



# Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

***Podstawy automatyki i teorii maszyn***  
semestr zimowy 2019/2020

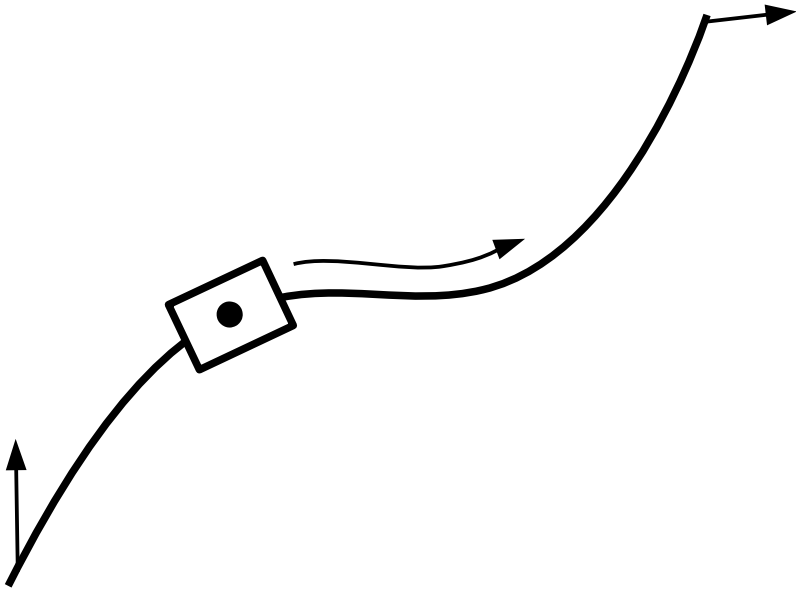
dr inż. Sebastian Korczak

# Wykład 4

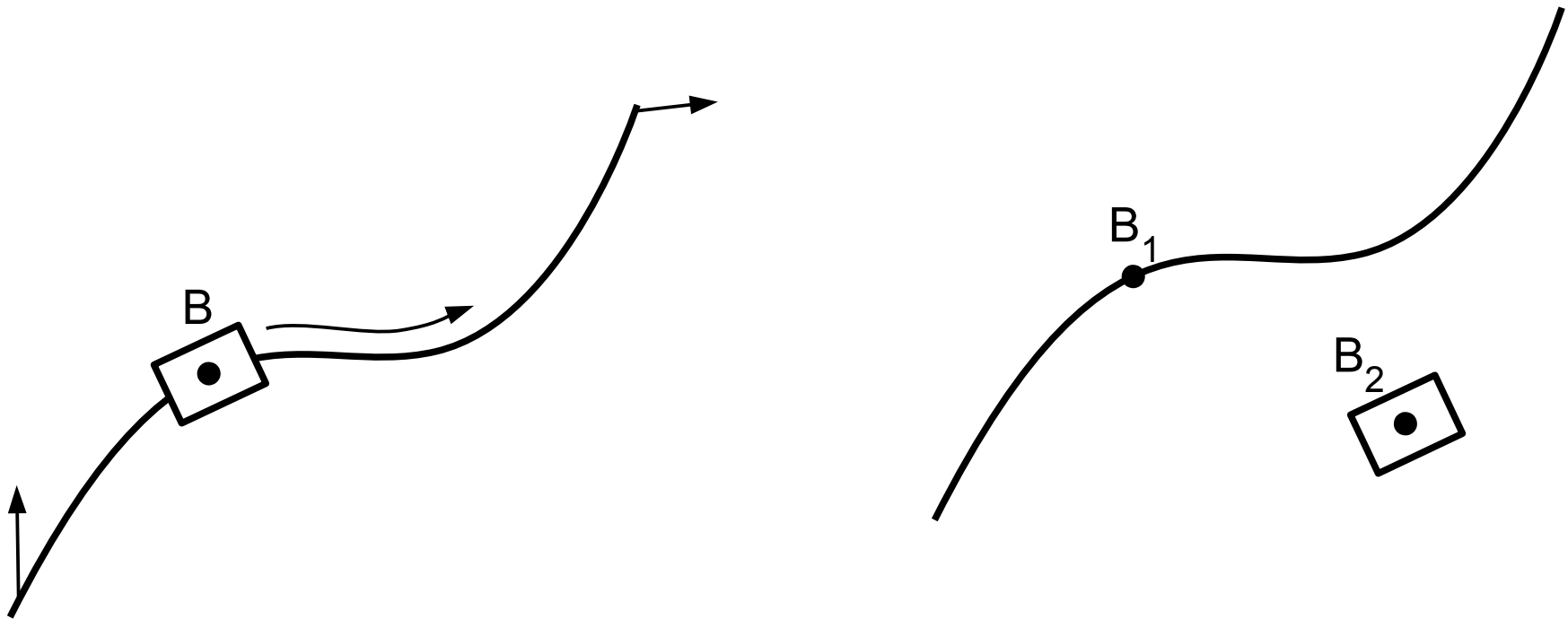
Ruch złożony.

Analityczna metoda wyznaczania prędkości  
i przyspieszeń mechanizmów płaskich.  
Mechanizmy krzywkowe.

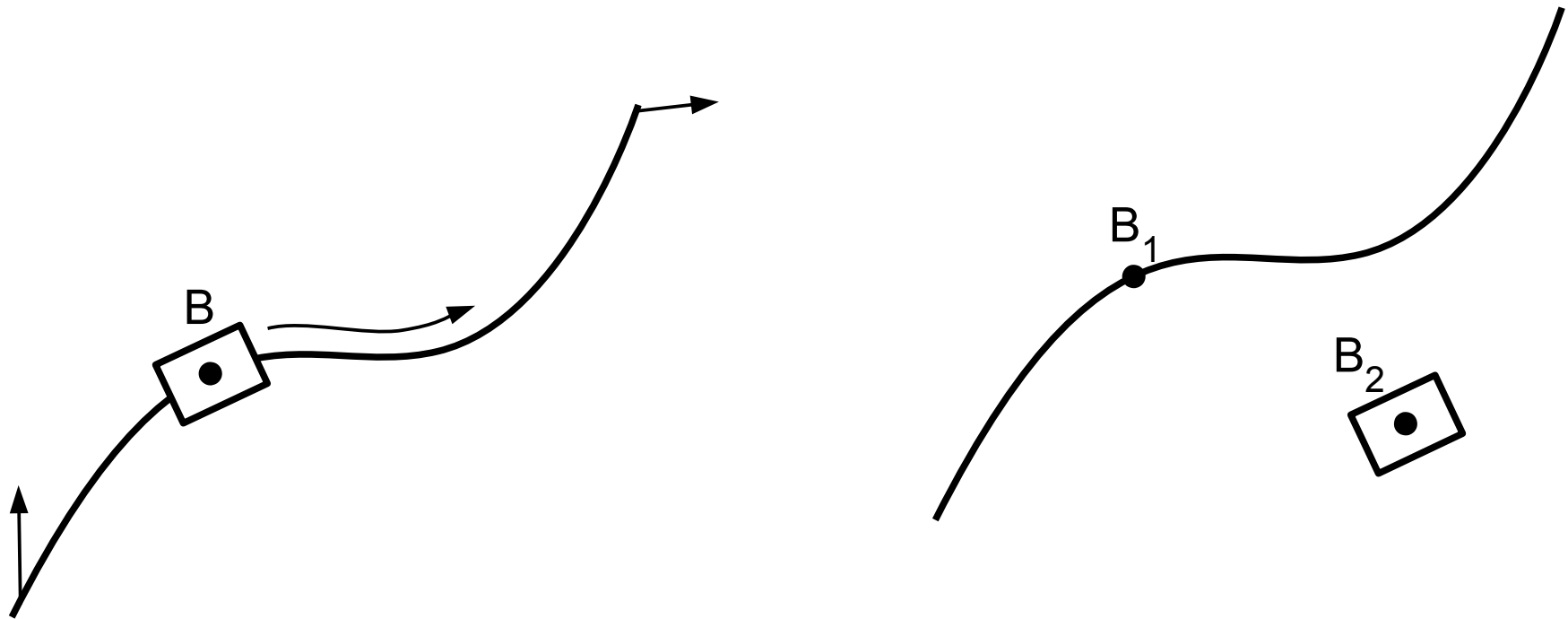
# Prędkości w ruchu złożonym



# Prędkości w ruchu złożonym



# Prędkości w ruchu złożonym



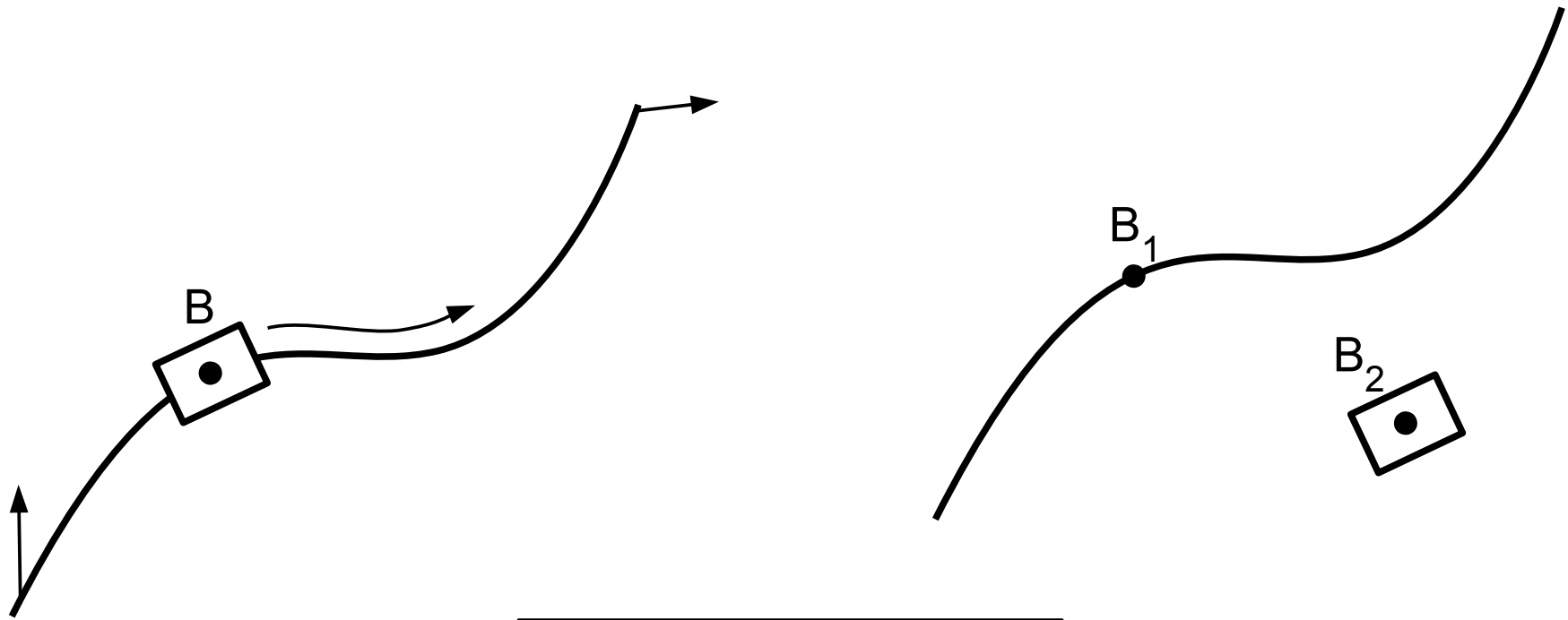
$$\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{B_2 B_1}$$

Prędkość  
bezwzględna  
punktu  $B_2$

Prędkość  
unoszenia  
(prędkość  
bezwzględna  
punktu  $B_1$ )

Prędkość  
względna

# Przyspieszenia w ruchu złożonym



$$\vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B1}^u + \vec{a}_{B2B1}^w + \vec{a}^c$$

Bezwzględne przyspieszenie punktu B2

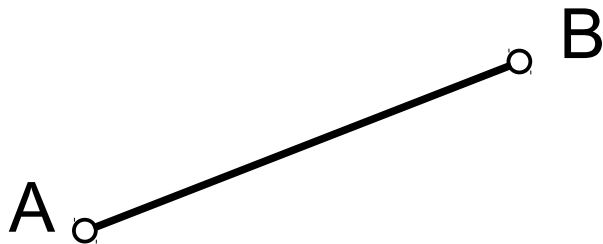
Przyspieszenie unoszenia (bezwzględne przyspieszenie punktu B1)

Przyspieszenie względne

Przyspieszenie Coriolisa

$$\vec{a}^c = 2 \vec{\omega}_u \times \vec{v}_{B2B1}$$

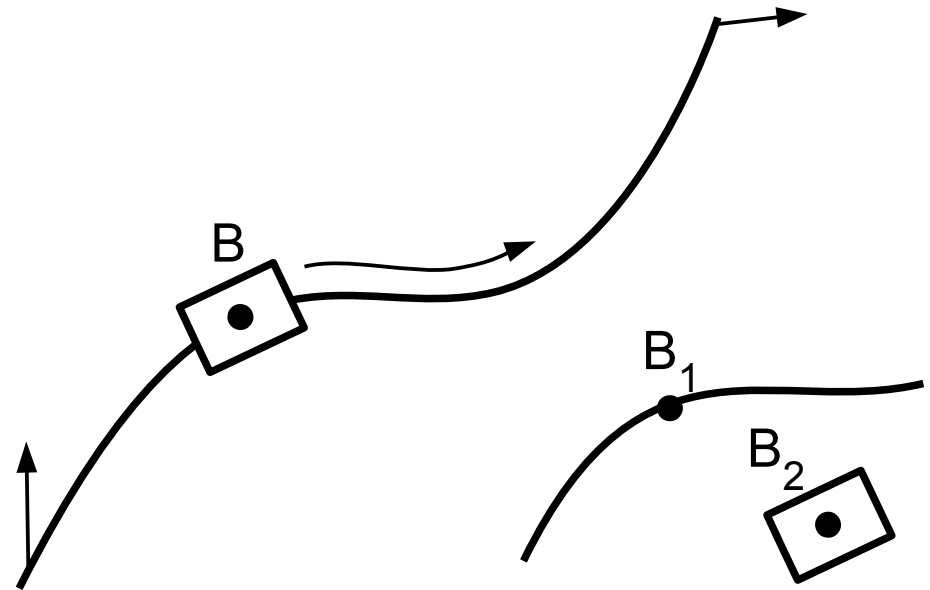
# Metody rozkładu ruchu płaskiego



$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}$$

# Ruch złożony



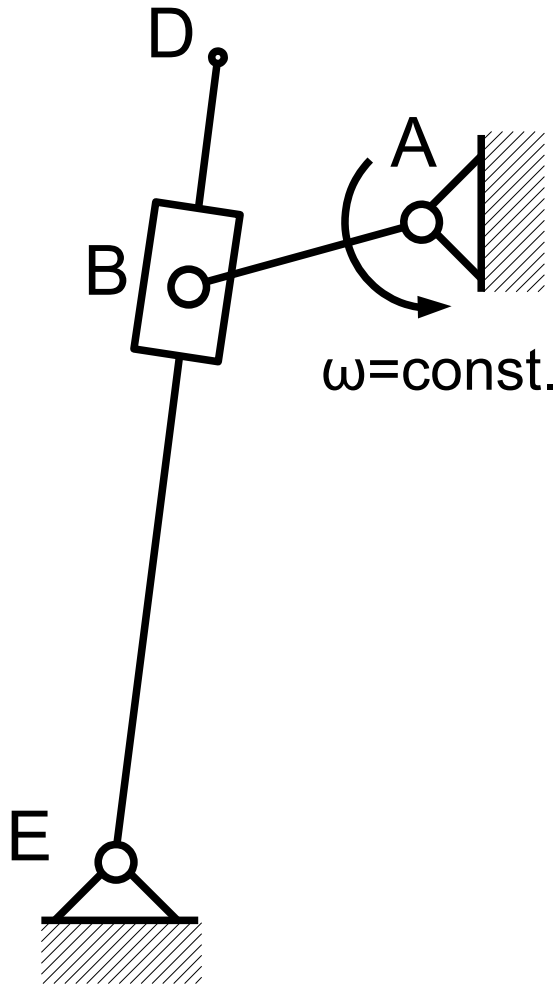
$$\vec{v}_{B2} = \vec{v}_{B1} + \vec{v}_{B2B1}$$

$$\vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B1}^u + \vec{a}_{B2B1}^w + \vec{a}^c$$

# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

## Przykład

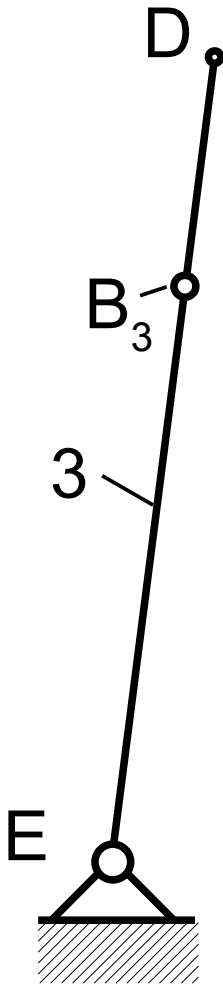
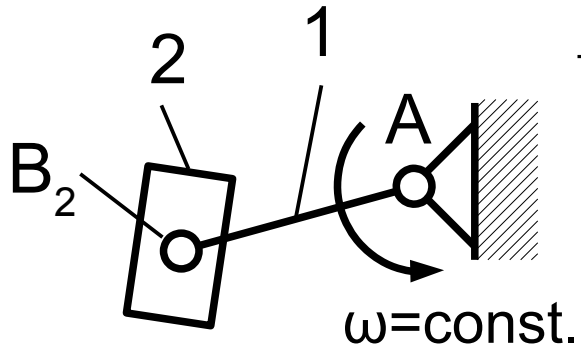
Dane: geometria, prędkość  
kątowna członu napędowego





