

Mechanismy

Mechanismus klikový, čtyřkloubový, kulisový, západkový a vačkový jsou nejčastějšími mechanismy ve strojích (kromě převodů). Mechanismy obsahují **členy** (kliky, ojnice, těhlice, křížáky a další). Členy jsou spojovány **vazbami** a tvoří soustavu těles a vazeb. Základní **rám**, který je pevný v prostoru, je členem soustavy s číslem 1. Mechanismy se znázorňují jednoduchými schématy.

Vazby členů v mechanismech (v rovině):

- ✓ rotační dvojice r
- ✓ posuvná dvojice p
- ✓ valivá dvojice v
- ✓ obecná dvojice o

Těleso v rovině má 3 **stupně volnosti** (může se pohybovat ve 2 směrech posuvně a rotovat kolem 1 osy rotace). V prostoru jsou vazby složitější (těleso má 6 stupňů volnosti). Počet členů mechanismu je n . Vazby v rovině tělesu odeberou každá 2 stupně volnosti (obecná dvojice jen 1). Těleso v rovinné soustavě n těles, které je vázané vazbami, má počet stupňů volnosti SV (a stejně tak mechanismus) :

$$SV = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (r + p + v) - o$$

Mechanismus (tj. každé těleso v soustavě tvořící mechanismus) má obvykle 1 stupeň volnosti. Zvláštní mechanismus se 2 stupni volnosti se nazývá **diferenciál** a slouží k vyrovnání sil nebo dráhy některých členů mechanismu.

Mechanismus v rovině a v prostoru

V prostoru má každé těleso 6 stupňů volnosti (SV, 3 posuvy, 3 rotace). **Vazby v prostoru** mají složitější charakter – např. vazba rotace musí zahrnout i zabránění posuvu ve směru rotace aj. Častá vazba kulovým čepem s kulovou pávní odečte 3 stupně volnosti (znemožní posuvy). V prostoru je

$$SV = 6 \cdot (n - 1) - 5 \cdot r - 3 \cdot k$$

Jako příklad lze uvést čtyřkloubový mechanismus. V rovině je ($n=4$, $r=4$) a v prostoru ($n=4$, $r=2$, $k=2$):

v rovině

$$SV = 3 \cdot (4 - 1) - 2 \cdot 4 = 1$$

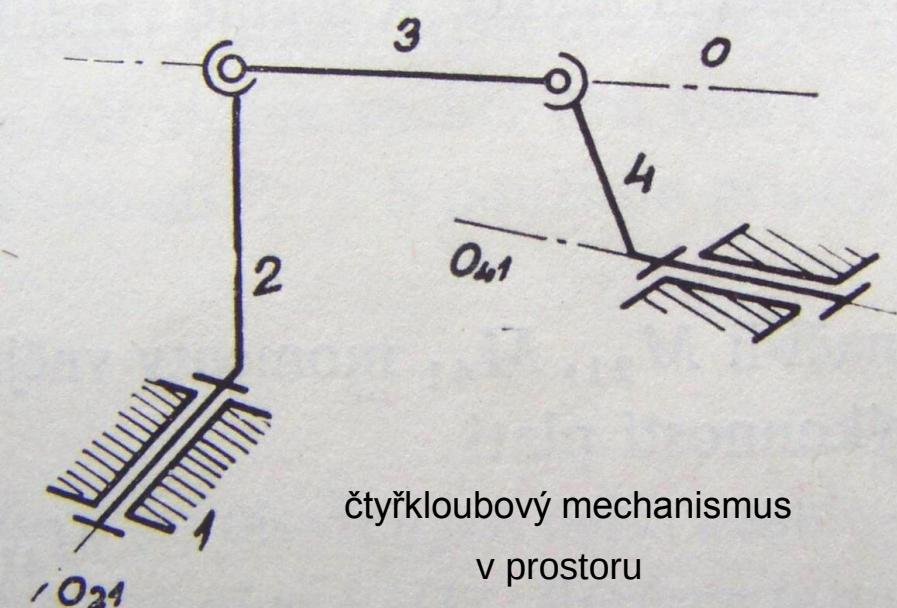
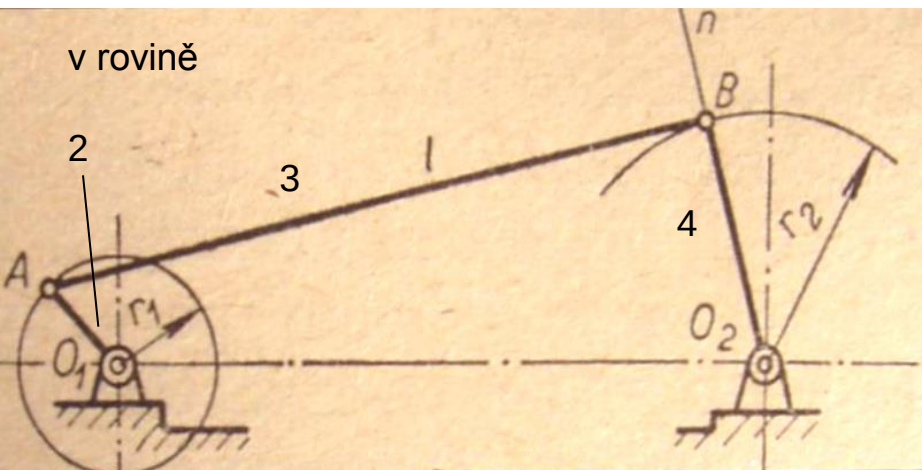
v prostoru (k je vazba koulí)

$$SV = 6 \cdot (4 - 1) - 5 \cdot 2 - 3 \cdot 2 = 2$$

V prostoru se navíc může člen 3 otáčet kolem své osy - proto soustava má $SV = 2$. Prostorová (**statická**) **neurčitost** znamená vznik vnitřních deformací a pnutí a bývá častou příčinou poruch. Analýza statické neurčitosti mechanismů v prostoru má tedy zásadní význam a je nutná !

