



Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Podstawy automatyki i teorii maszyn
semestr zimowy 2019/2020

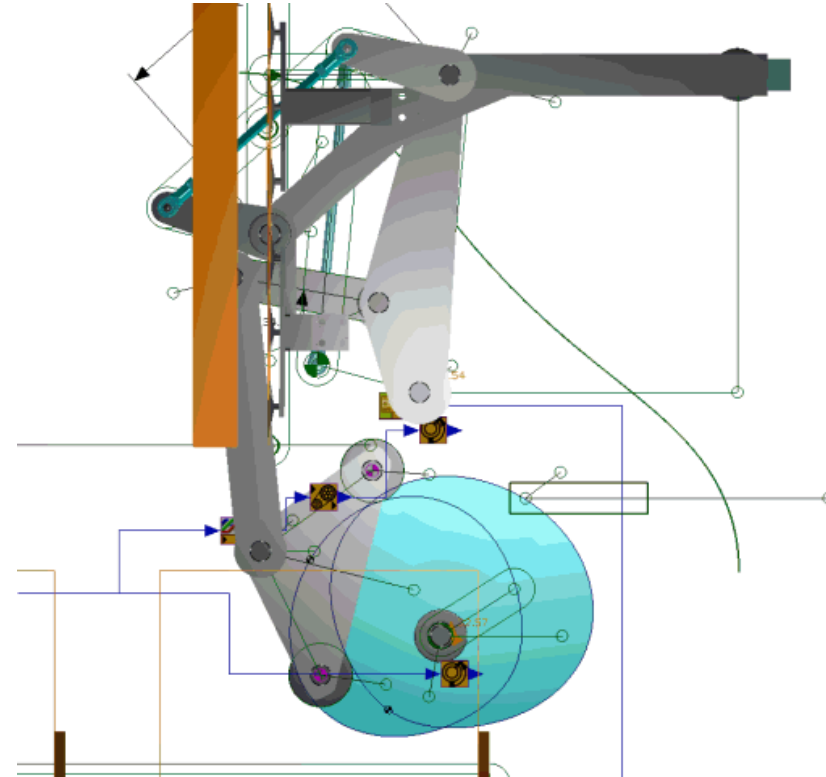
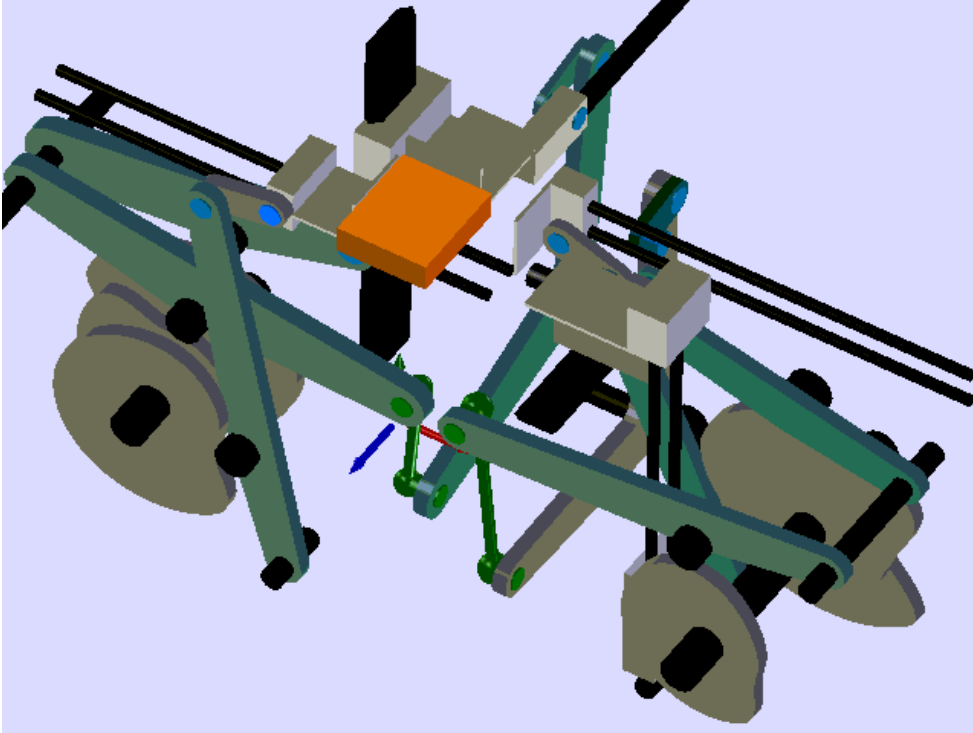
dr inż. Sebastian Korczak

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

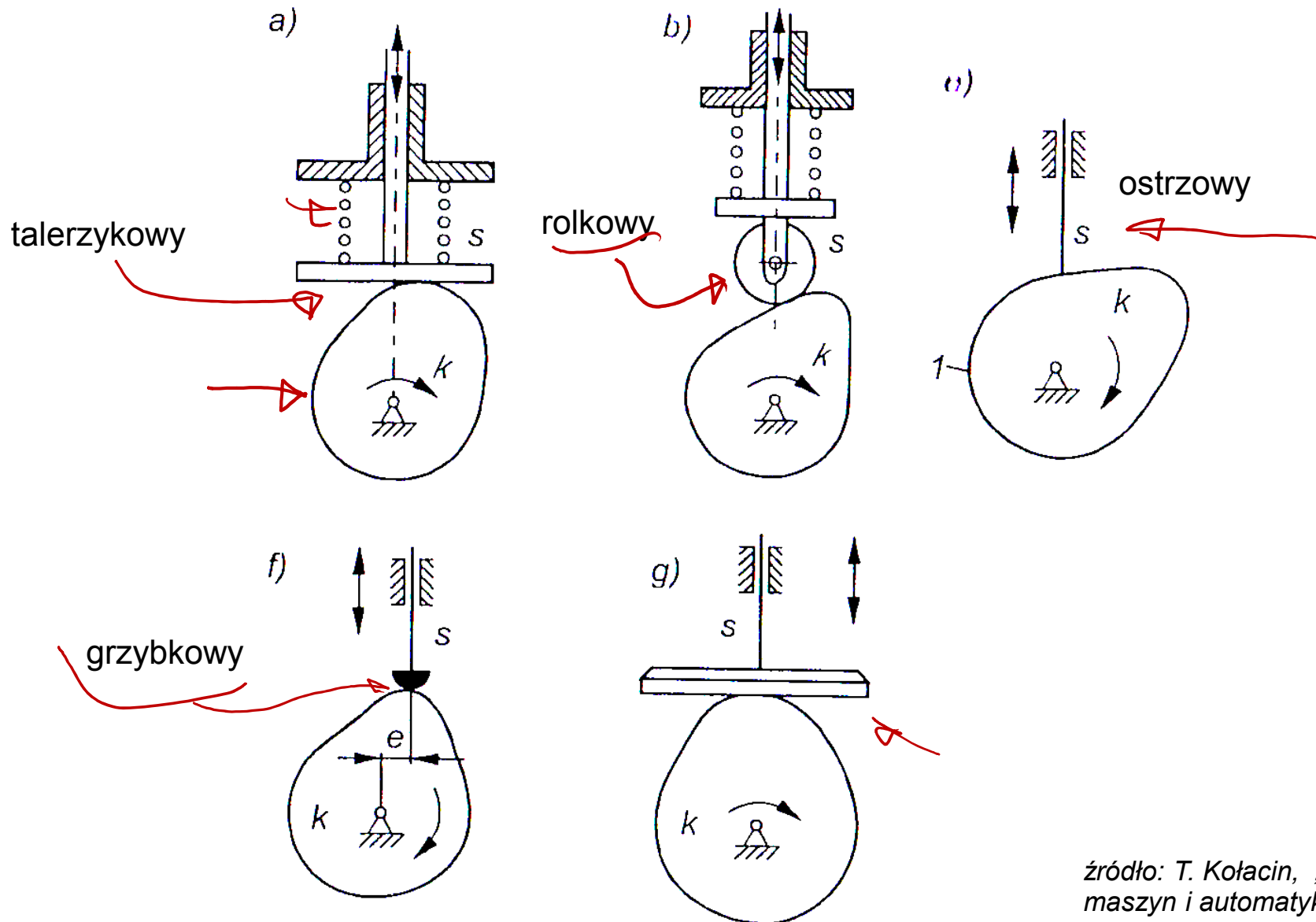
Podstawowe informacje

Podział mechanizmów krzywkowych:

- ↳ płaskie / przestrzenne
- ↳ z popychaczem centralnym / z popychaczem mimośrodowym
- ↳ z zamknięciem kinematycznym / z zamknięciem siłowym

Mechanizmy krzywkowe

Przykłady popychaczy

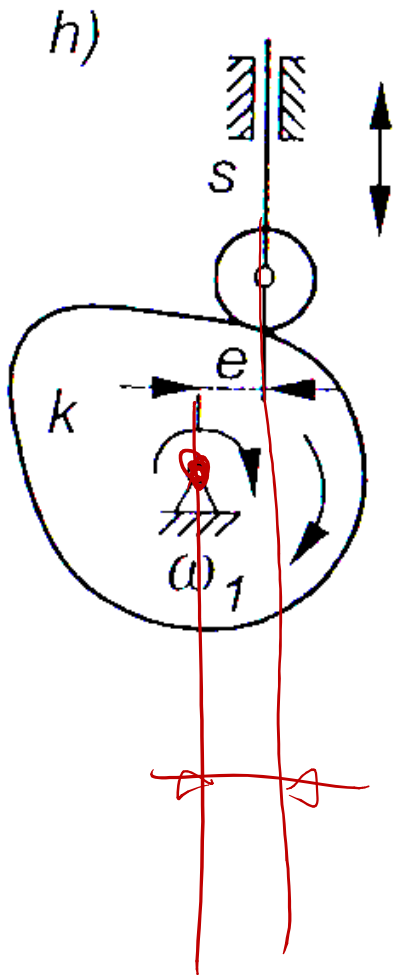


źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

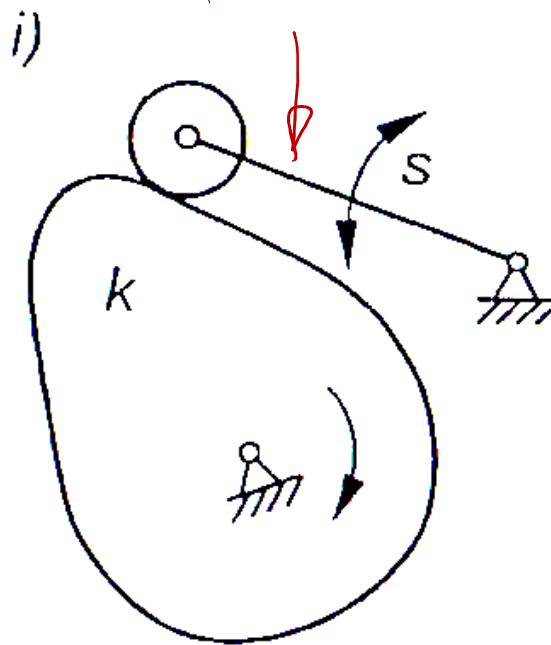
Mechanizmy krzywkowe

Przykłady

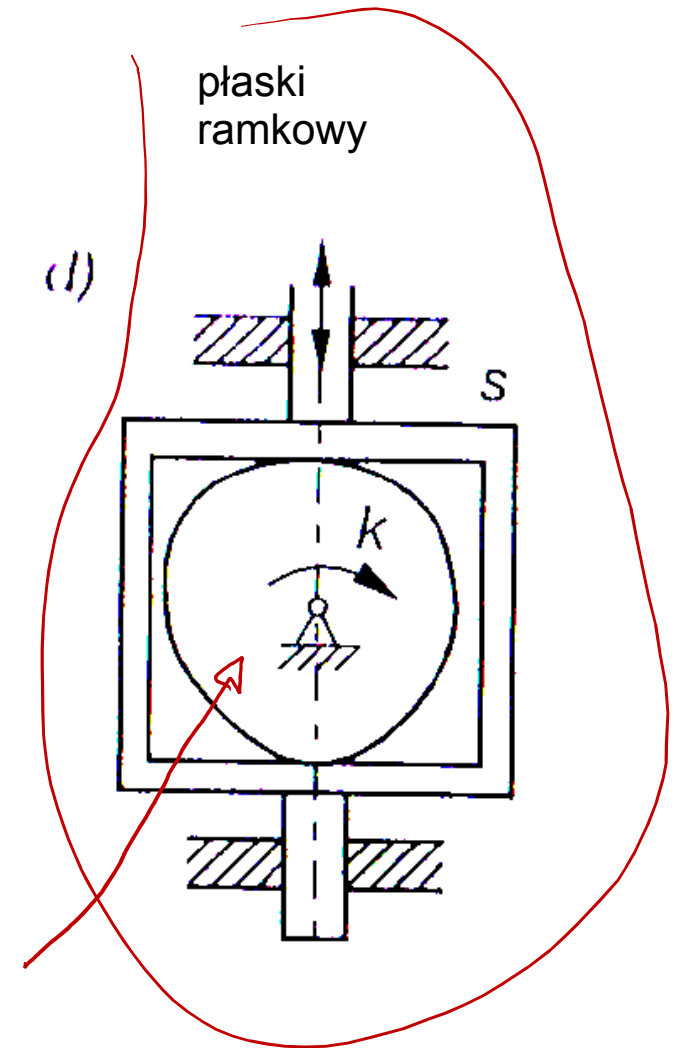
mimośrodowy



wahadłowy



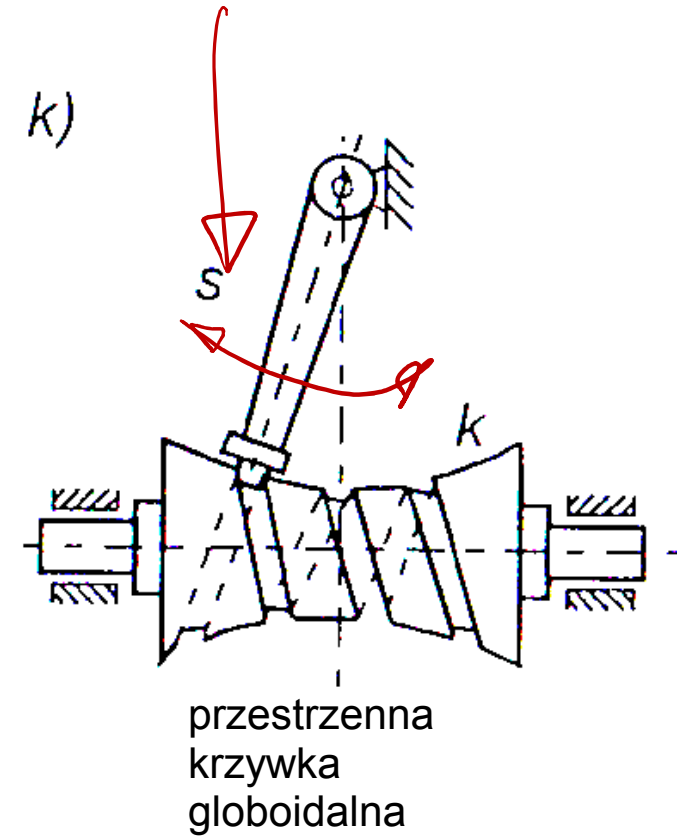
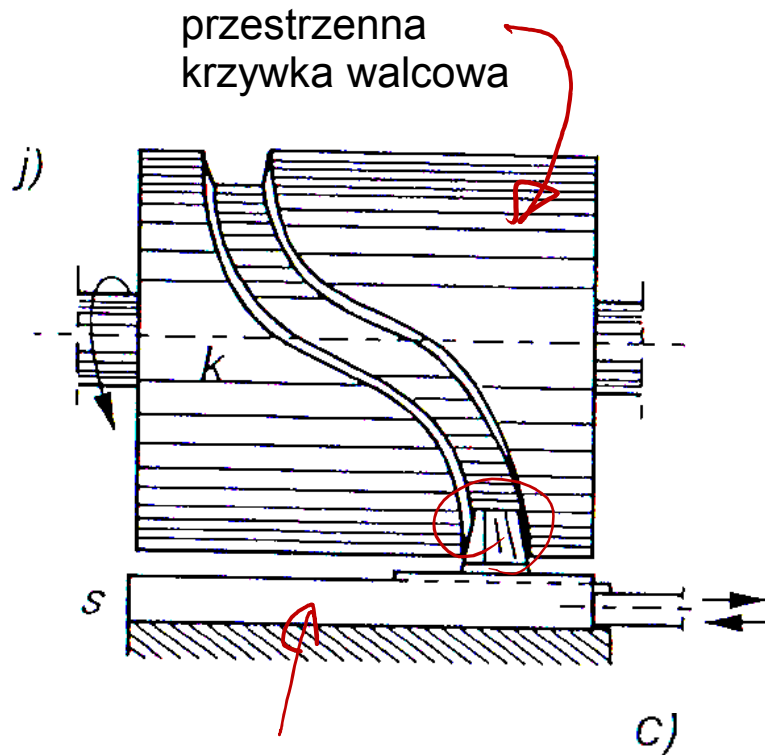
d)



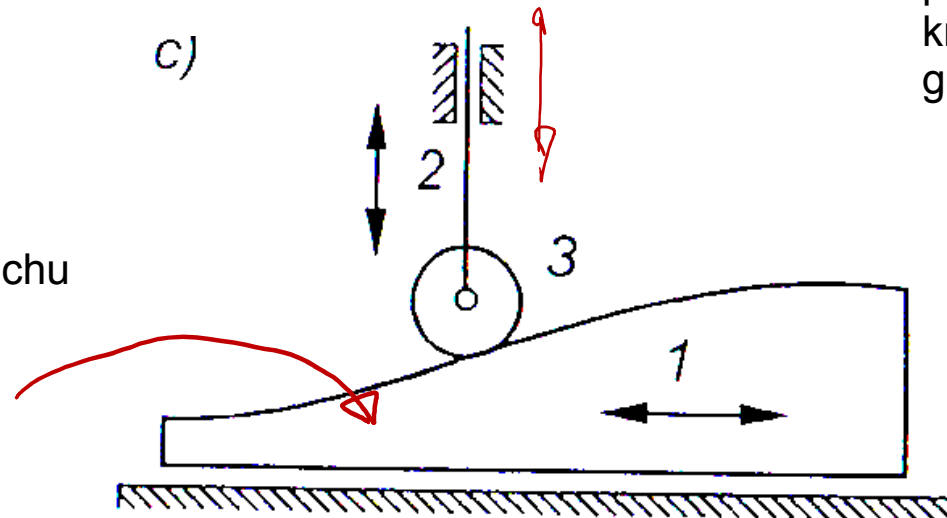
źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

Mechanizmy krzywkowe

Przykłady



krzywka o ruchu
postępowym



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

Analiza i synteza mechanizmów krzywkowych

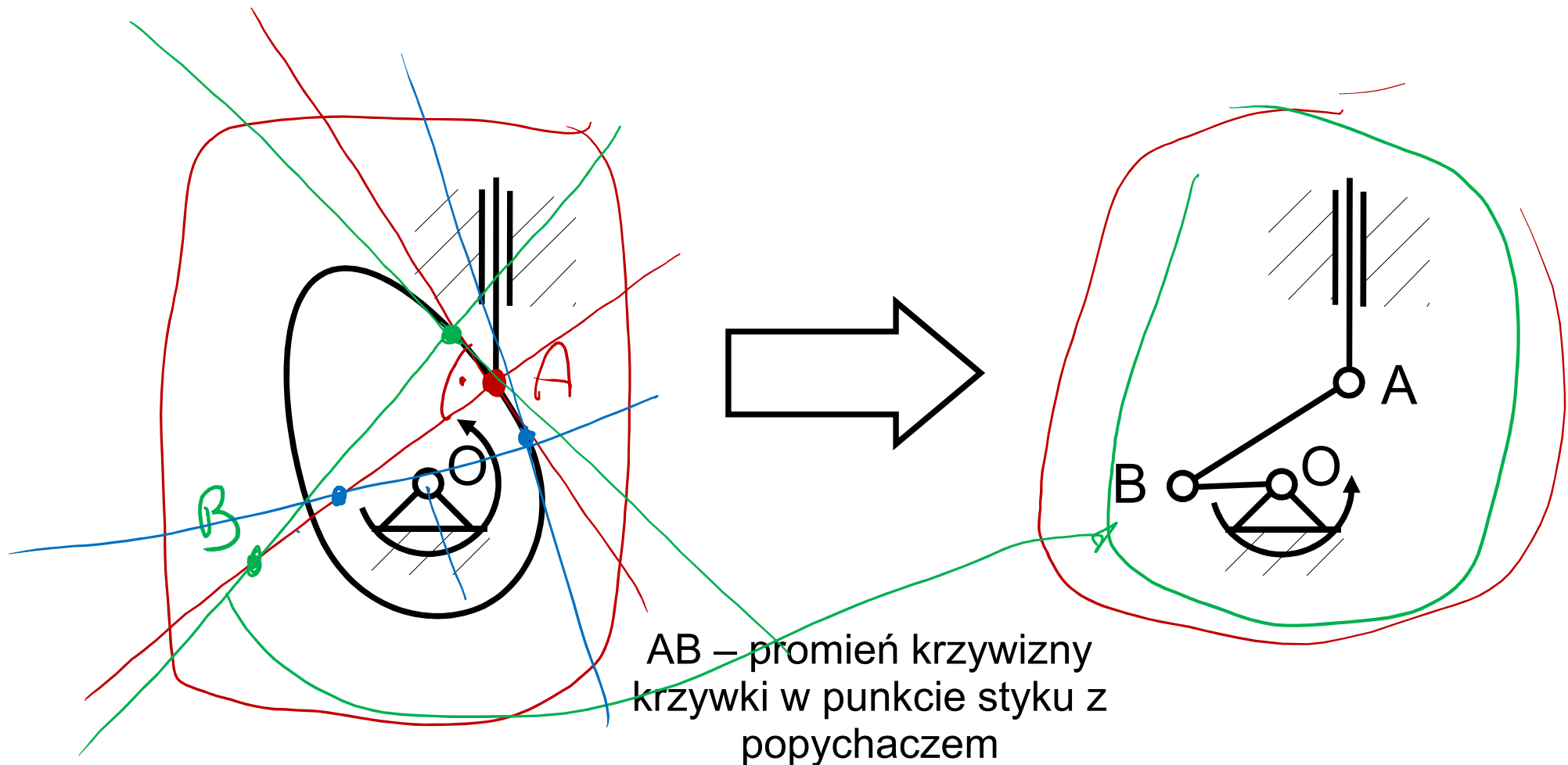
- ✓ Analiza mechanizmu krzywkowego – wyznaczenie przebiegu przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki dla zadanej konstrukcji i geometrii mechanizmu.
- ✓ Synteza mechanizmu krzywkowego – zaprojektowanie geometrii krzywki dla danej konstrukcji mechanizmu krzywkowego 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>
<p>1 zastąpienie pary IV klasy parami V klasy i zastosowanie metod wykreślnych (plany prędkości i przyspieszeń)</p> <p>2 graficzne wyznaczenie przebiegu wzniosu popychacza i jego różniczkowanie graficzne</p> <p>3 zastosowanie metody analitycznej (zastąpienie mechanizmu wielobokiem wektorów)</p>	<p>graficzne konstruowanie zarysu krzywki poprzez obracanie koła bazowego i odkładanie pożądanego wzniosu popychacza</p> <p>analityczne projektowanie zarysu krzywki poprzez opis funkcyjny</p>

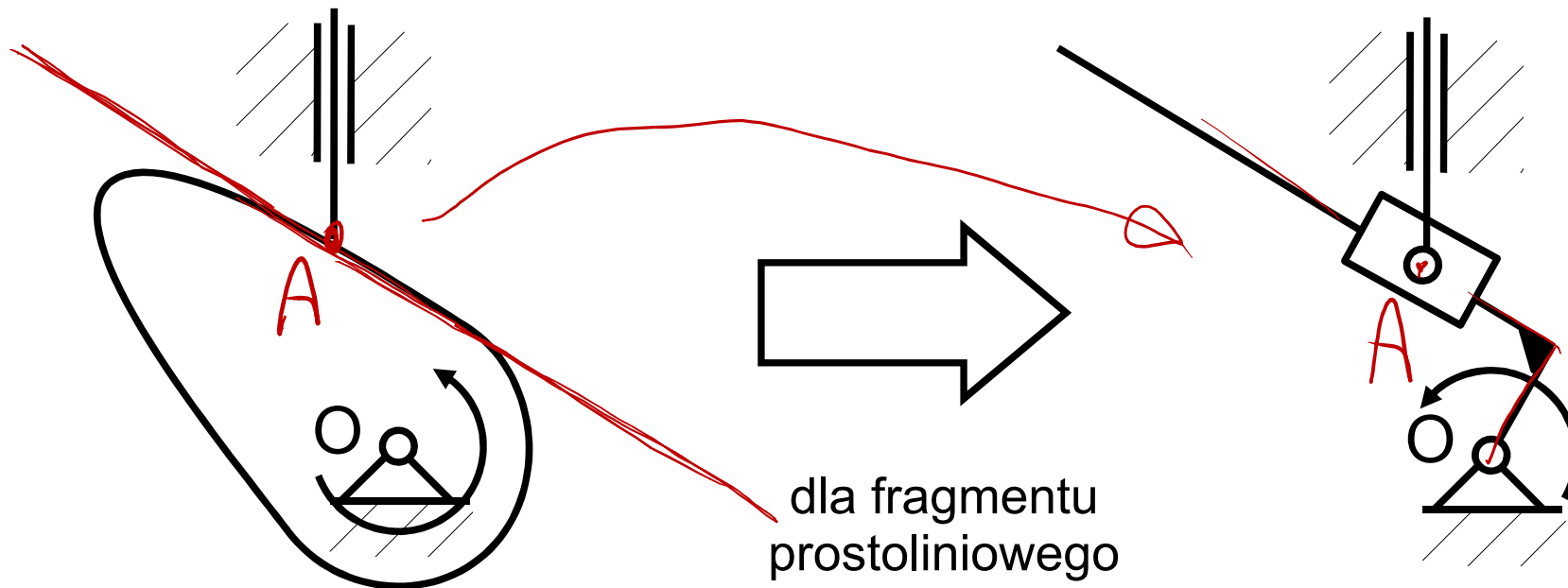
Analiza mechanizmów krzywkowych

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



Analiza mechanizmów krzywkowych

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

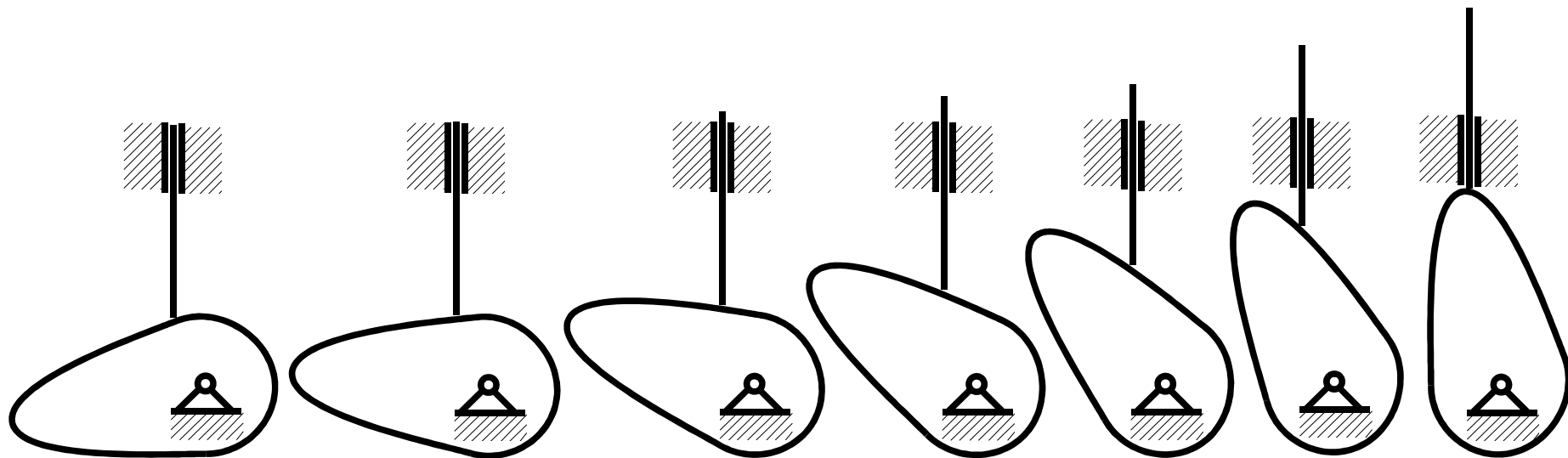


Analiza mechanizmów krzywkowych

2 Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie
wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie

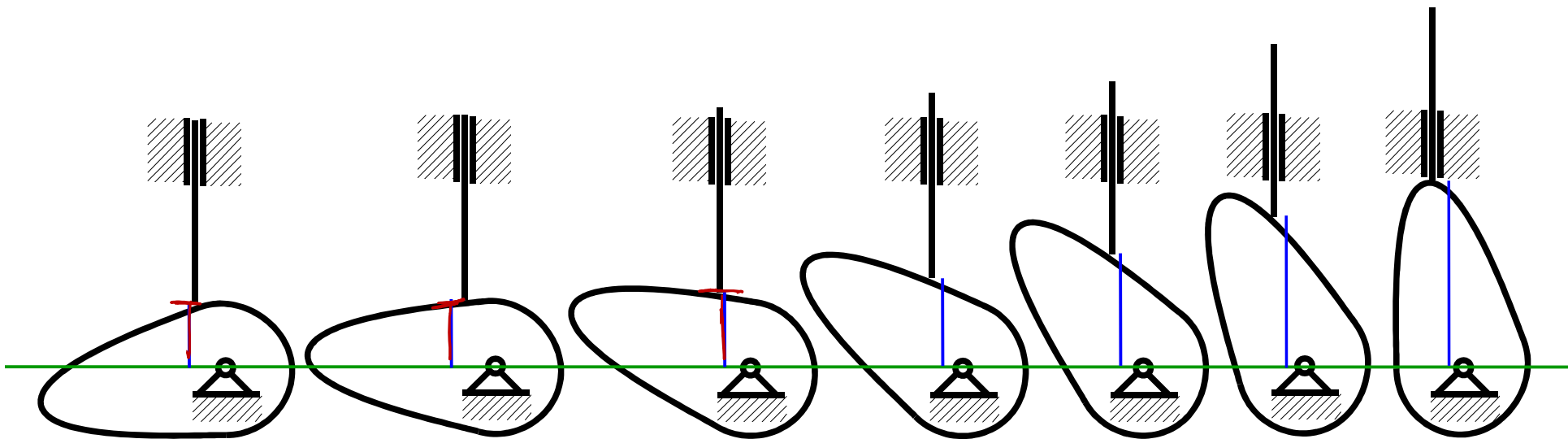
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



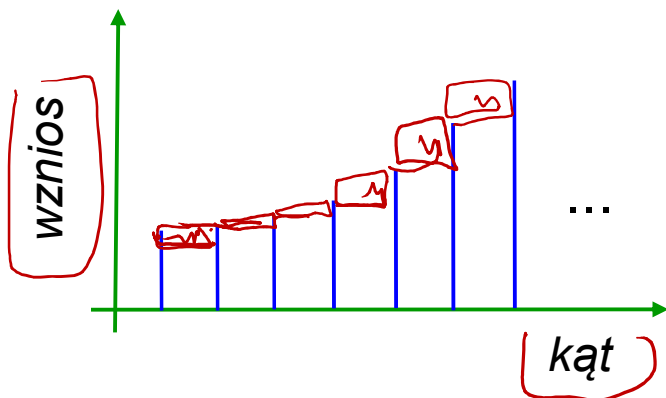
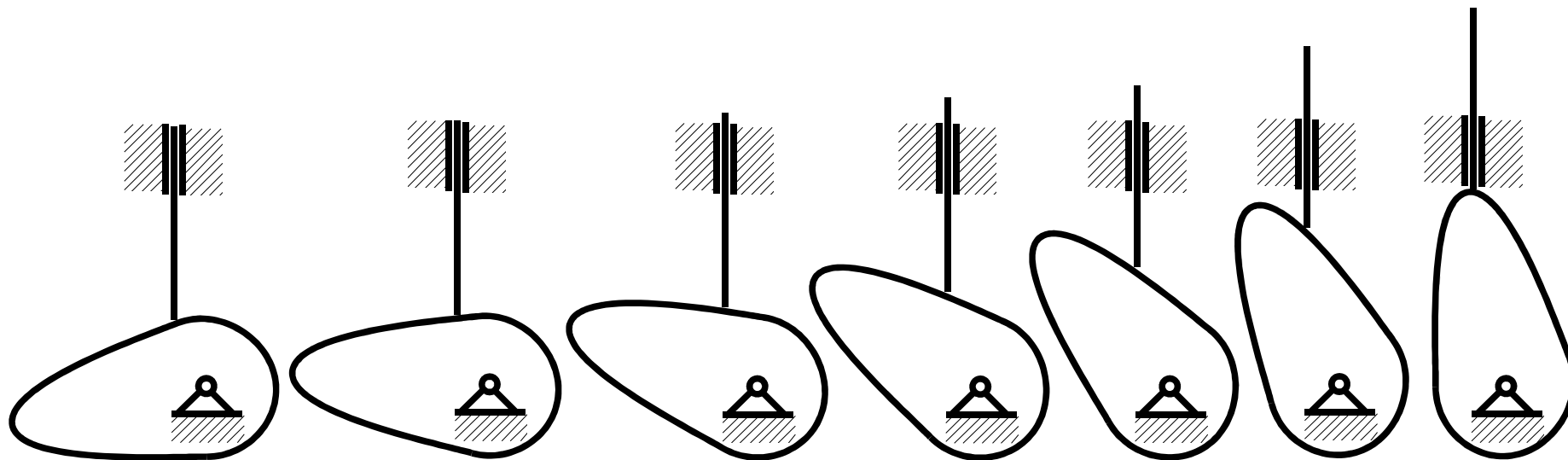
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



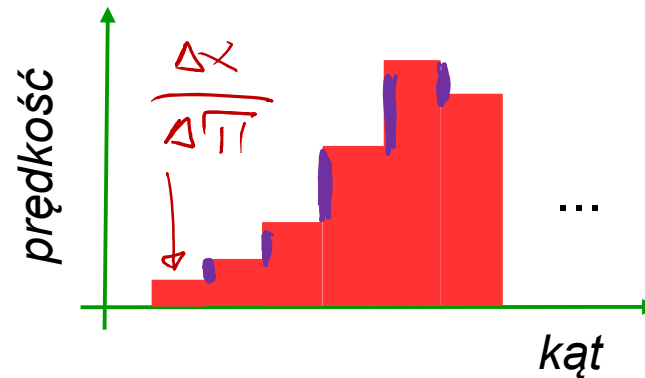
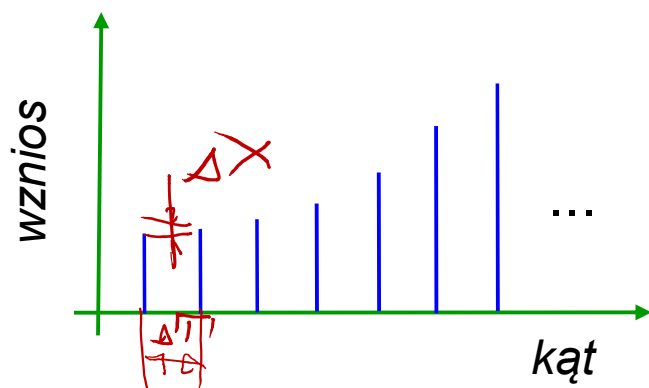
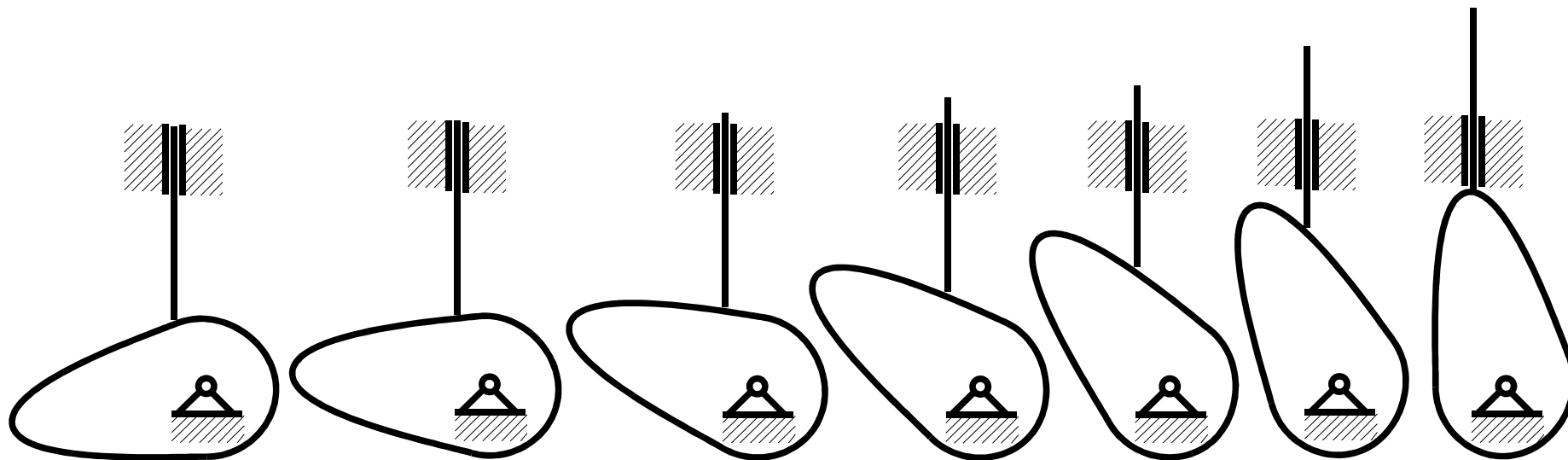
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



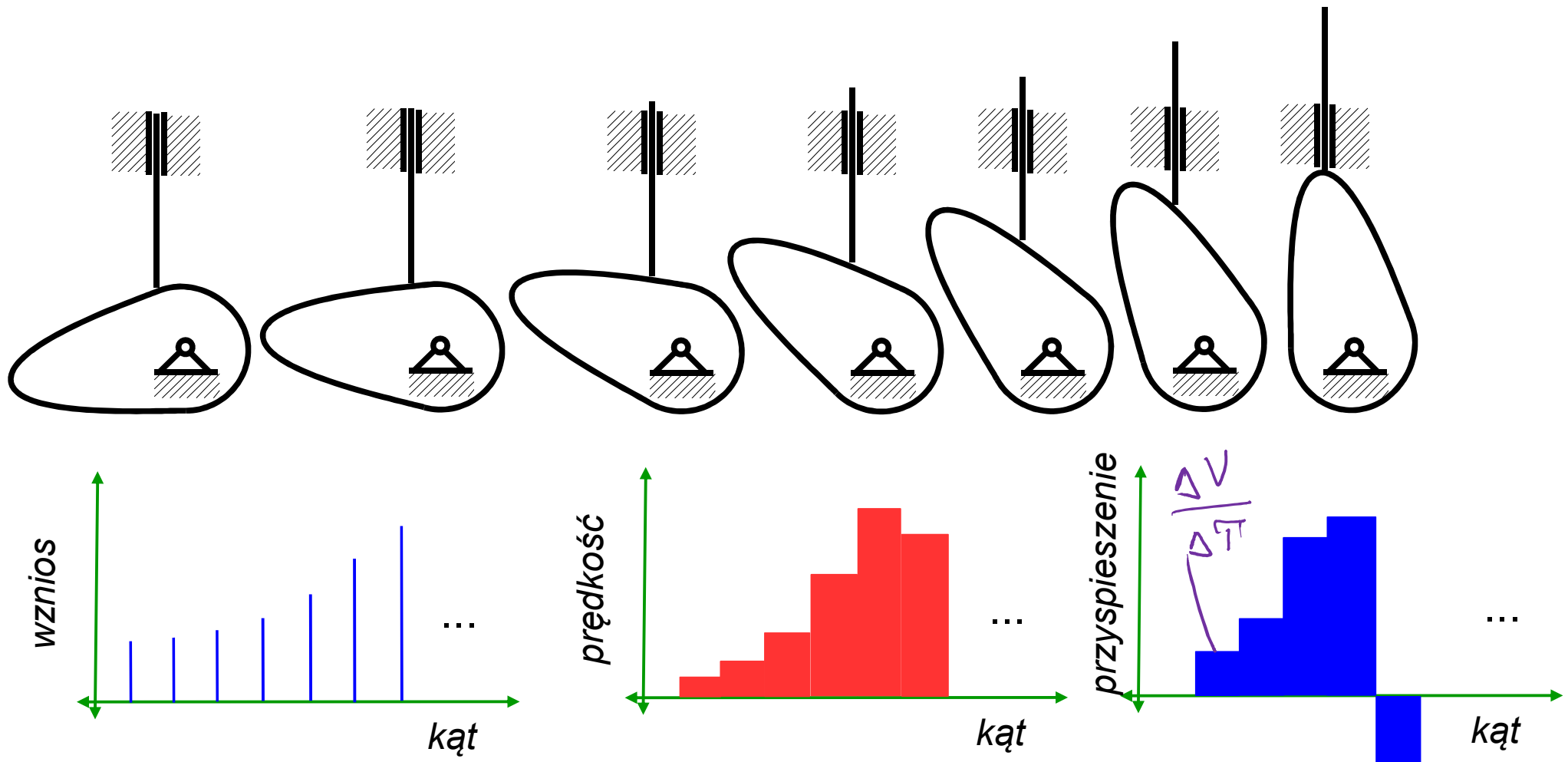
Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



Analiza mechanizmów krzywkowych

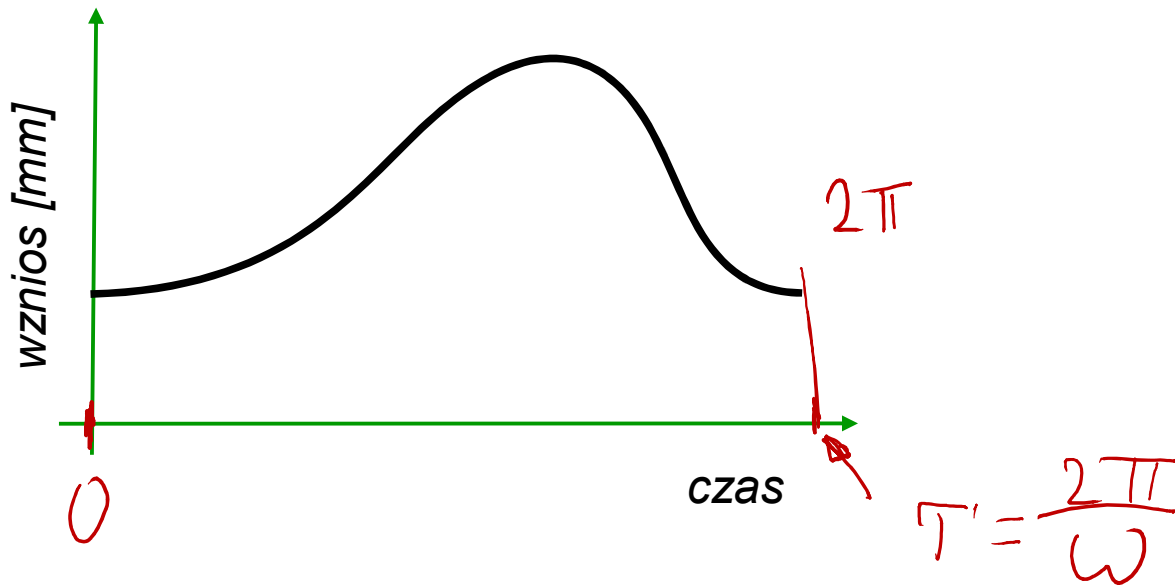
Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

Dane:
wznios popychacza



wzrost. $\varphi(t) = \omega \cdot t$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna

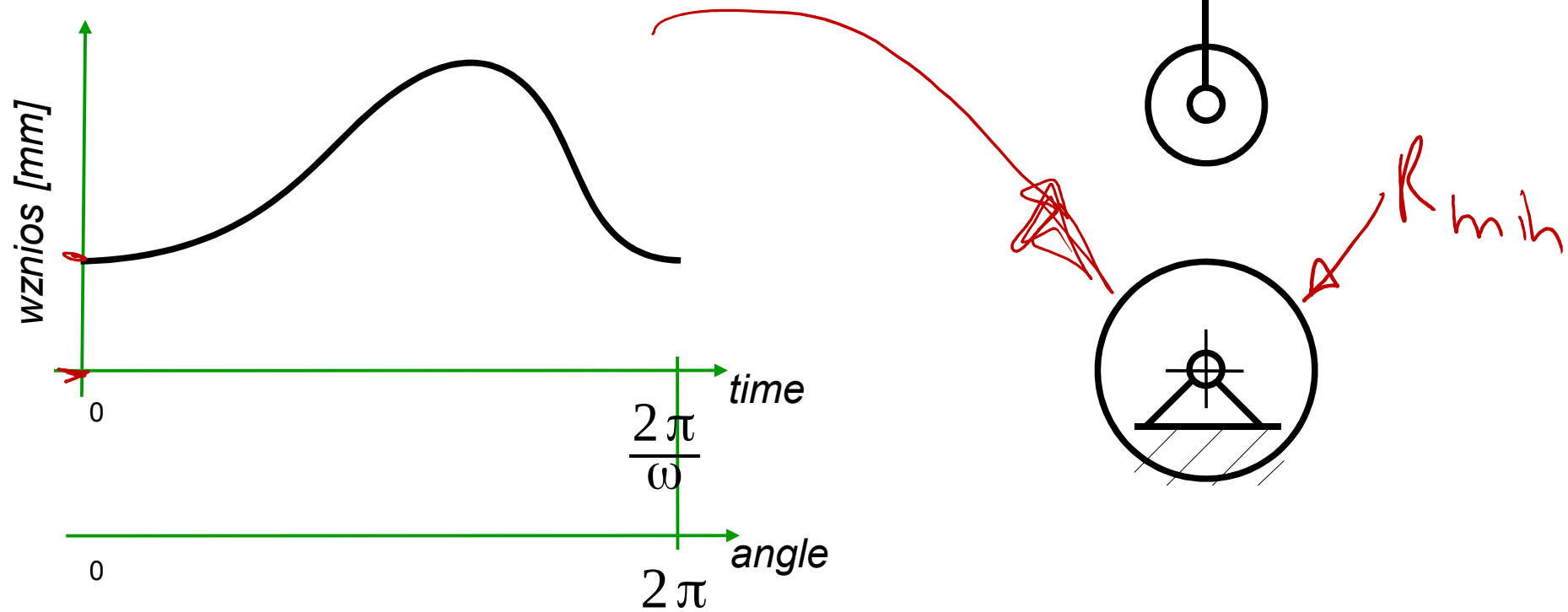


Assumption: constant angular velocity of a cam

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

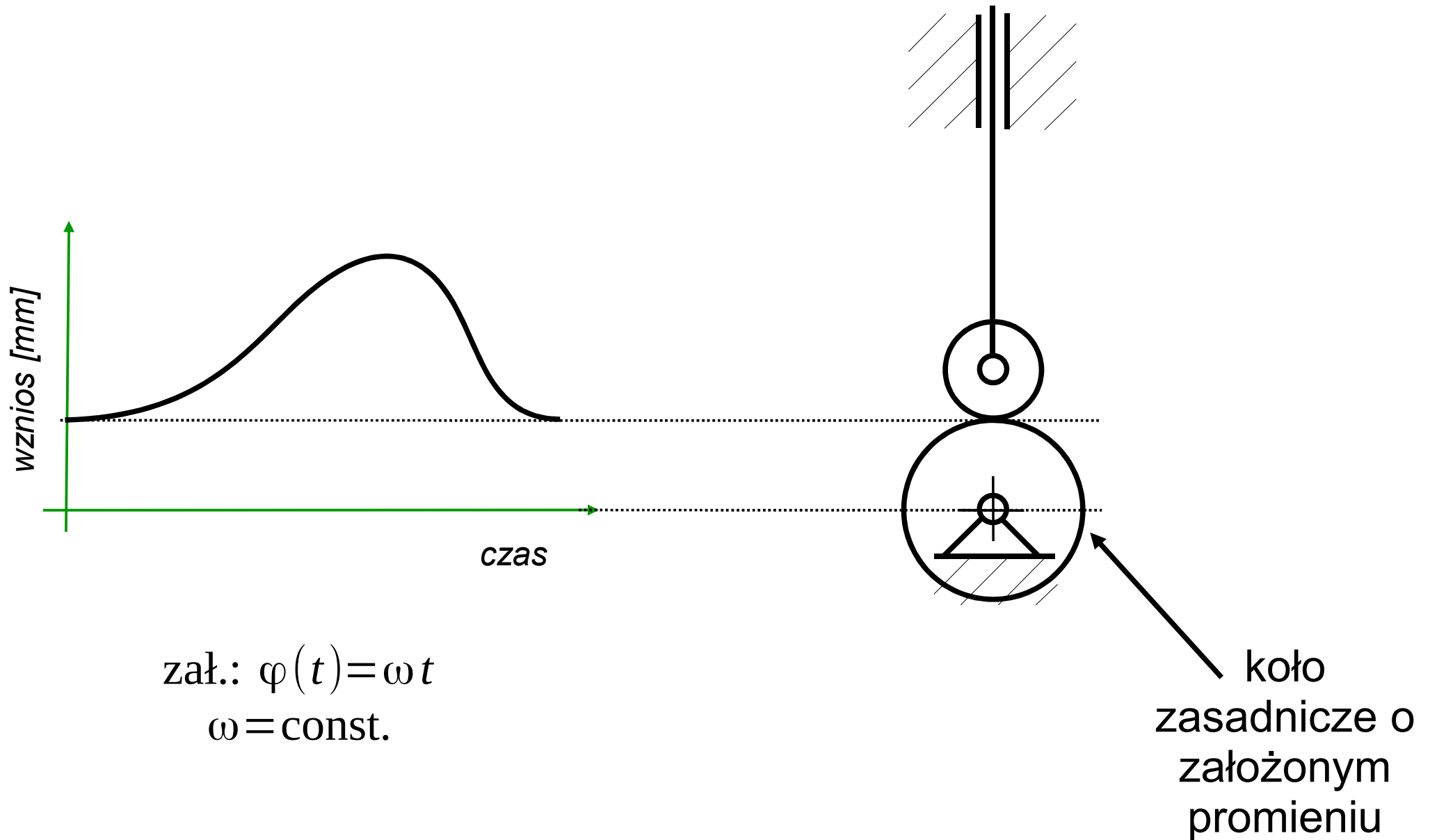
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



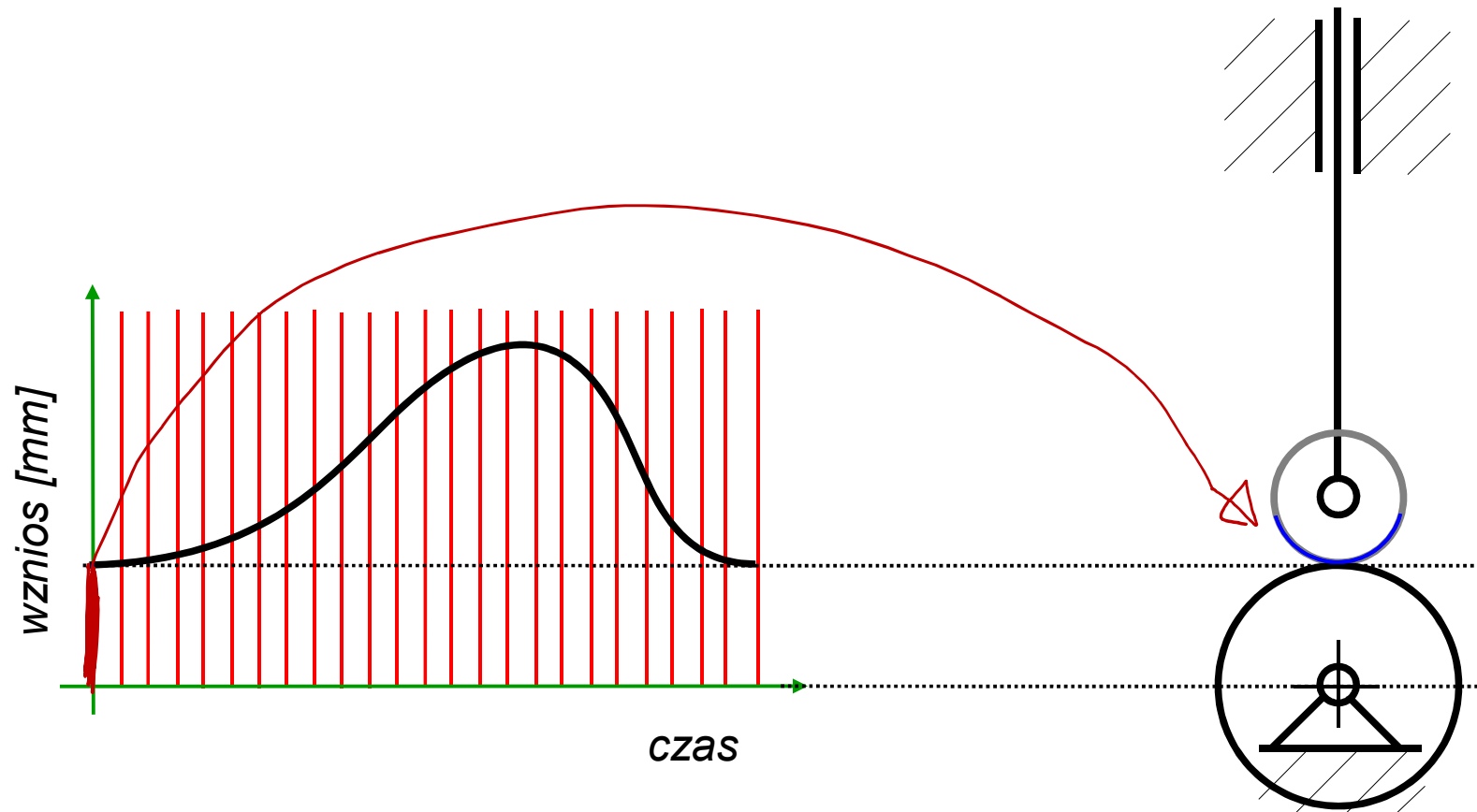
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



Synteza mechanizmów krzywkowych

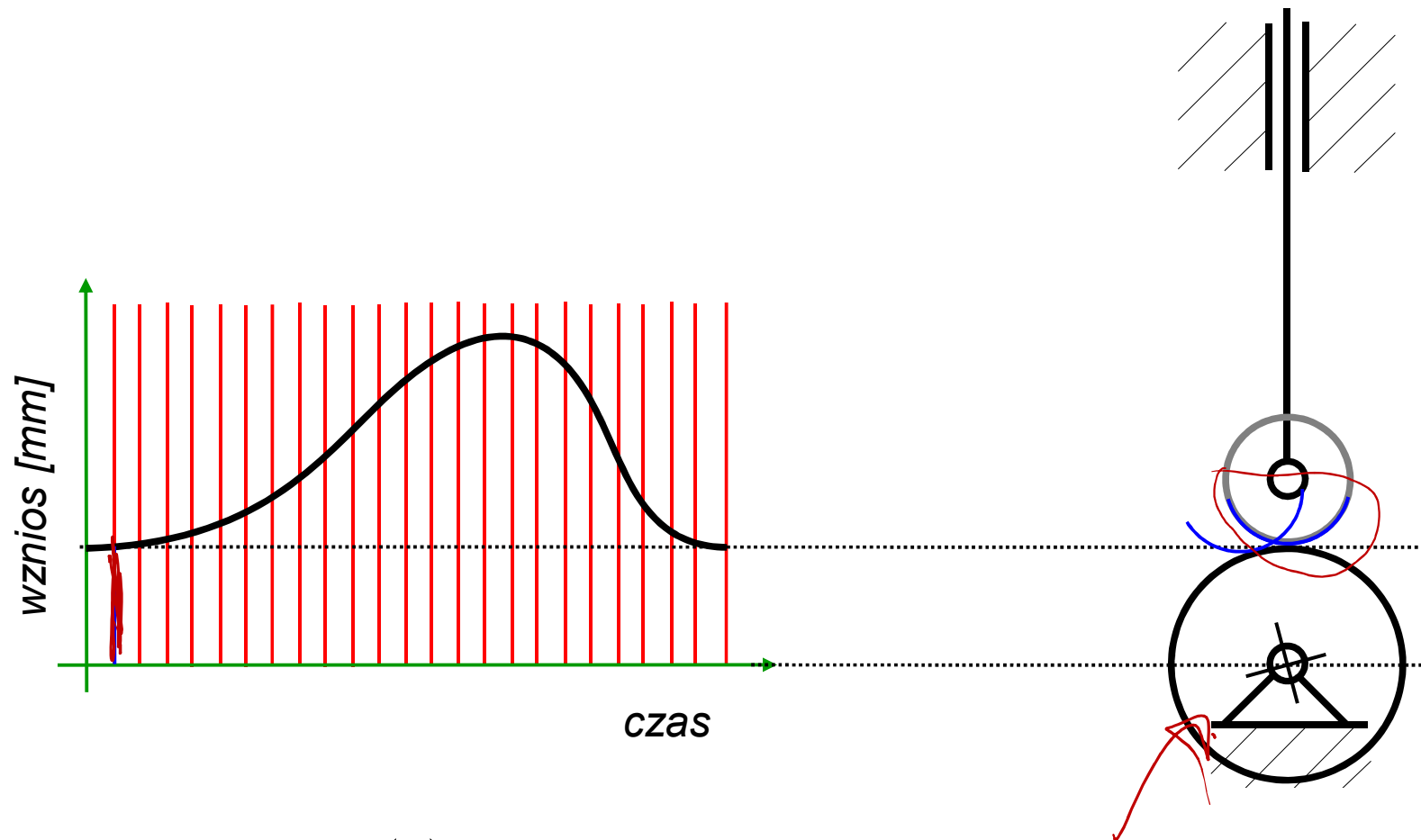
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

