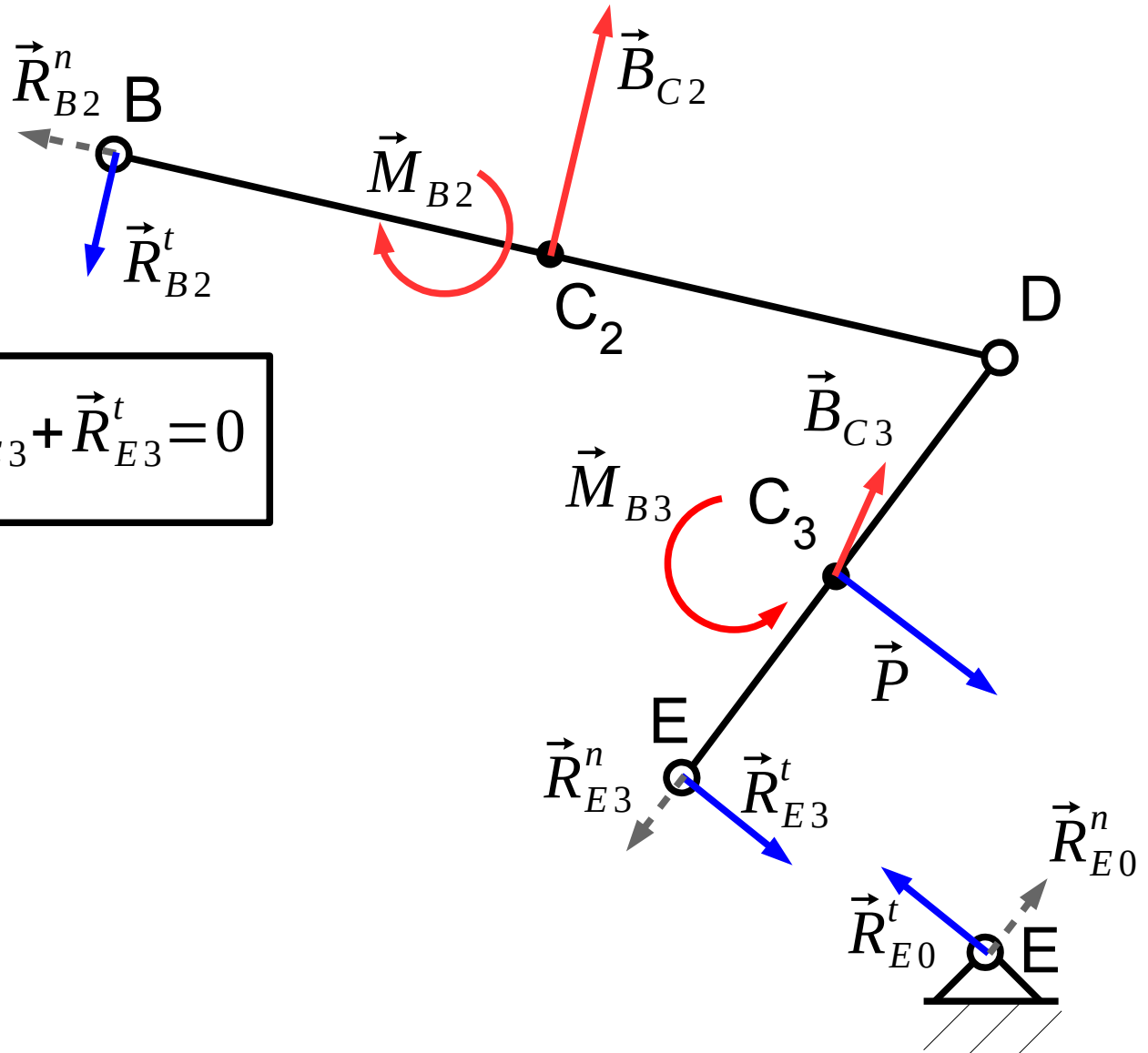
Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

$$\vec{R}_{B2}^n + \vec{R}_{B2}^t + \vec{B}_{C2} + \vec{B}_{C3} + \vec{P} + \vec{R}_{E3}^n + \vec{R}_{E3}^t = 0$$