Jednoduchý mechanismus (čtyřkloubový mechanismus)

v rovině a v prostoru
a vazby v prostoru



Tabulka kinematických dvojic se stykem v plochách Tabulka 3/III

VAZBY		Provedení	Název dvojice (název pohybu)	i_k	m_k	Poznámka
A		rotační těleso v pánvi	rotační (rotační)	1	5	Obecně rotační těleso s libovolným meridiánem
B		hranol v hranolovitém otvoru	posuvná (přímočarý posuv)	1	5	Platí i pro nekruhový válec
C		šroub v matici	šroubová (šroubový pohyb se stálou osou a stálým parametrem)	1	5	Profil závitů libovolný
D		kruhový válec ve válcové pánvi	rotačně posuvná (rotace nezávisí na posuvu)	2	4	—
E		kulový čep v kulové pánvi	sférická (sférický)	3	3	—
F		styk těles v rovině	rovinná (obecný rovinný pohyb)	3	3	Zvláštní případ předešlé dvojice

Rozklad pohybu

Pohyb tělesa – členu mechanismu lze rozložit na pohyb základní (unášivý pohyb, např. pohyb určitého bodu tělesa vůči pevnému rámu) a další pohyb relativní (vzájemný, přídavný, tj. pohyb, který konají body tělesa vůči bodu konajícímu základní pohyb).

Pohyby jsou označovány pomocí bodů a členů mechanismu, např. pohyb bodu A na členu 3 může být rozložen na relativní pohyb bodu A vůči bodu B na členu 3 (tento bod koná však také základní pohyb s členem 2, se kterým je spojen ve vazbě) a základní pohyb bodu B vůči rámu.

Zápis pohybu má formu A: $v_1 = v_2 + v_{21}$ a stejně se řeší rychlosti a zrychlení.

Každý člen (těleso) má také pro každý pohyb „pól pohybu“. Pól pohybu je střed rotace tělesa, kdy tato rotace znamená pouze velmi malý rotační pohyb (s téměř nulovým úhlem pootočení). Pól pohybu se obvykle najde jako průsečík normál k pohybu některých bodů tělesa.

Řešením pohybů těles a jejich bodů v rovině nebo prostoru se zabývá kinematika. Speciální oblastí kinematiky je kinematická geometrie. Nalezneme zde např. vysvětlení vzniku některých křivek, jejich vlastností (elipsa, evolventa, cykloida aj.). Z požadavků na výsledný pohyb lze vytvořit návrh mechanismu, splňujícího zadání (např. často používáno pro vačkový mechanismus).

Některé často používané mechanismy:

Ve strojích bývá pohon odvozen od motoru s rotačním pohybem. Součástí strojů jsou pak převody, kterými se předávaný pohyb upraví (transformuje M_k a n). Vlastní výkonná část stroje, orgán, má pohyb složitější, odvozený od rotace vstupního členu do obecného rovinného případně prostorového pohybu výstupního členu některým mechanismem (smykadlo lisu, orgán hnětacího stroje apod.).

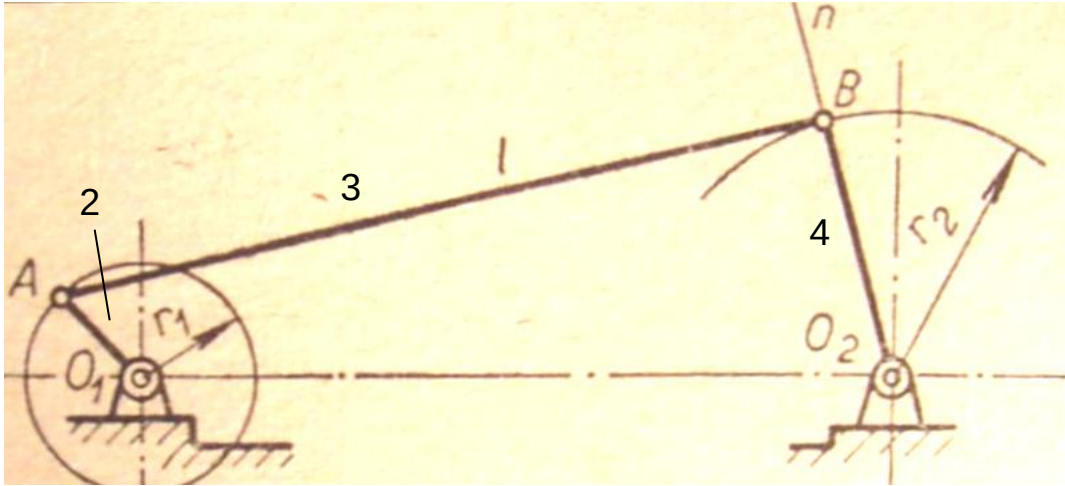
Převody tvoří velkou skupinu mechanismů, obvykle vedenou samostatně mimo mechanismy.

Často používané **mechanismy**:

- ☐ čtyřkloubový mechanismus
- ☐ klikový mechanismus (včetně mech. s excentrem)
- ☐ kolenový mechanismus
- ☐ kulisový mechanismus
- ☐ vačkové mechanismy
- ☐ krokové mechanismy

V mnoha strojích je výstupní pohyb rotační a stroj má motor doplněn převodovým mechanismem se stálým nebo proměnným převodem. Výstupním členem je např. vřeten o obráběcího stroje, kolo podvozku vozidla, naviják výtahu či jeřábu, vrtule míchadla, letadla apod.