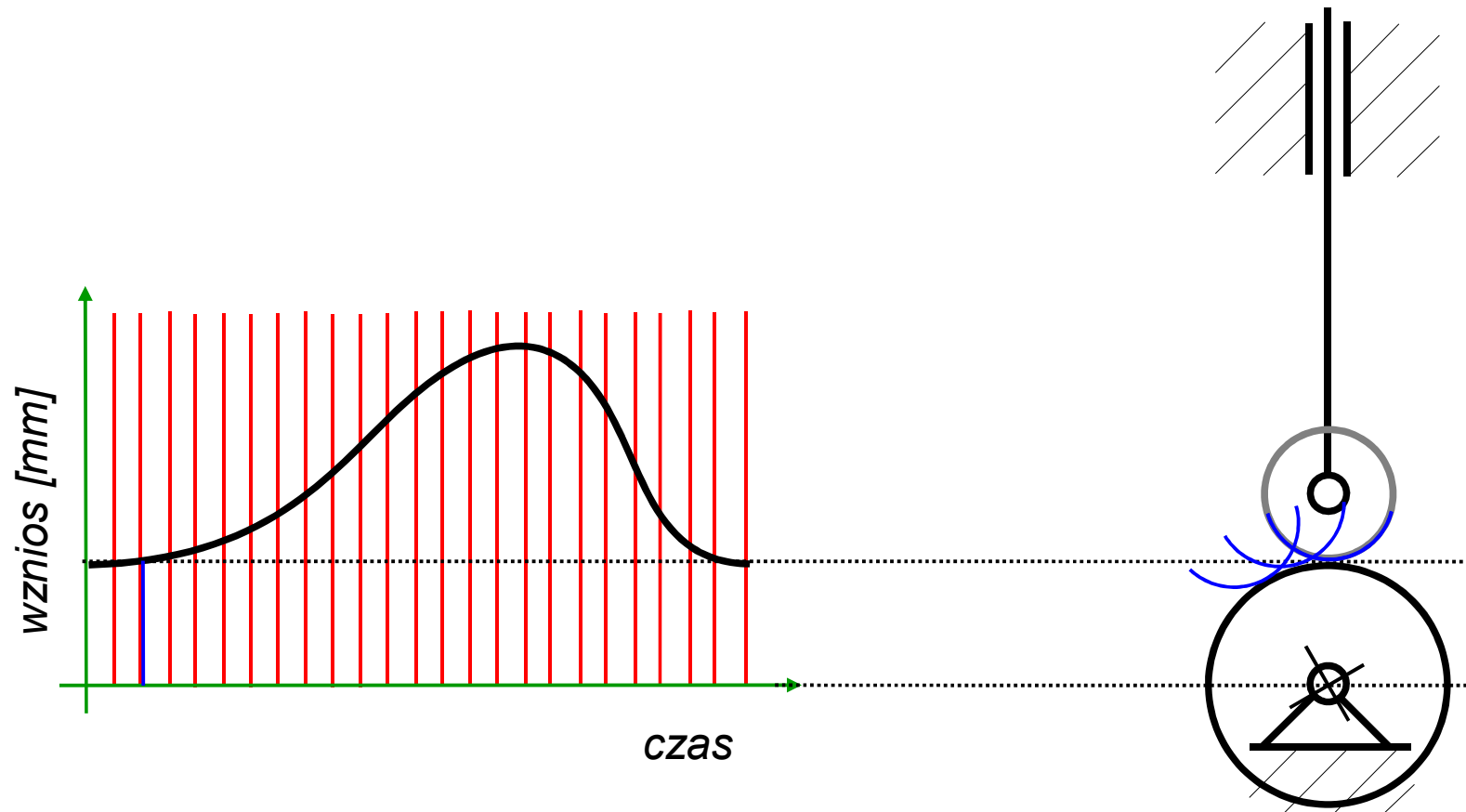
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

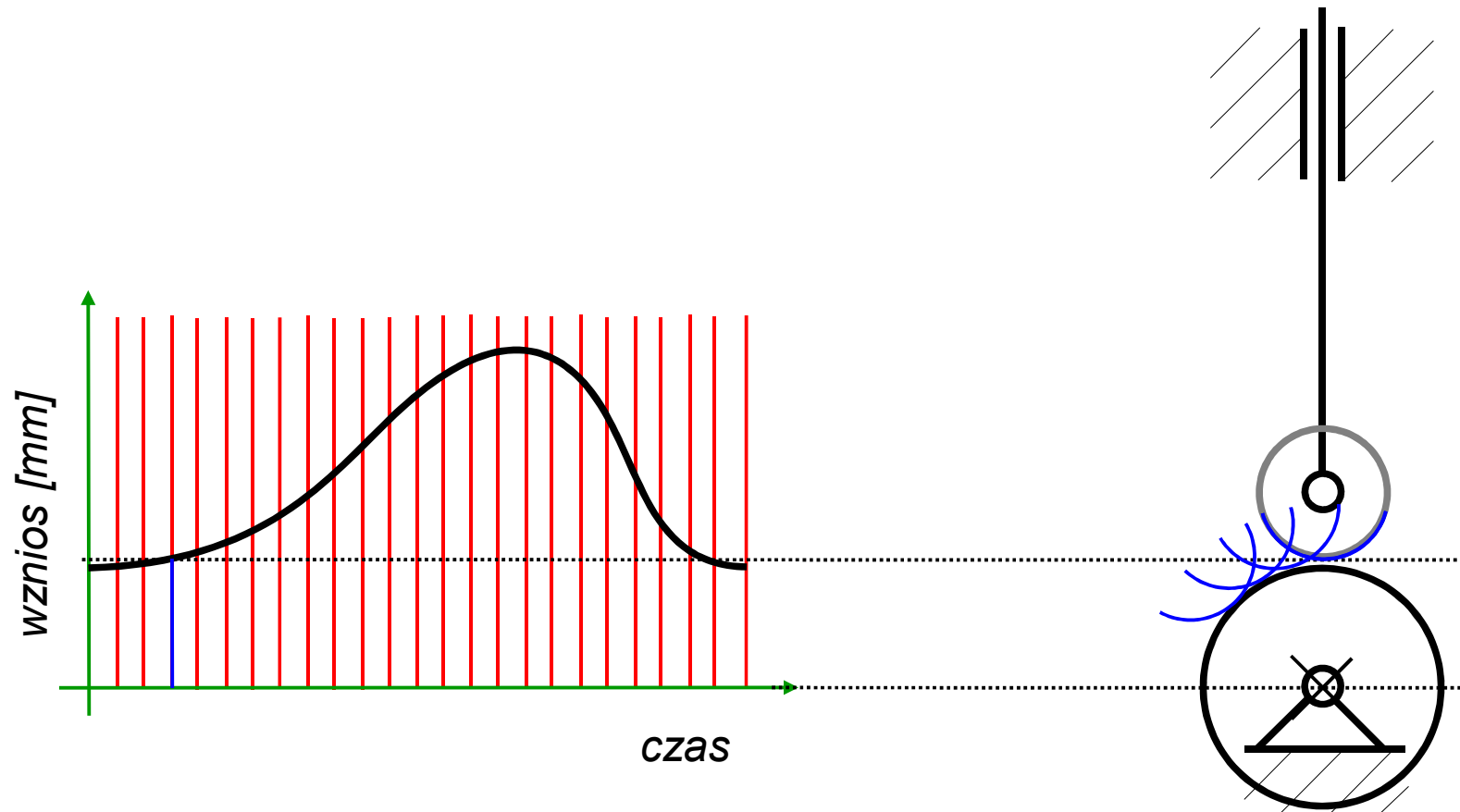
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

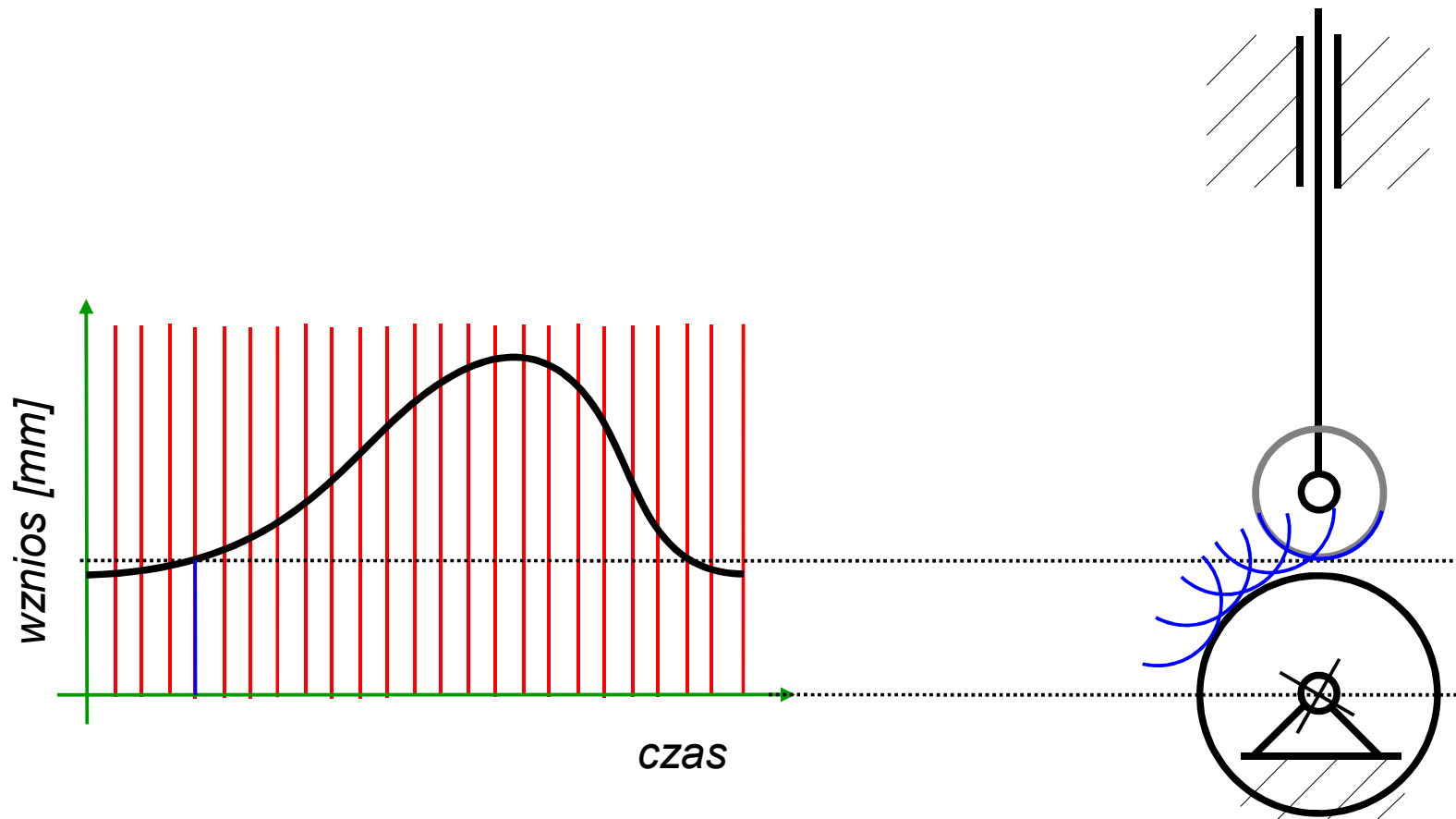
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

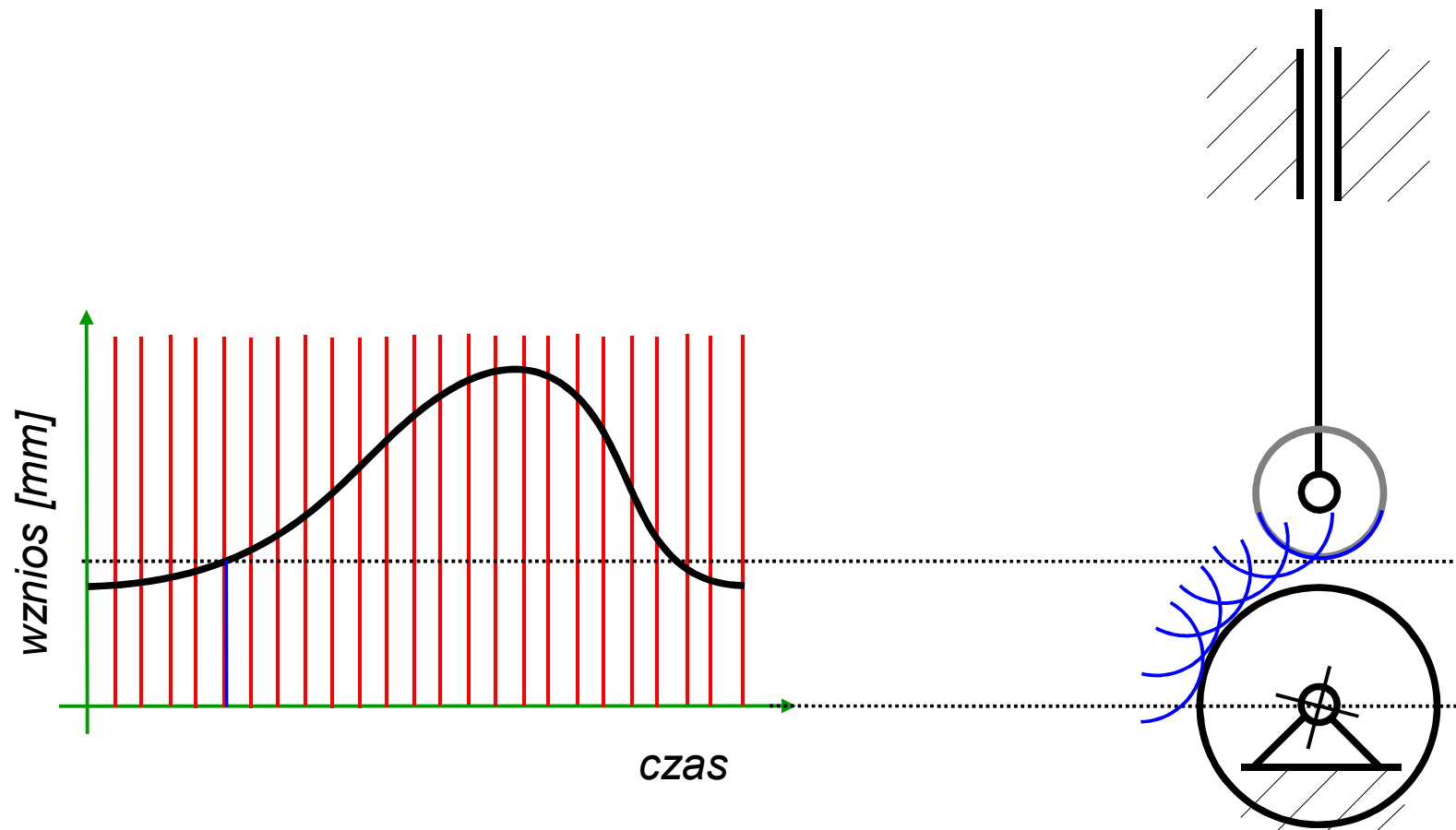
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

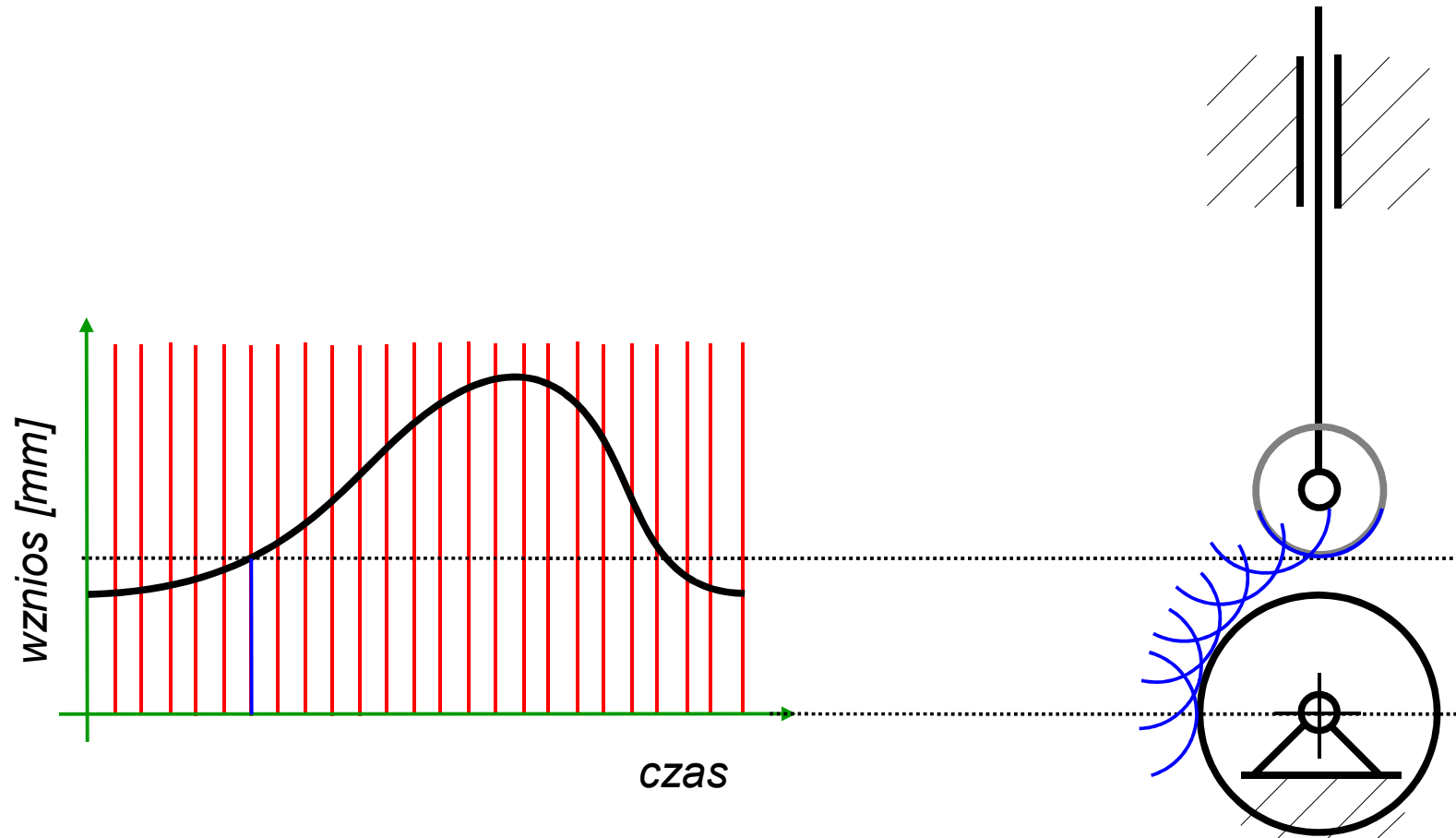
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

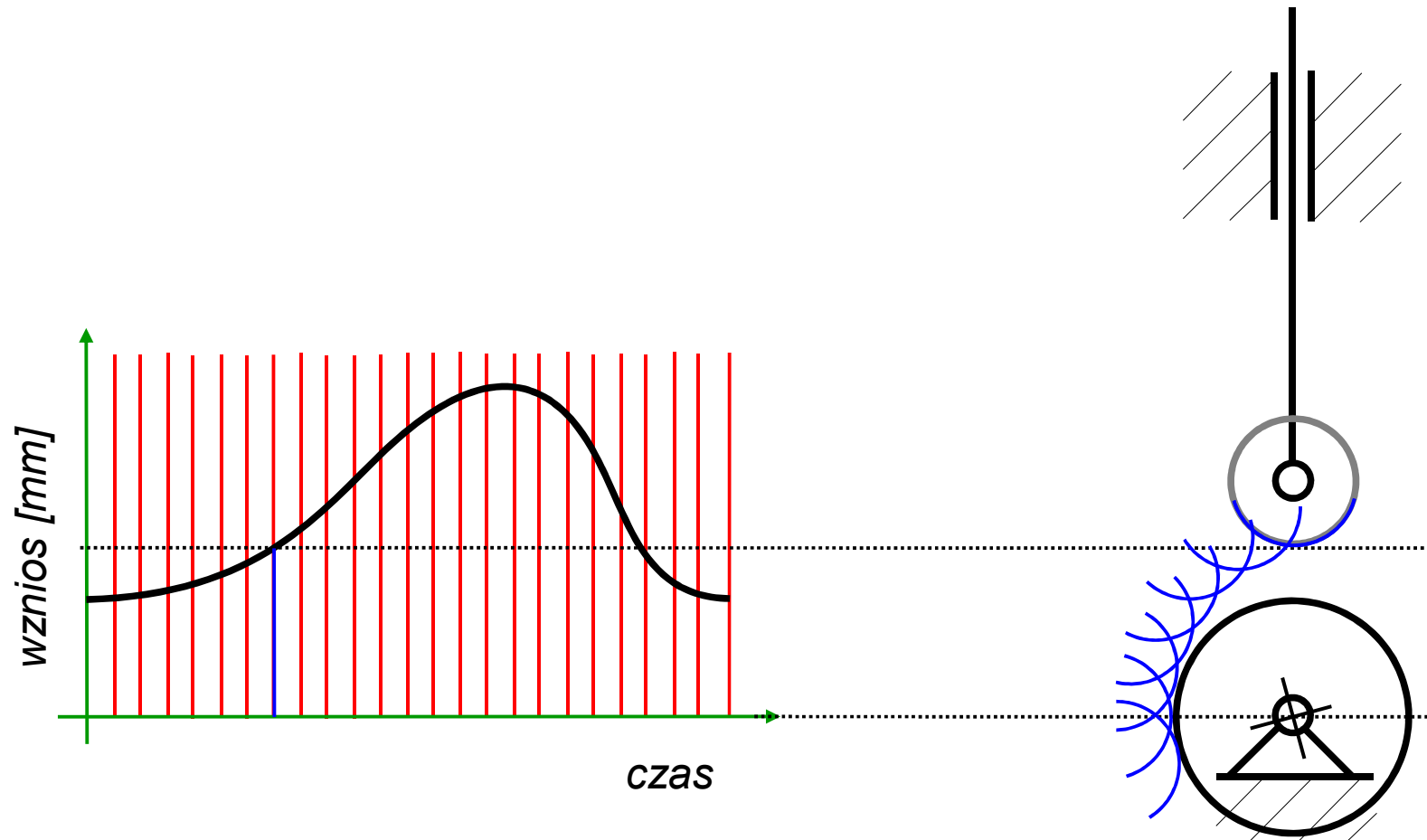
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

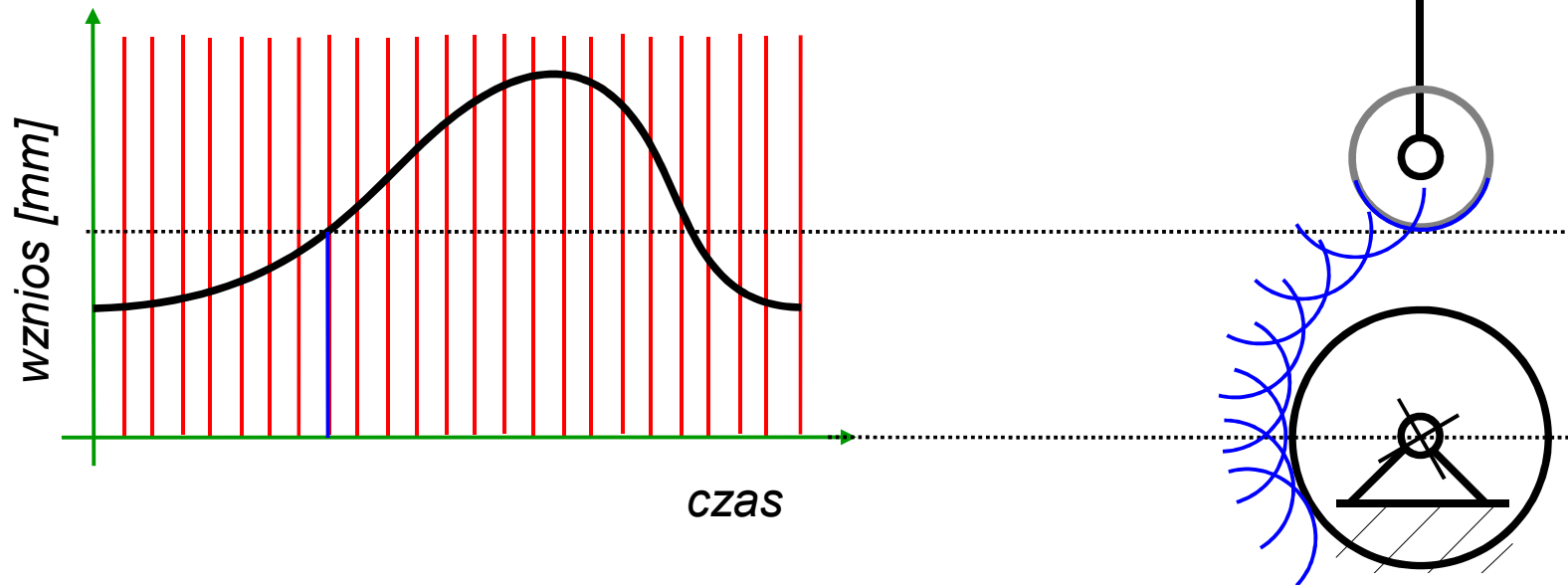
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

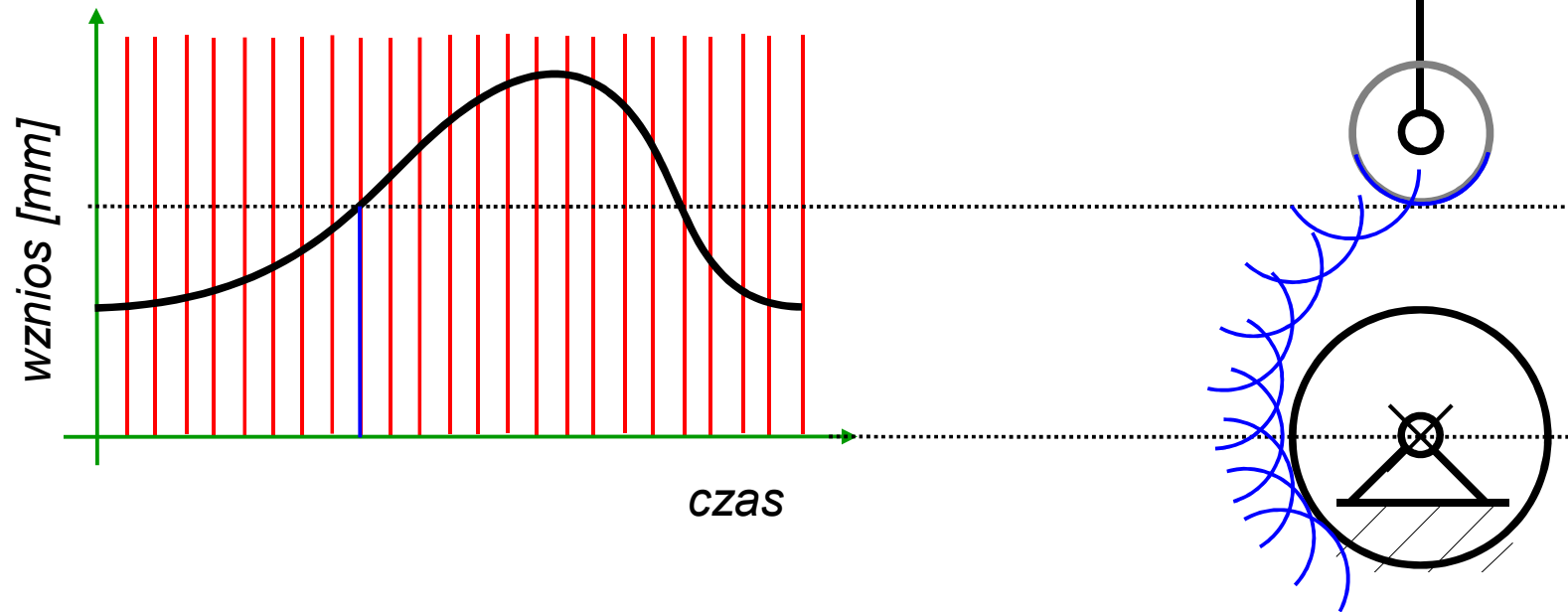
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