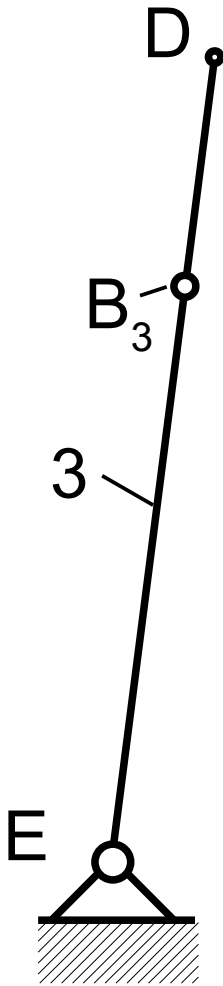
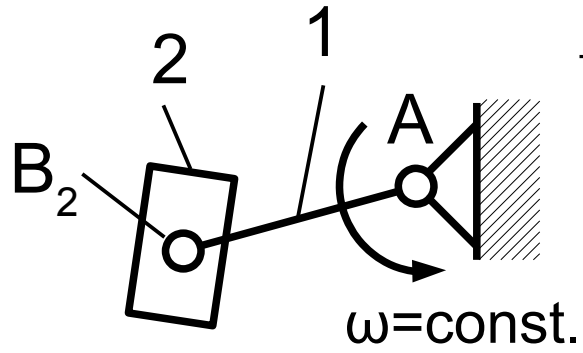
# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

Przykład



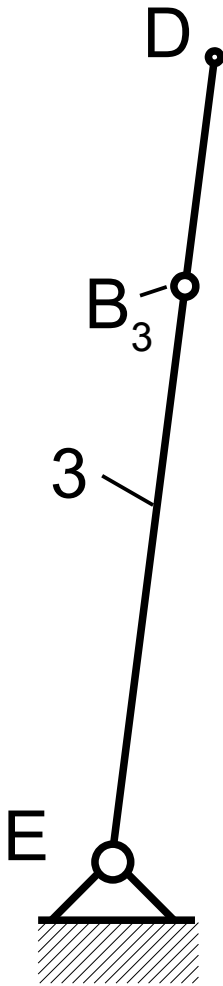
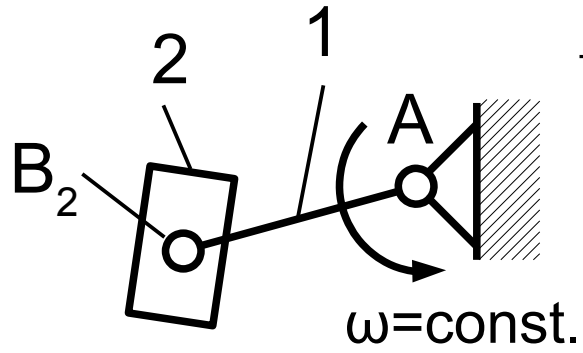
# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

Przykład



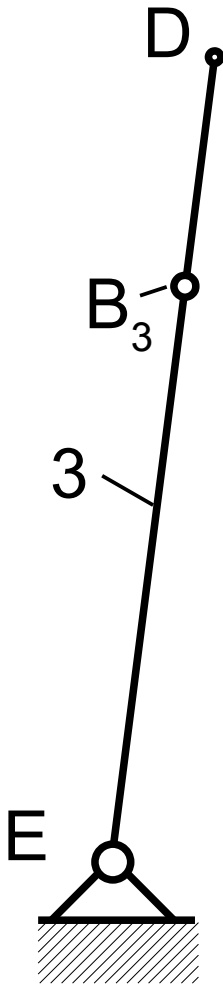
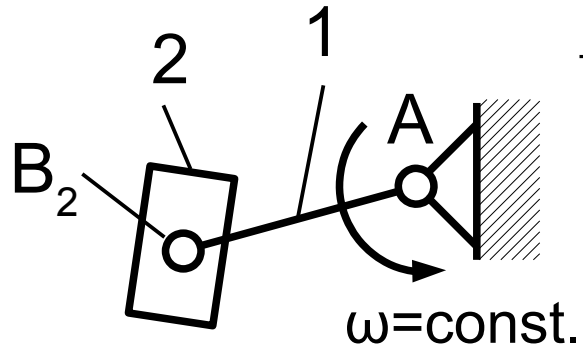
# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

Przykład



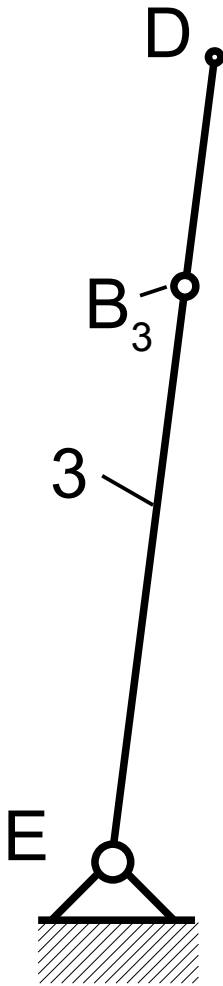
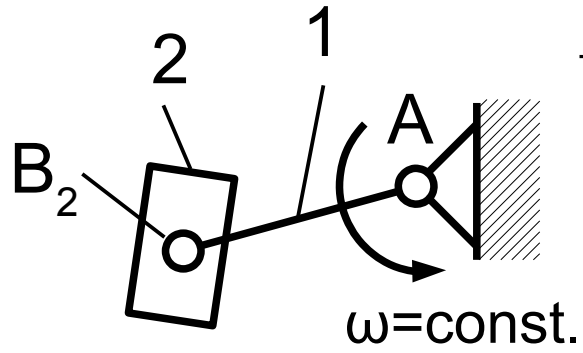
# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

Przykład



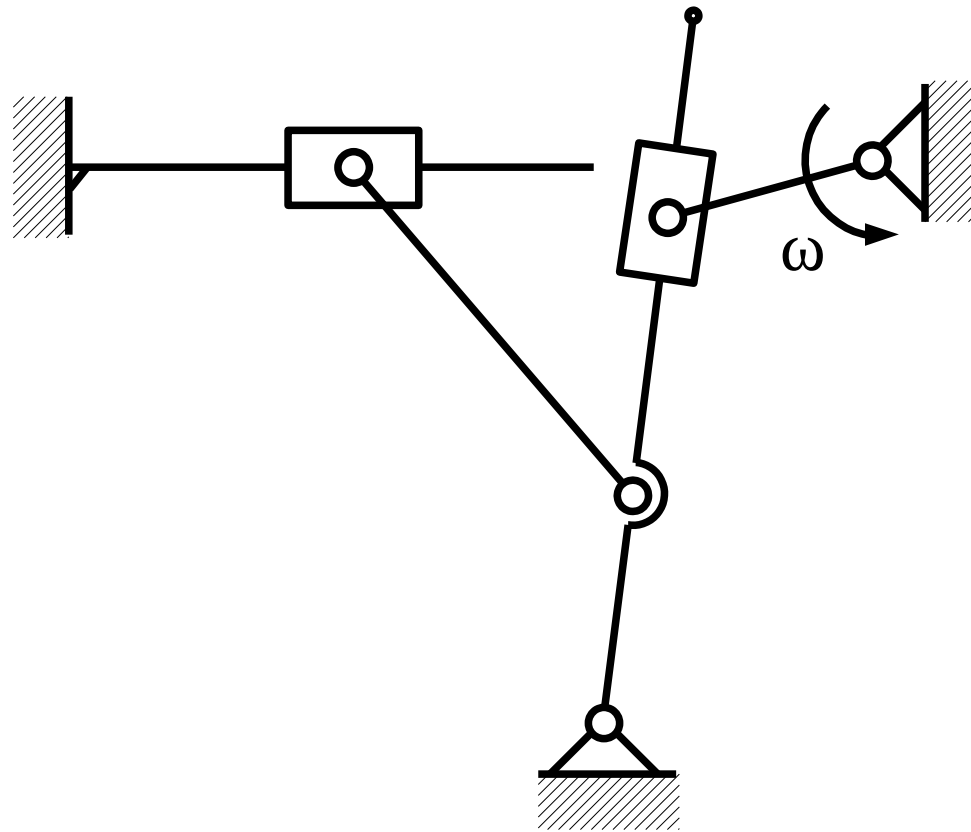
# Prędkości i przyspieszenia w ruchu złożonym

Przykład



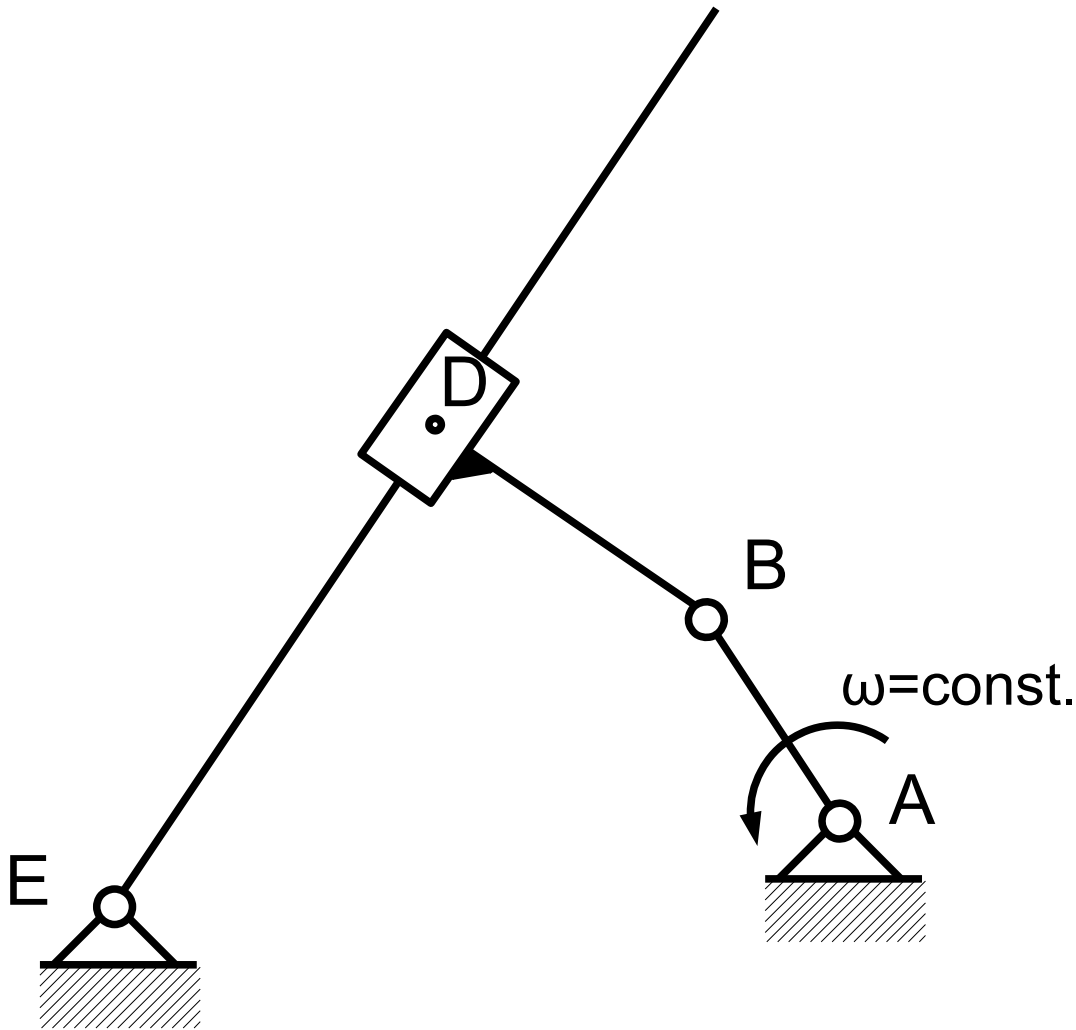
# Prędkości i przyspieszenia

Przykład do projektów – rozwiązany w dodatku 1 do wykładu 3



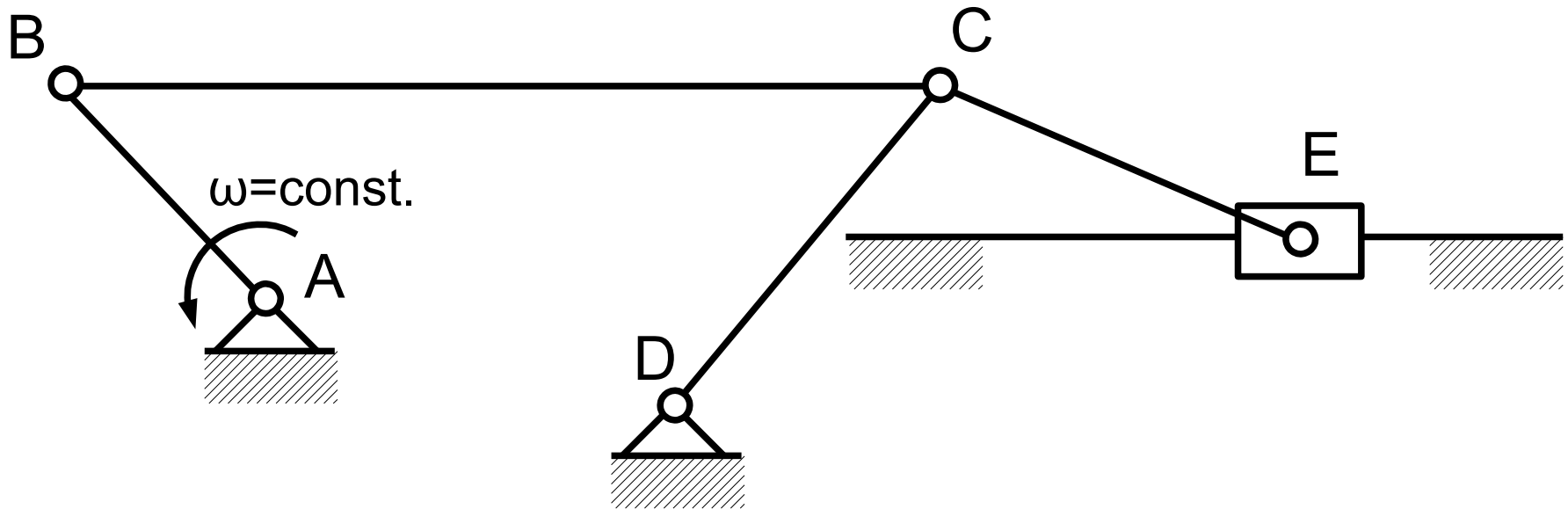
# Metoda rozszerzania członu

Przykład do projektów – rozwiązany w dodatku 2 do wykładu 3



# Prędkości i przyspieszenia

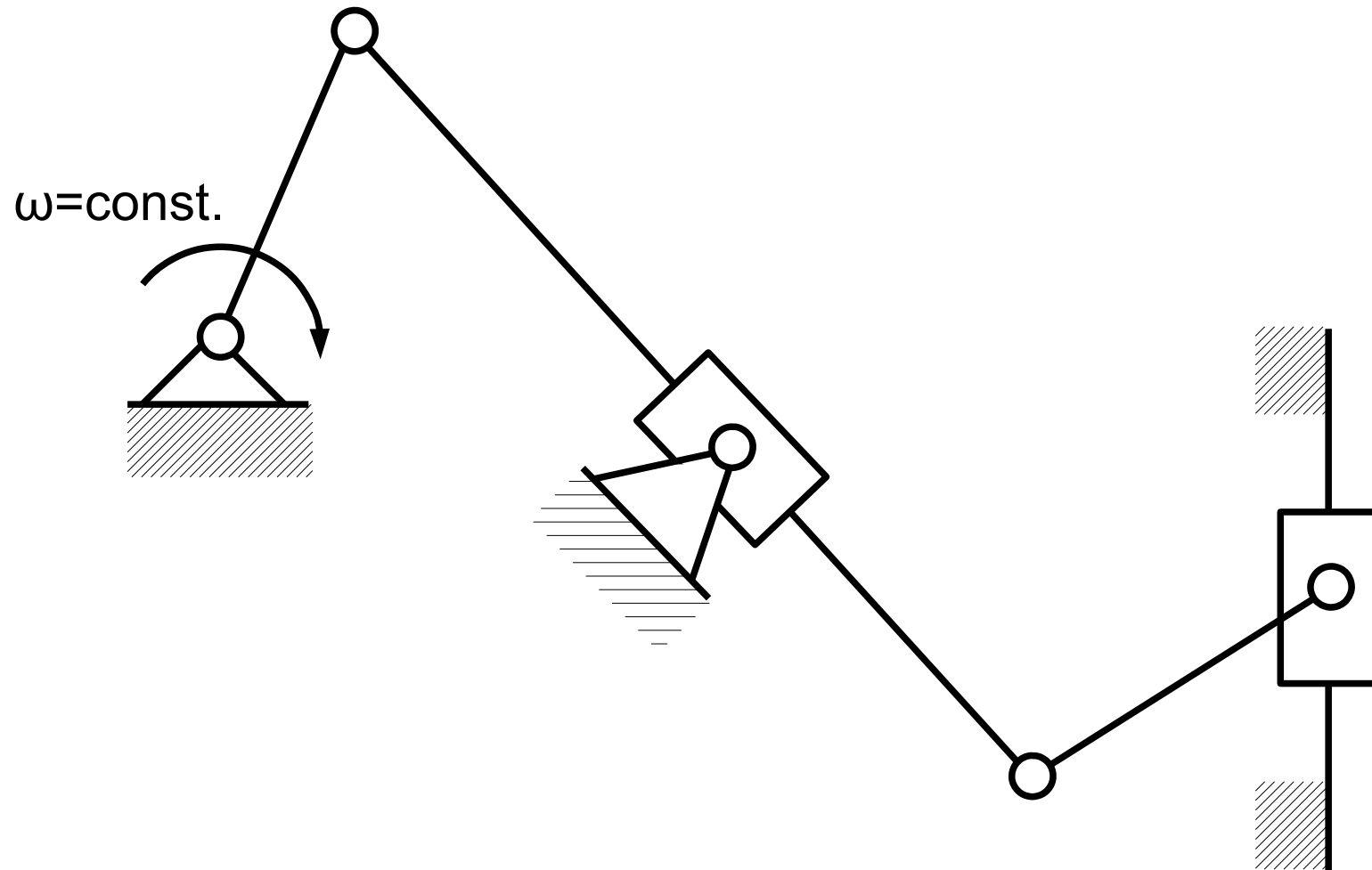
Przykład – do ćwiczenia w domu





# Prędkości i przyspieszenia

Przykład – do ćwiczenia w domu



# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

1. Wprowadzić kartezjański układ współrzędnych  $O_{xy}$ .

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

1. Wprowadzić kartezjański układ współrzędnych  $O_{xy}$ .
2. Człony mechanizmu zastąpić układem wektorów, które mogą w czasie ruchu mechanizmu zmieniać swoją długość, położenie i orientację.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