Čtyřkloubový mechanismus



počet členů (včetně rámu) $n = 4$

pro rovinnou teorii 4 rotační vazby
 $r = 4$

pro prostorové řešení 2 vazby
rotační $r = 2$ a 2 vazby kulovými
čepy $k = 2$

V bodech O_1 a O_2 jsou rotační vazby umožňující jen otočení podle osy a žádný posuv (odebírají tedy po 5 stupních volnosti). V bodech A a B jsou vazby kulovými čepy (odebírají po 3 stupních volnosti, tj. zamezí všem posuvům, umožní rotace podle 3 os).

V prostoru má řešení 2 stupně volnosti (možná je také rotace členu 3 podle jeho osy). Provedení se 4 rotačními vazbami v prostoru by znamenalo statickou neurčitost !

Otáčející se členy 2 a 4 jsou nazývány kliky, je spojující člen 3 je označován „těhlice“.

Okamžitý pól pohybu členu 3 vůči rámu 1 je dán průsečíkem normál pohybů bodů A a B (rotační pohyby). Člen 3 se tedy v nakreslené situaci pohybuje otáčením podle pólu (otáčení o úhel blíží se 0). Tento pohyb může být využit pro kinematické řešení.

Okamžitým pólem pohybu P_{31} členu 3 vůči rámu 1 je průsečík přímk O_1A a O_2B . Tyto přímky jsou normálami pro pohyb 31 bodu A a bodu B na členu (tělese) 3.

Pro řešení rychlostí bodů tělesa 3 platí, že okamžitá úhlová rychlost ω pro otáčení kolem pólu je pro všechny body tělesa stejná. Protože je dána např. rychlost otáčení kliky 2, na které je i bod A, bude úhlová rychlost bodu A výchozí pro rychlosti dalších bodů tělesa 3.

Rychlost bodu A vůči rámu je $v_A = r \cdot \omega$, kde ω je rychlost otáčení kliky 2 kolem bodu O_1 . Pro otáčení vůči pólu P_{31} je úhlová rychlost bodu A dána v_A / AP_{31} . Stejná je i úhlová rychlost otáčení všech bodů tělesa 3 vůči pólu P_{31} .

Zvláštním případem čtyřkloubového mechanismu je **paralelogram** (má tvar rovnoběžníku).

Paralelogram v kopírovacím zařízení



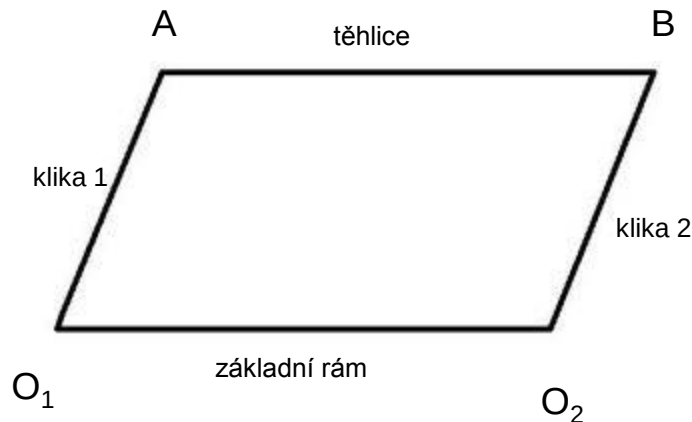
kopie v měřítku



Paralelogram

Čtyřkloubový mechanismus se shodnou délkou klik $O_1A = O_2B$ a délkou těhlice shodnou se vzdáleností středů otáčení klik $O_1O_2 = AB$. Používá se např. v různých zdvihadlech aj.

Všechny body těhlice konají **stejný pohyb s posunutou dráhou**. Parametry tohoto pohybu jsou dány pohybem bodů A a B.