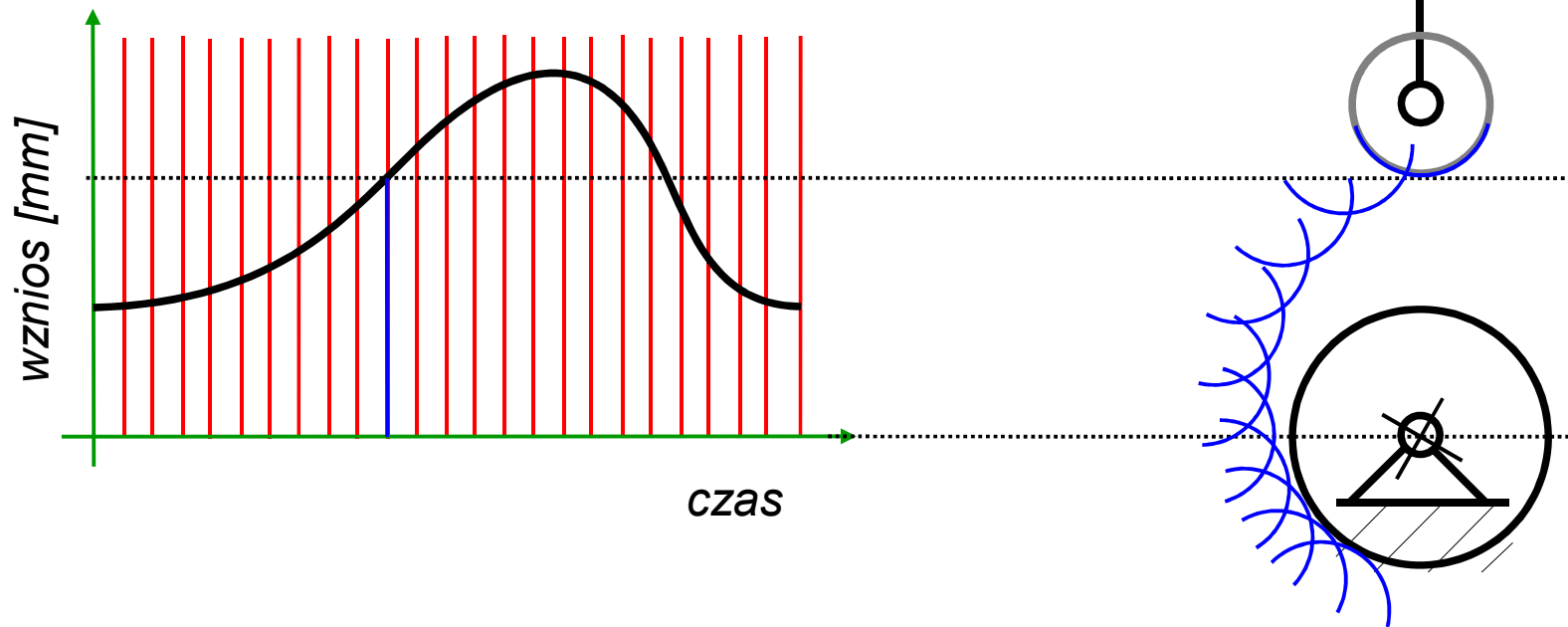
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

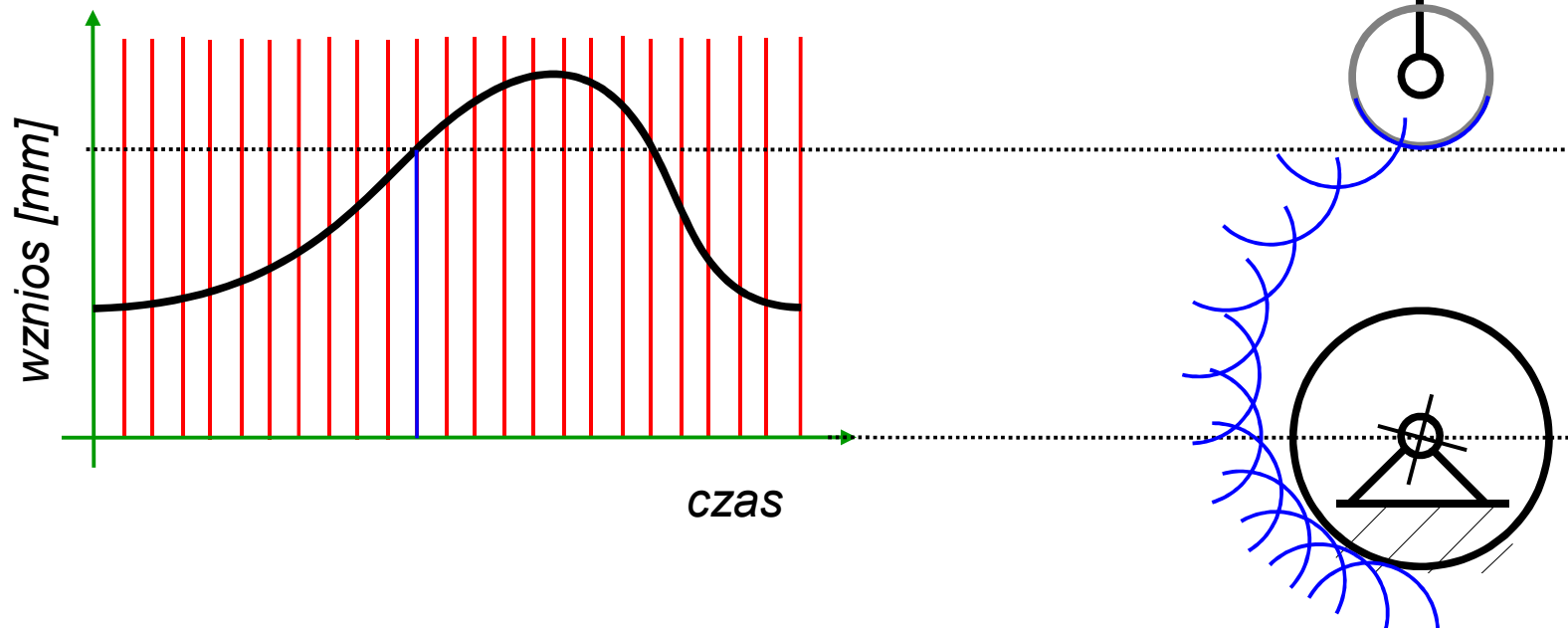
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

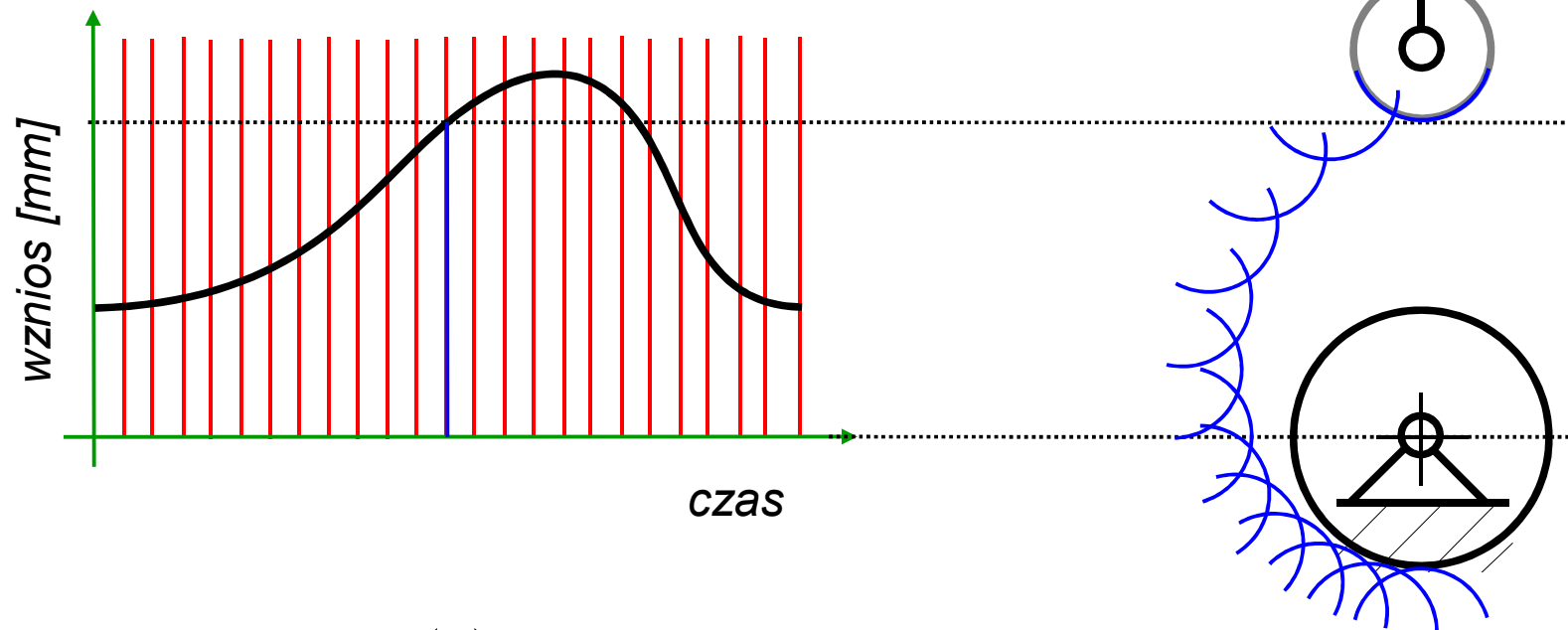
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

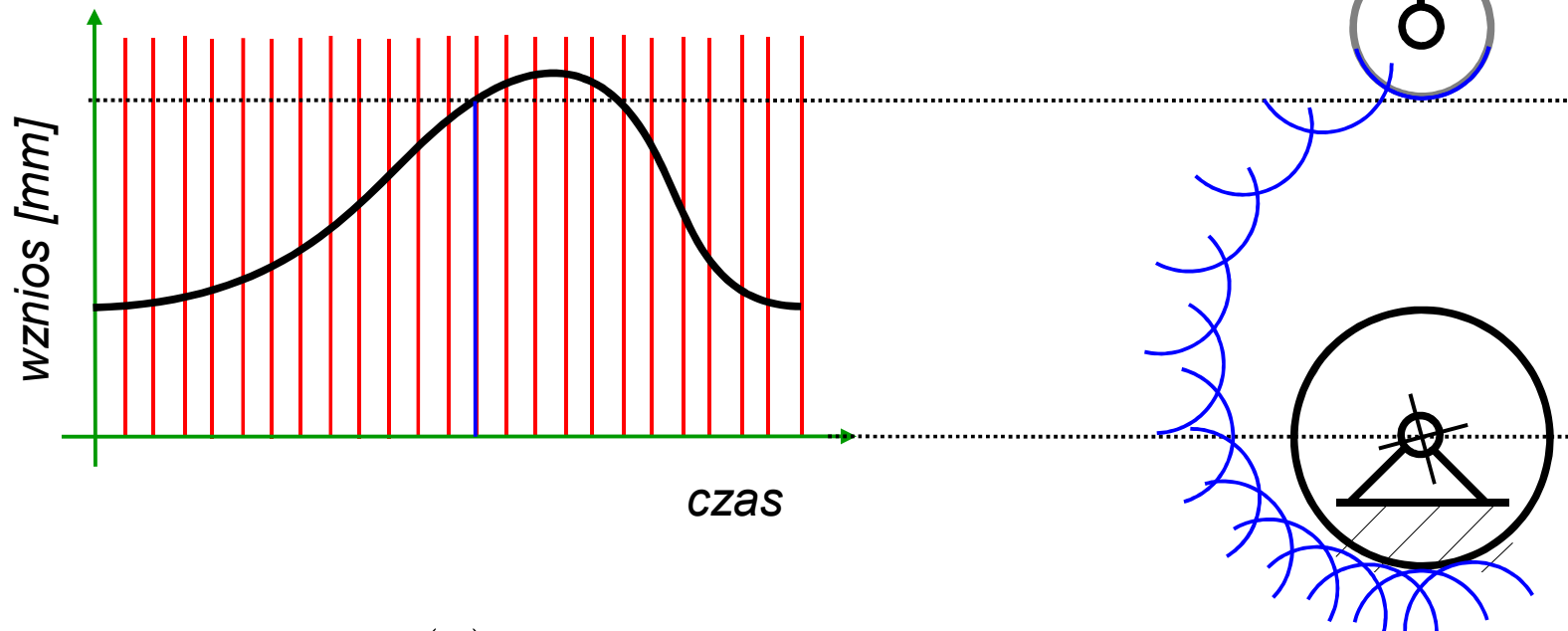
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

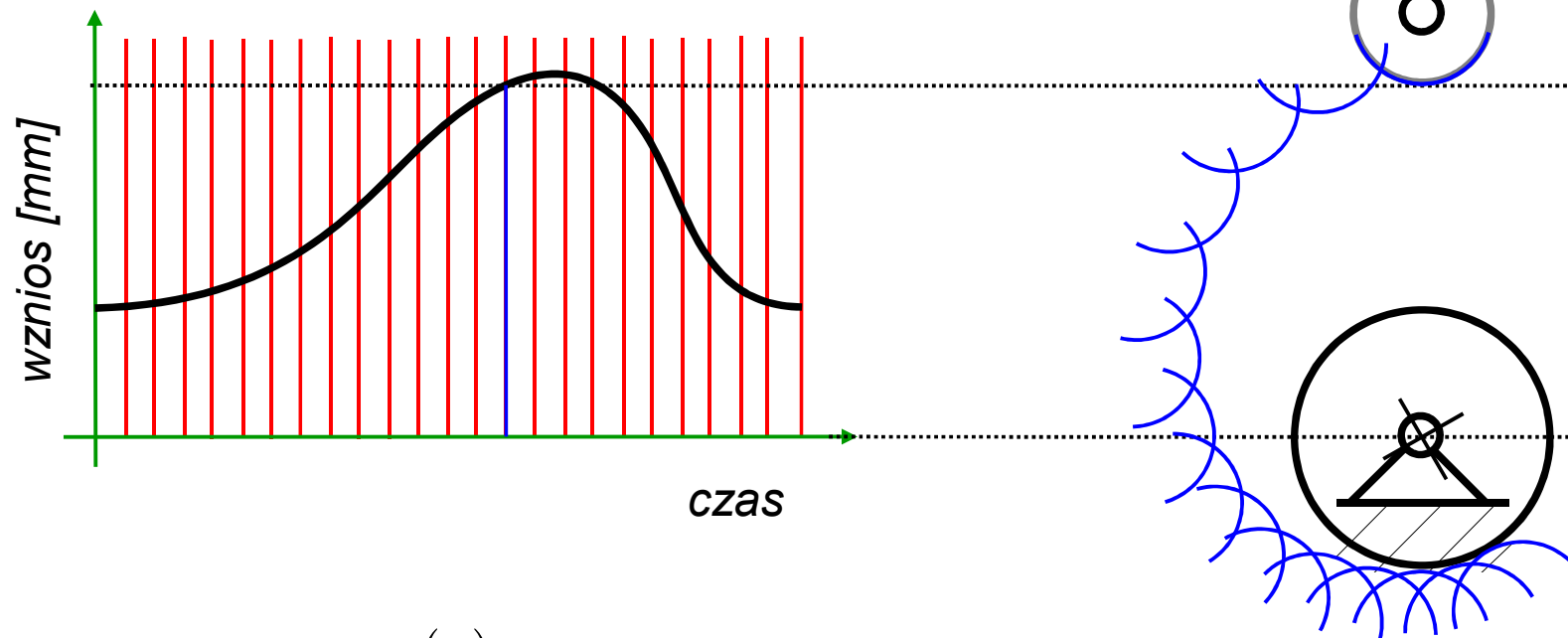
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

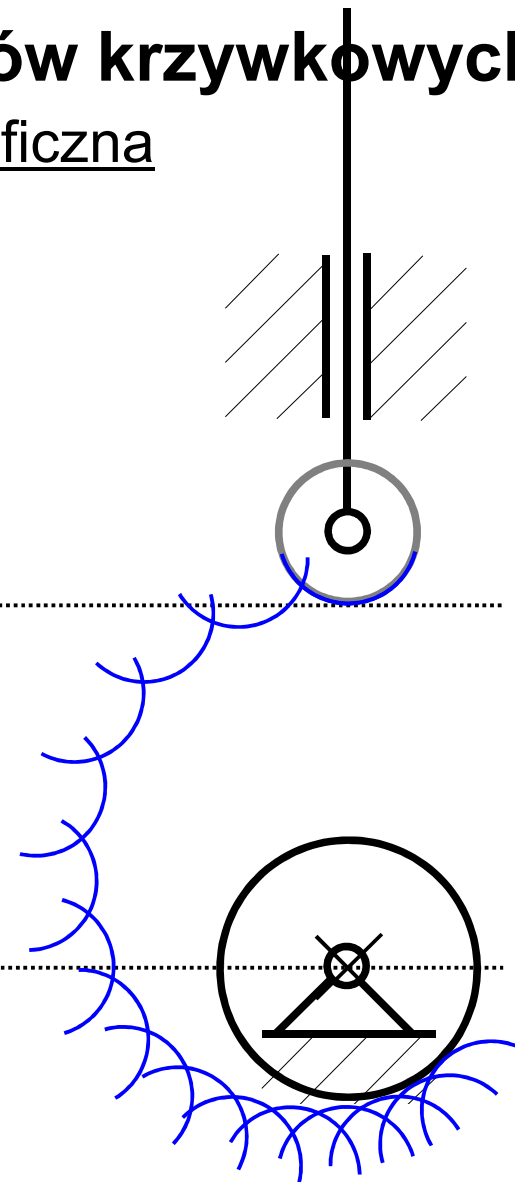
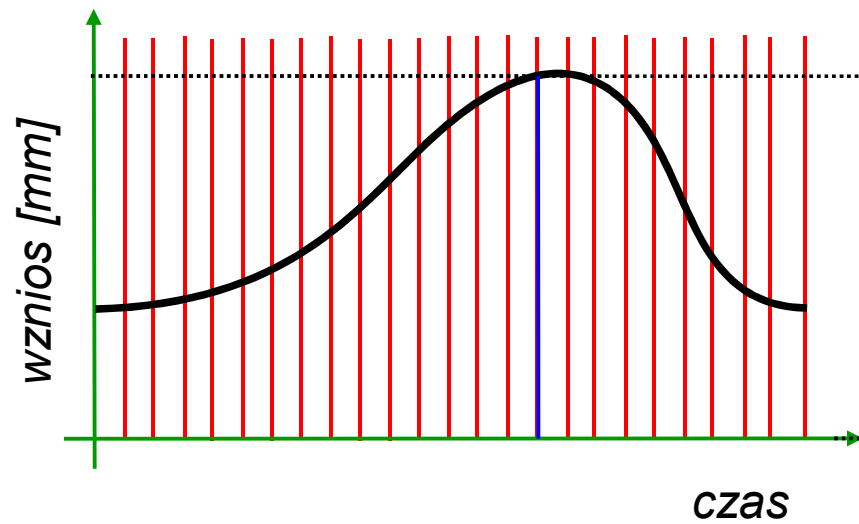
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

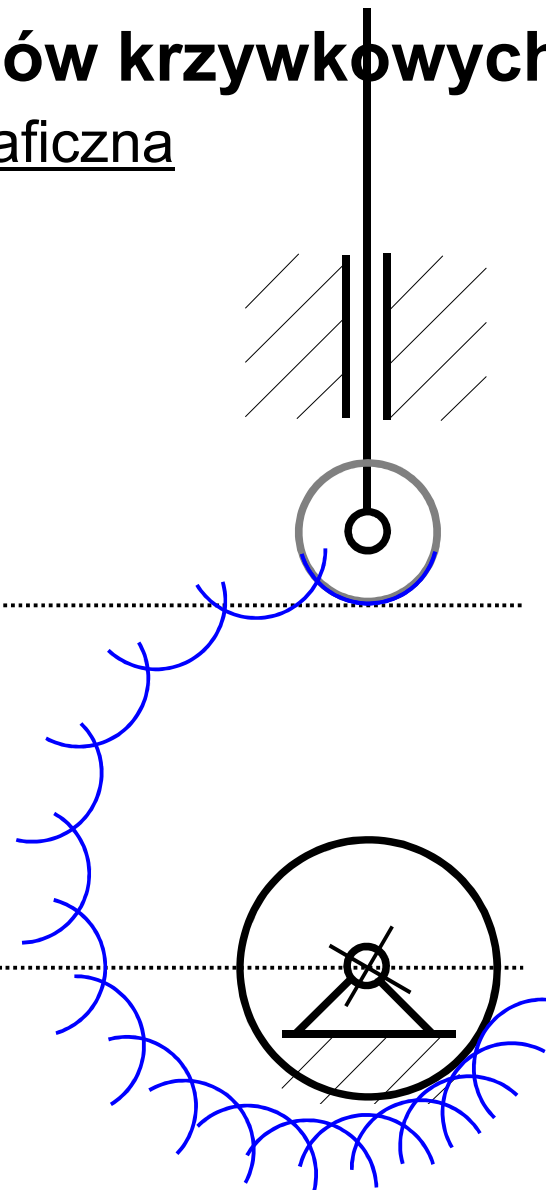
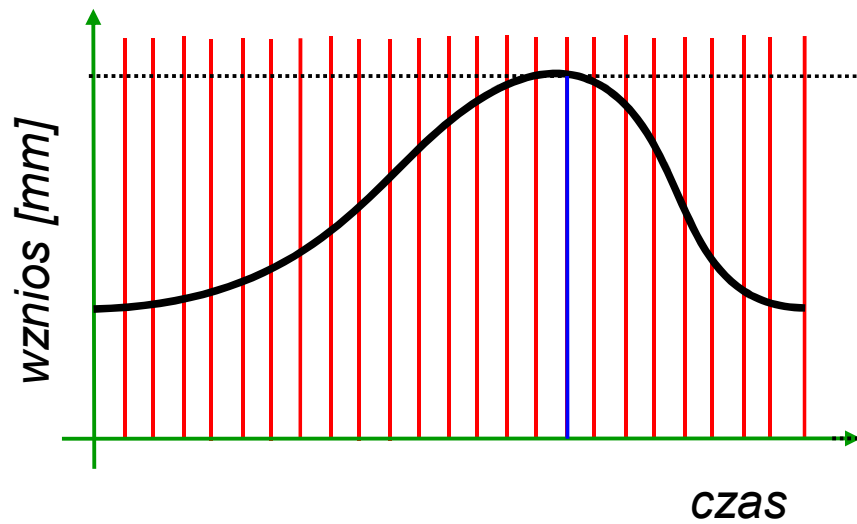
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

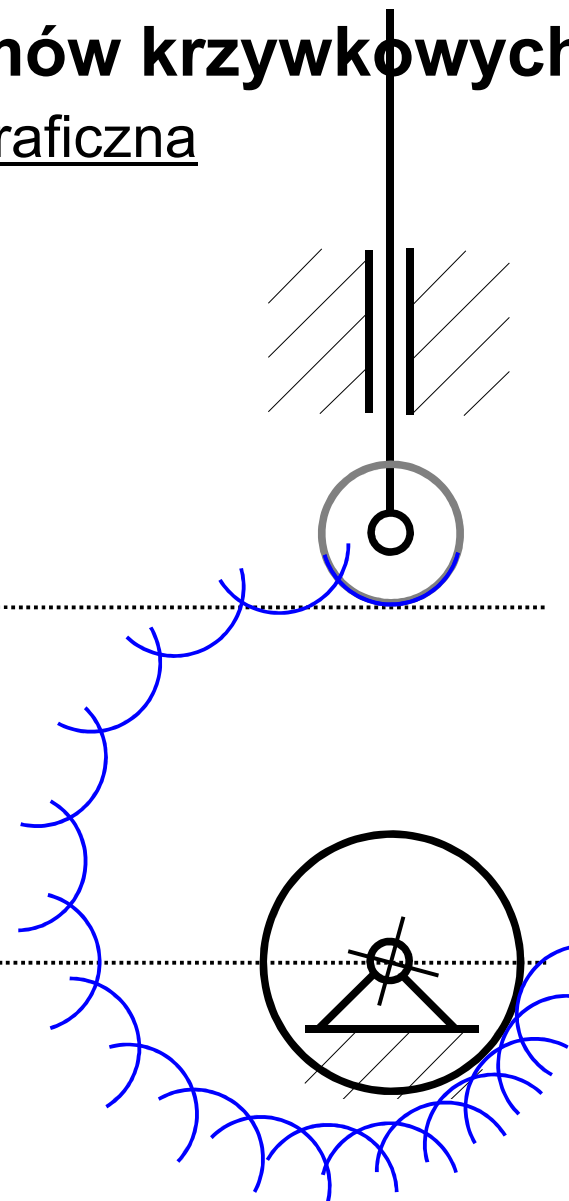
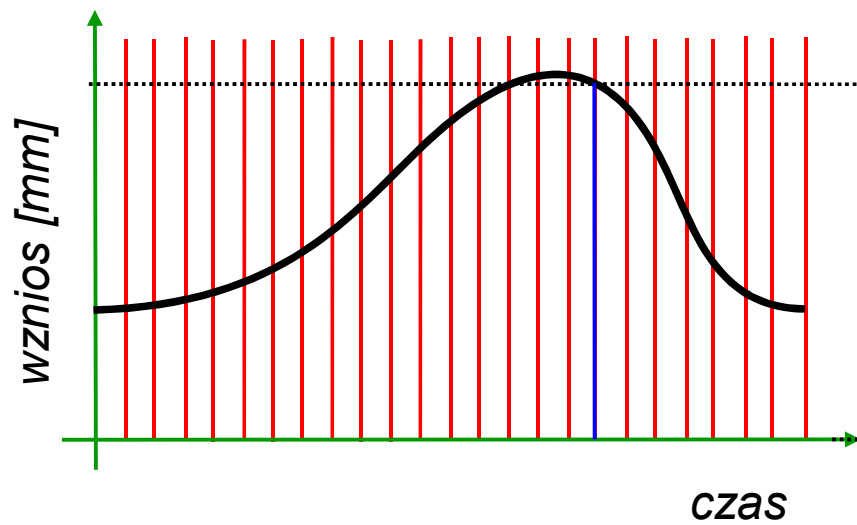
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

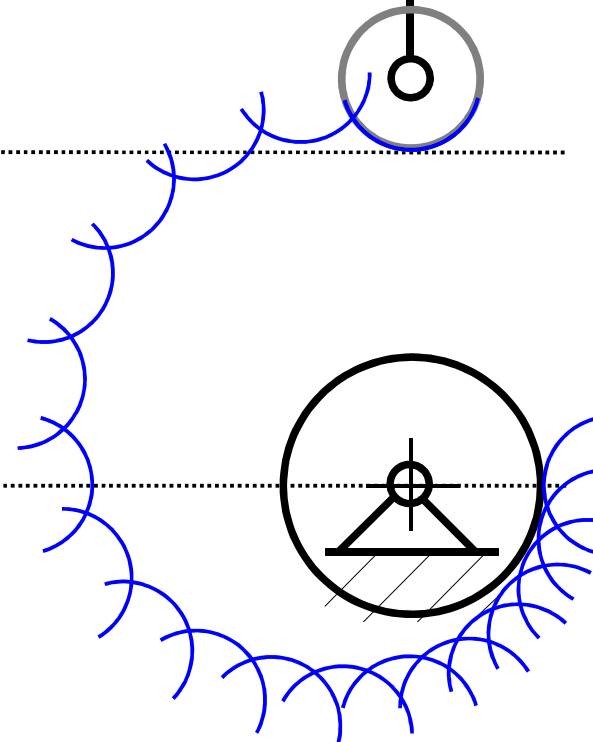
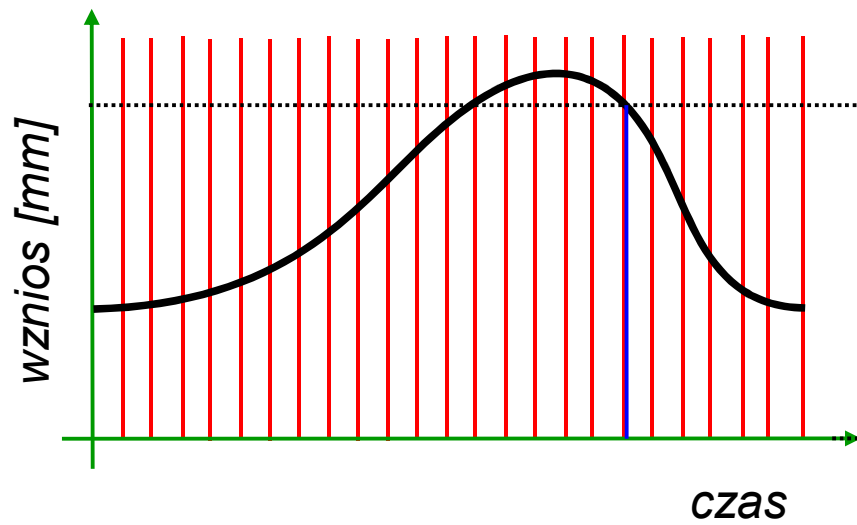
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