1. Wprowadzić kartezjański układ współrzędnych  $O_{xy}$ .
2. Człony mechanizmu zastąpić układem wektorów, które mogą w czasie ruchu mechanizmu zmieniać swoją długość, położenie i orientację.
3. Wprowadzone wektory muszą tworzyć zamknięte wieloboki, często występując w obrębie grup strukturalnych mechanizmu.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

1. Wprowadzić kartezjański układ współrzędnych  $O_{xy}$ .
2. Człony mechanizmu zastąpić układem wektorów, które mogą w czasie ruchu mechanizmu zmieniać swoją długość, położenie i orientację.
3. Wprowadzone wektory muszą tworzyć zamknięte wieloboki, często występując w obrębie grup strukturalnych mechanizmu.
4. Dla wszystkich wektorów wprowadzić jednakowo określone kąty ich orientacji względem wybranej osi (tzw. kąty skierowane). Przyjmijmy, że będą to kąty między dodatnią półosią osi  $x$  układu współrzędnych a dodatnim kierunkiem wektora, mierzone z dodatnim znakiem przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

4. Dla wszystkich wektorów wprowadzić jednakowo określone kąty ich orientacji względem wybranej osi (tzw. kąty skierowane). Przyjmijmy, że będą to kąty między dodatnią półosią osi  $x$  układu współrzędnych a dodatnim kierunkiem wektora, mierzone z dodatnim znakiem przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

1. Wprowadzić kartezjański układ współrzędnych  $O_{xy}$ .
2. Człony mechanizmu zastąpić układem wektorów, które mogą w czasie ruchu mechanizmu zmieniać swoją długość, położenie i orientację.
3. Wprowadzone wektory muszą tworzyć zamknięte wieloboki, często występując w obrębie grup strukturalnych mechanizmu.
4. Dla wszystkich wektorów wprowadzić jednakowo określone kąty ich orientacji względem wybranej osi (tzw. kąty skierowane). Przyjmijmy, że będą to kąty między dodatnią półosią osi  $x$  układu współrzędnych a dodatnim kierunkiem wektora, mierzone z dodatnim znakiem przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.
5. Dla każdego z wieloboku wektorów zapisać wektorowe równanie ich sumy, np.:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \vec{l}_i = 0$$



# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

6. Zrzutować równania wektorowe na osie układu współrzędnych, np.:

$$x: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \cos \varphi_i = 0 \qquad y: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \sin \varphi_i = 0$$

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

6. Zrzutować równania wektorowe na osie układu współrzędnych, np.:

$$x: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \cos \varphi_i = 0 \qquad y: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \sin \varphi_i = 0$$

(przyjęcie jednakowej procedury wprowadzania kątów skierowanych pozwala wykonać powyższe rzutowanie bez konieczności rozpatrywania znaków)

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

6. Zrzutować równania wektorowe na osie układu współrzędnych, np.:

$$x: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \cos \varphi_i = 0 \qquad y: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \sin \varphi_i = 0$$

(przyjęcie jednakowej procedury wprowadzania kątów skierowanych pozwala wykonać powyższe rzutowanie bez konieczności rozpatrywania znaków)

Na tym etapie warto oznaczyć, które długości wektorów i kąty skierowania są znane (są stałe bo wynikają z geometrii mechanizmu), a które się zmieniają i są niewiadomymi funkcjami.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

6. Zrzutować równania wektorowe na osie układu współrzędnych, np.:

$$x: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \cos \varphi_i = 0 \qquad y: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \sin \varphi_i = 0$$

(przyjęcie jednakowej procedury wprowadzania kątów skierowanych pozwala wykonać powyższe rzutowanie bez konieczności rozpatrywania znaków)

Na tym etapie warto oznaczyć, które długości wektorów i kąty skierowania są znane (są stałe bo wynikają z geometrii mechanizmu), a które się zmieniają i są niewiadomymi funkcjami.

W prawidłowo postawionym zadaniu na koniec tego etapu liczba niewiadomych powinna być równa liczbie równań rzutów.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

6. Zrzutować równania wektorowe na osie układu współrzędnych, np.:

$$x: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \cos \varphi_i = 0 \qquad y: \sum_{i=1}^{i=n} |\vec{l}_i| \sin \varphi_i = 0$$

(przyjęcie jednakowej procedury wprowadzania kątów skierowanych pozwala wykonać powyższe rzutowanie bez konieczności rozpatrywania znaków)

Na tym etapie warto oznaczyć, które długości wektorów i kąty skierowania są znane (są stałe bo wynikają z geometrii mechanizmu), a które się zmieniają i są niewiadomymi funkcjami.

W prawidłowo postawionym zadaniu na koniec tego etapu liczba niewiadomych powinna być równa liczbie równań rzutów.

7. Rozwiązać równania rzutów wyznaczając niewiadome funkcje. Otrzymujemy na tym etapie funkcyjny opis ruchu mechanizmu.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

8. Zróżniczkować wyznaczone w pkt. 7 funkcje aby uzyskać prędkości zmian długości wektorów i ich prędkości kątowe.

Dokonać kolejnego różniczkowania w celu uzyskania przyspieszeń zmian długości wektorów i przyspieszeń kątowych.

# Procedura postępowania w metodzie analitycznej wyznaczania prędkości i przyspieszeń punktów mechanizmów płaskich

8. Zróżniczkować wyznaczone w pkt. 7 funkcje aby uzyskać prędkości zmian długości wektorów i ich prędkości kątowe.

Dokonać kolejnego różniczkowania w celu uzyskania przyspieszeń zmian długości wektorów i przyspieszeń kątowych.

9. Jeśli w pkt. 8 nie uzyskano pożądaných informacji należy zróżniczkować równania rzutów z pkt. 6. i wyznaczyć prędkości. Po kolejnym różniczkowaniu można wyznaczyć przyspieszenia. Bardzo pomocnicze może okazać się na tym etapie obrócenie układu współrzędnych o pewien kąt, co upraszcza niektóre składniki w równaniach rzutów.

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

Dane:

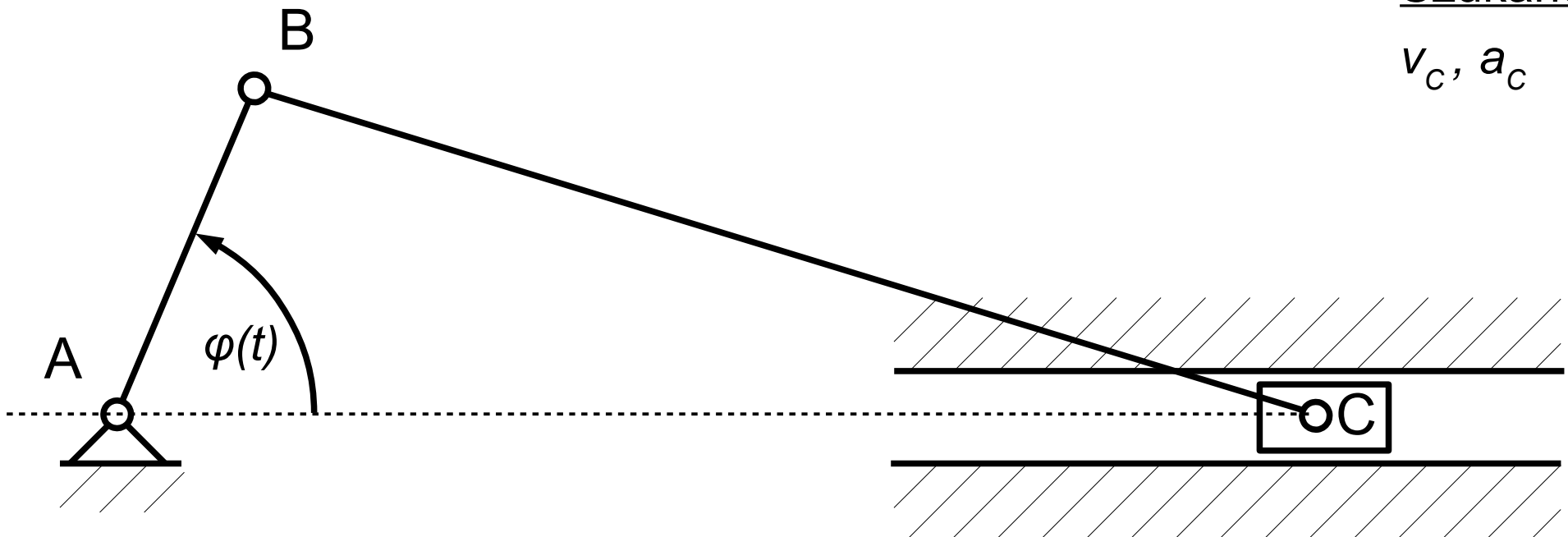
$$|AB| = r$$

$$|BC| = l$$

$$\varphi(t)$$

Szukane:

$$v_C, a_C$$





# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

Dane:

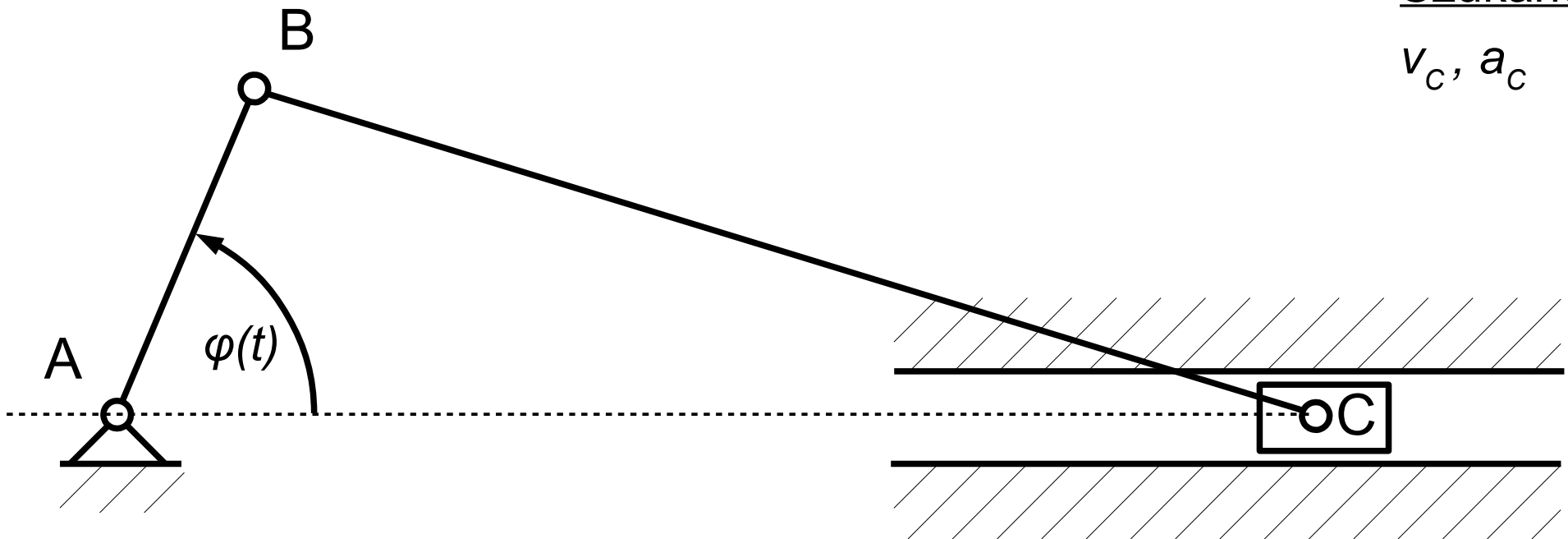
$$|AB| = r$$

$$|BC| = l$$

$$\varphi(t)$$

Szukane:

$$v_C, a_C$$



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

Dane:

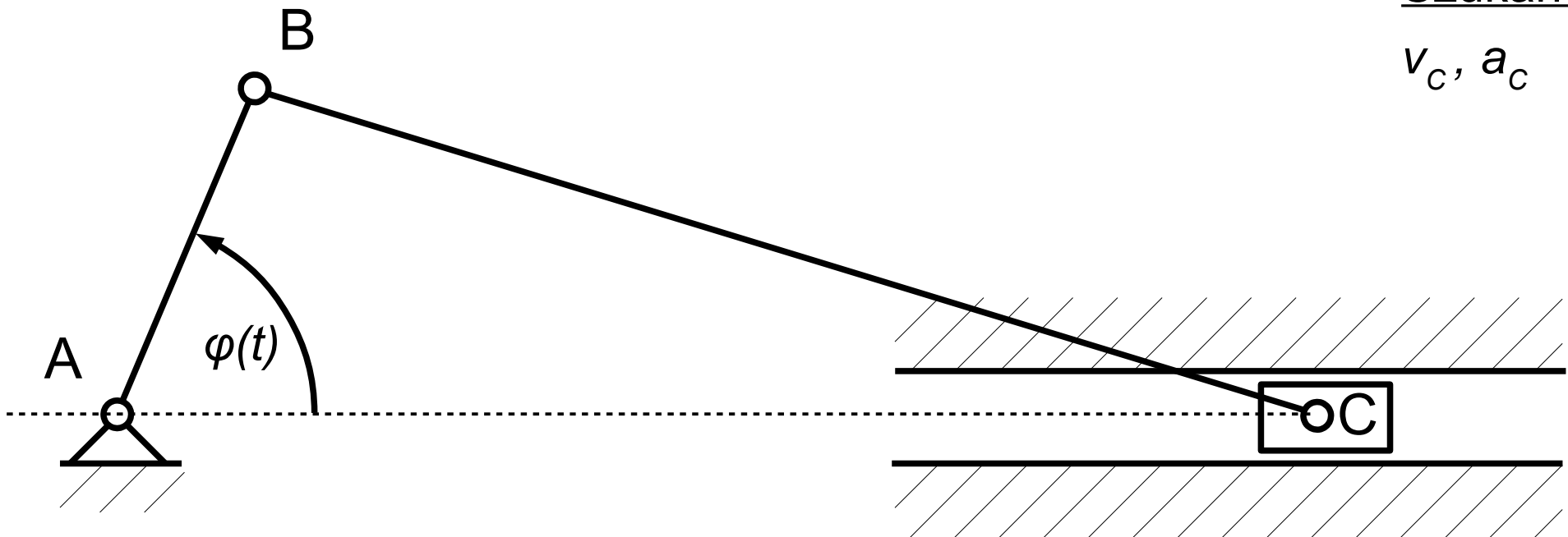
$$|AB| = r$$

$$|BC| = l$$

$$\varphi(t)$$

Szukane:

$$v_C, a_C$$



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

Dane:

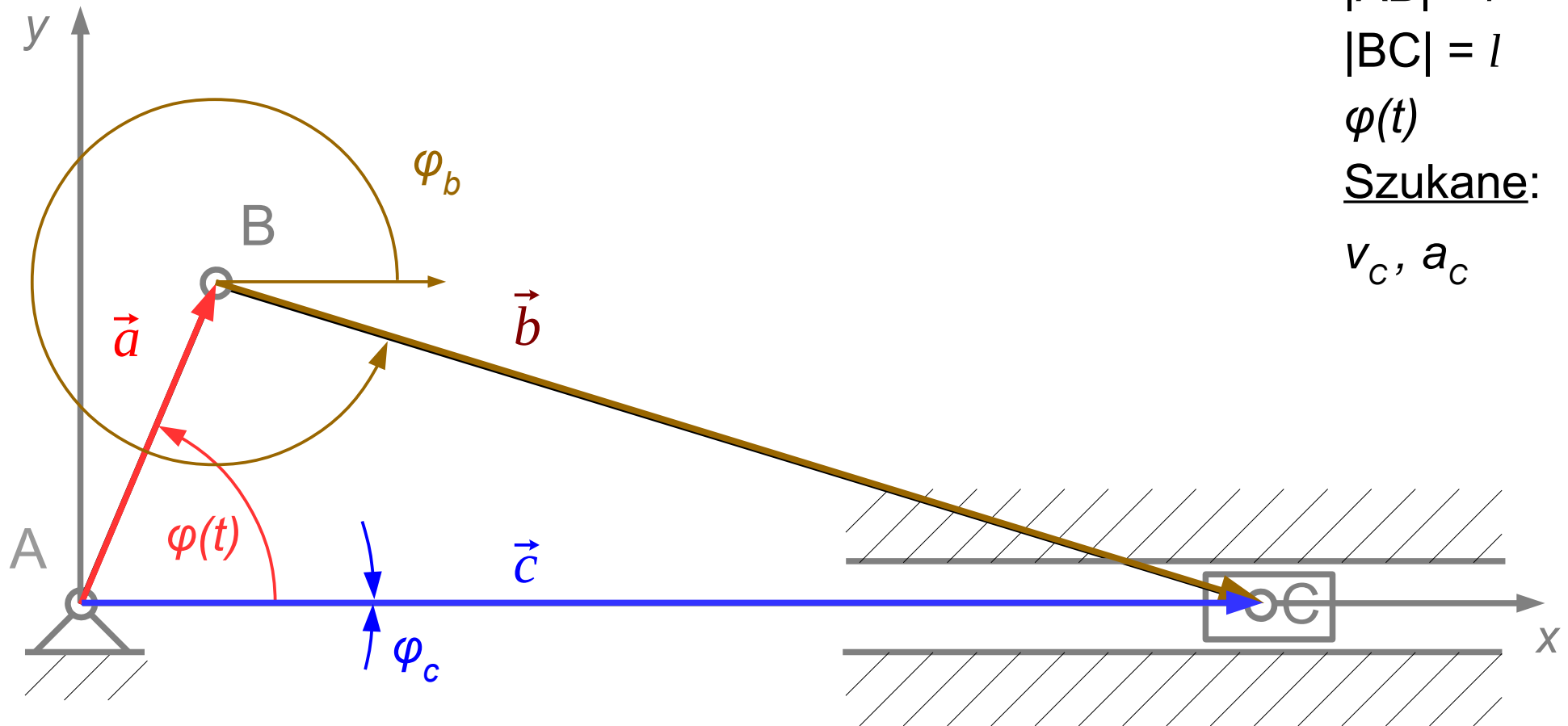
$$|AB| = r$$

$$|BC| = l$$

$$\varphi(t)$$

Szukane:

$$v_c, a_c$$



$$|\vec{a}| = r$$

$$\varphi(t)$$

$$|\vec{b}| = l$$

$$\varphi_b(t)$$

$$|\vec{c}| = c(t)$$

$$\varphi_c = 0$$

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$

$$x: r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) = c(t) \cos 0$$

$$y: r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) = c(t) \sin 0$$

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

$$\begin{aligned} r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) &= c(t) \cos 0 \\ r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) &= c(t) \sin 0 \end{aligned}$$

*2 niewiadome*

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

$$\begin{aligned} r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) &= c(t) \cos 0 \\ r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) &= c(t) \sin 0 \end{aligned}$$

*2 niewiadome*

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

$$\begin{aligned} r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) &= c(t) \cos 0 \\ r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) &= c(t) \sin 0 \end{aligned}$$

*2 niewiadome*

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

$$r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) = c(t) \cos 0$$

$$r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) = c(t) \sin 0$$

2 niewiadome

$$r \cos \varphi(t) + l \cos \varphi_b(t) = c(t)$$

$$r \sin \varphi(t) + l \sin \varphi_b(t) = 0$$

$$\sin \varphi_b(t) = -\frac{r}{l} \sin \varphi(t) = -\lambda \sin \varphi(t)$$

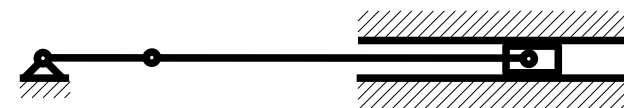
$$\varphi_b(t) = -\arcsin(\lambda \sin \varphi(t))$$

$$\sin^2 \varphi_b(t) + \cos^2 \varphi_b(t) = 1$$

$$\cos \varphi_b(t) = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_b(t)}$$

$$\cos \varphi_b(t) = \pm \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}$$

$$c(t) = r \cos \varphi(t) \pm l \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}$$



ale dla  $\varphi(t) = 0$

musi być  $c(t) = r + l$

$$c(t) = r \cos \varphi(t) + l \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}$$

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

*ruch wozzika*

$$c(t) = r \cos \varphi(t) + l \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}$$

$$v_C(t) = \frac{dc(t)}{dt} = -r \dot{\varphi}(t) \sin \varphi(t) - \frac{-2l\lambda^2 \dot{\varphi}(t) \sin \varphi(t) \cos \varphi(t)}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}}$$

$$a_C(t) = \frac{dv_C(t)}{dt} = \dots$$



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

*obliczenia w programie wxmaxima*

```
(%i14) c: r*cos(%phi(t))+l*sqrt(1-%lambda^2*(sin(%phi(t)))^2);
v: diff(c,t,1);
a: diff(v,t,1);
```

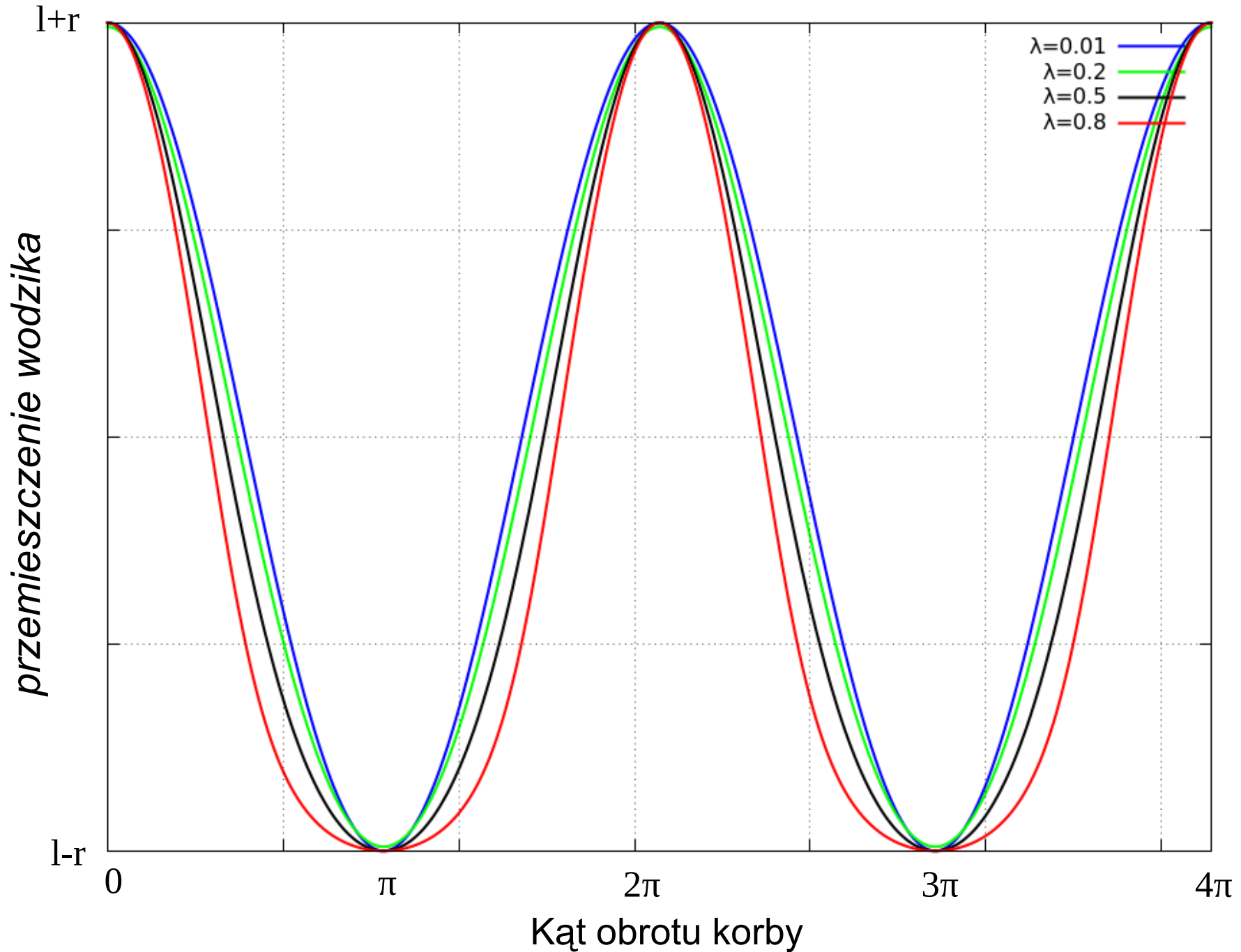
$$(c) \quad l \sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2} + r \cos(\varphi(t))$$

$$(v) \quad - \frac{\lambda^2 l \cos(\varphi(t)) \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}} - r \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)$$

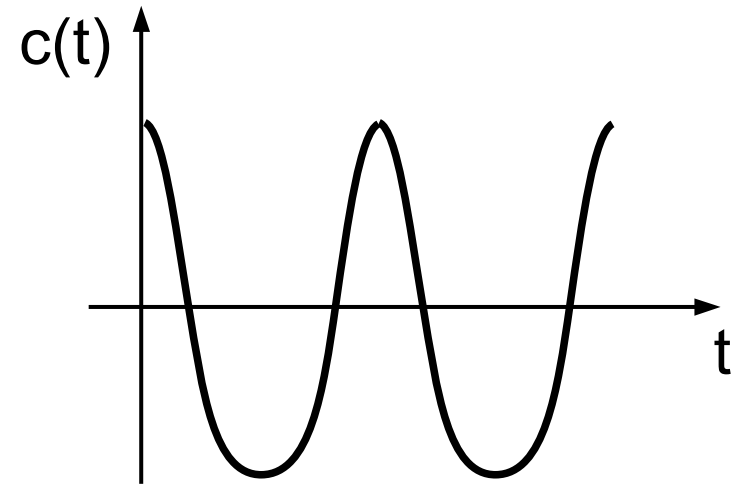
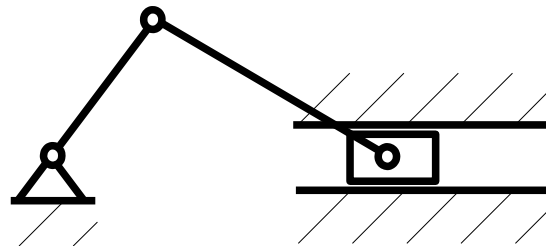
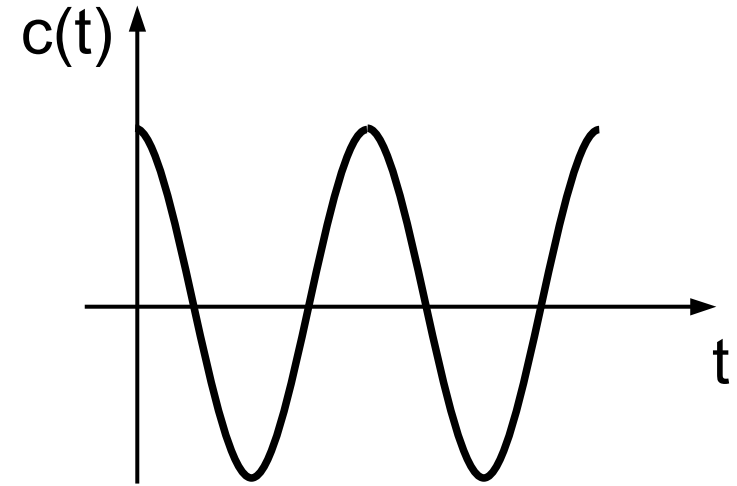
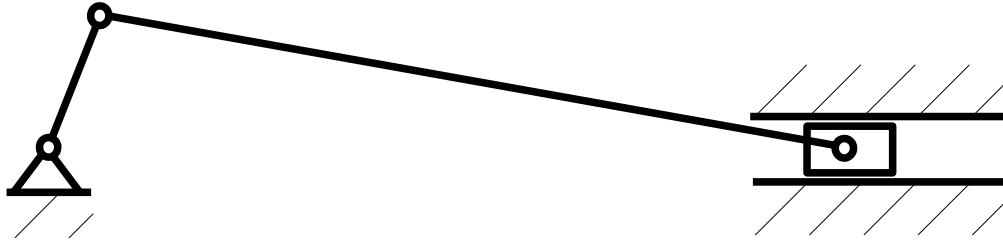
$$(a) \quad - \frac{\lambda^2 l \cos(\varphi(t)) \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} \varphi(t) \right)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}} - r \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} \varphi(t) \right) + \frac{\lambda^2 l \sin(\varphi(t))^2 \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}}$$

$$\frac{\lambda^2 l \cos(\varphi(t))^2 \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}} - \frac{\lambda^4 l \cos(\varphi(t))^2 \sin(\varphi(t))^2 \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2}{(1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2)^{3/2}} - r \cos(\varphi(t)) \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2$$

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy



Polecany artykuł: <http://www.enginebuildermag.com/2016/08/understanding-rod-ratios/>

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm korbowo-wodzikowy

*ruch korbowodu*

$$\varphi_b(t) = -\arcsin(\lambda \sin \varphi(t))$$

$$\omega_b(t) = \frac{d\varphi_b(t)}{dt} = \frac{-\lambda \dot{\varphi}(t) \cos \varphi(t)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi(t)}}$$

$$\varepsilon_b(t) = \frac{d\omega_b(t)}{dt} = -\frac{\lambda \cos(\varphi(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} \varphi(t) \right)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}} + \frac{\lambda \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2}} - \frac{\lambda^3 \cos(\varphi(t))^2 \sin(\varphi(t)) \left( \frac{d}{dt} \varphi(t) \right)^2}{\left( 1 - \lambda^2 \sin(\varphi(t))^2 \right)^{3/2}}$$

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

Dane:

$$|AB| = r$$

$e, f, \varphi(t)$

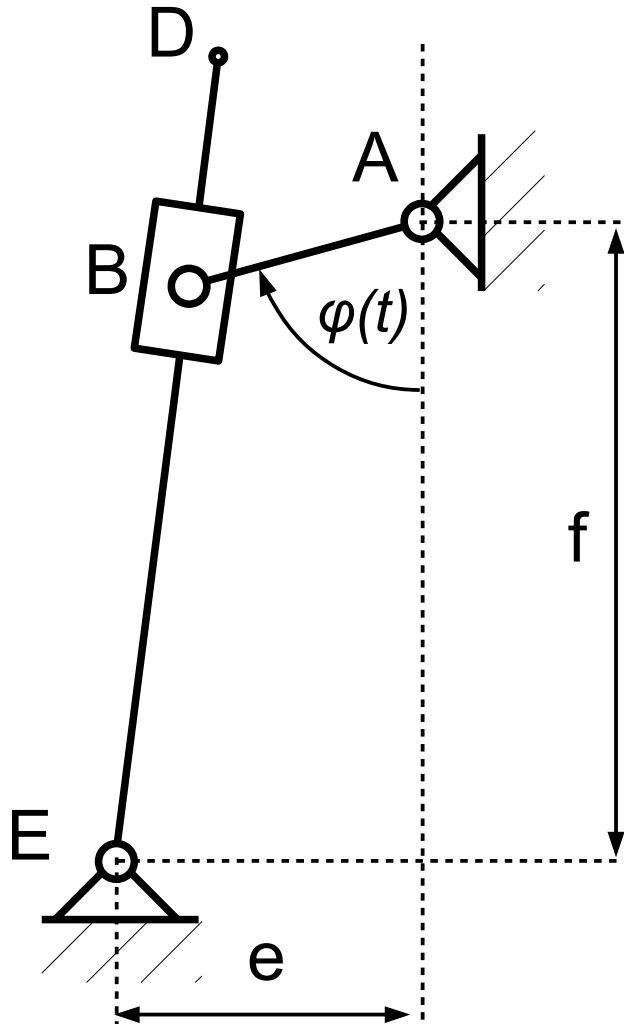
Szukane:

*prędkość  $\omega_2$*

*i przyspieszenie*

*kątowe  $\varepsilon_2$*

*członu ED*



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

Dane:

$$|AB| = r$$

$e, f, \varphi(t)$

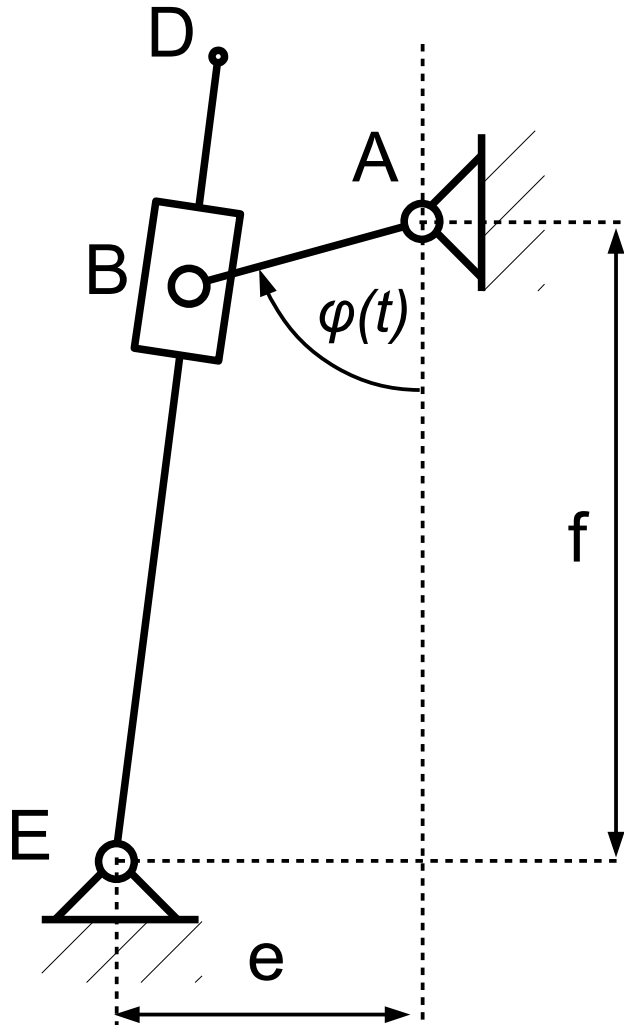
Szukane:

*prędkość  $\omega_2$*

*i przyspieszenie*

*kątowe  $\varepsilon_2$*

*członu ED*



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

Dane:

$$|AB| = r$$

$e, f, \varphi(t)$

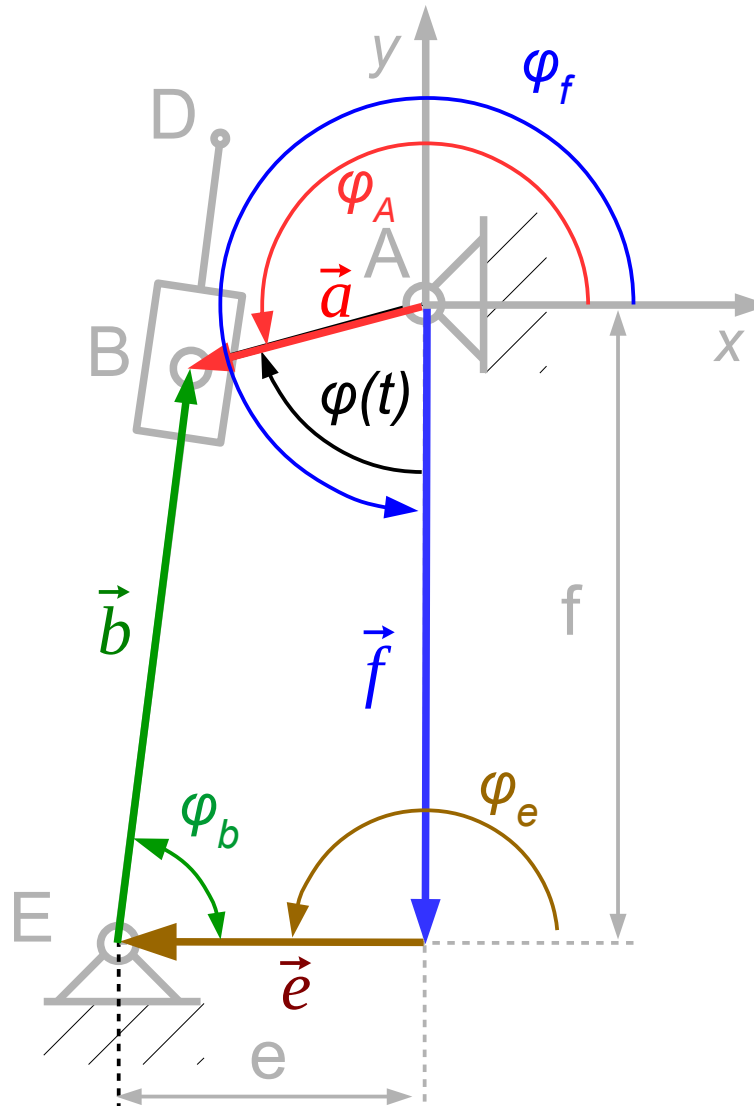
Szukane:

prędkość  $\omega_2$

i przyspieszenie

kątowe  $\varepsilon_2$

członu ED



$$|\vec{a}| = r$$

$$\varphi_a(t) = 270^\circ - \varphi(t)$$

$$|\vec{b}| = b(t)$$

$$\varphi_b(t)$$

$$|\vec{e}| = e$$

$$\varphi_e = 180^\circ$$

$$|\vec{f}| = f$$

$$\varphi_f = 270^\circ$$

$$\vec{a} = \vec{b} + \vec{e} + \vec{f}$$

# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

Dane:

$$|AB| = r$$

$e, f, \varphi(t)$

Szukane:

*prędkość  $\omega_2$*

*i przyspieszenie*

*kątowe  $\varepsilon_2$*

*członu ED*

$$|\vec{a}| = r$$

$$\varphi_a(t) = 270^\circ - \varphi(t)$$

$$|\vec{b}| = b(t)$$

$$\varphi_b(t)$$

$$|\vec{e}| = e$$

$$\varphi_e = 180^\circ$$

$$|\vec{f}| = f$$

$$\varphi_f = 270^\circ$$

$$\vec{a} = \vec{b} + \vec{e} + \vec{f}$$



# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

Dane:

$$|AB| = r$$

$e, f, \varphi(t)$

Szukane:

*prędkość  $\omega_2$*

*i przyspieszenie*

*kątowe  $\varepsilon_2$*

*członu ED*

$$|\vec{a}| = r$$

$$\varphi_a(t) = 270^\circ - \varphi(t)$$

$$|\vec{b}| = b(t)$$

$$\varphi_b(t)$$

$$|\vec{e}| = e$$

$$\varphi_e = 180^\circ$$

$$|\vec{f}| = f$$

$$\varphi_f = 270^\circ$$

$$\vec{a} = \vec{b} + \vec{e} + \vec{f}$$

$$x: r \cos(270^\circ - \varphi(t)) = b(t) \cos \varphi_b(t) + e \cos 180^\circ + f \cos 270^\circ$$

$$y: r \sin(270^\circ - \varphi(t)) = b(t) \sin \varphi_b(t) + e \sin 180^\circ + f \sin 270^\circ$$

$$x: -r \sin \varphi(t) = b(t) \cos \varphi_b(t) - e$$

$$y: -r \cos \varphi(t) = b(t) \sin \varphi_b(t) - f$$

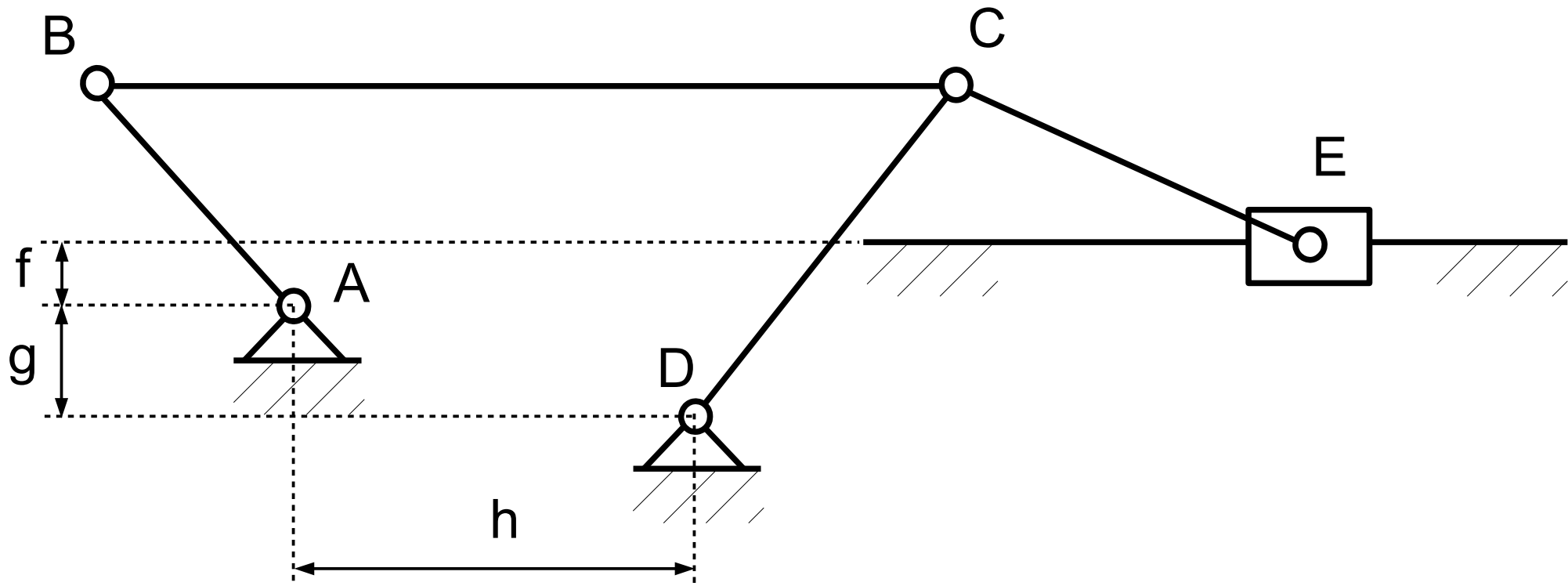
# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

$$\begin{aligned} e - r \sin \varphi(t) &= b(t) \cos \varphi_b(t) \\ f - r \cos \varphi(t) &= b(t) \sin \varphi_b(t) \end{aligned}$$

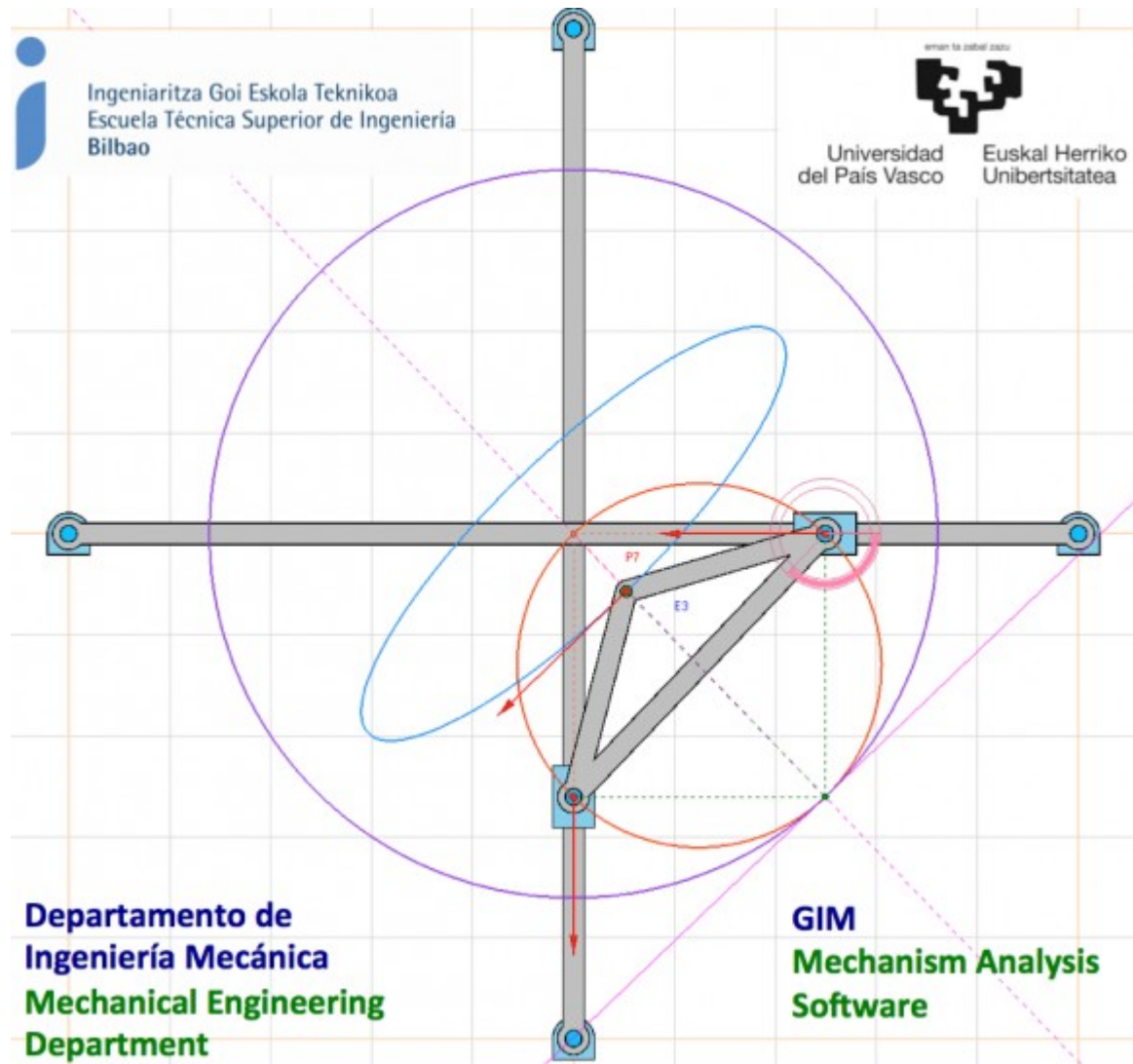
# Metoda analityczna – przykład: mechanizm jarzmowy

$$\begin{aligned} e - r \sin \varphi(t) &= b(t) \cos \varphi_b(t) \\ f - r \cos \varphi(t) &= b(t) \sin \varphi_b(t) \end{aligned}$$

# Metoda analityczna – przykład



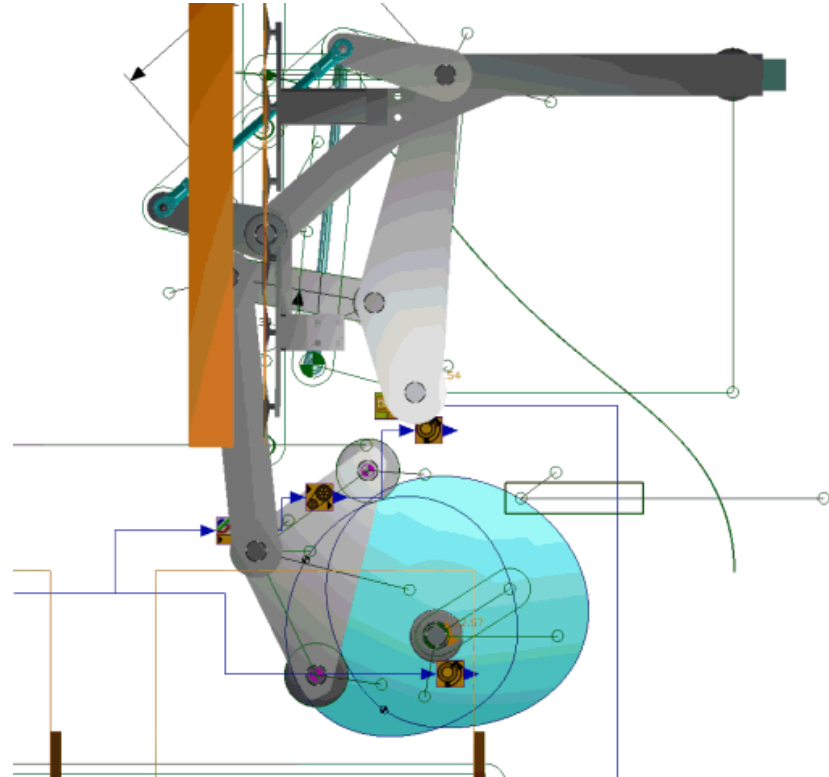
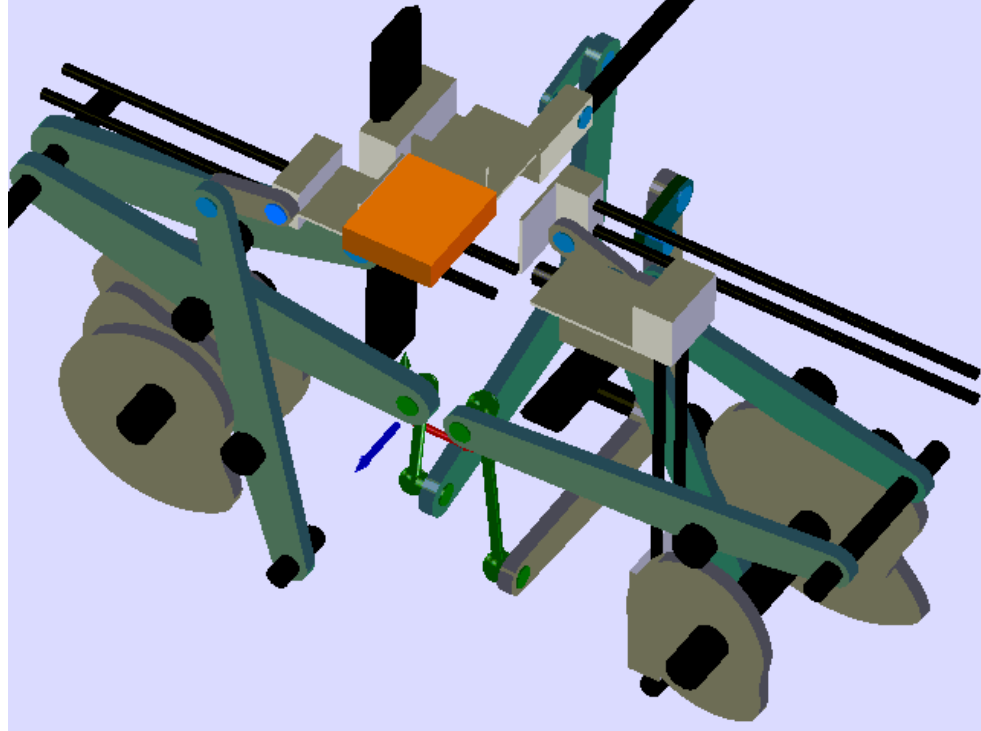
# Oprogramowanie