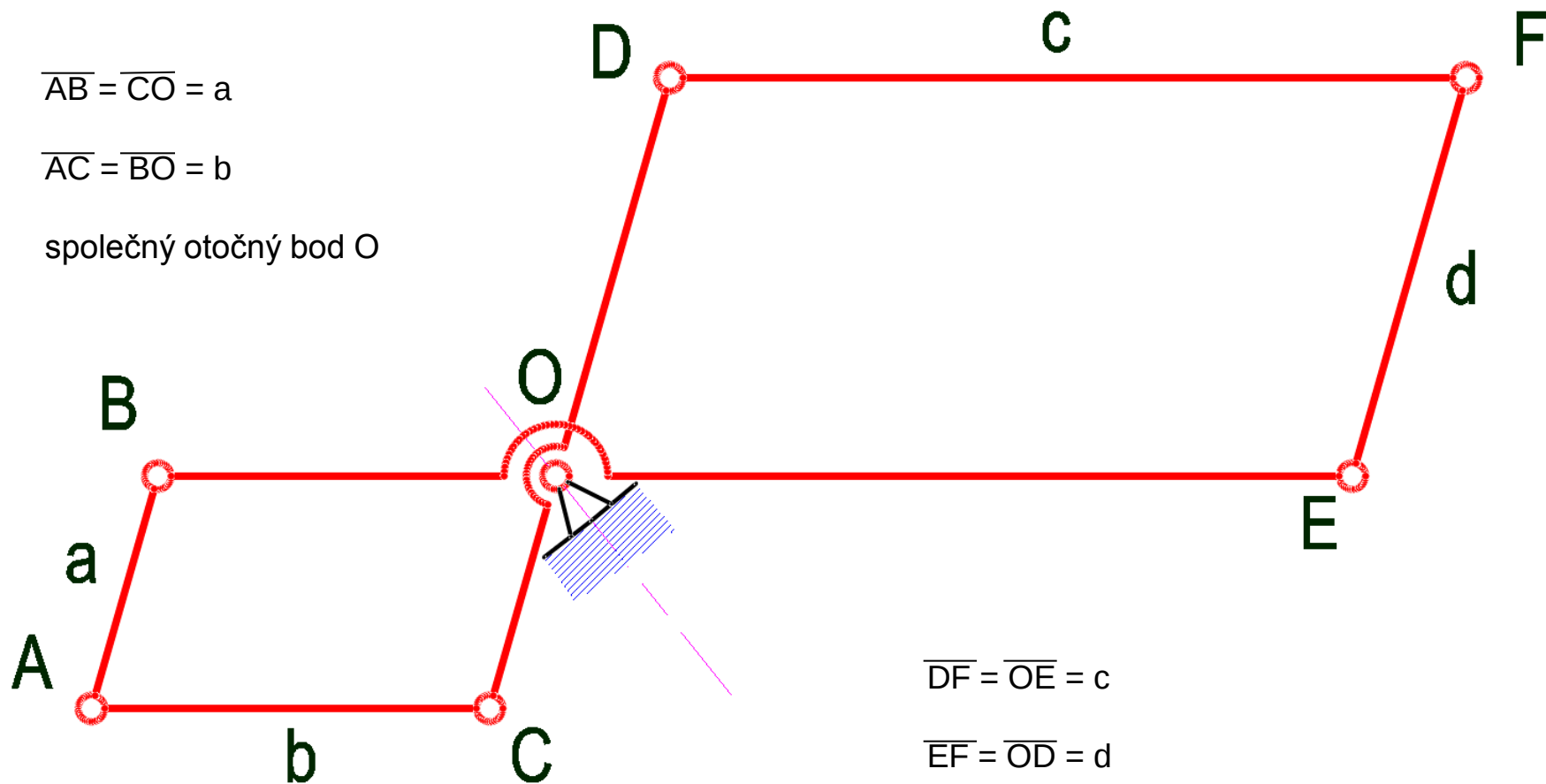
Mechanismus dává rovnoběžnou polohu spojnice AB s rámem (spojnice O_1O_2) za pohybu v každé poloze. Využívá se v mechanismech kopírovacích zařízení obráběcích strojů (včetně možnosti zvětšení či zmenšení vytvářeného objektu oproti šabloně).

Kopírovací mechanismus - schéma

$$\overline{AB} = \overline{CO} = a$$

$$\overline{AC} = \overline{BO} = b$$

společný otočný bod O



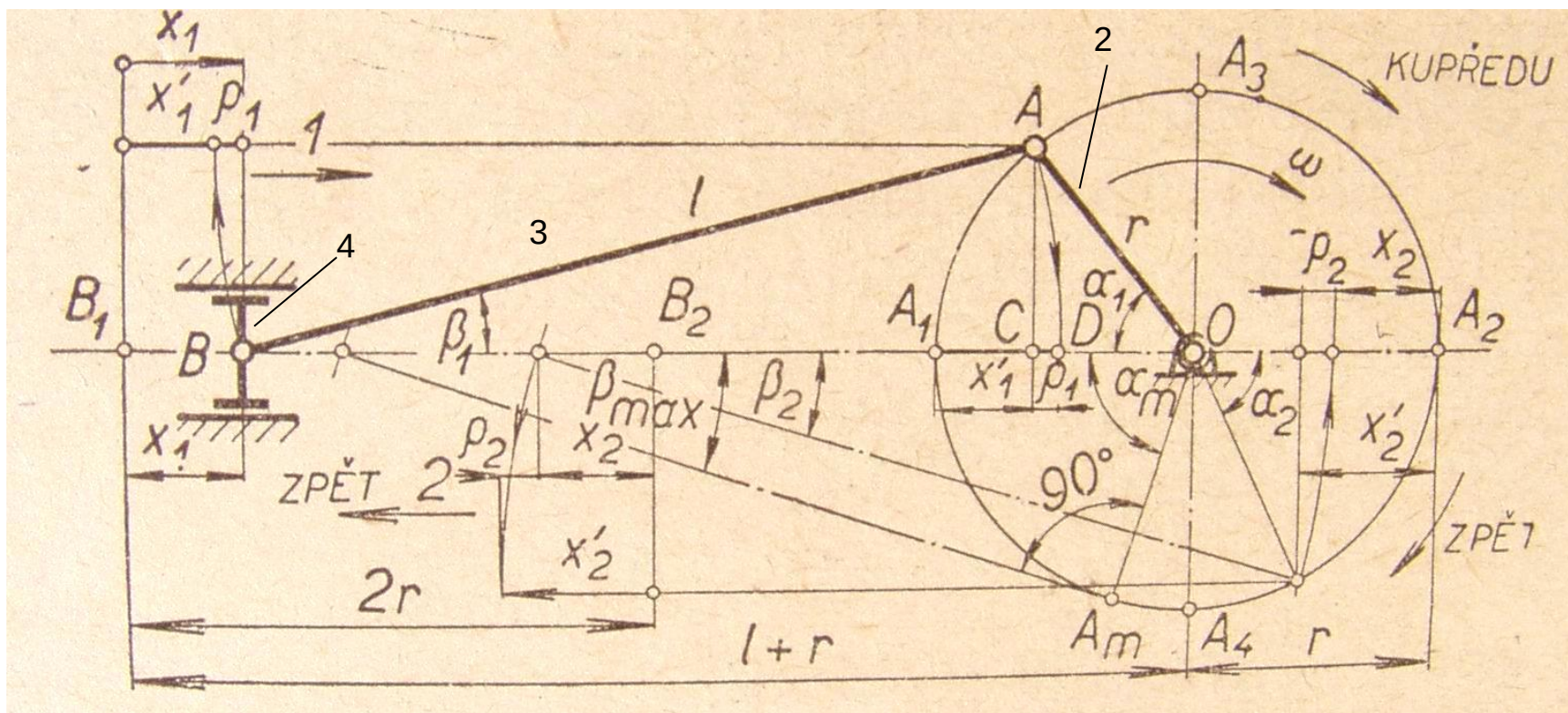
Poměry: $\frac{d}{a} = \frac{c}{b}$

znamenají zvětšení

Body A a F opisují podobné útvary.