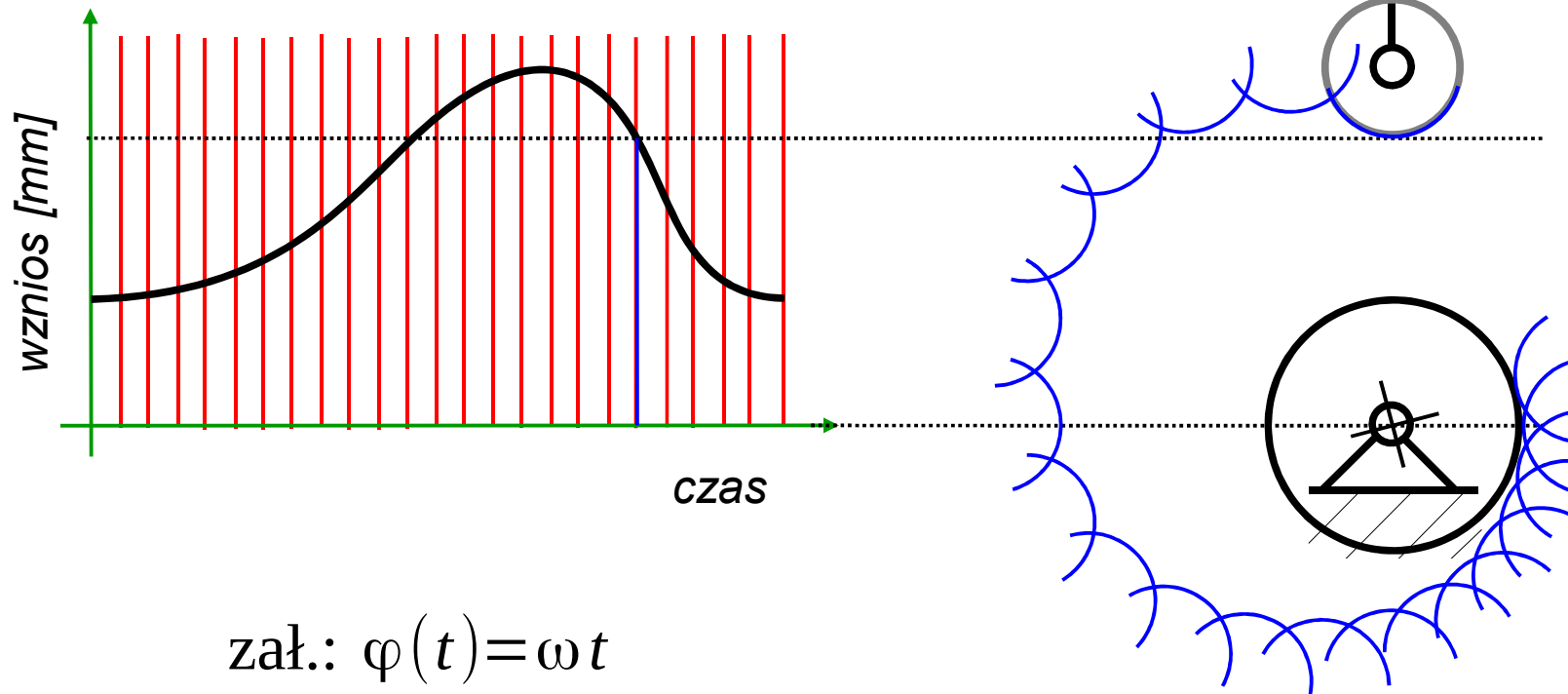
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

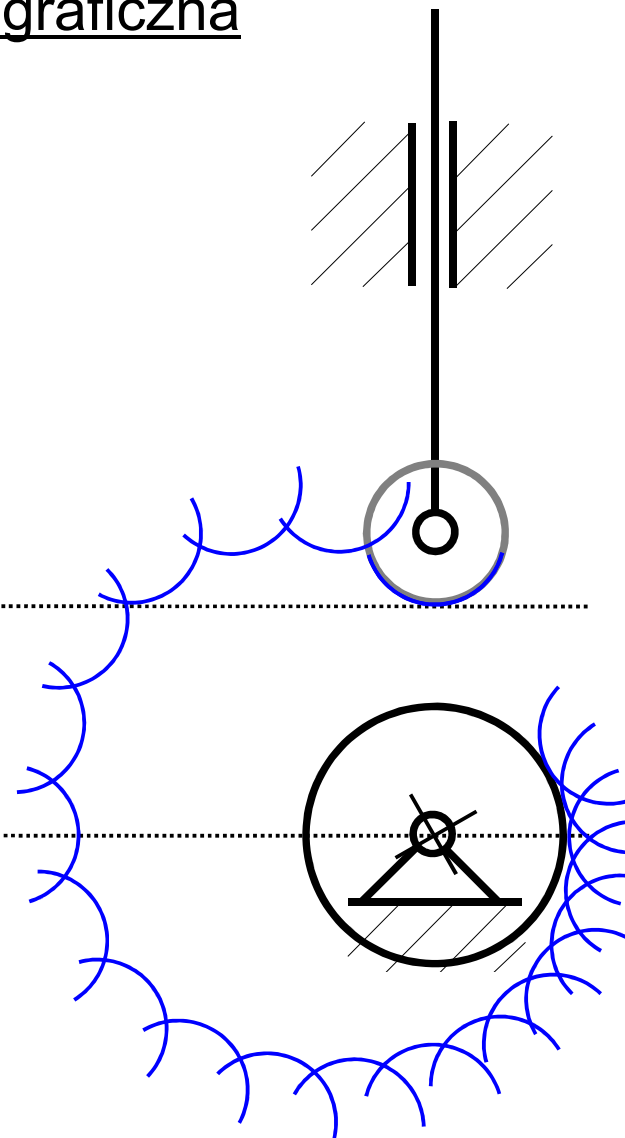
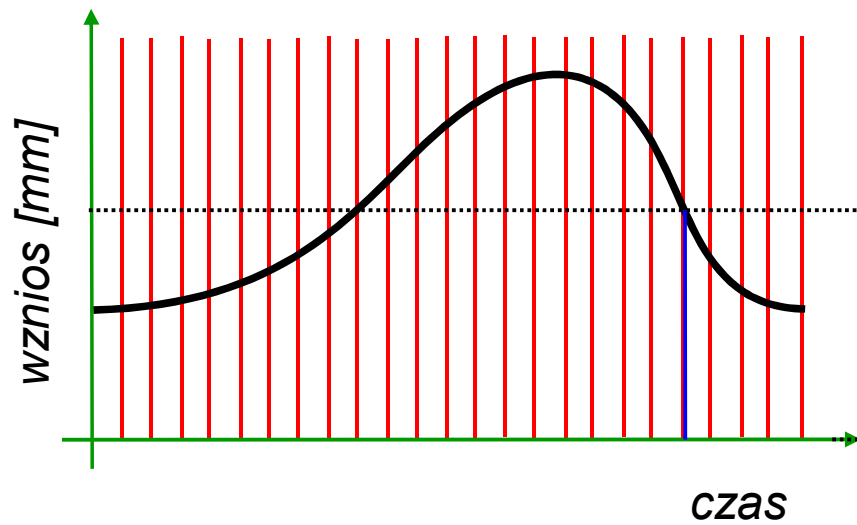
Metoda graficzna



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

Synteza mechanizmów krzywkowych

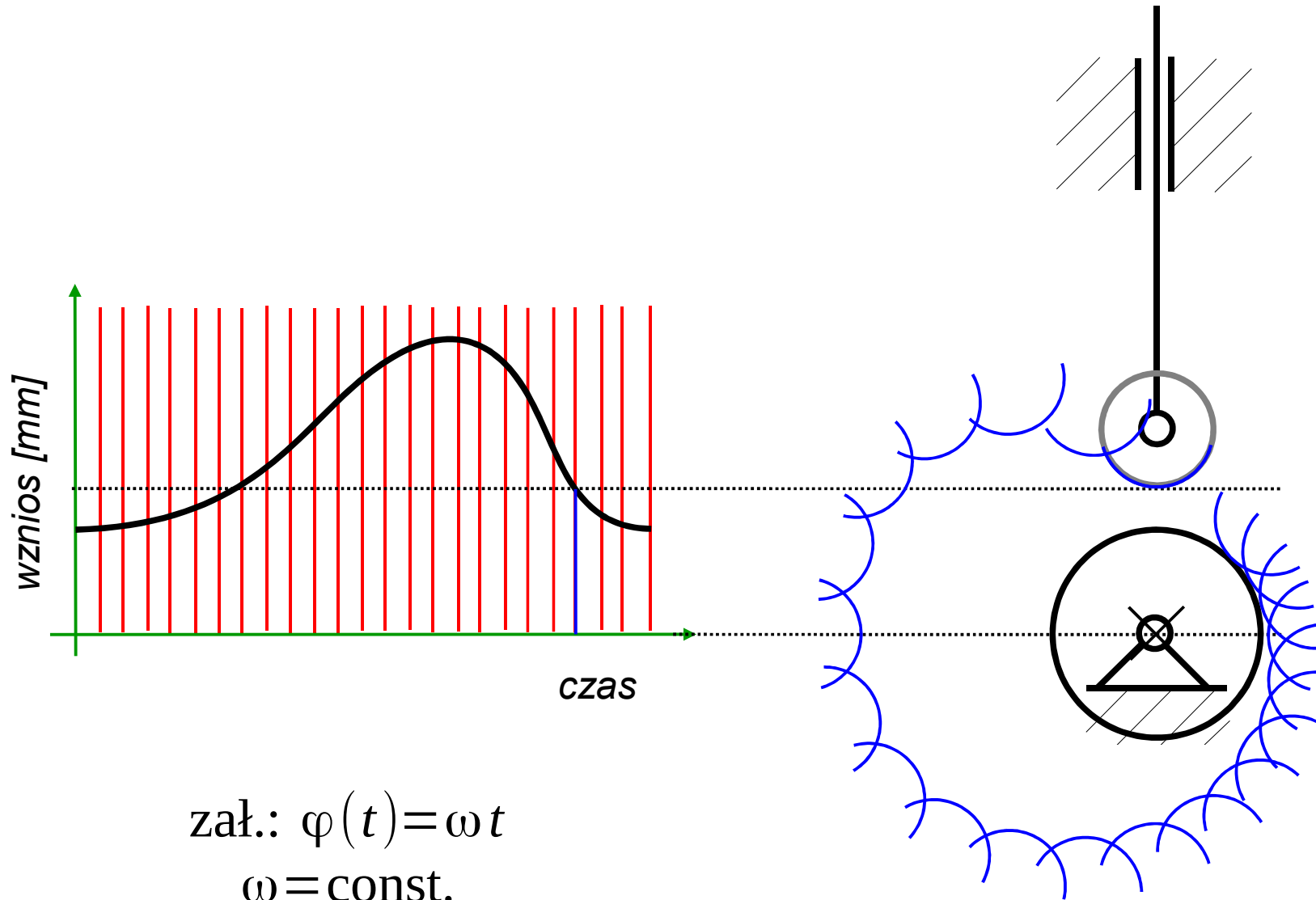
Metoda graficzna



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

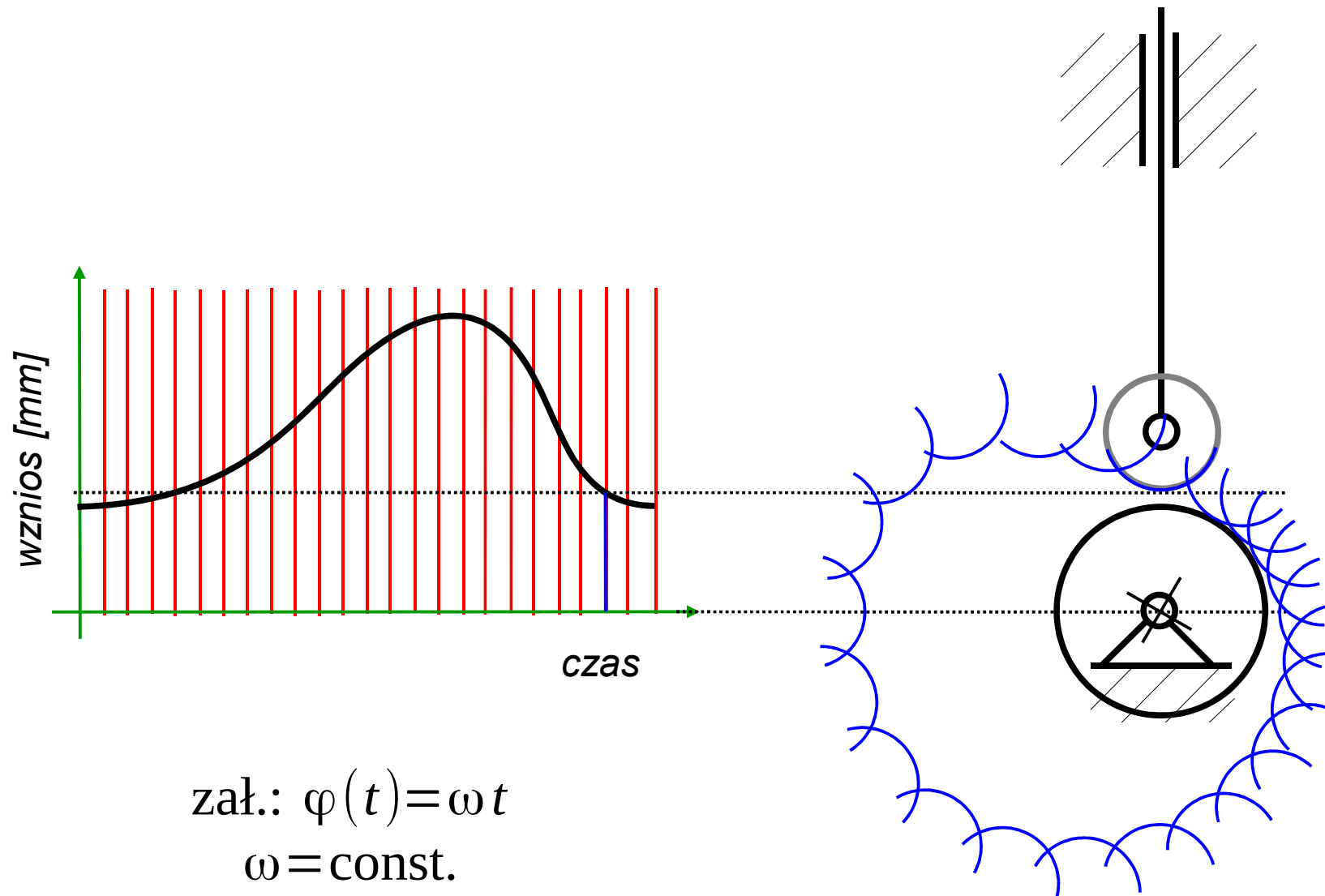
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



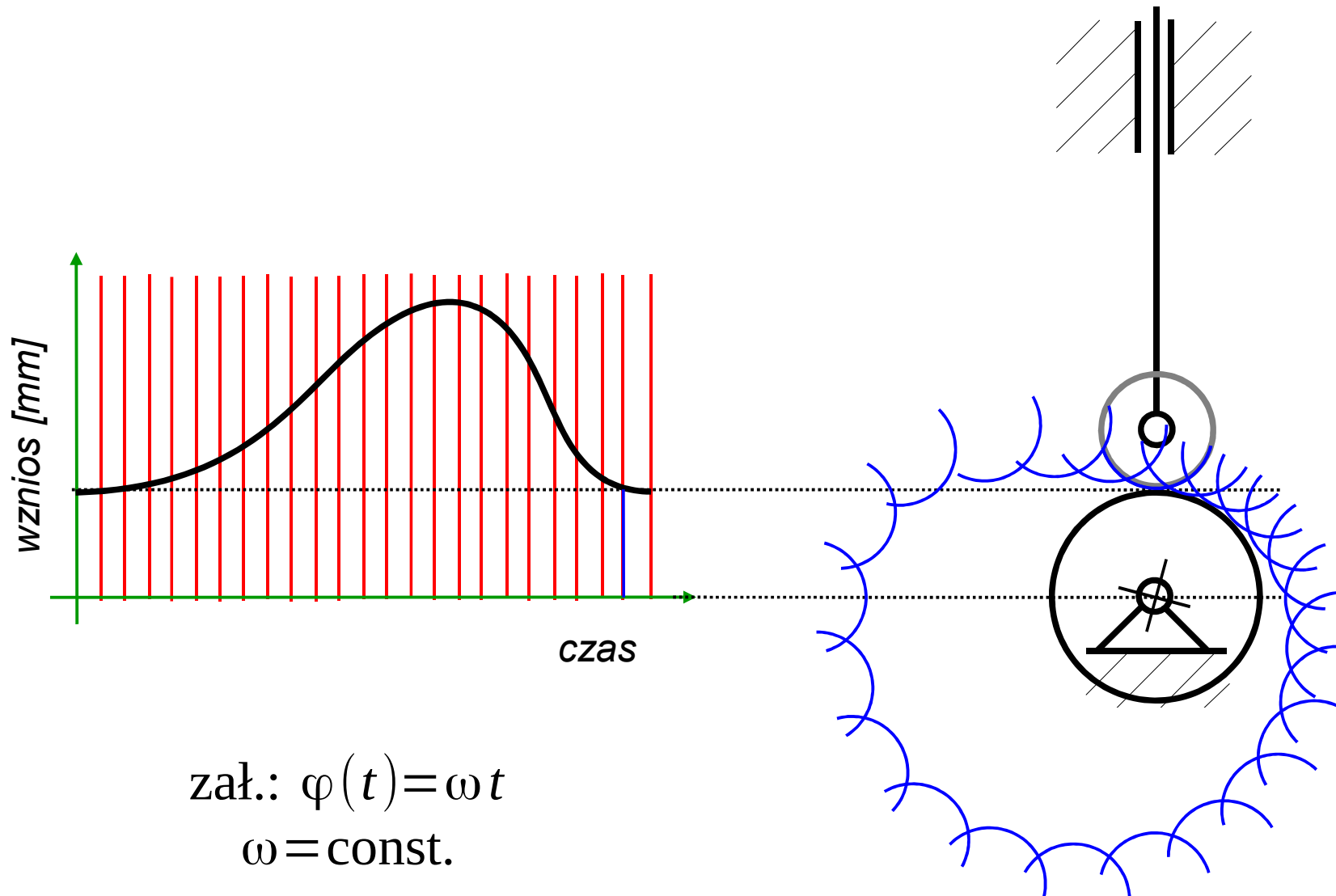
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



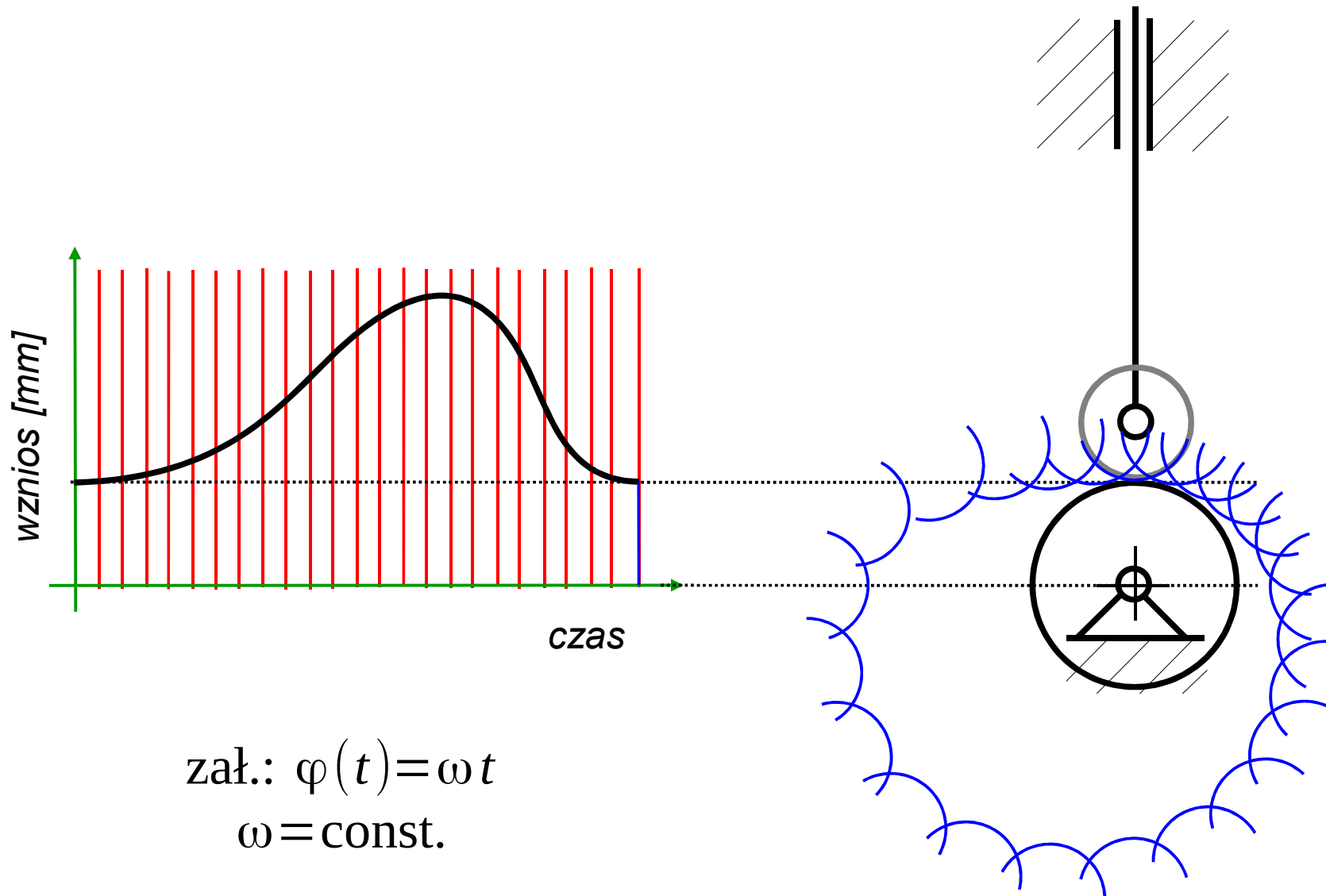
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



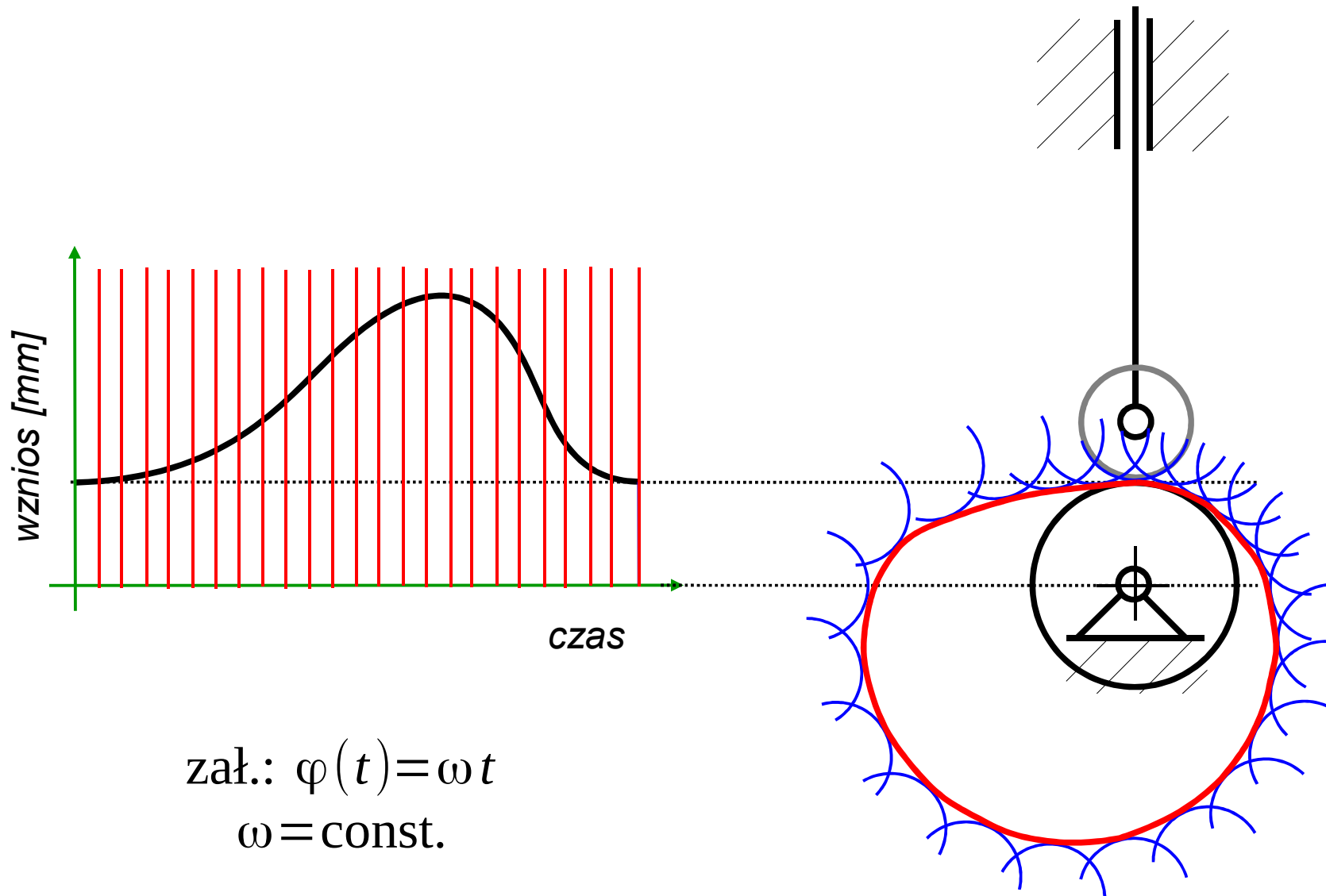
Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda graficzna