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład



$$\vec{R}_{B2}^n + \vec{R}_{B2}^t + \vec{B}_{C2} + \vec{B}_{C3} + \vec{P} + \vec{R}_{E3}^n + \vec{R}_{E3}^t = 0$$

człon BD: $\sum_i M_{iD} = 0$

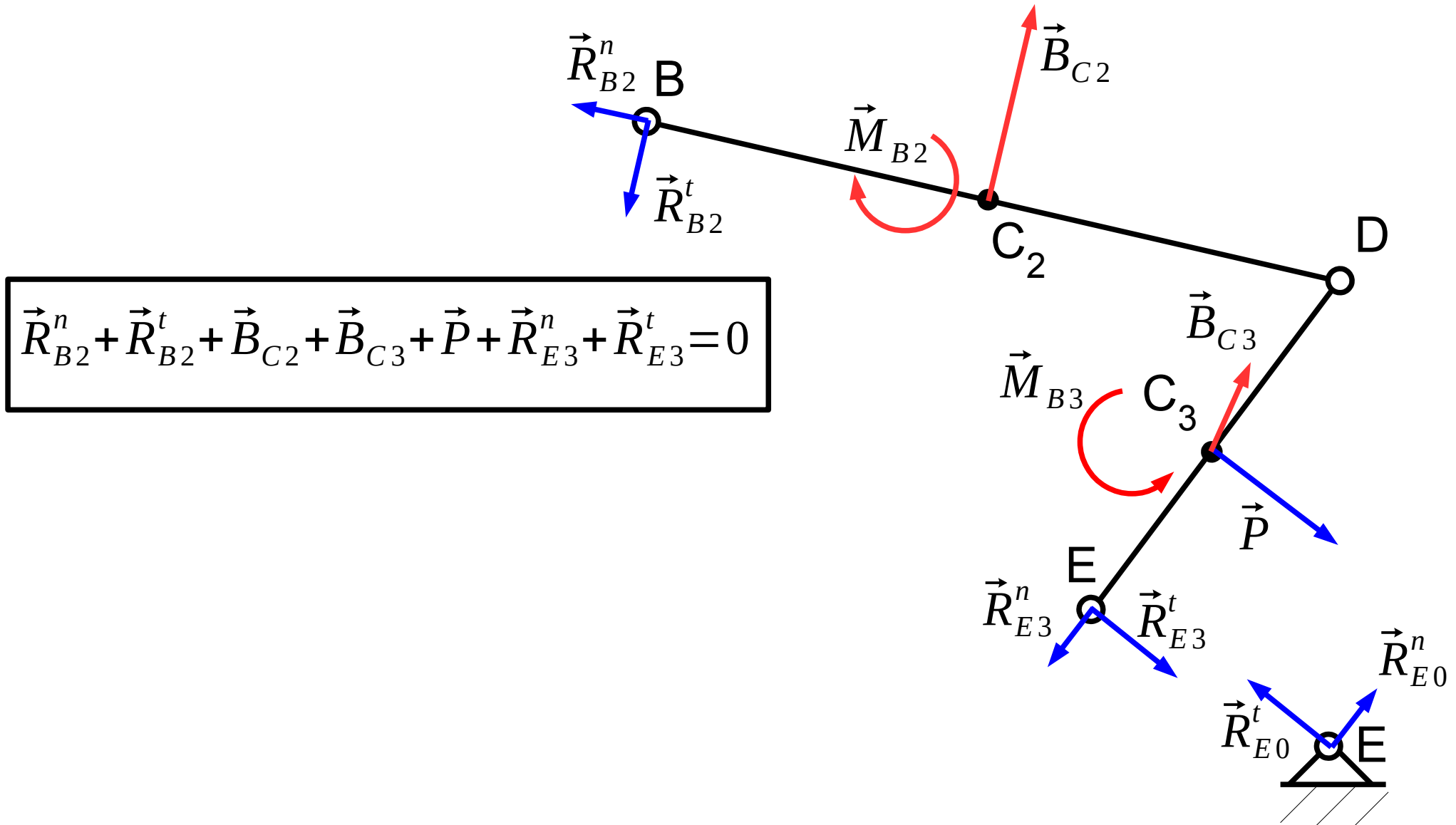
$$\vec{R}_{B2}^t = \dots$$

człon ED: $\sum_i M_{iD} = 0$

$$\vec{R}_{E3}^t = \dots$$

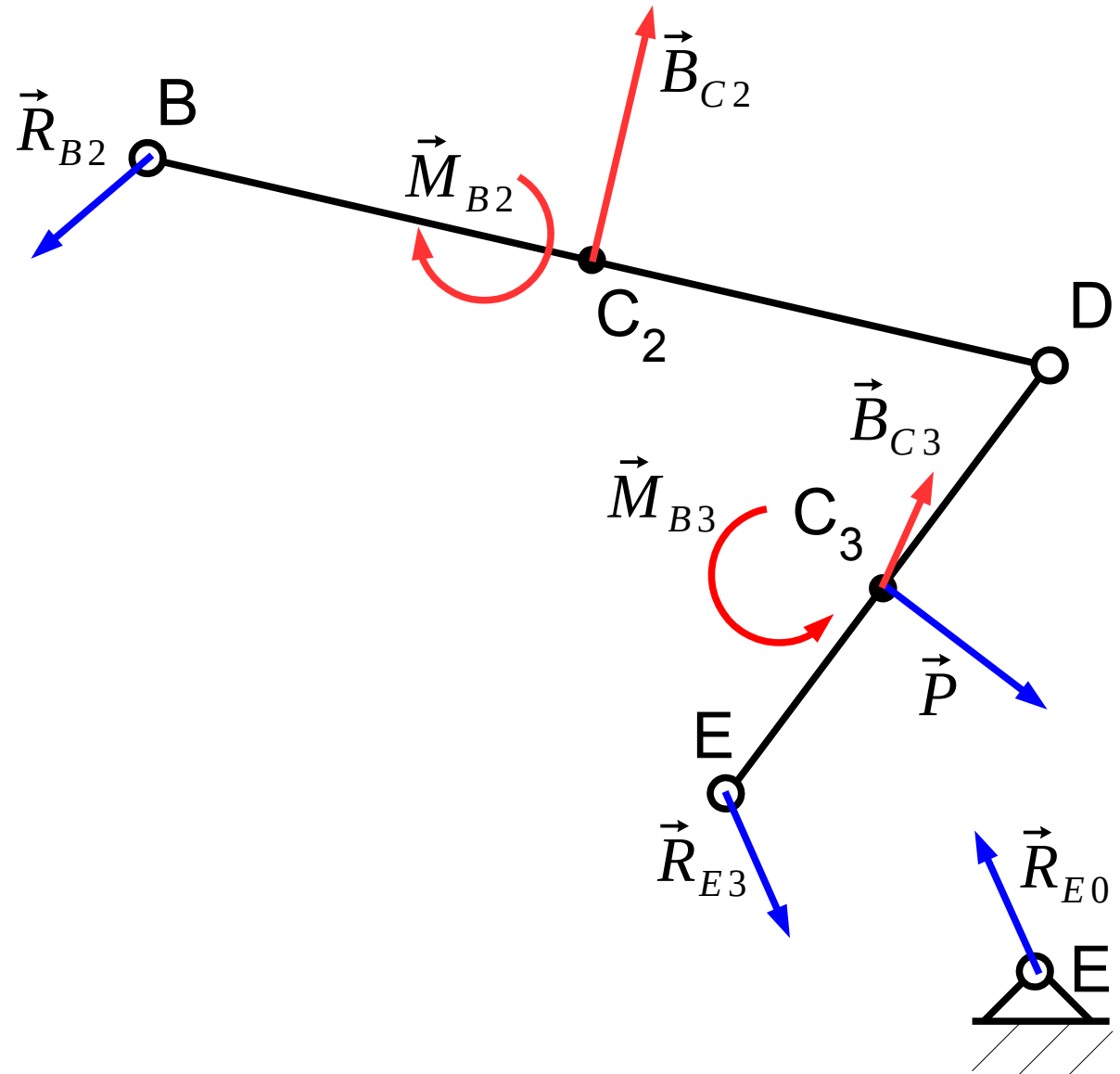
Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład