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

# Mechanizmy krzywkowe

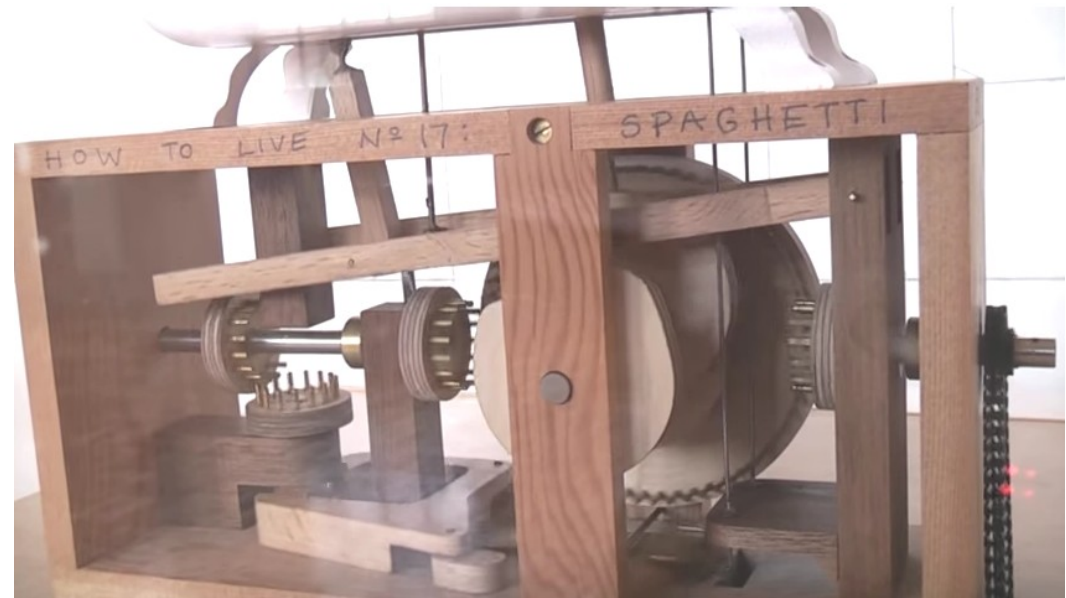
## Inspiracje



źródło: [psmotion.com](http://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:

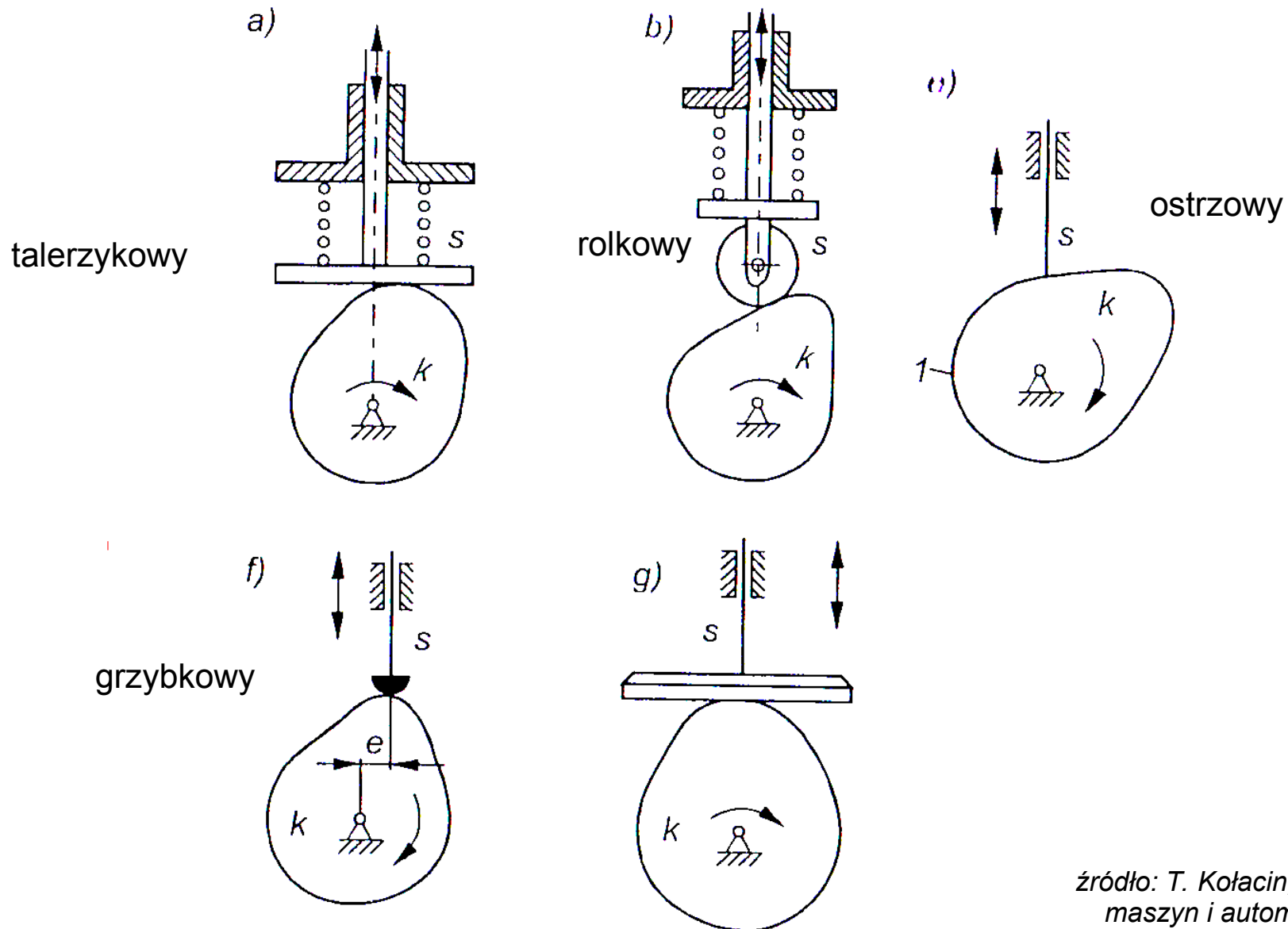
płaskie / przestrzenne

z popychaczem centralnym / z popychaczem mimośrodowym

z zamknięciem kinematycznym / z zamknięciem siłowym

# Mechanizmy krzywkowe

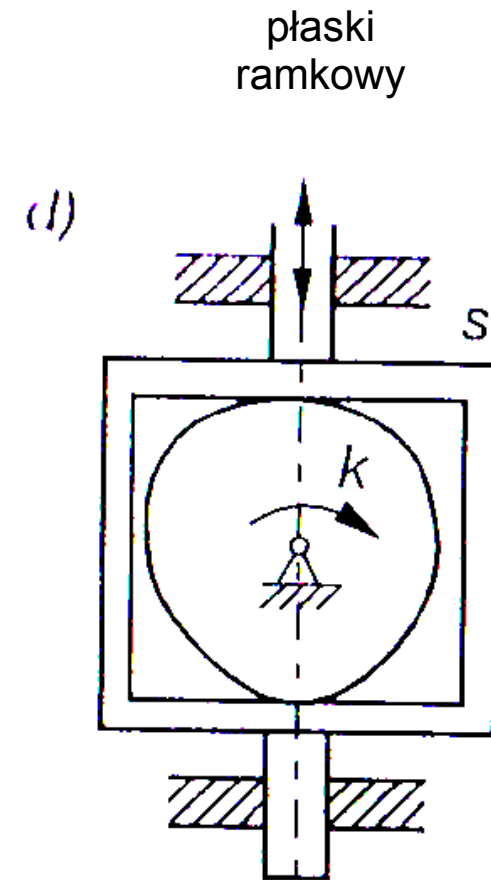
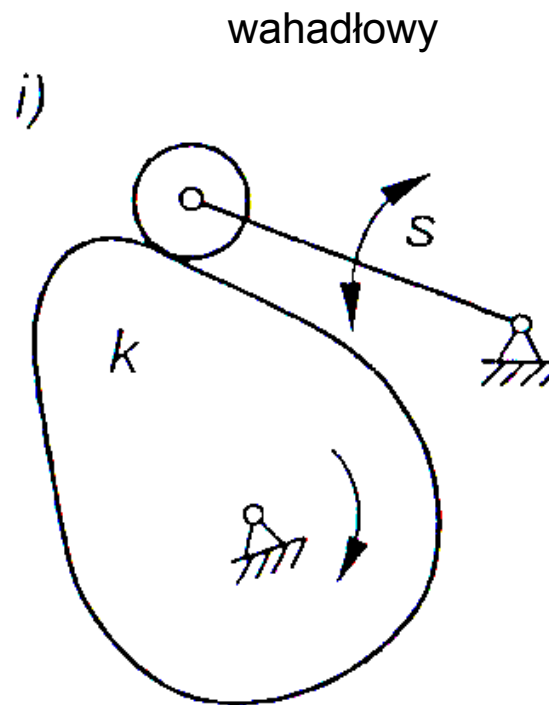
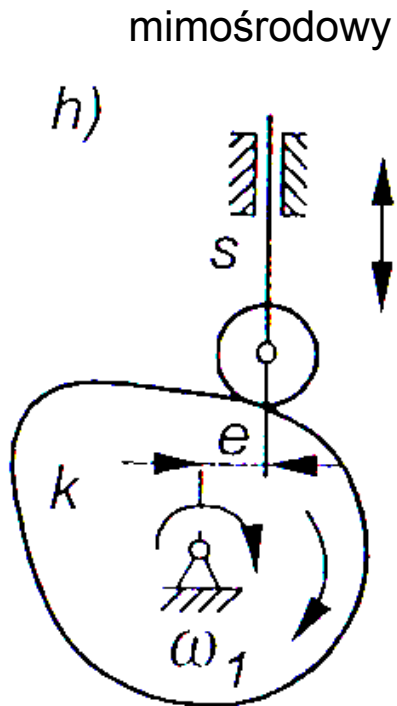
## Przykłady popychaczy



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

# Mechanizmy krzywkowe

## Przykłady

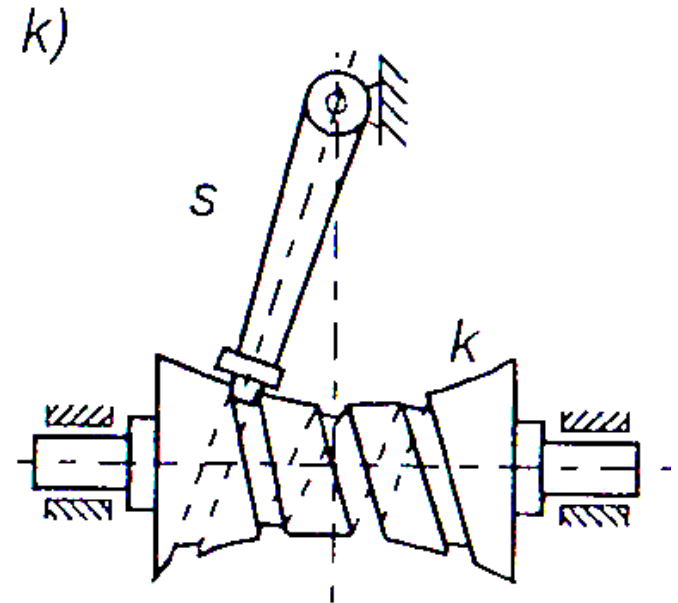
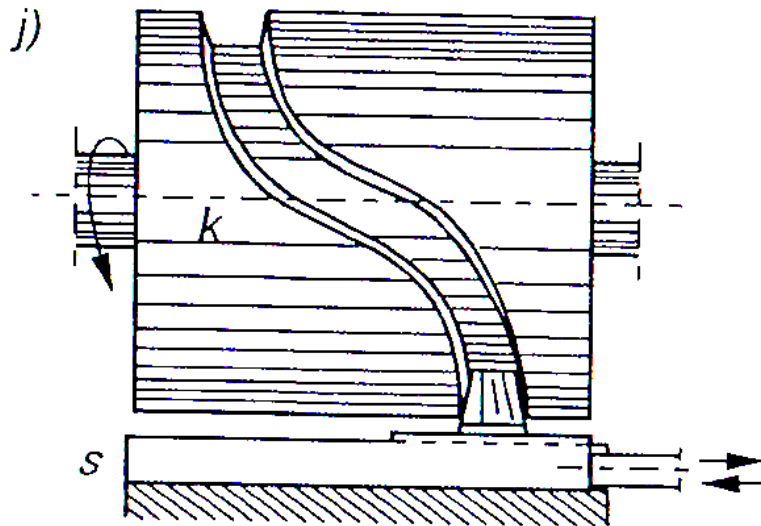


źródło: T. Kołacin, „Podstawy teorii maszyn i automatyki”, OW PW

# Mechanizmy krzywkowe

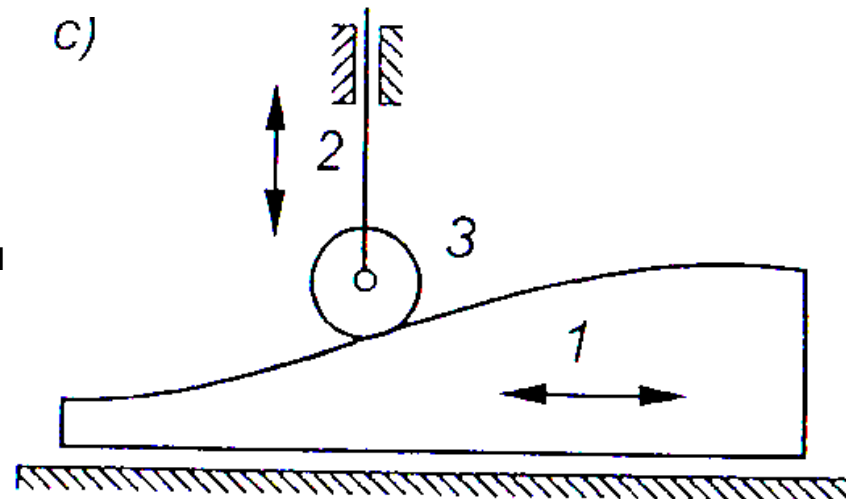
## Przykłady

przestrzenna  
krzywka walcowa



przestrzenna  
krzywka  
globoidalna

krzywka o ruchu  
postępowym



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

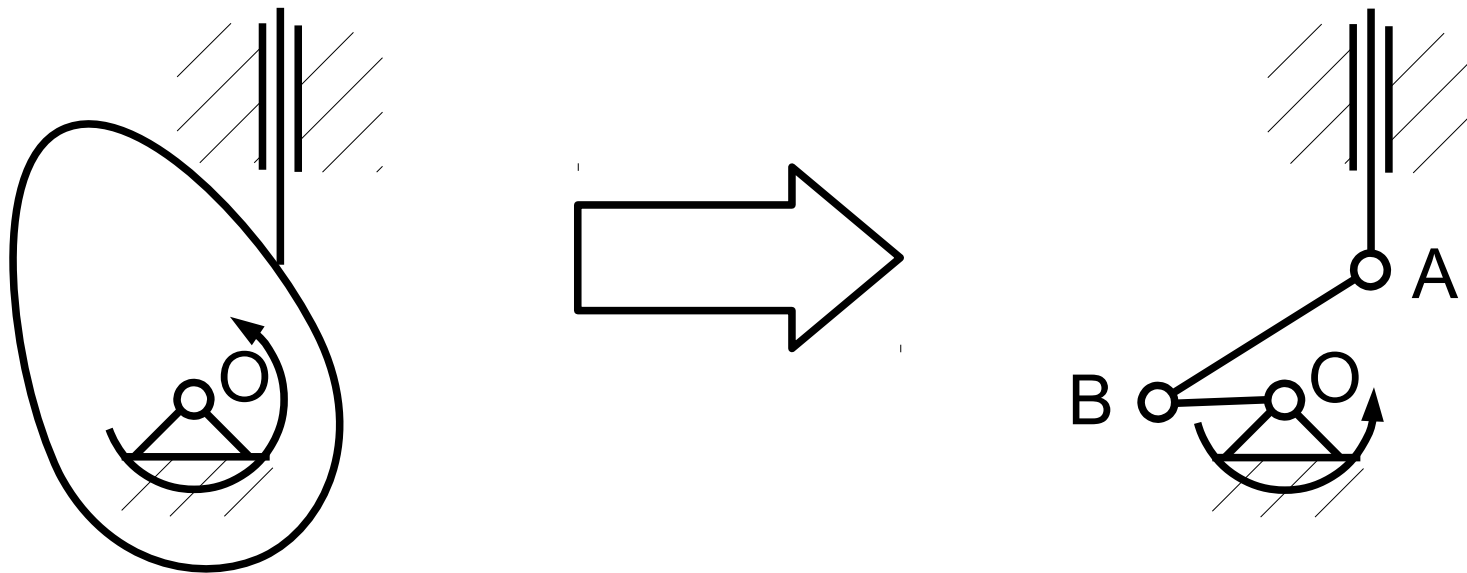
# Analiza i synteza mechanizmów krzywkowych