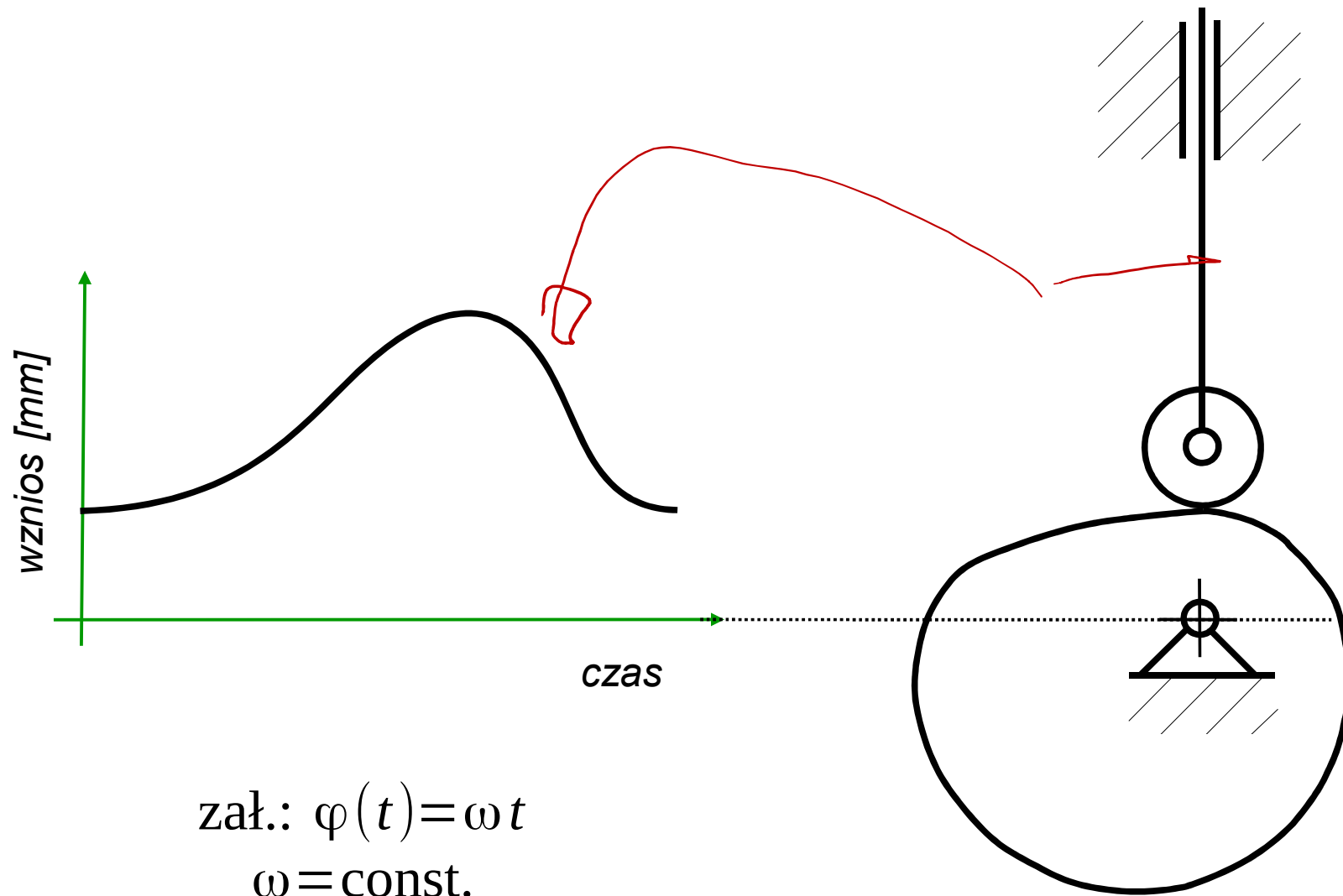
Synteza mechanizmów krzywkowych

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

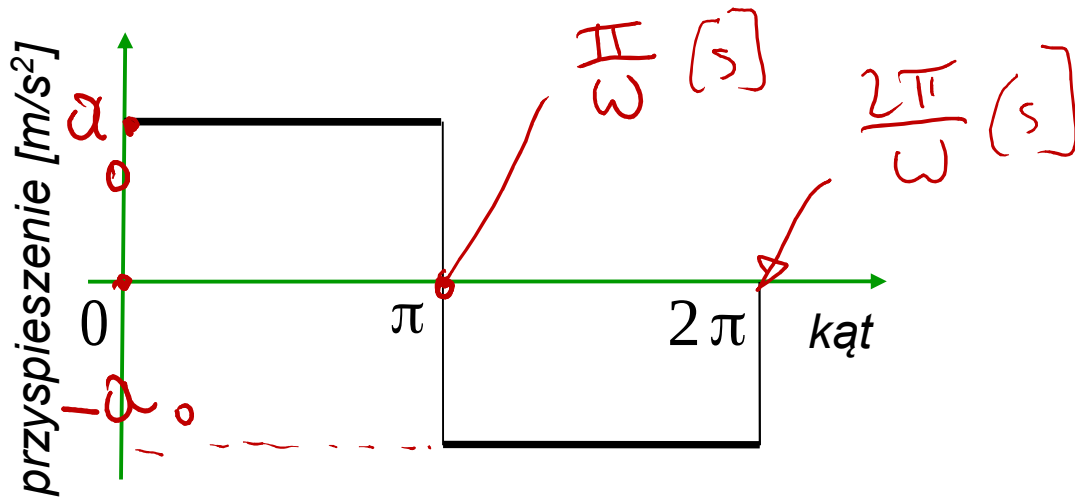
Metoda analityczna – przykład

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

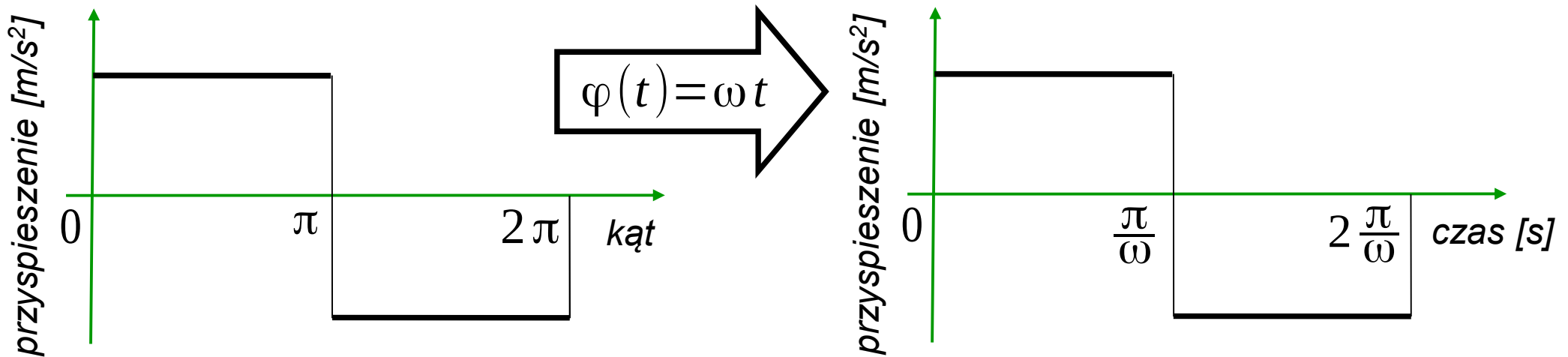
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

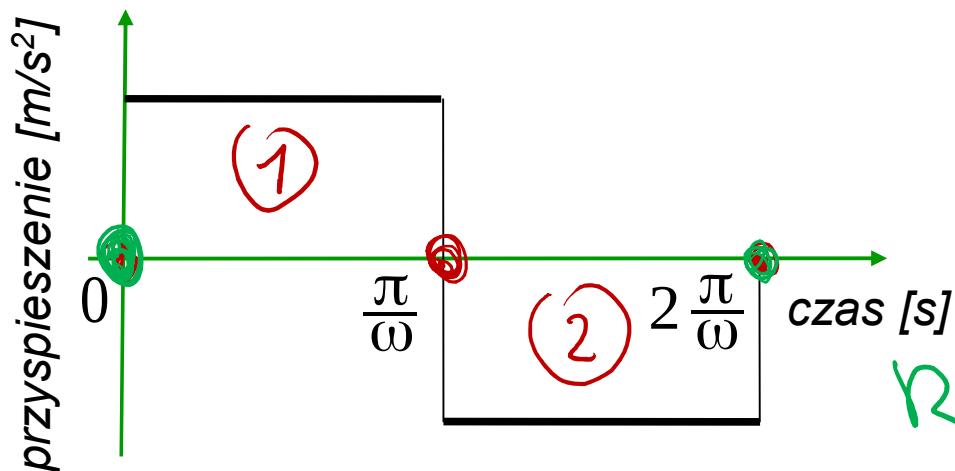
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



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.



$$\textcircled{1} a_1(t) = a_0$$

$$v_1(t) = \int a_1(t) dt = a_0 t + C_1$$

$$h_1(t) = \int v_1(t) dt = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + C_2$$

$$R_{\min} = C_2$$

$$\textcircled{2} a_2(t) = -a_0$$

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

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

$$R_{\min} = -\frac{a_0 4\pi^2}{2\omega^2} + C_3 \frac{2\pi}{\omega} + C_4$$

ciągłość wrysu krzywki!

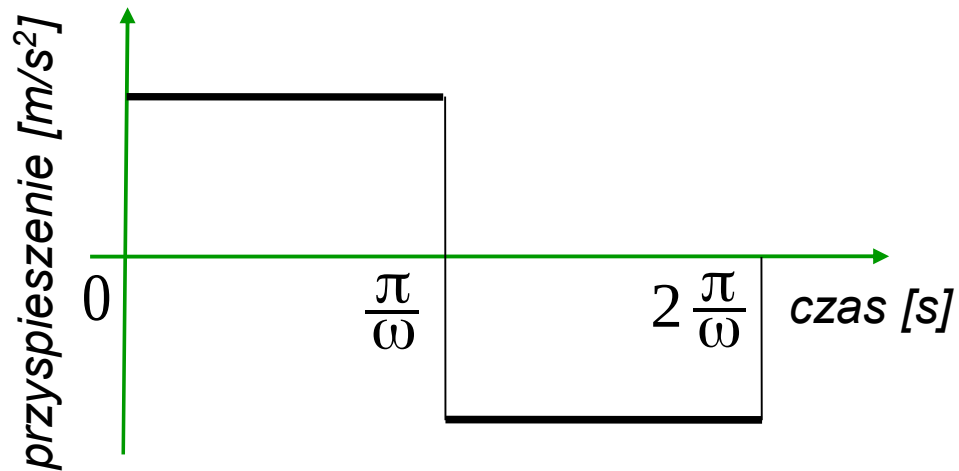
$$h_1\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right) = h_2\left(t = \frac{\pi}{\omega}\right)$$

$$h_1(t=0) = h_2\left(t = \frac{2\pi}{\omega}\right) = R_{\min}$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

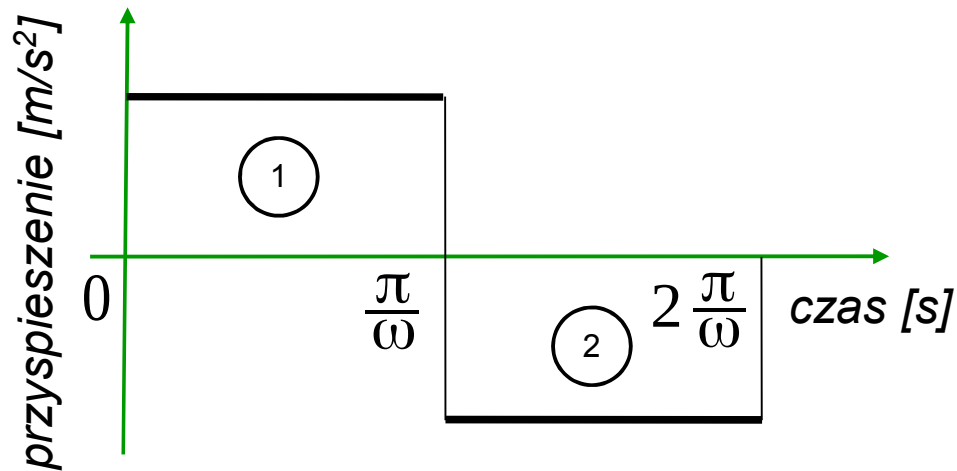
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



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.



$$a_1 = a_0$$

$$a_2 = -a_0$$

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

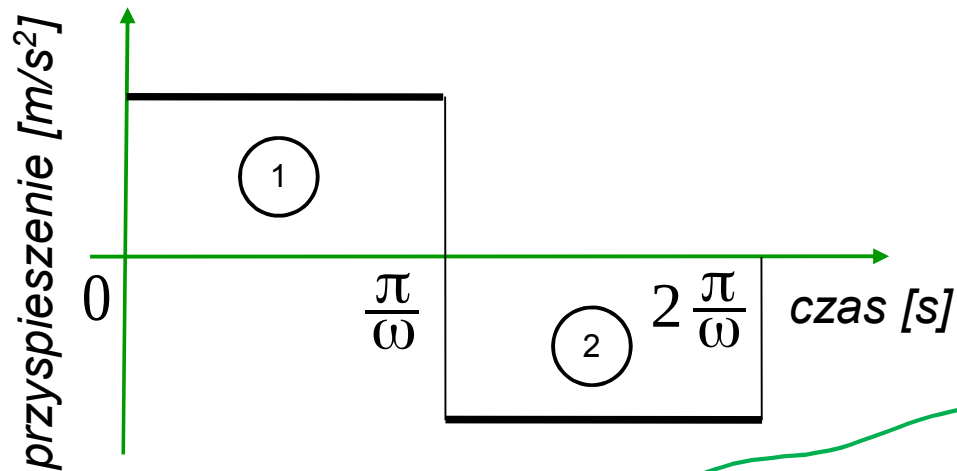
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

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

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

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

$$C_2 = R$$

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

$$a_1 = a_0$$

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

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

$$a_2 = -a_0$$

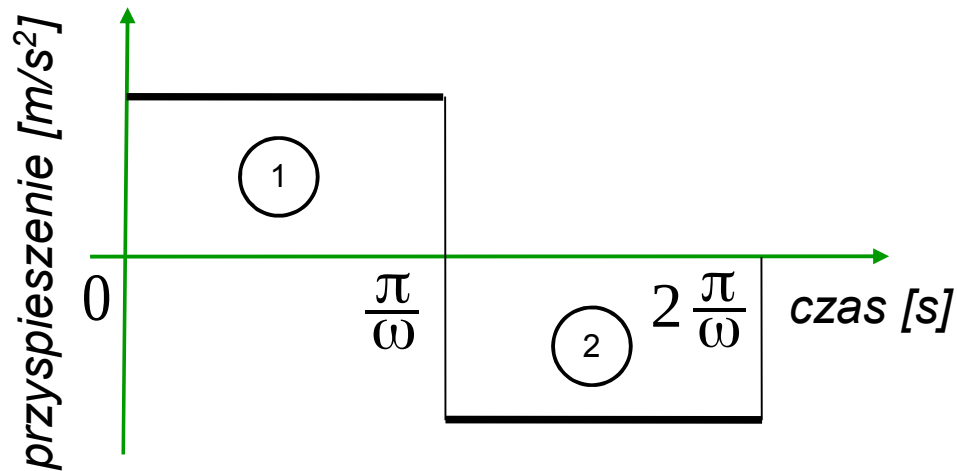
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

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

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

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

$$C_2 = R$$

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

$$a_1 = a_0$$

$$a_2 = -a_0$$

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

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

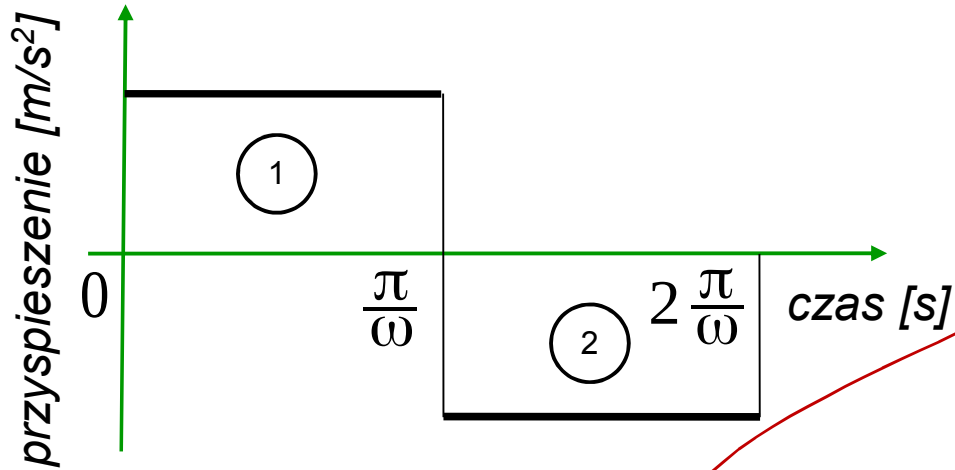
$$h_1(t) = \frac{a_0 t^2}{2} + C_1 t + R$$

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

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

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

$$a_1 = a_0$$

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

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

$$a_2 = -a_0$$

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

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

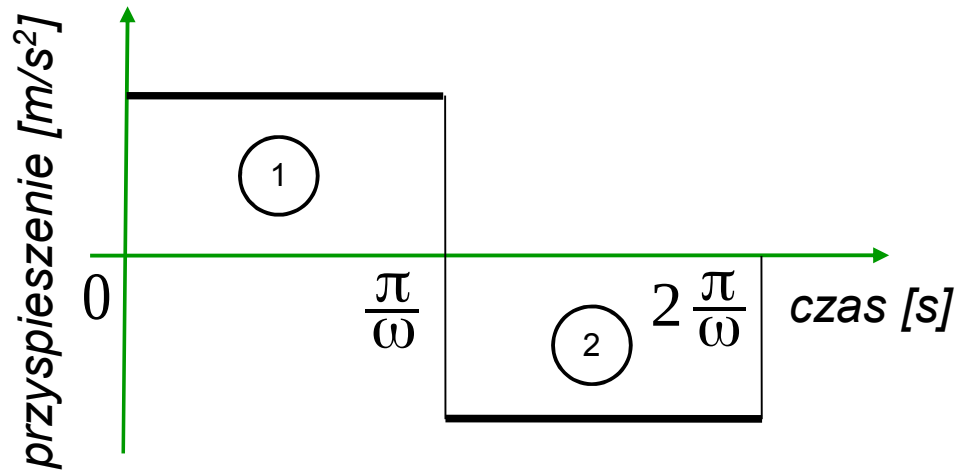
$$\frac{a_0 \pi^2}{2\omega^2} + C_1 \frac{\pi}{\omega} + R = -\frac{a_0 \pi^2}{2\omega^2} + C_3 \frac{\pi}{\omega} + R + 2a_0 \frac{\pi^2}{\omega^2} - 2C_3 \frac{\pi}{\omega}$$

$C_3 = \dots$

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

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

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

$$a_1 = a_0$$

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

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

$$a_2 = -a_0$$

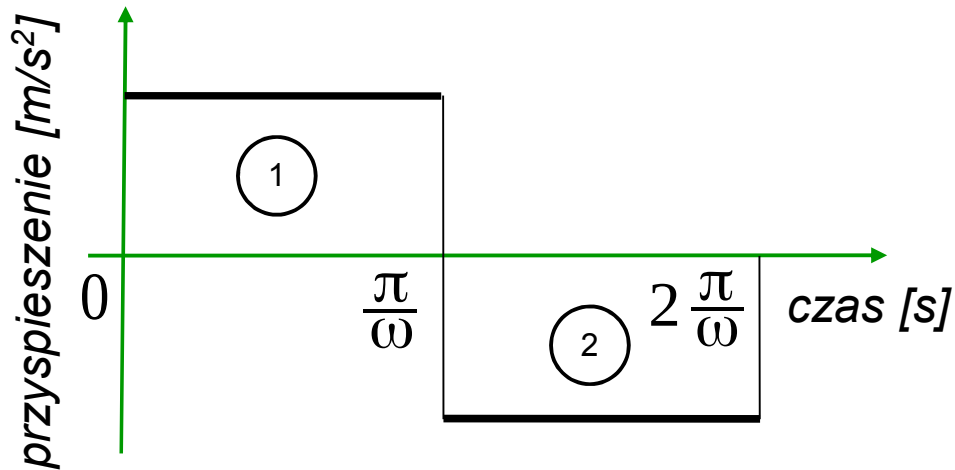
$$v_2(t) = -a_0 t + C_3$$

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

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

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

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

$$a_1 = a_0$$

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

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

$$a_2 = -a_0$$

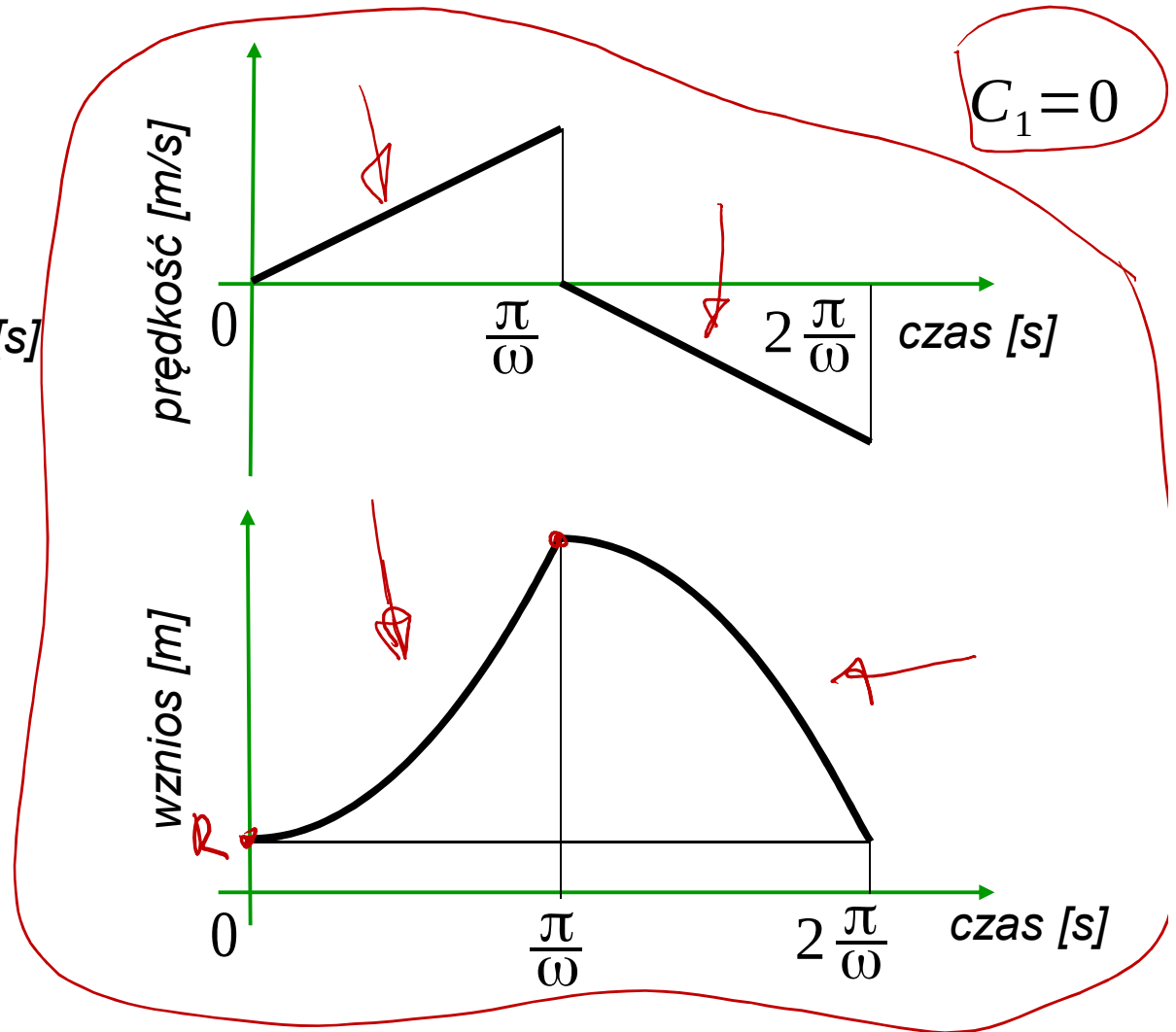
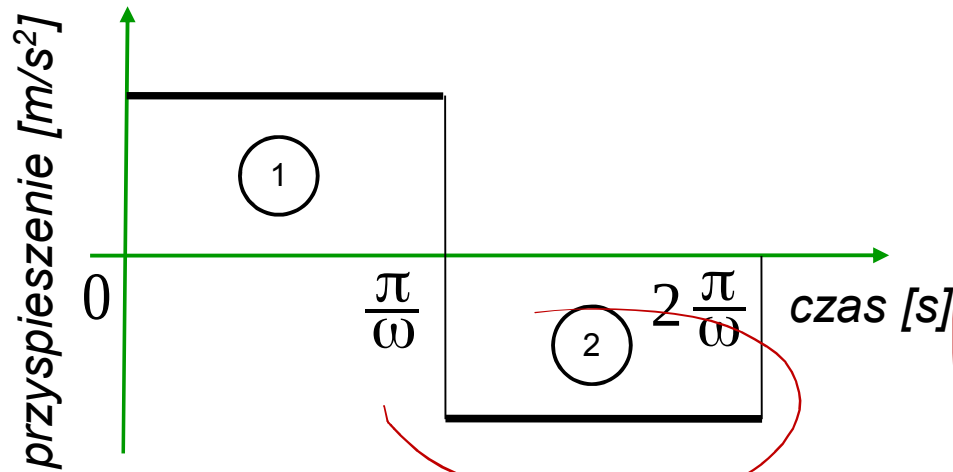
$$v_2(t) = -a_0 t + a_0 \frac{\pi}{\omega} - C_1$$

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

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

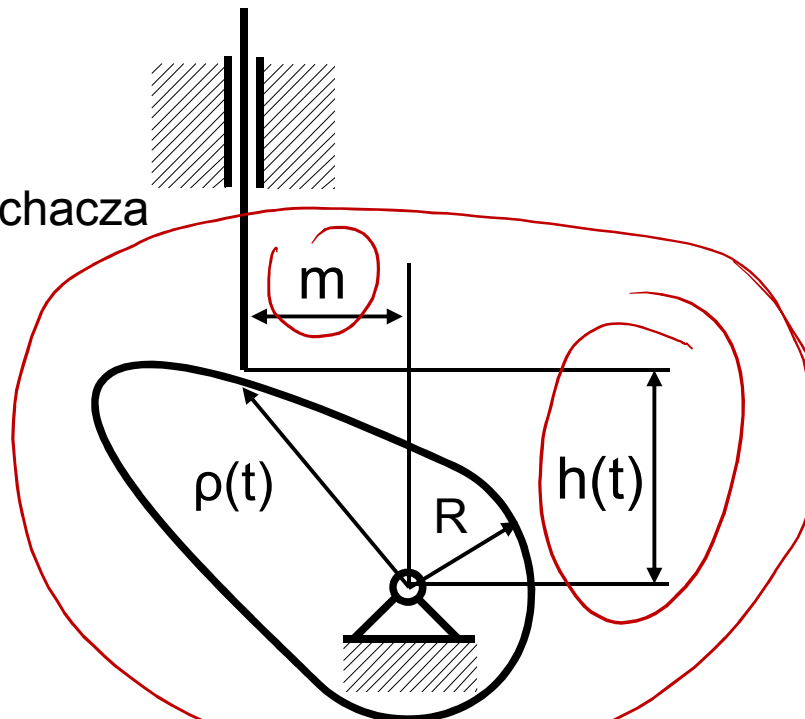
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.