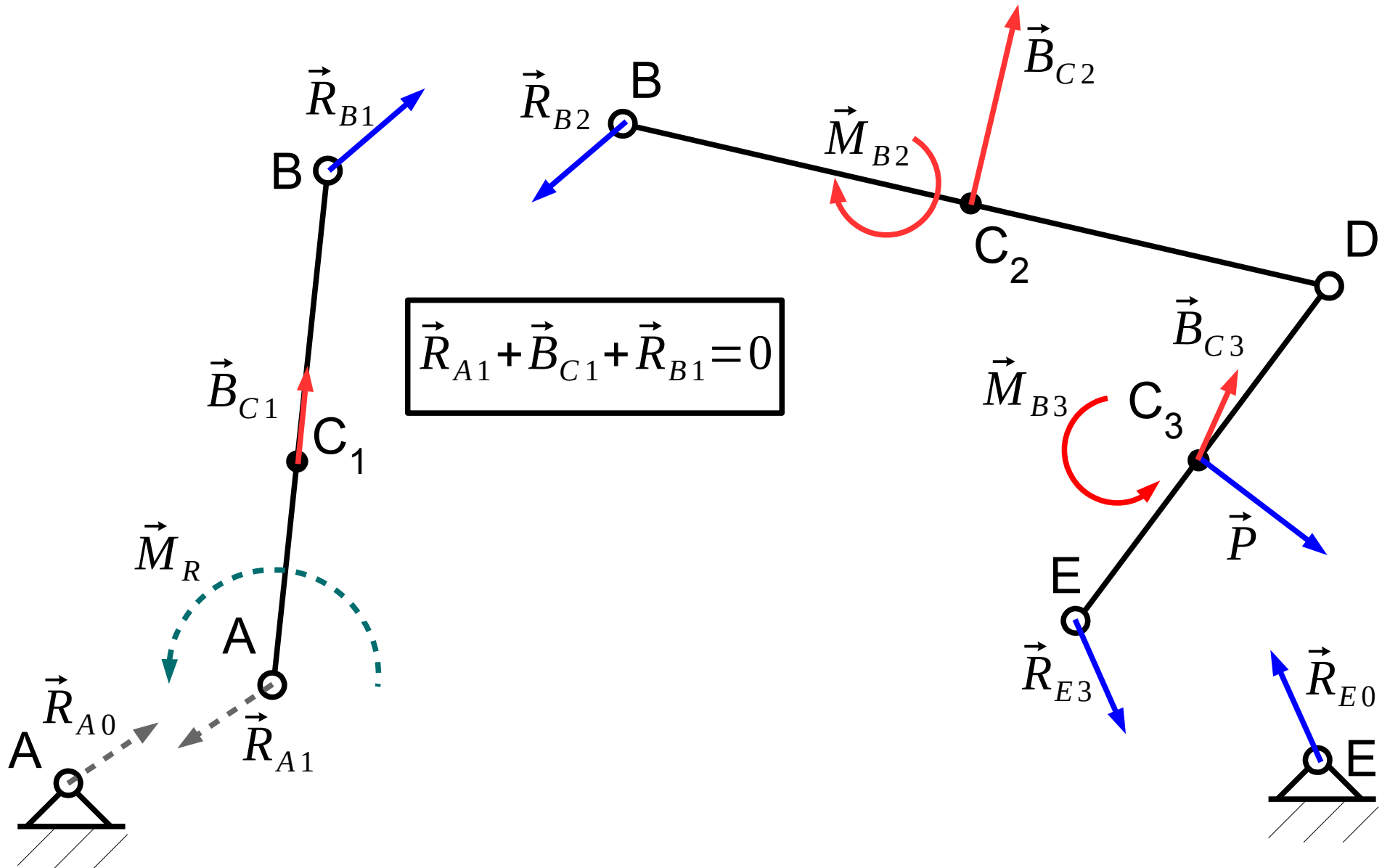
Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład



Dynamika mechanizmów

Pierwsze zadanie dynamiki – przykład