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 mechanizmów krzywkowych

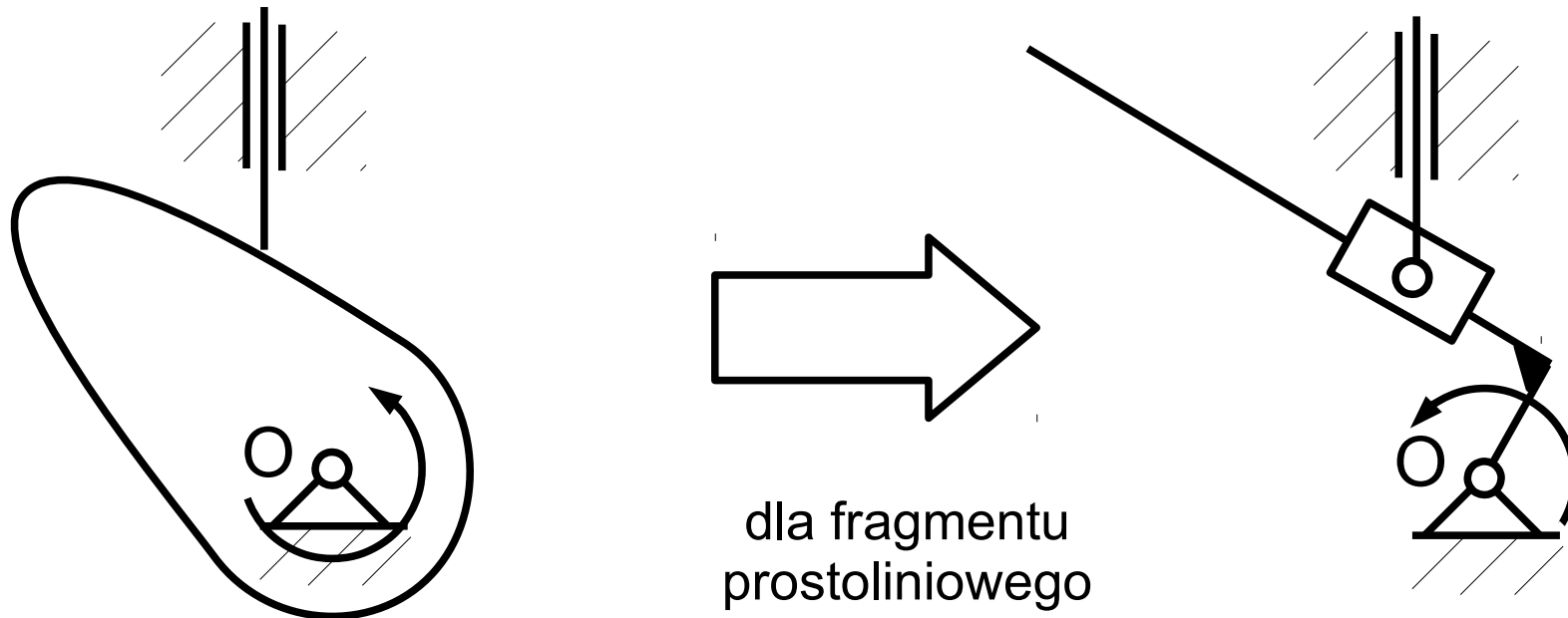
Analiza mechanizmu krzywkowego metodą wykreślną poprzez zastępowanie pary IV klasy parami V klasy.



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.



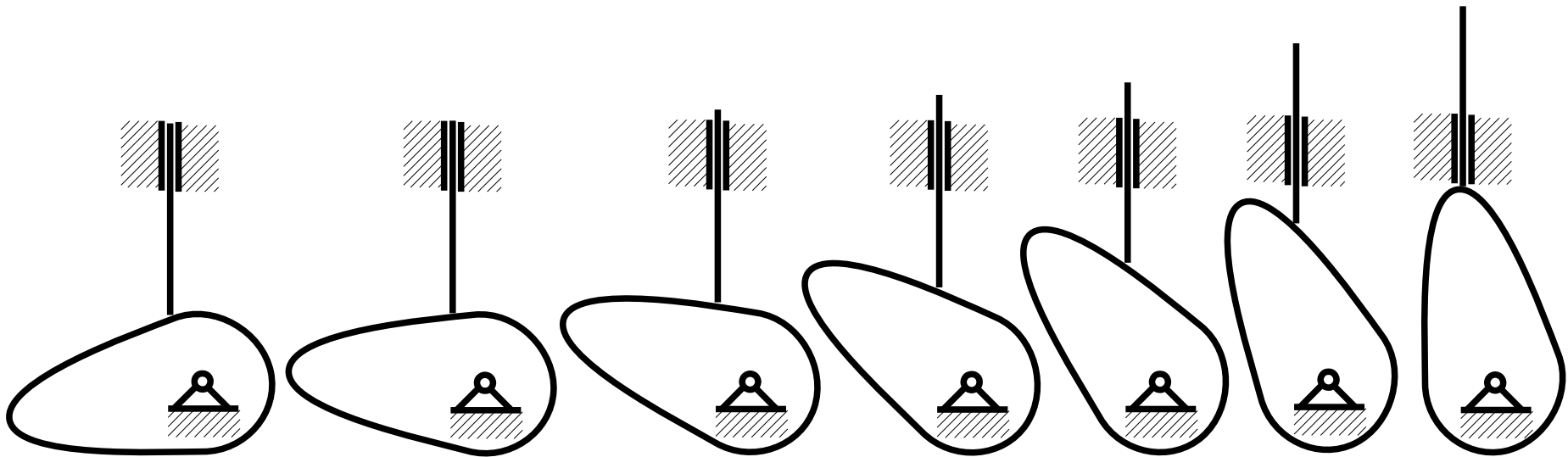
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie  
wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



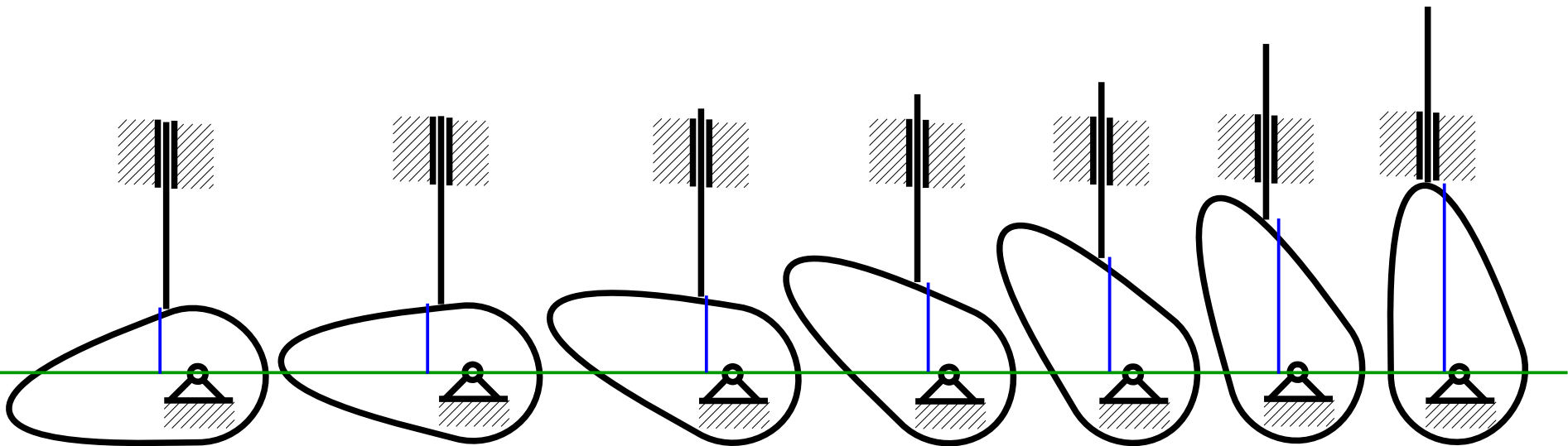
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



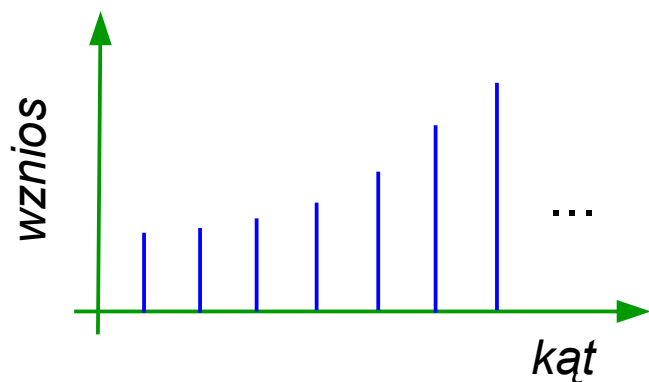
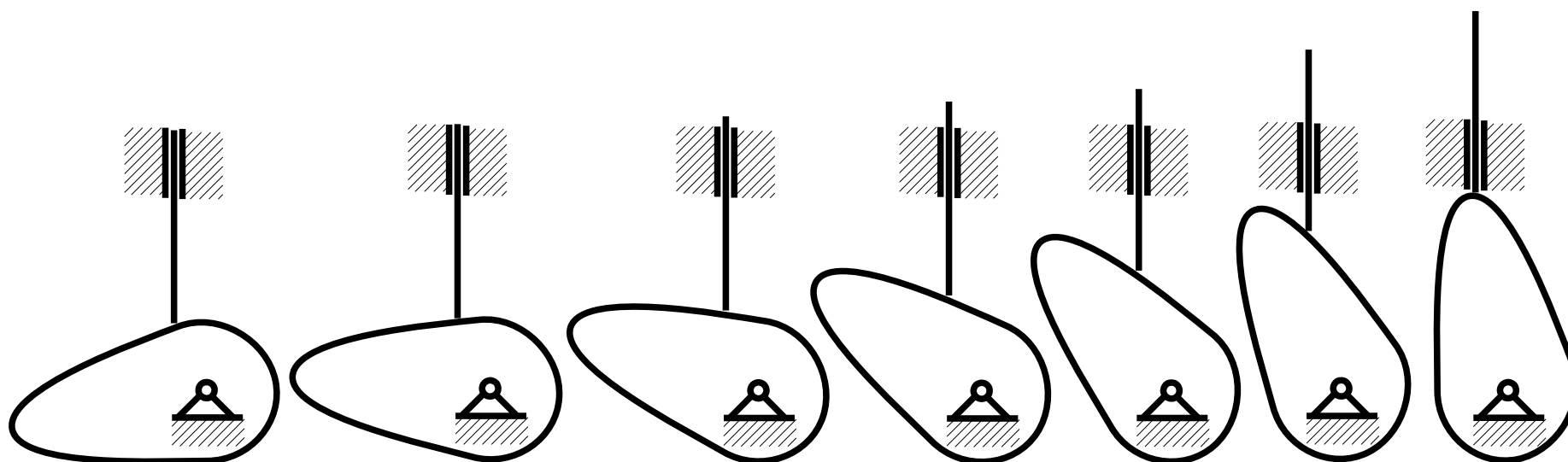
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



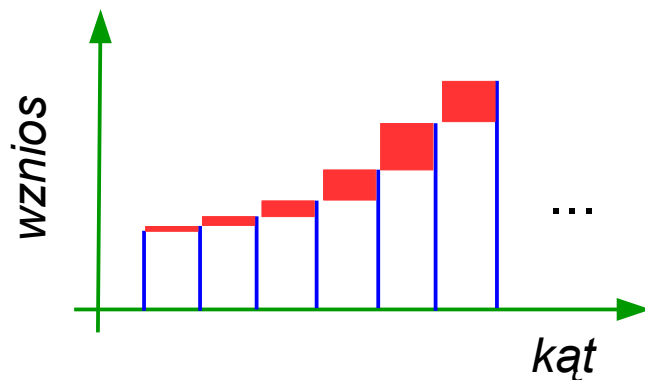
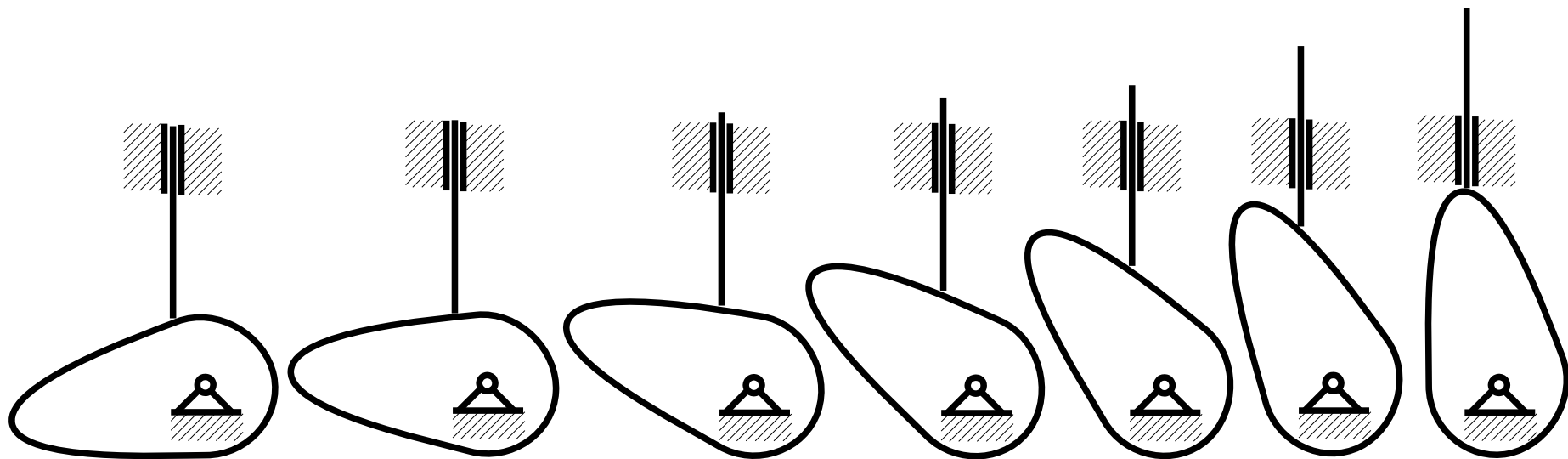
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



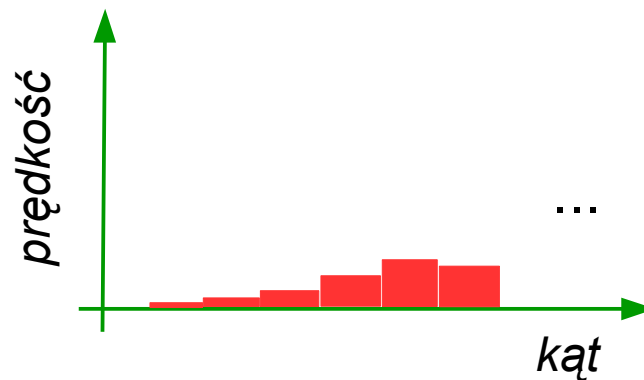
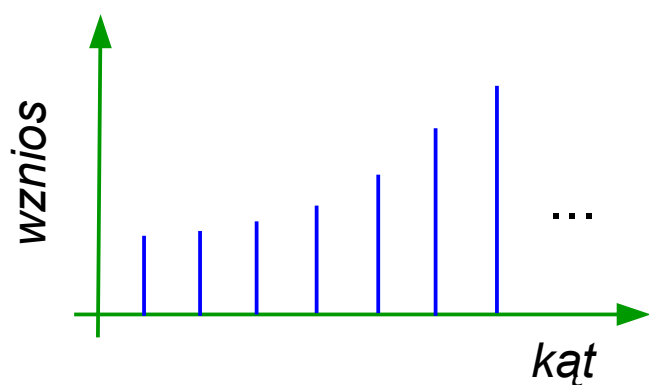
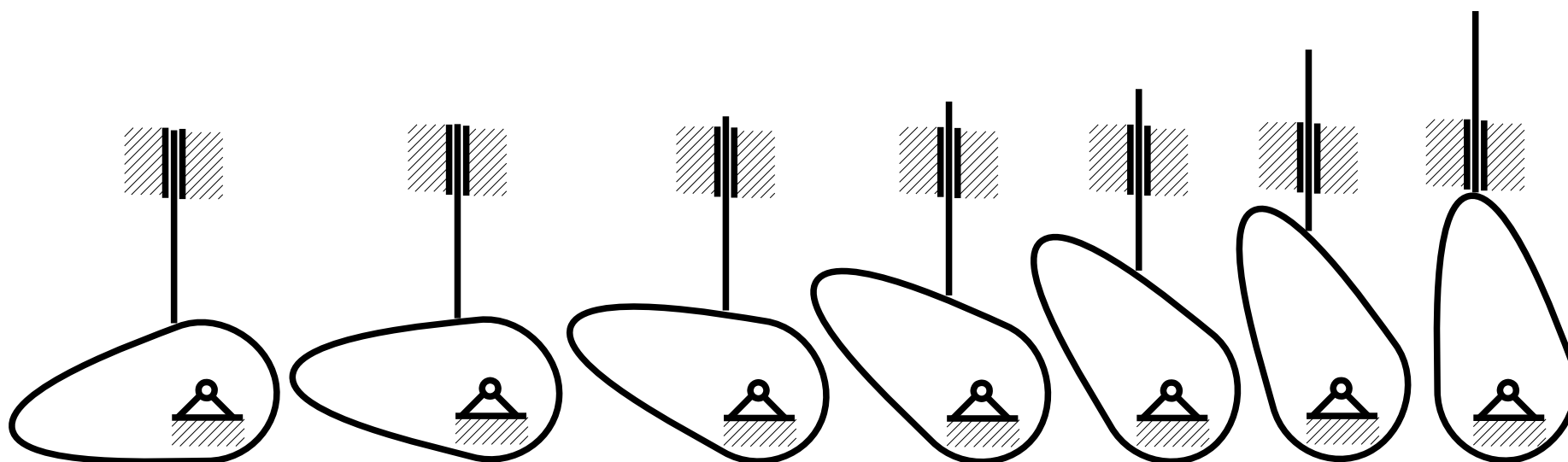
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