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

odsunąć

Uwzględnienie ~~mimośrod~~ popychacza

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



Synteza mechanizmów krzywkowych

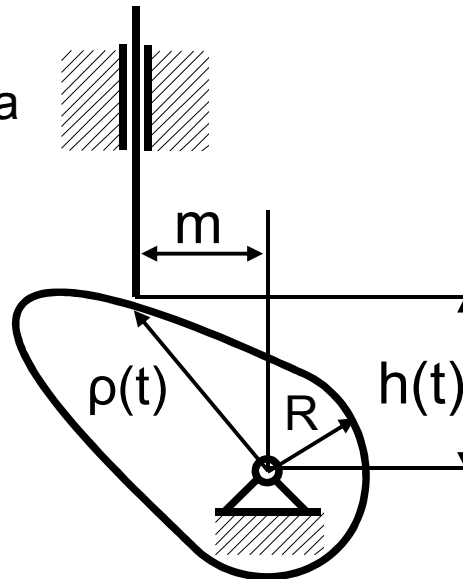
Metoda analityczna – przykład

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 mimośrodowości popychacza

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

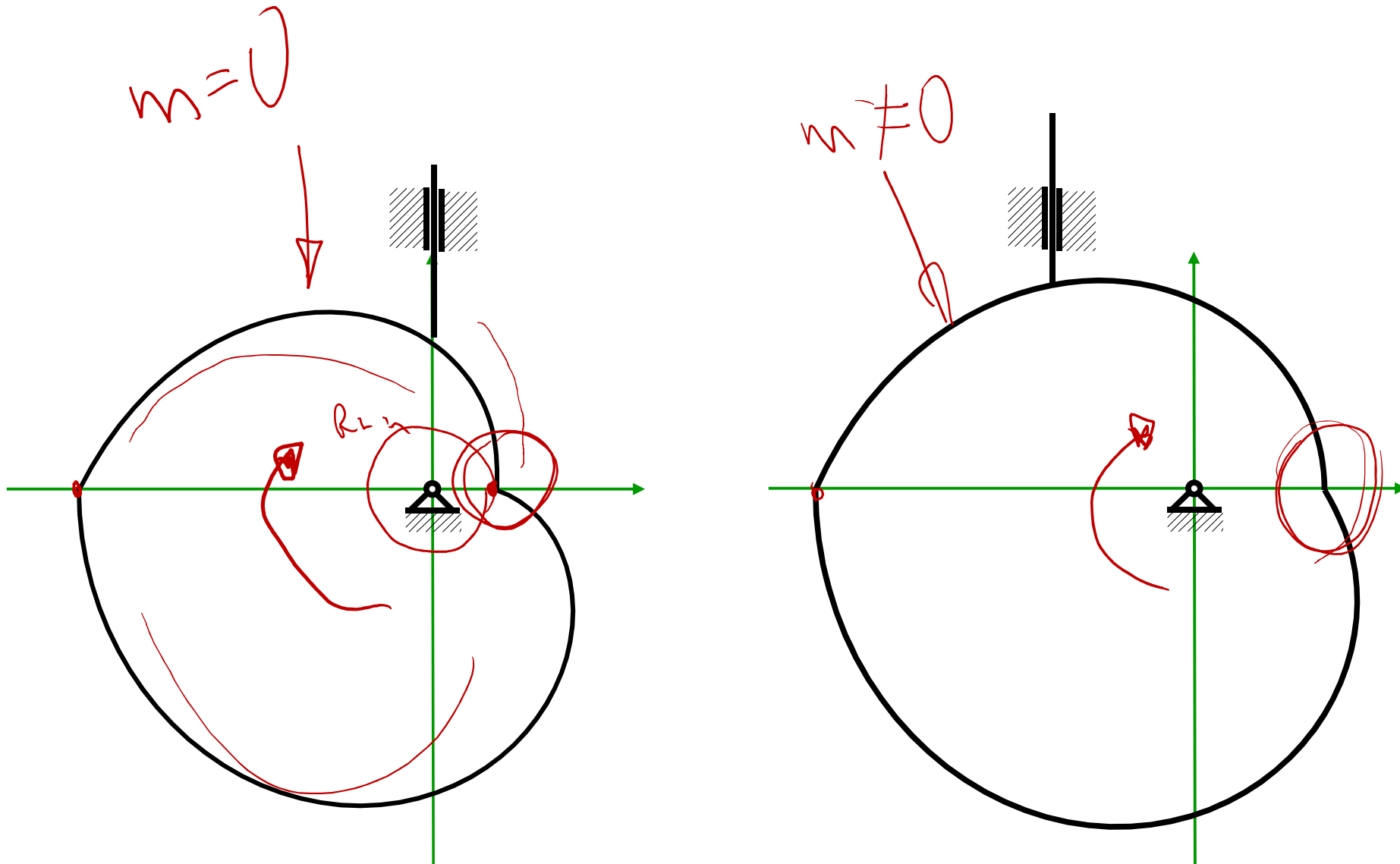


Przejście ze współrzędnych biegunowych na prostokątne

$$\begin{aligned} x(t) &= \rho(t) \cos \omega t \\ y(t) &= \rho(t) \sin \omega t \end{aligned}$$

Synteza mechanizmów krzywkowych

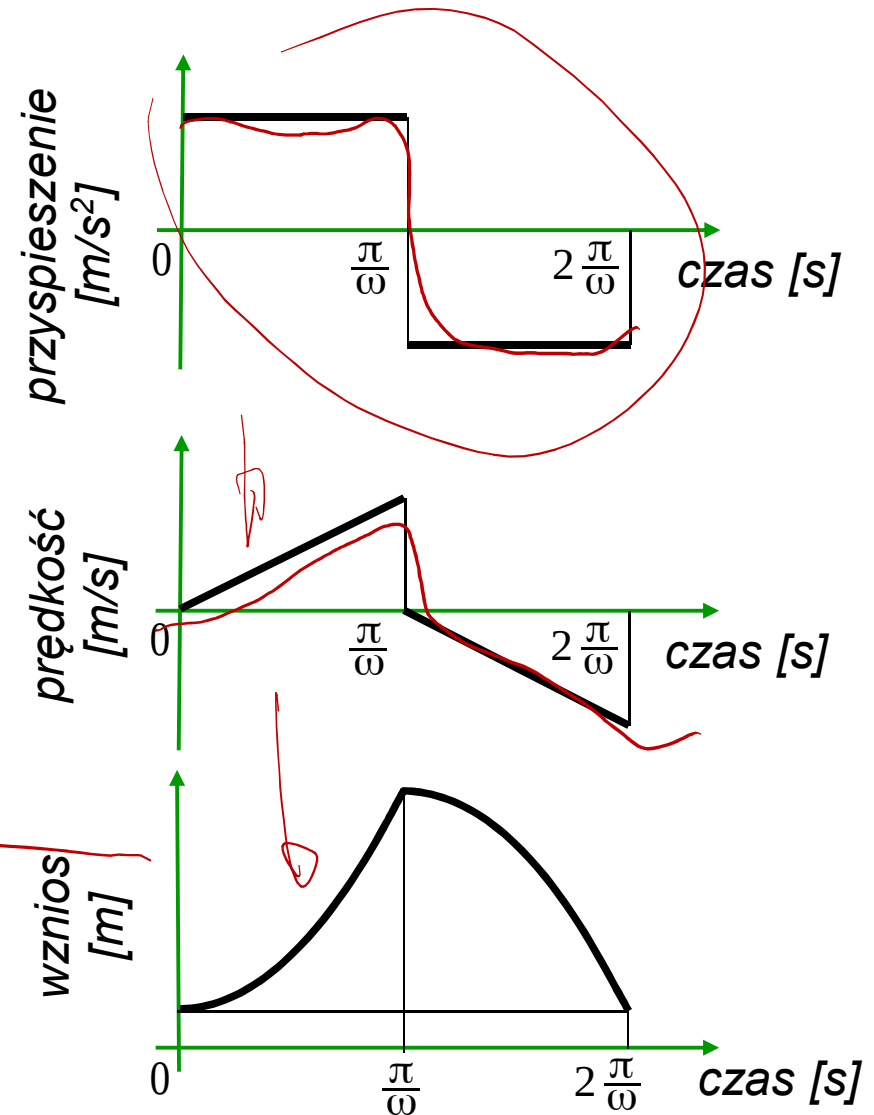
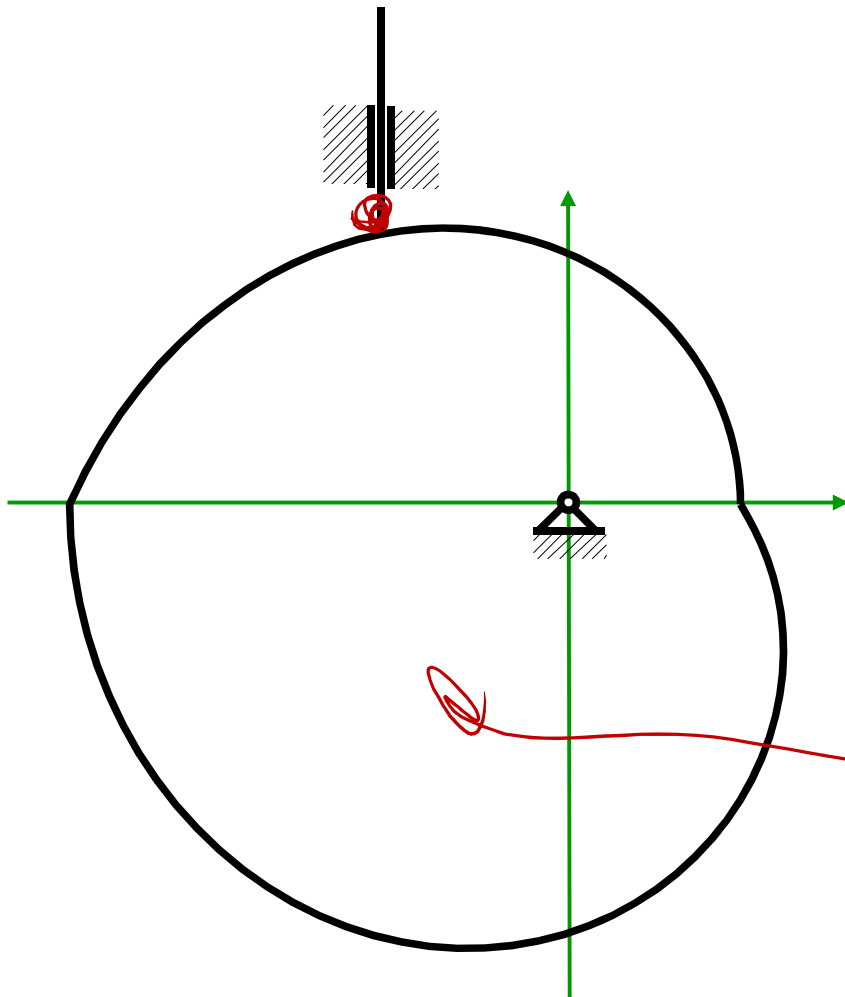
Metoda analityczna – przykład



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład

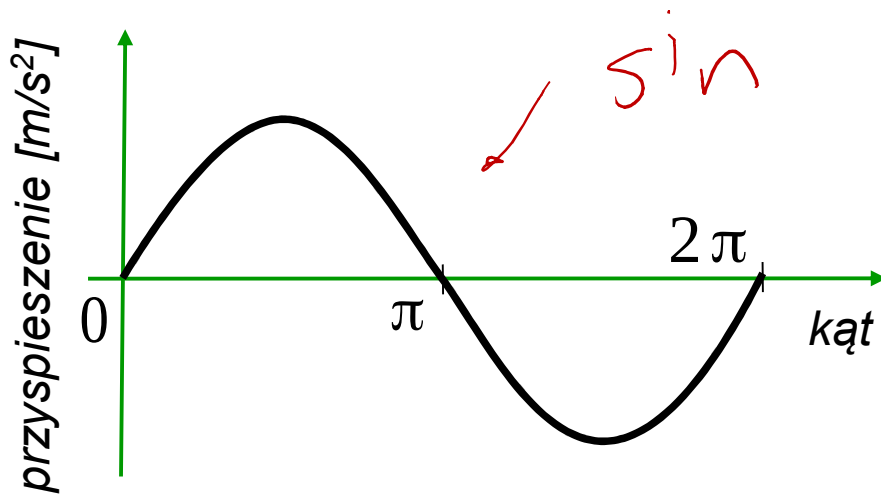
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym niecentralnym aby uzyskać stałe przyspieszenie wznoszenia i opadania dla stałej prędkości kątowej krzywki.



Synteza mechanizmów krzywkowych

Metoda analityczna – przykład 2

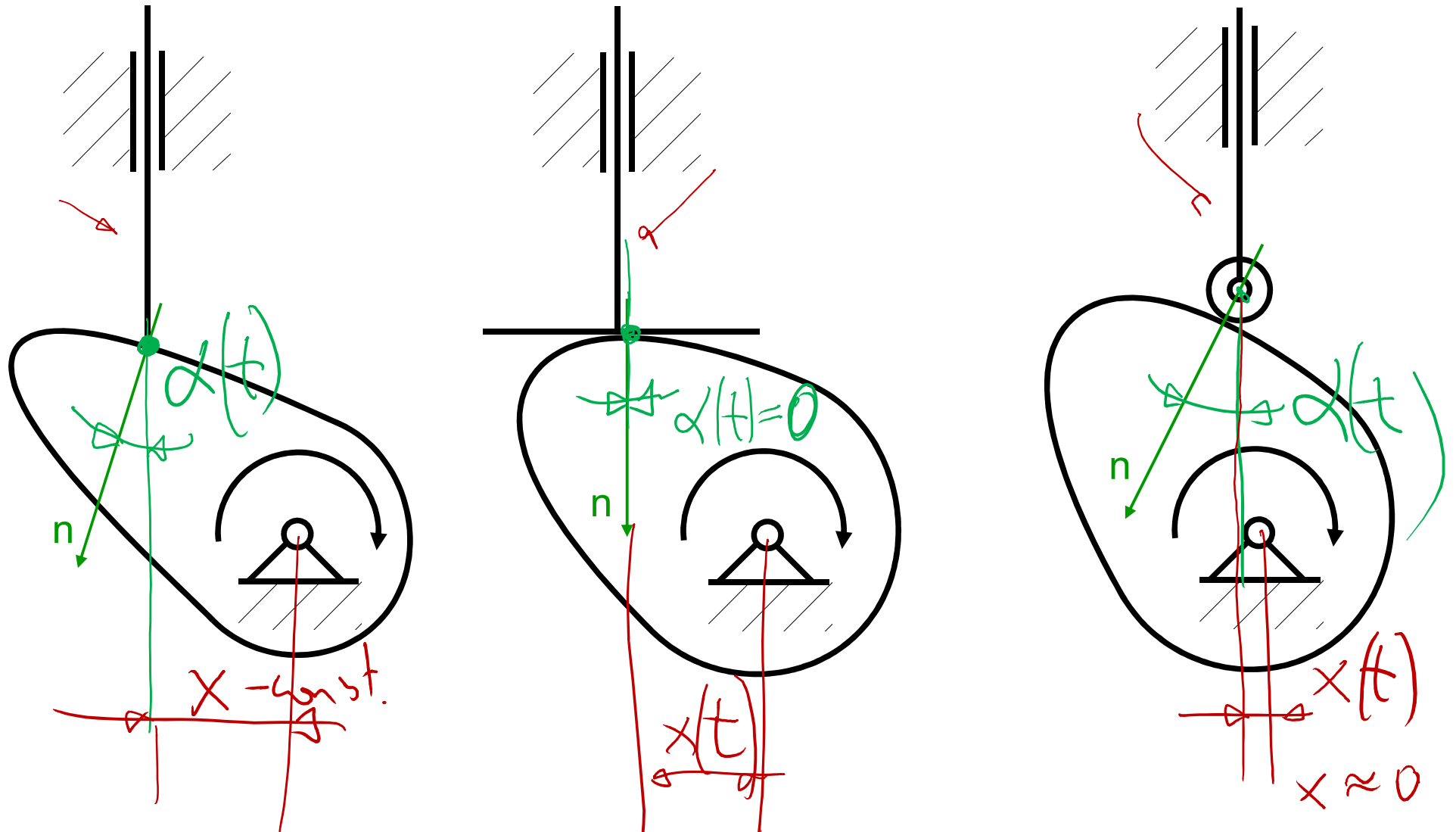
Dobrać zarys profilu krzywki współpracującej z popychaczem ostrzowym centralny aby uzyskać przyspieszenie o przebiegu sinusoidalnym przy stałej prędkości kątowej krzywki.



do domu

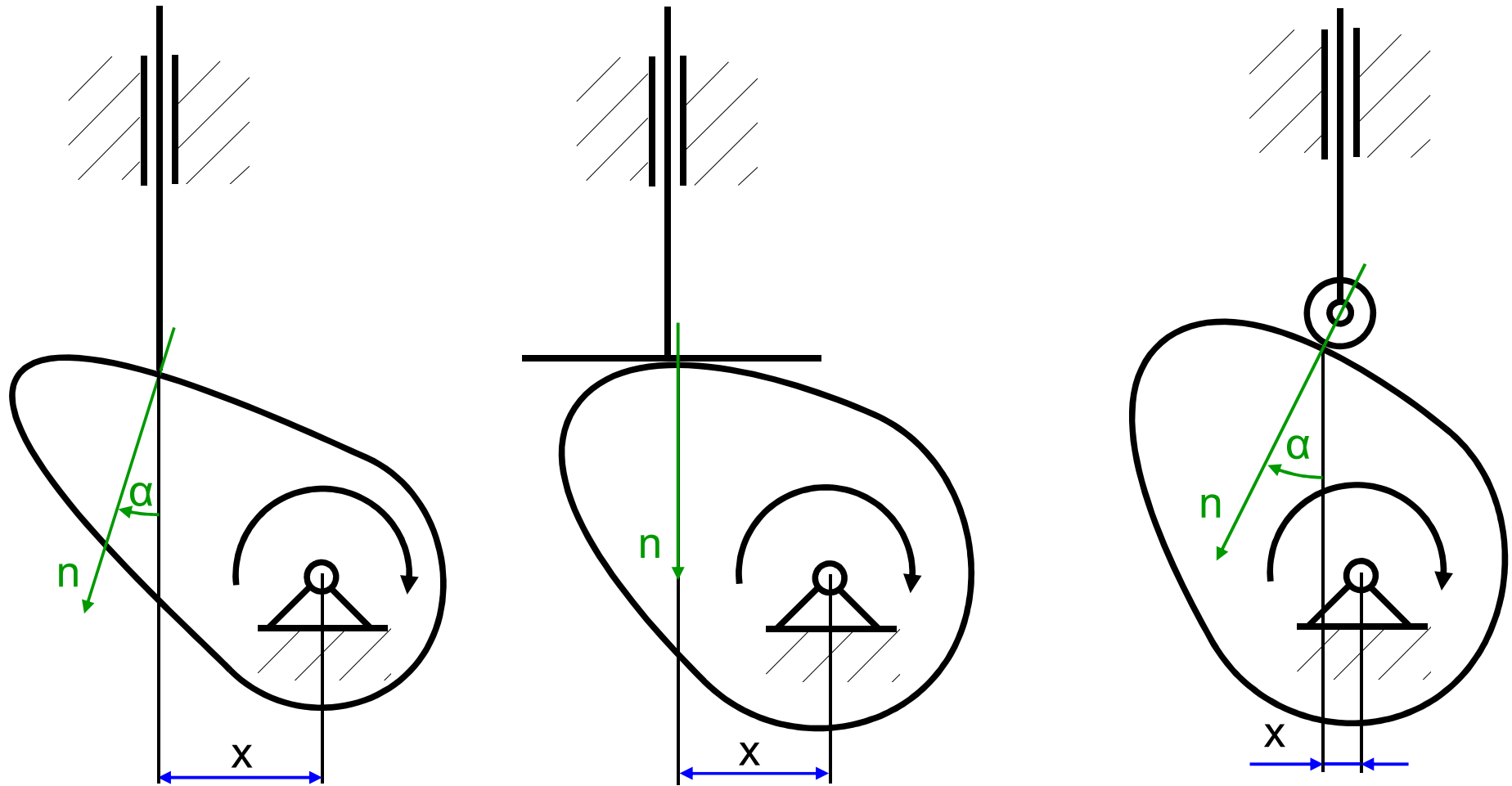
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



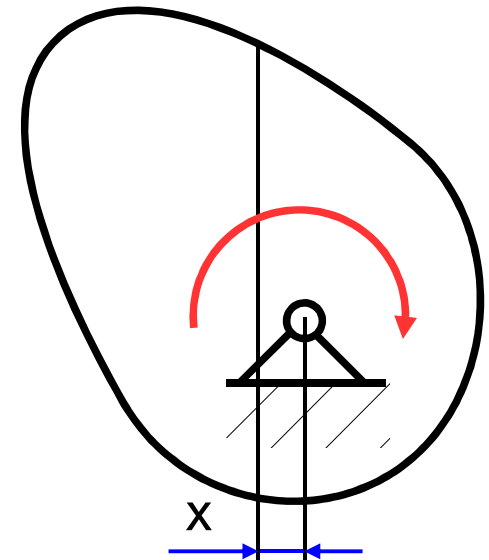
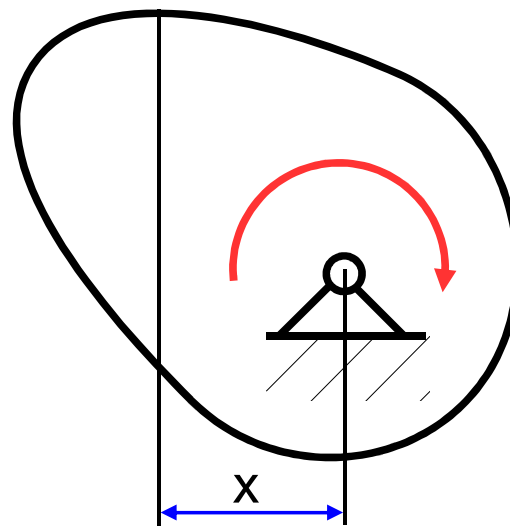
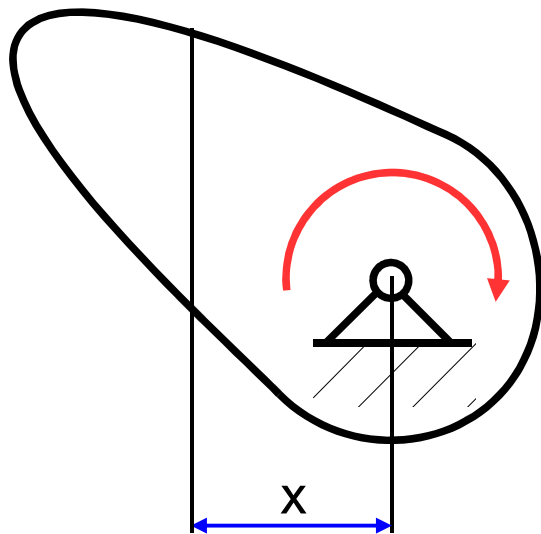
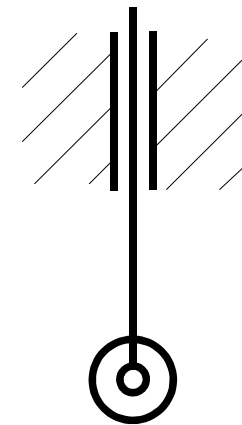
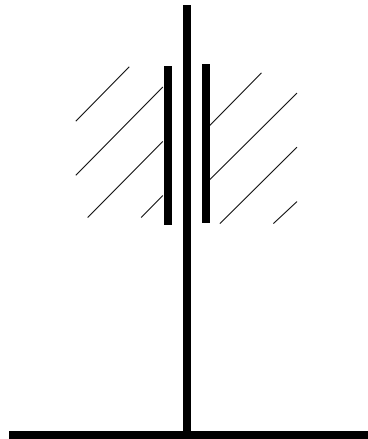
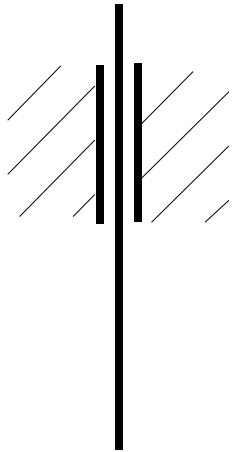
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



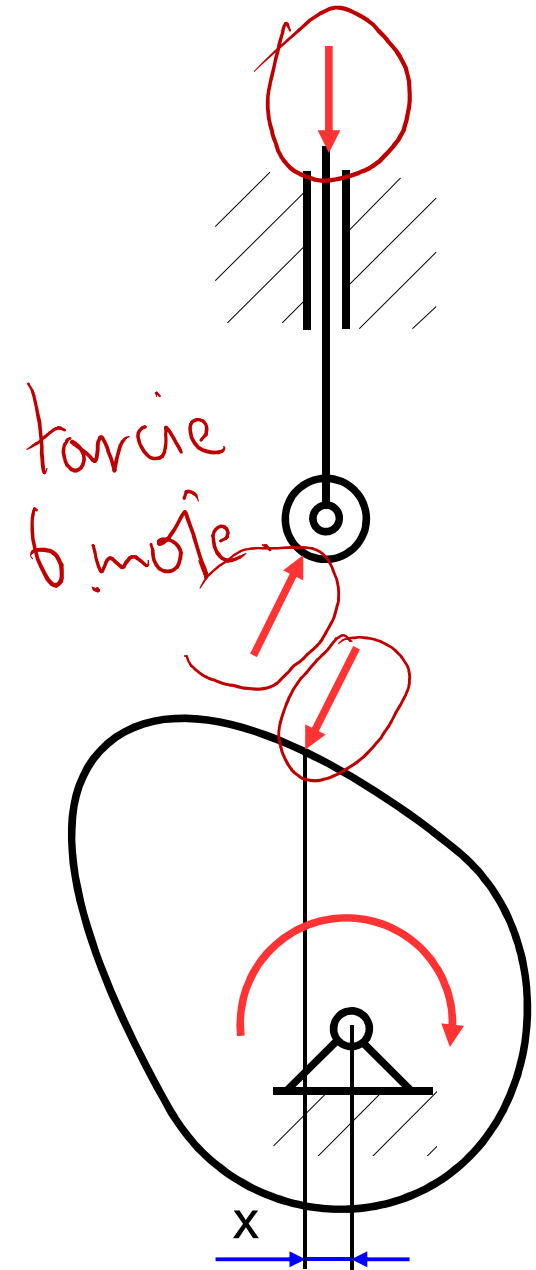
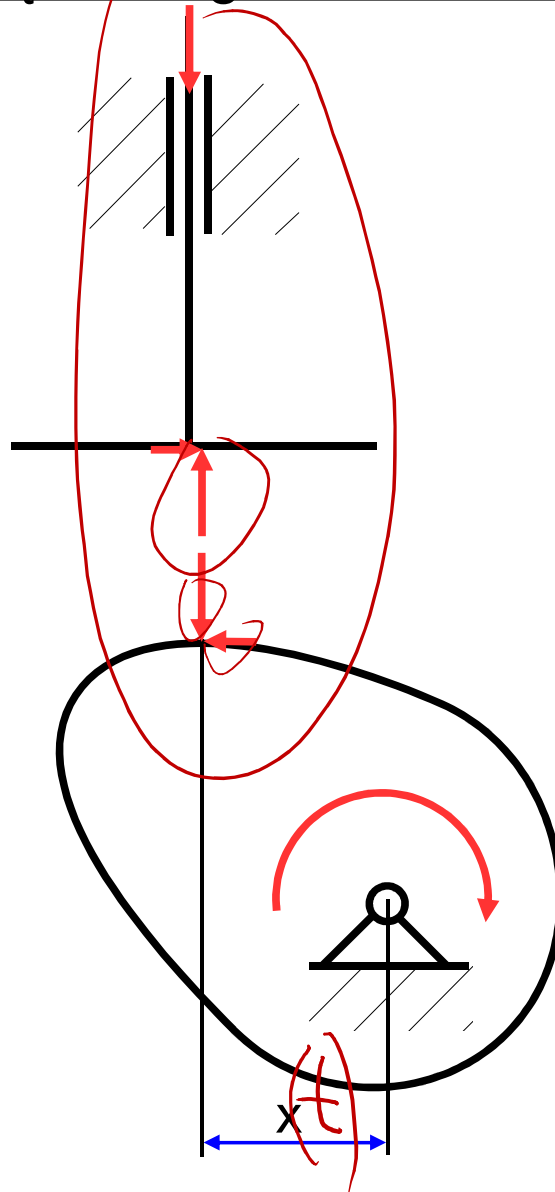
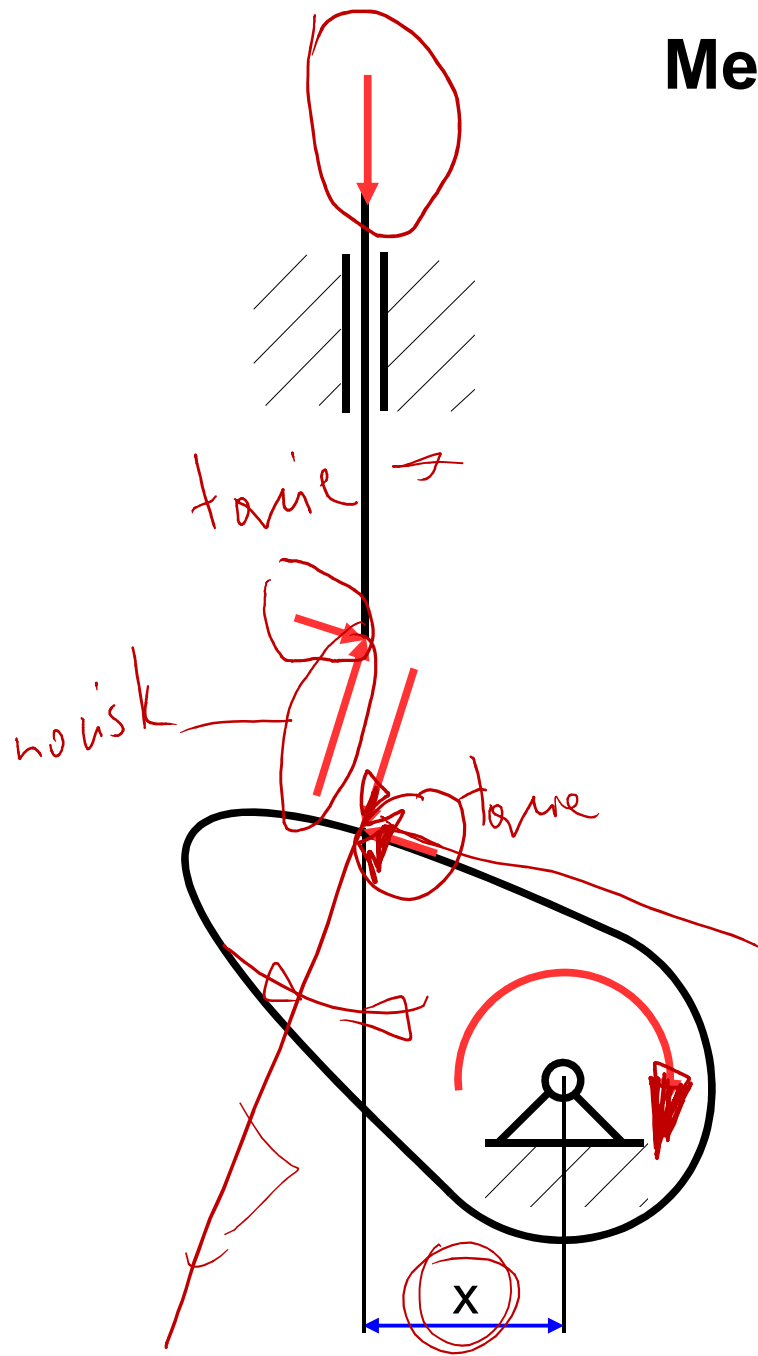
Mechanizmy krzywkowe