Klikový mechanismus

má počet členů $n=4$ a v rovině 3 rotační vazby $r=3$ a jednu vazbu posuvnou $p=1$.



Klikový mechanismus je používán ve spalovacích motorech vozidel a dalších strojů, je dnes nejrozšířenějším mechanismem. V alternativním provedení pracuje v pístových kompresorech, pístových čerpadlech, lisech a dalších strojích, např. pro manipulaci s výrobky aj. Souhrnně označujeme některé tyto stroje jako **pístové stroje** (spal. motory, kompresory, čerpadla) na rozdíl od strojů tzv. rotačních **lopatkových**.

Členy klikového mechanismu se označují: 2 – **klika**, 3 – **ojnice**, 4 – **křížák** (v jednoduché verzi píst). Klikový mechanismu bývá obvykle symetrický (tzv. centrický). Necentrický – např. některé upínací zařízení pro obrábění. Dvoučinné stroje mají **pístnici** (tlak média působí na obě strany pístu).

úhel β svírá ojnice s osou platí $r \cdot \sin \alpha = L \cdot \sin \beta$ L je délka ojnice, r délka kliky

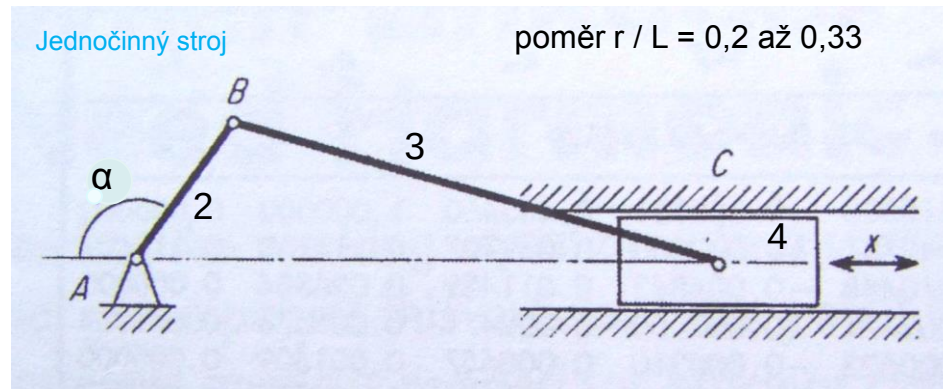
dráha pístu z horní úvrati $x = r \cdot (1 - \cos \alpha) + L \cdot (1 - \cos \beta)$ pro $\omega = d\alpha / dt = \text{konst. je}$

rychlost pístu v

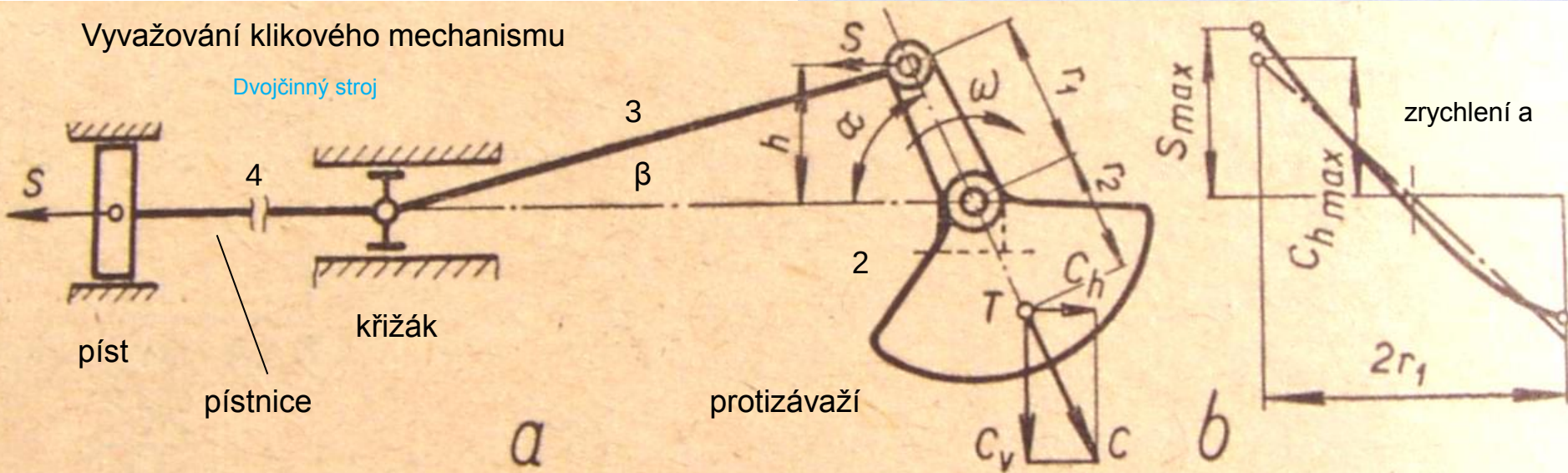
$$v = r \cdot [\sin \alpha + \sin 2\alpha / (2 \cdot L \cdot \cos \beta)] \cdot \omega$$