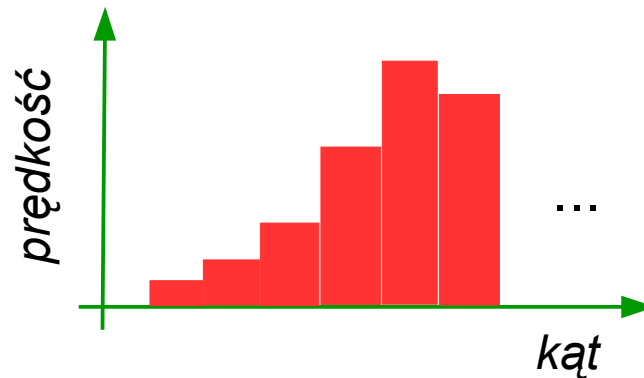
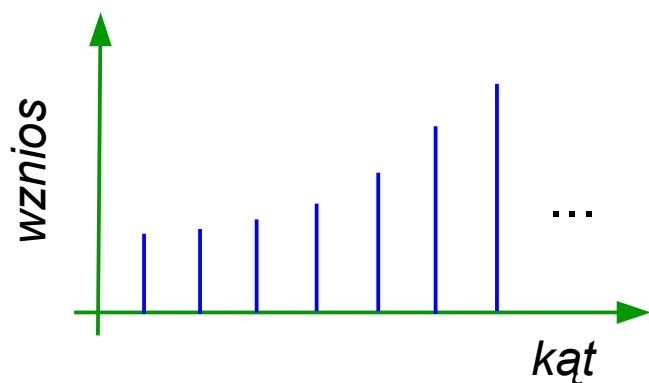
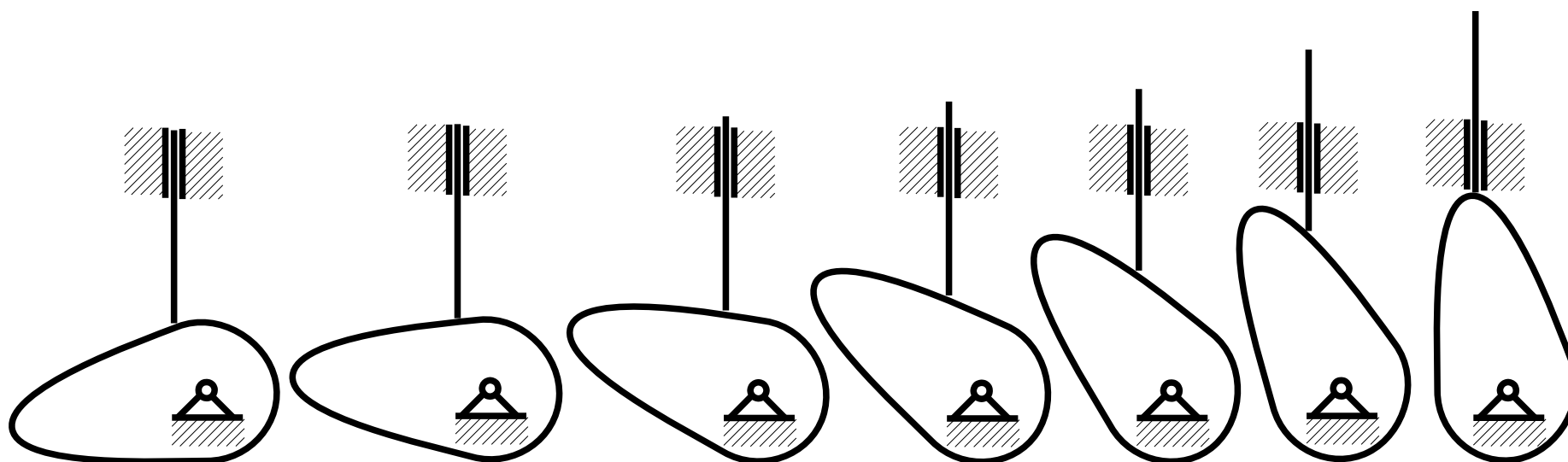
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



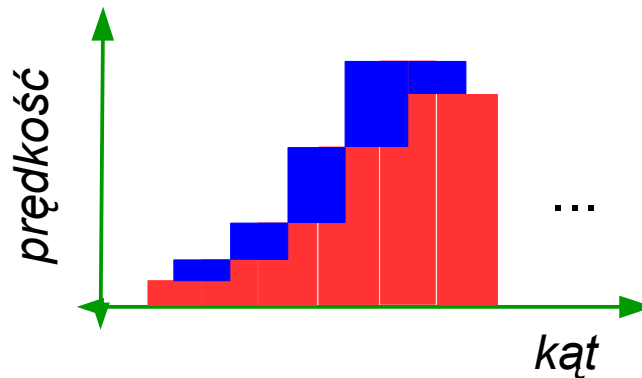
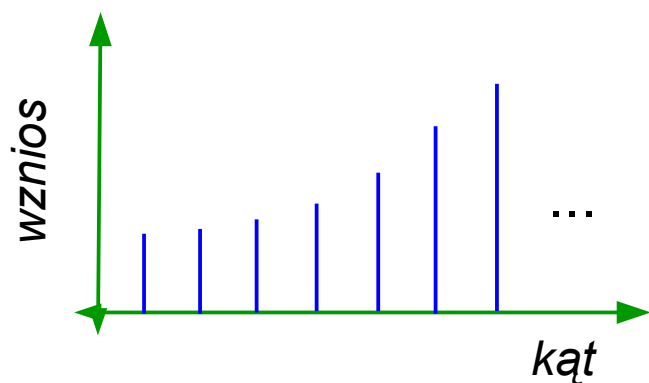
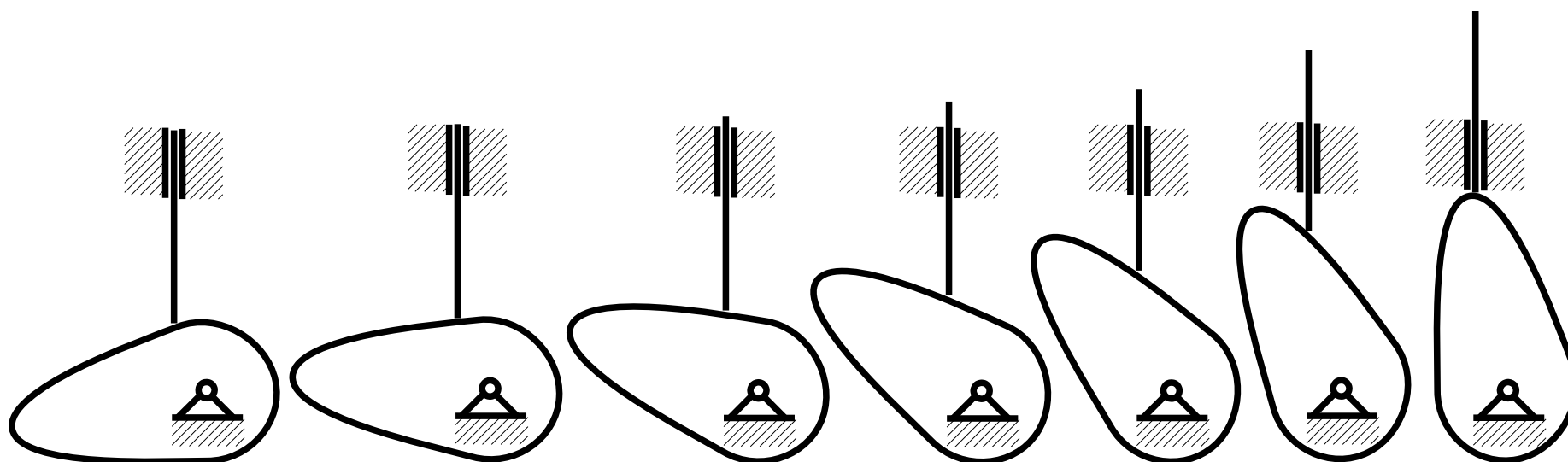
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



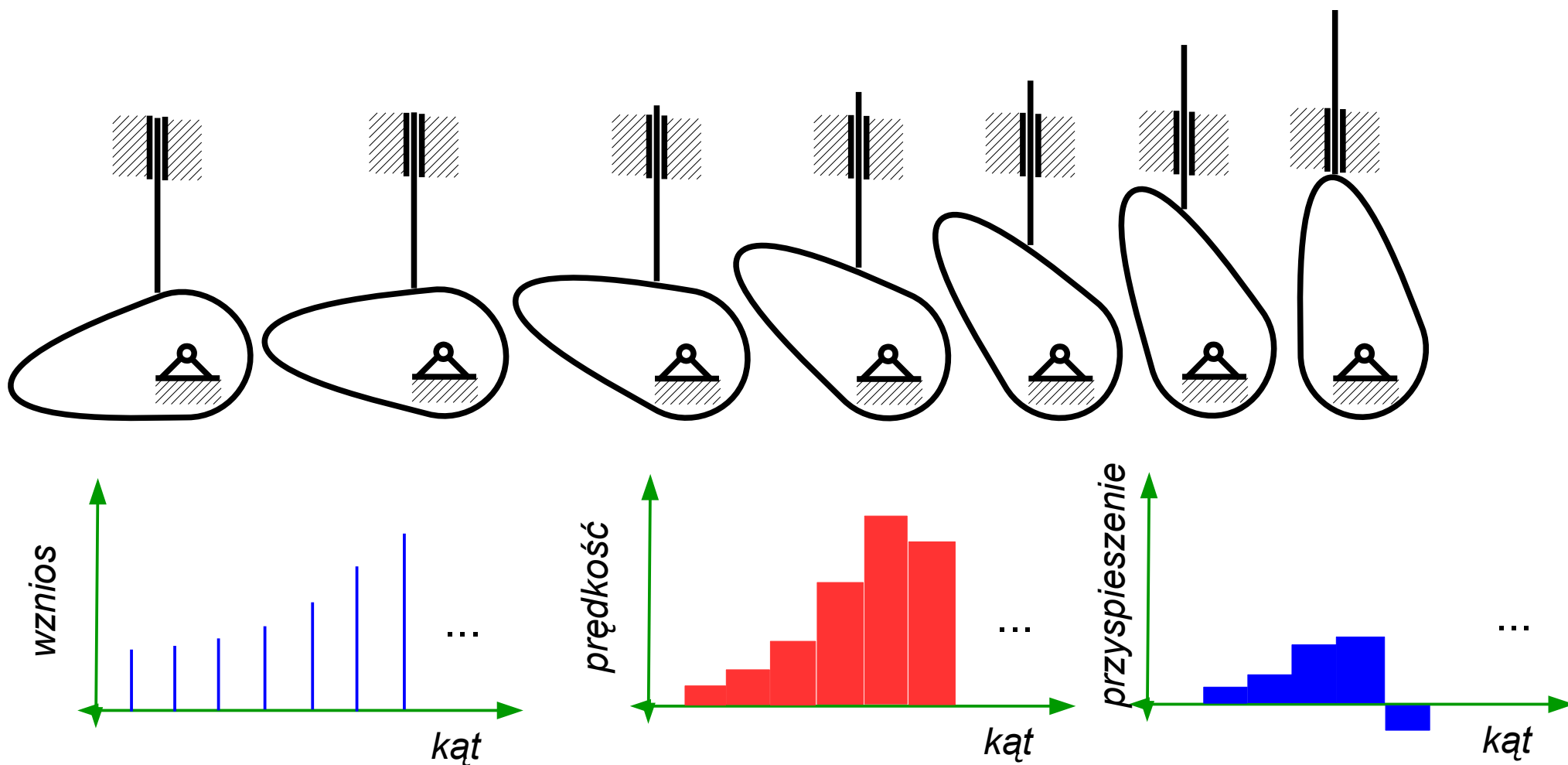
# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



# Analiza mechanizmów krzywkowych

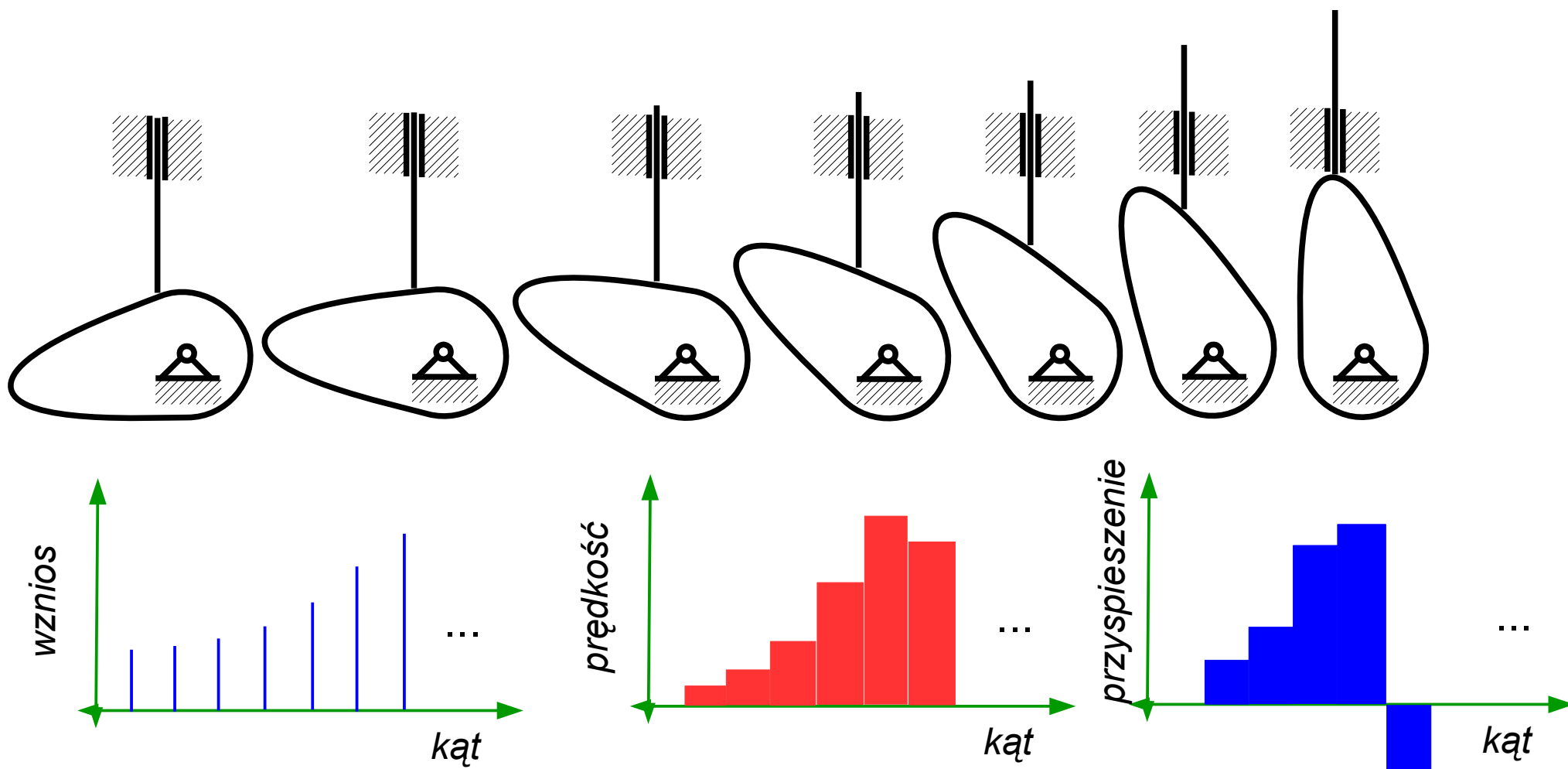
Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie





# Analiza mechanizmów krzywkowych

Analiza mechanizmu krzywkowego poprzez graficzne kreślenie wzniosu popychacza i graficzne różniczkowanie



# Analiza mechanizmów krzywkowych

## Metoda analityczna