Kąt i odległość nacisku



Mechanizmy krzywkowe

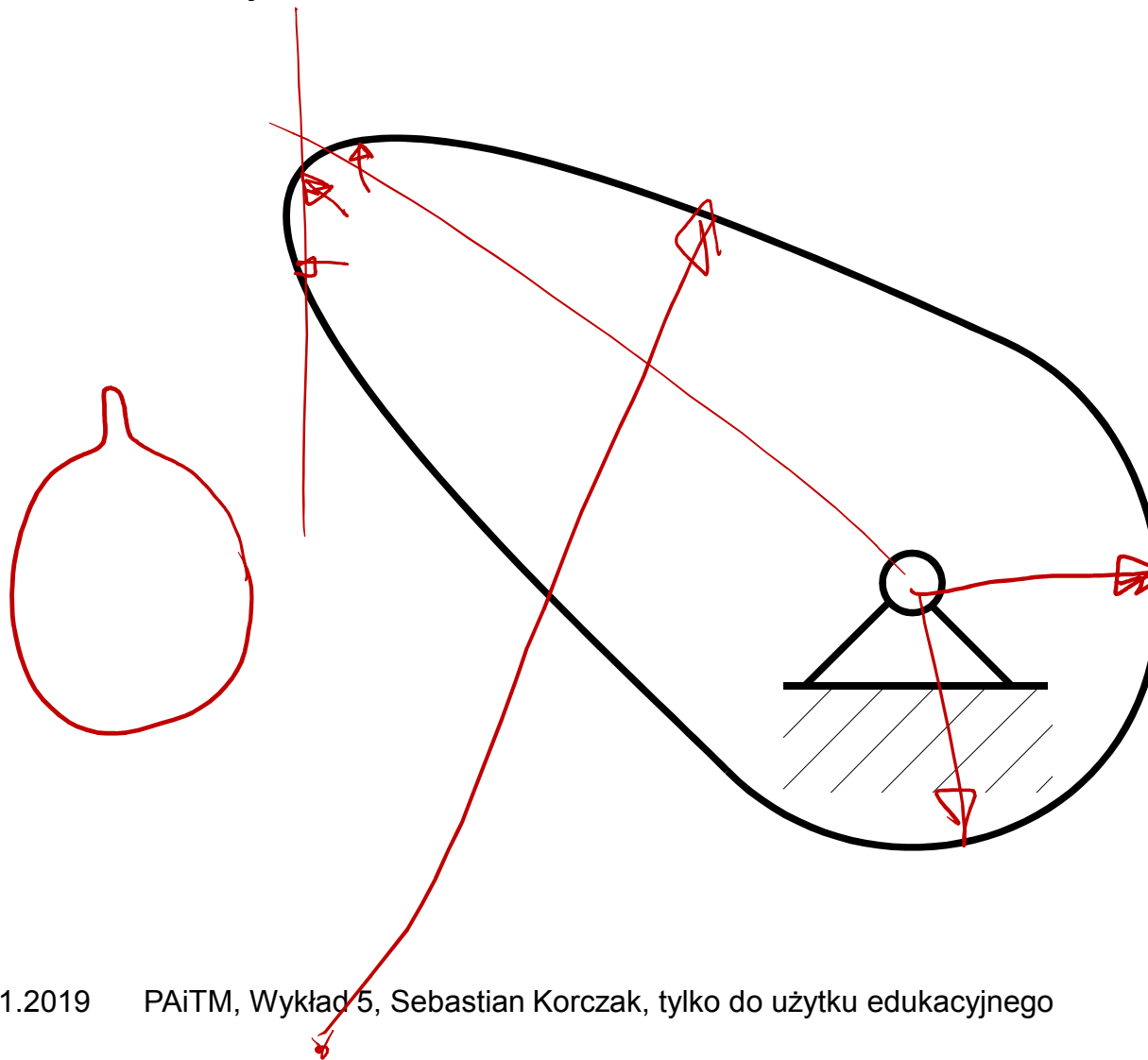
Kąt i odległość nacisku



Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

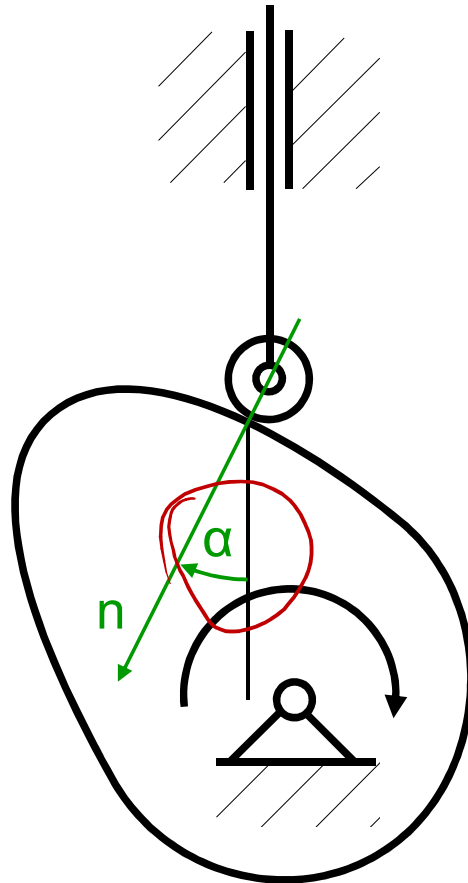
Warunek 1: minimalny promień krzywizny zarysu ze względu na wytrzymałość i odporność na zużycie.



Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

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

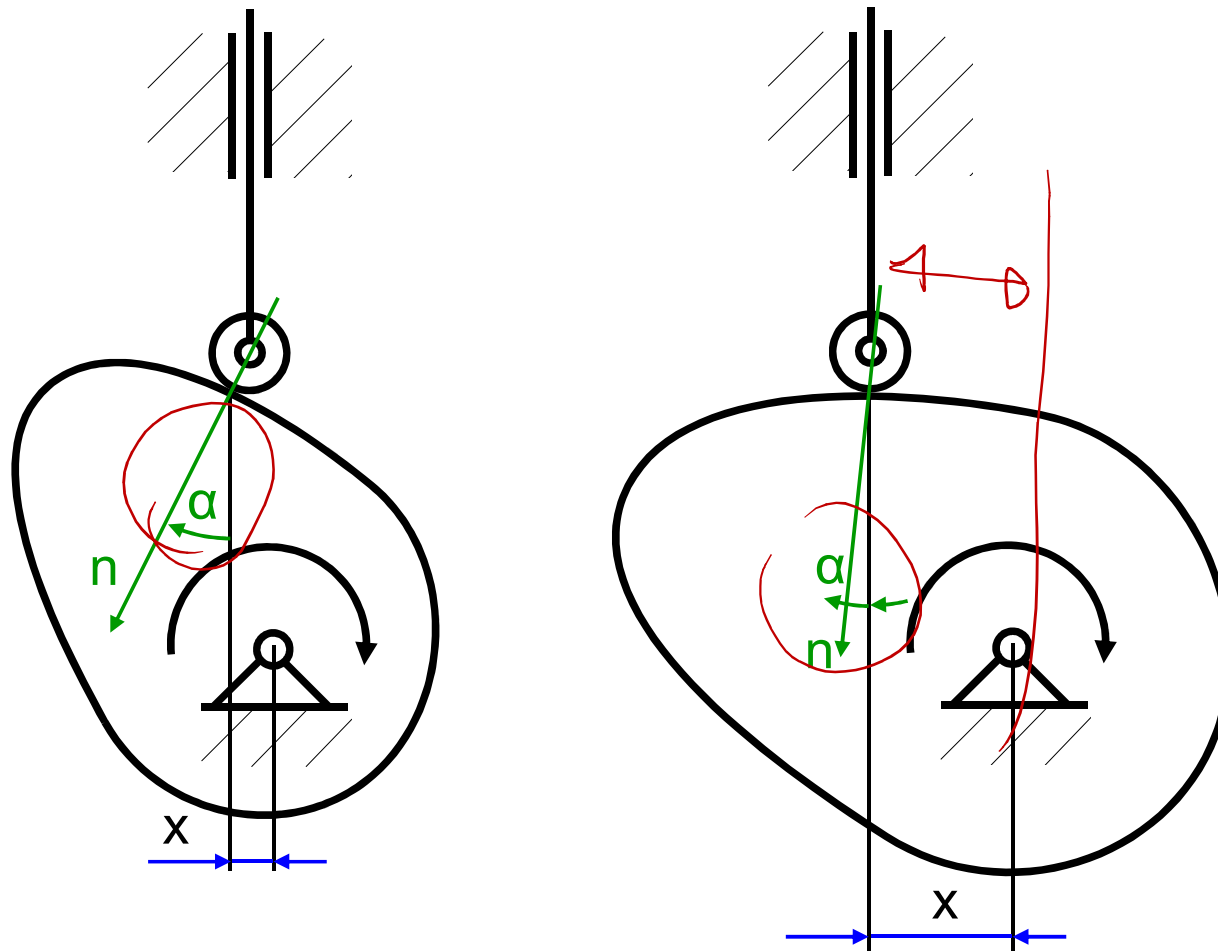


Mechanizmy krzywkowe

Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

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

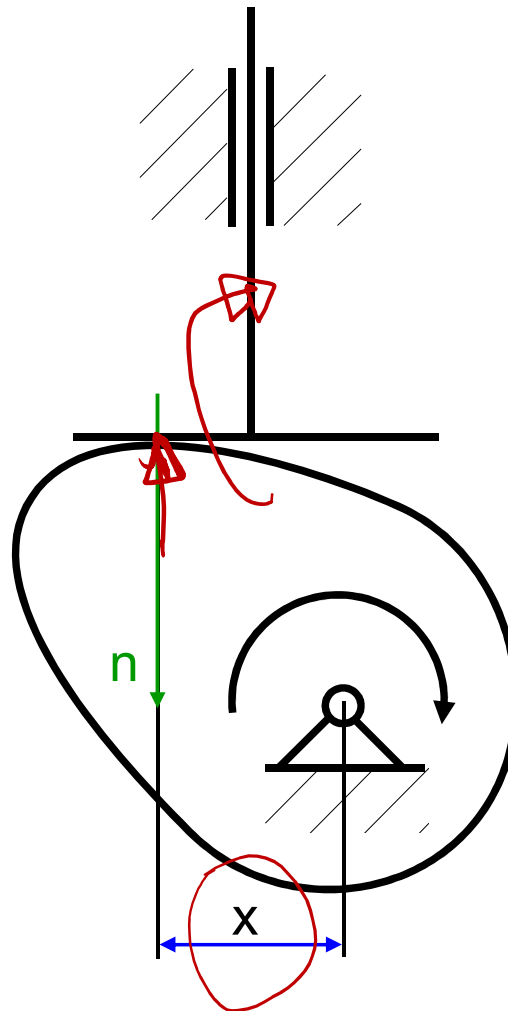
Uwaga: przesunięcie popychacza w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu krzywki zmniejsza wartości kąta nacisku.



Mechanizmy krzywkowe

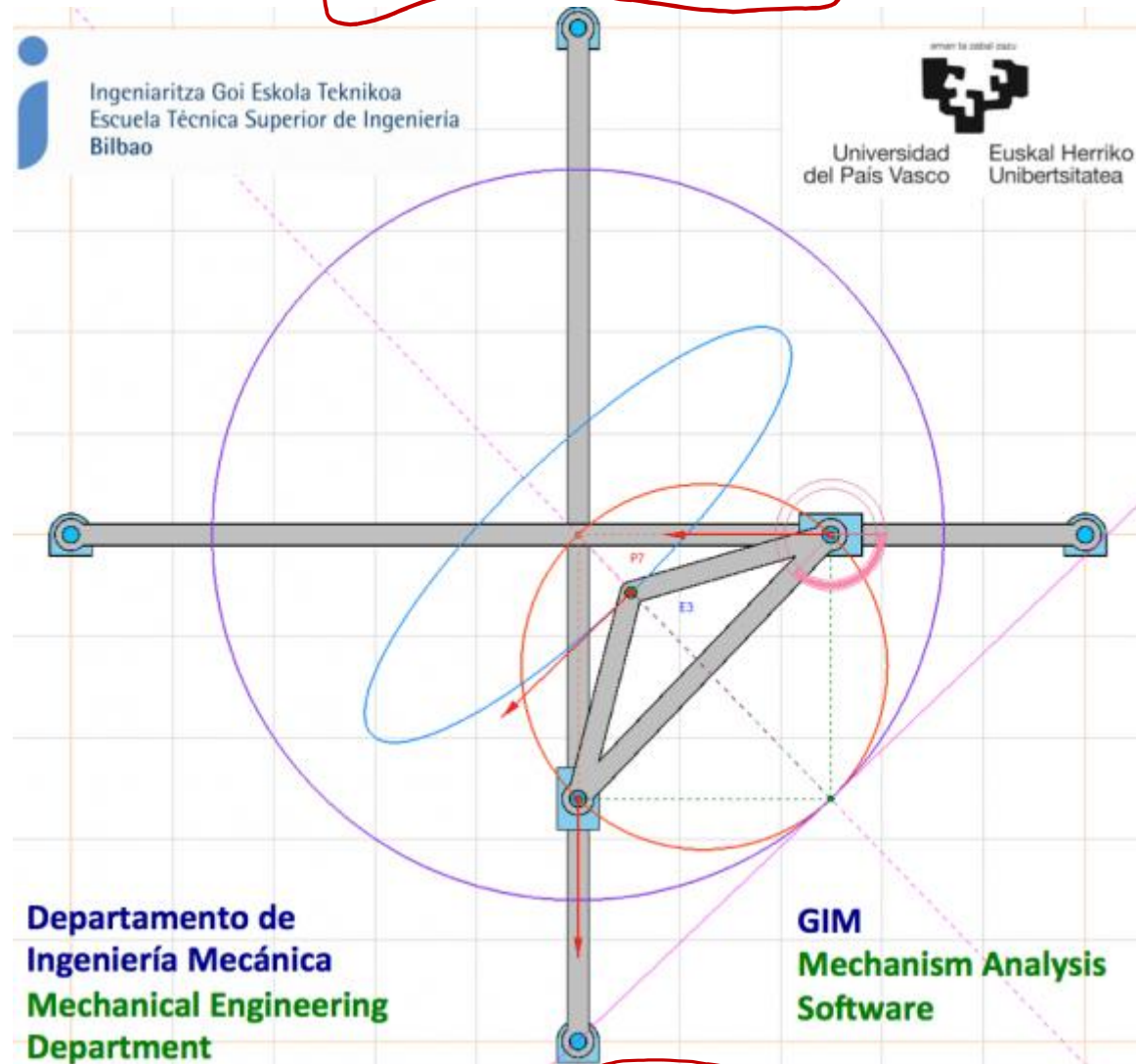
Warunki ograniczające z warunków wytrzymałościowych

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.

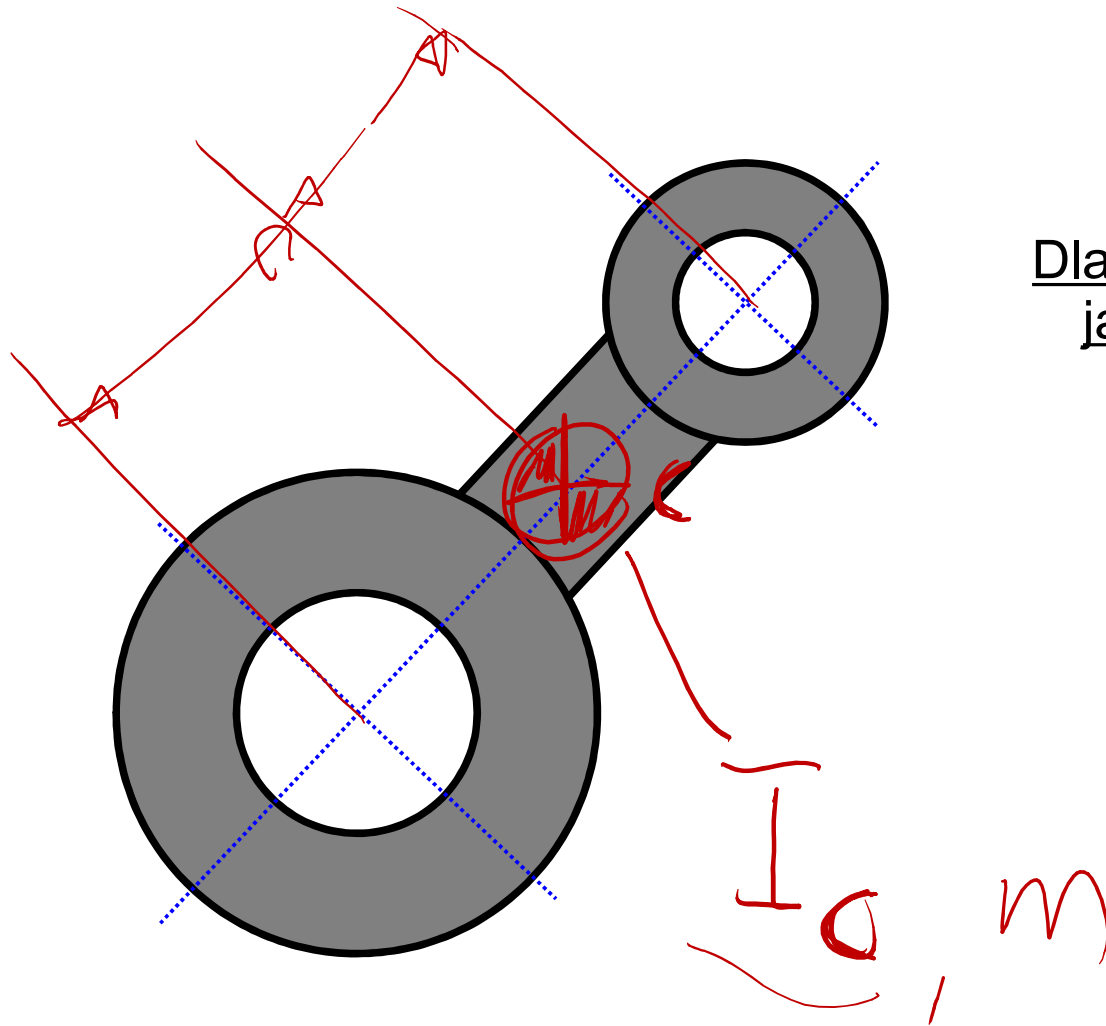
Pierwsze i drugie zadanie dynamiki mechanizmów.

Zastosowanie metod wykreślnych, analityczno-wykreślnych i analitycznych.

~~Tarcie w parach kinematycznych.~~

Dynamika mechanizmów

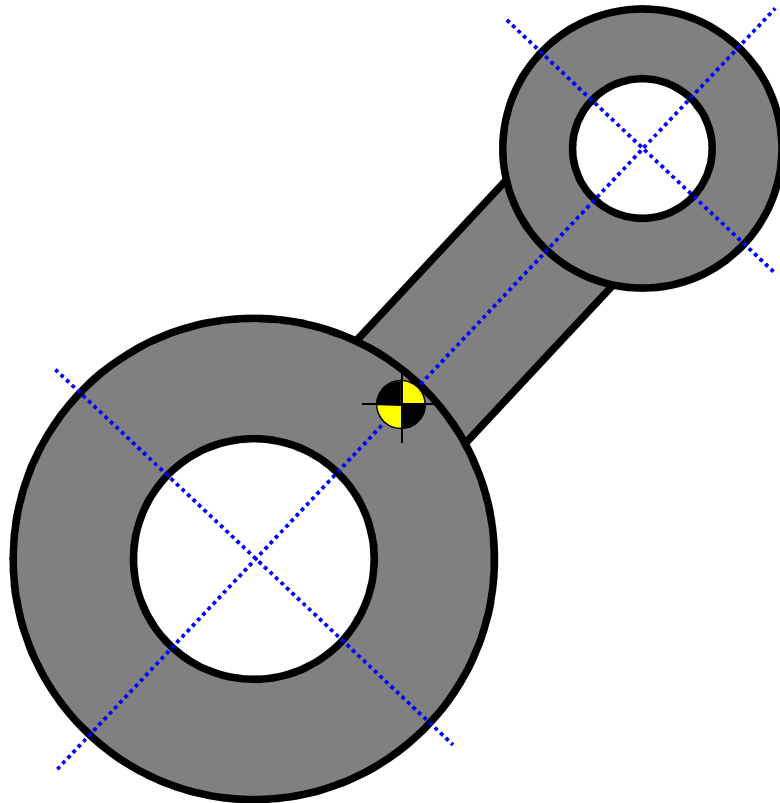
Reprezentacja członów mechanizmu



Dla członu mechanizmu płaskiego
jako bryły sztywnej podajemy:

Dynamika mechanizmów

Reprezentacja członów mechanizmu



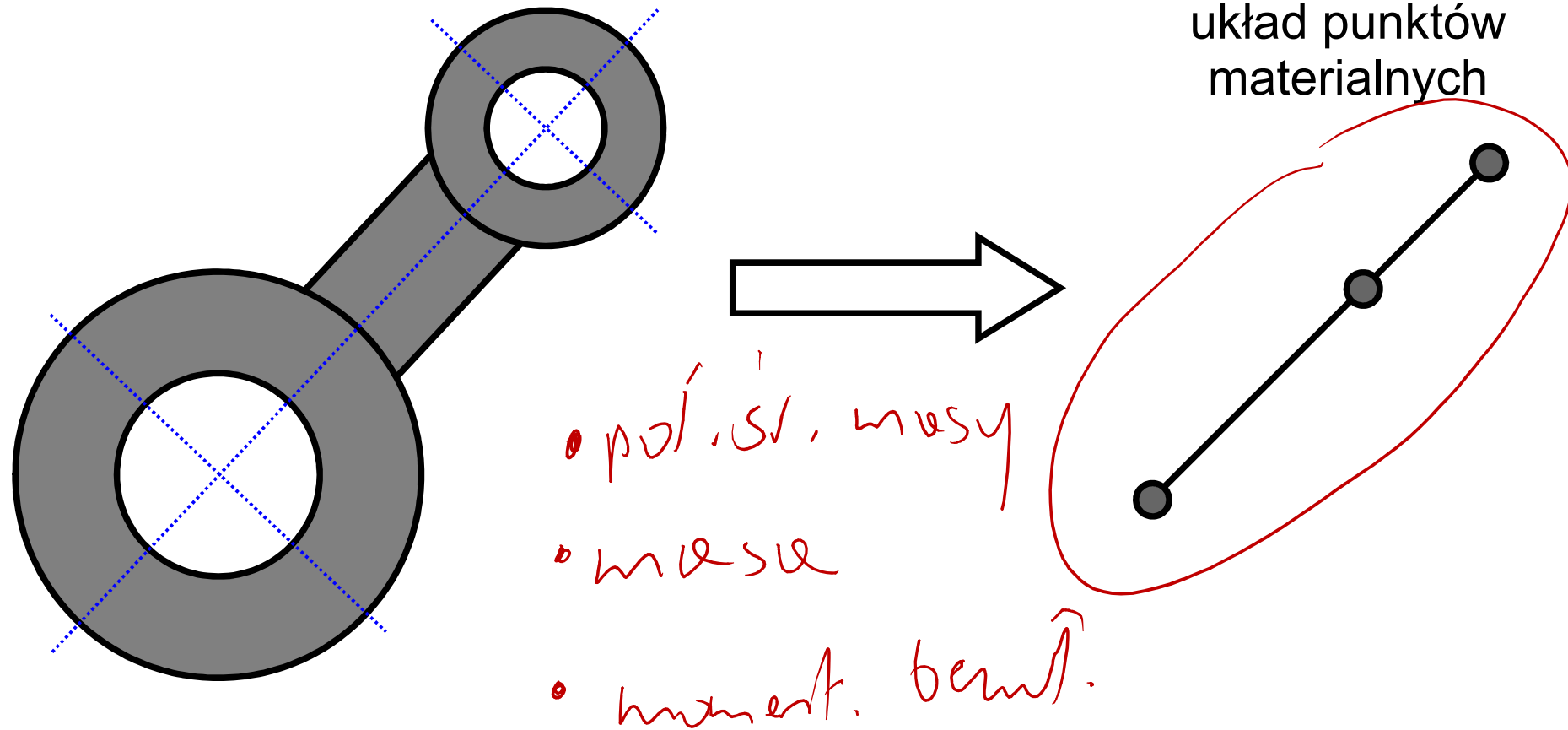
Dla członu mechanizmu płaskiego
jako bryły sztywnej podajemy:

- 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

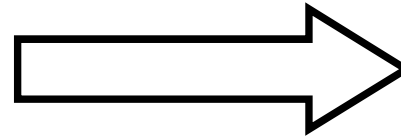
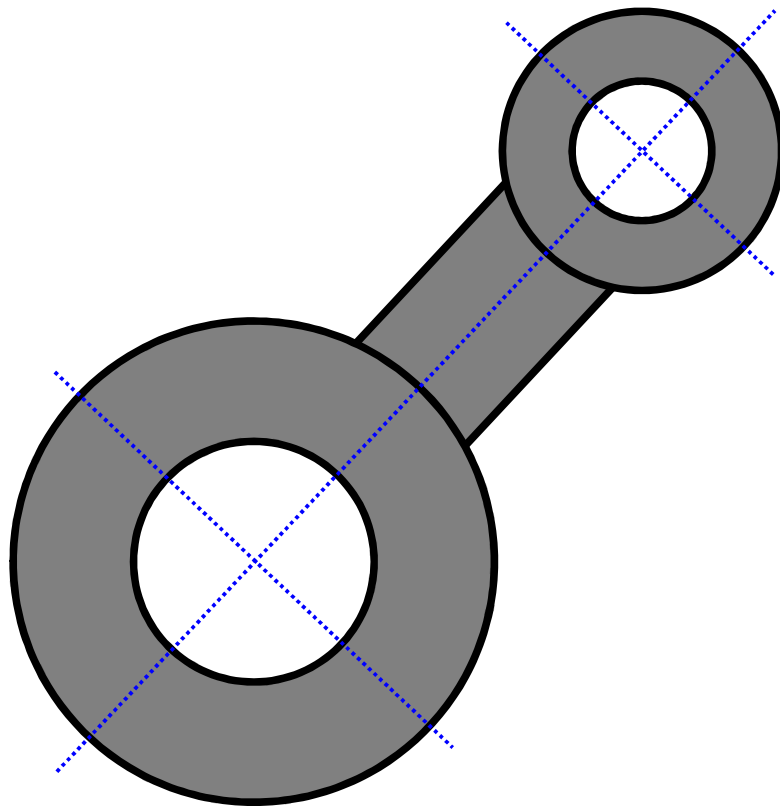
Metoda mas skupionych



Dynamika mechanizmów

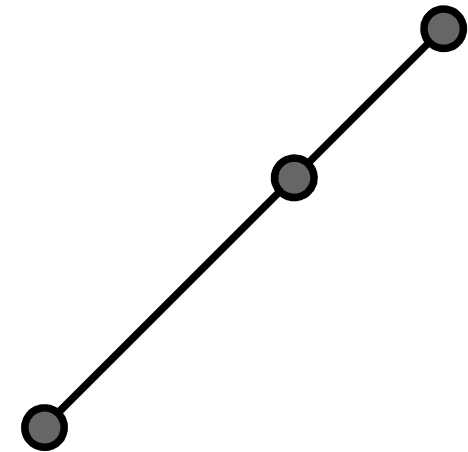
Reprezentacja członów mechanizmu

Metoda mas skupionych



- równość mas
- położenie środka masy
- równość momentów bezwładności

układ punktów materialnych



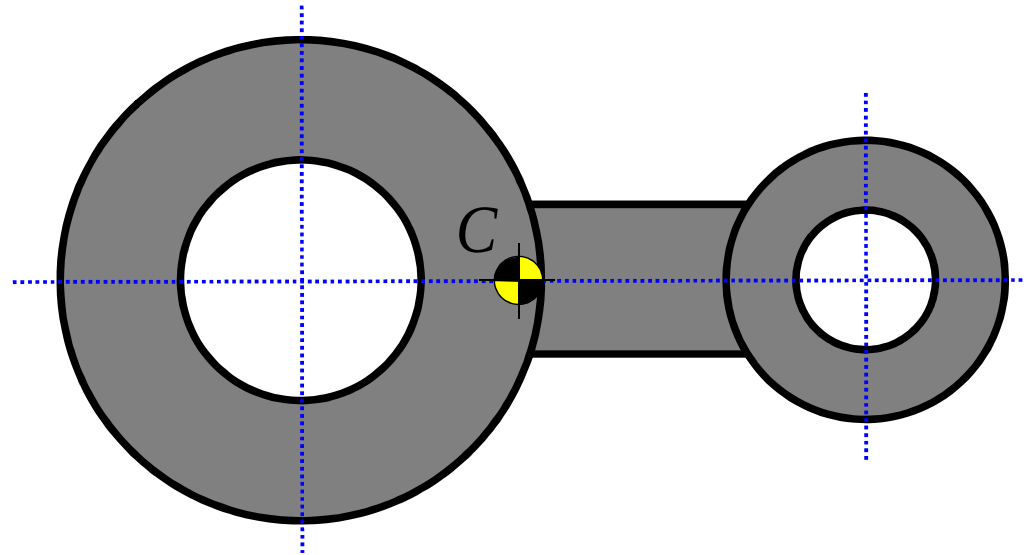
Dynamika mechanizmów

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
bezładności I_C