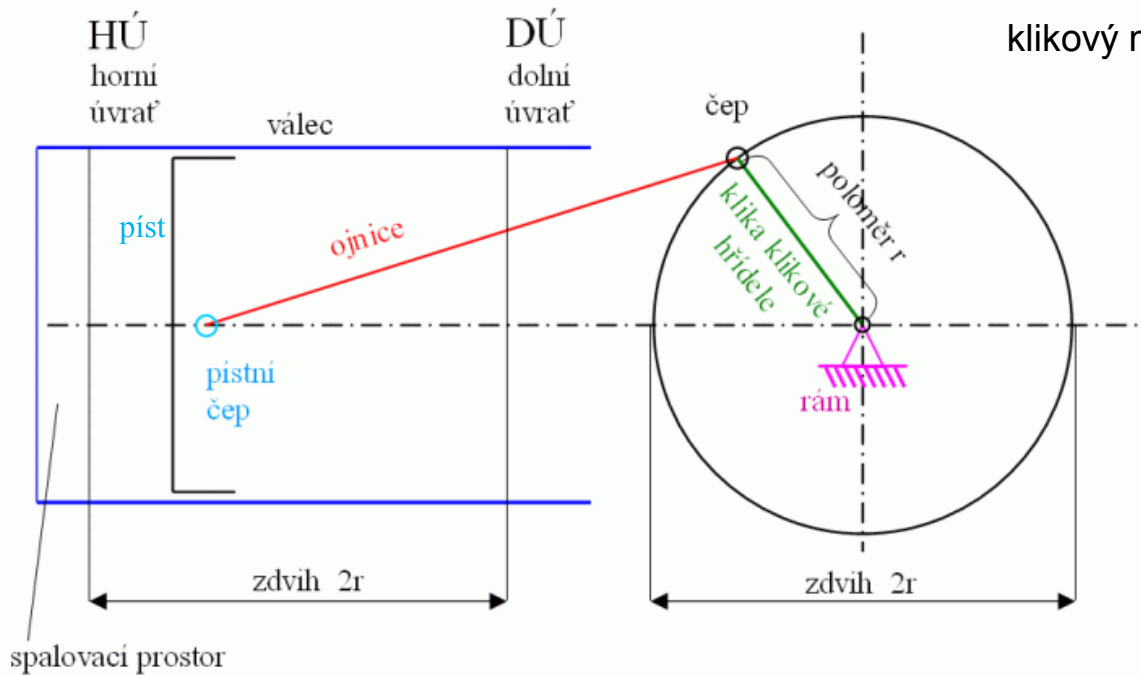
zrychlení pístu a

$$a \approx r \cdot (\cos \alpha + 1 / L \cdot \cos 2\alpha) \cdot \omega^2$$



Vyvažování klikového mechanismu





klikový mechanismus

zvláštní **provedení** klik. mechanismu

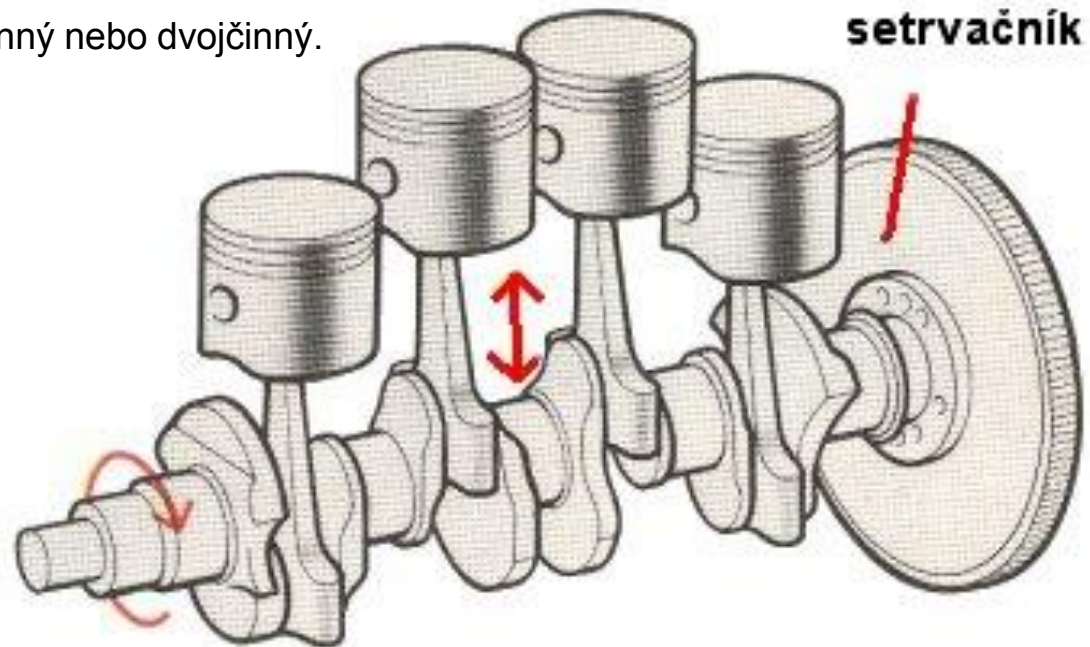
- necentrický klik. mech.
- hvězdicový letecký motor
- provedení V – motor
- protiběžné písty aj.

klika s písty a ojnici

Podle zatížení pístu **tlakem média** – jednočinný nebo dvojčinný.

Použití klikového mechanismu

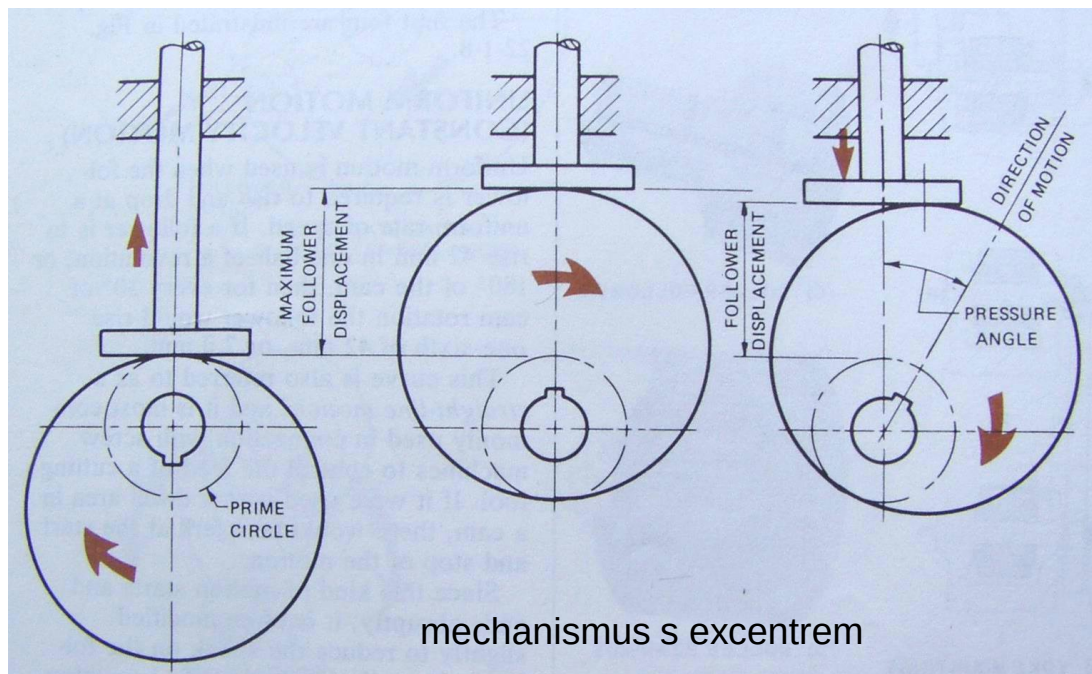
- pístová čerpadla jedno- a dvojčinná
- pístové kompresory
- spalovací motory pístové vznětové
- spalovací motory pístové zážehové
- klikové lisy
- rámové pily
- podavače aj.



Kolenový a výstředníkový mechanismus

Tyto mechanismy představují úpravy klikového mechanismu pro získání některých změněných parametrů. **Kolenový** mechanismus vyvine velmi vysokou sílu např. pro lisy na ražbu mincí.

Výstředníkový mechanismus dává čistě harmonický pohyb a malé rozměry. Stejně jako kolenový mechanismus se opět používá pro vyvození velké síly při malém zdvihu (např. u výstředníkových lisů pro vystřihování z plechů).



výstředník = excentr
pohyb smykadla má charakter
harmonického pohybu

zdvih h je dán funkcí

$$h(\alpha) = e \cdot \sin \alpha$$

α je úhel otočení excentru,
který má excentricitu e

Excentricita e je vzdálenost
středu otáčení od středu
zaoblení, celkový zdvih je $2 \cdot e$

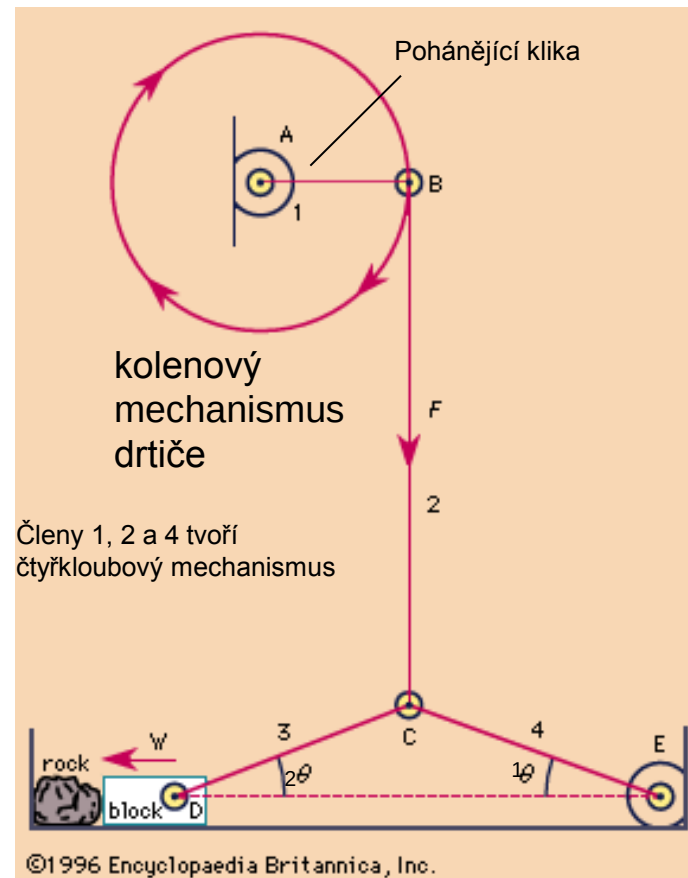
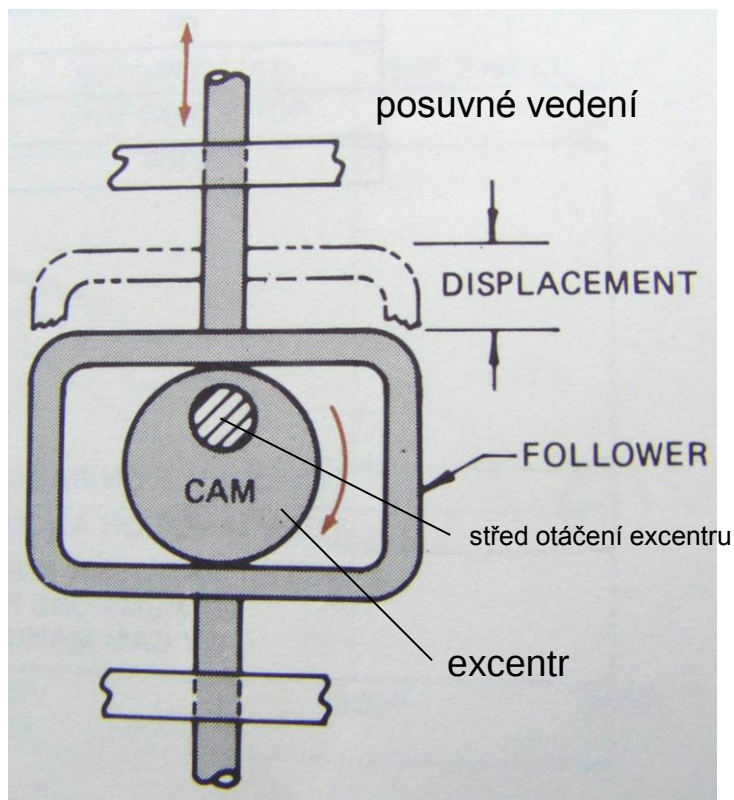
je to vlastně klikový mechanismus s nekonečně dlouhou ojnicí

Mechanismus kolenového lisu je složen z klikového mechanismu a přidanych členů (další klika a ojnice).

Skládá se z čtyřkloubového mechanismu (na obr. členy 1, 2, 4) a z přidanych členů ojnice (3) a smykadla vedeného posuvně.

Mechanismus s excentrem se používá pro lisy, upínače apod. Pracuje s malým zdvihem a velkou silou (rychlý nárůst).

mechanismus s excentrem



Kolenový mechanismus se používá u lisů s malým zdvihem a velkou lisovací silou, podobně u drtičů aj. Maximální síla je vyvíjena v tzv. mrtvé poloze (členy 3 a 4 jsou v přímce).

Malé překročení mrtvé polohy je využíváno u uzamykacích mechanismů (ve spojení s malou deformací).

výstředníkový lis

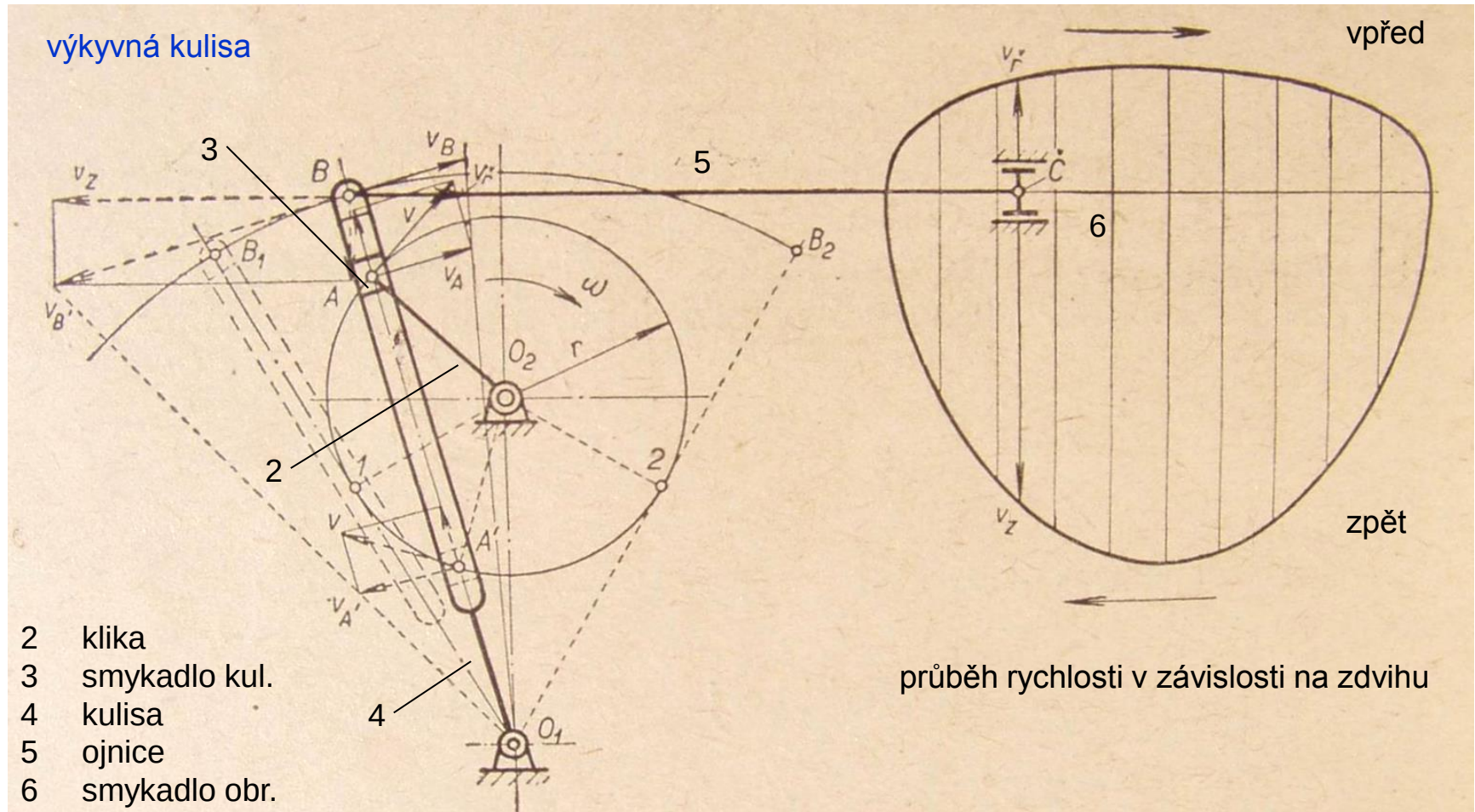


klikový nebo kolenový lis

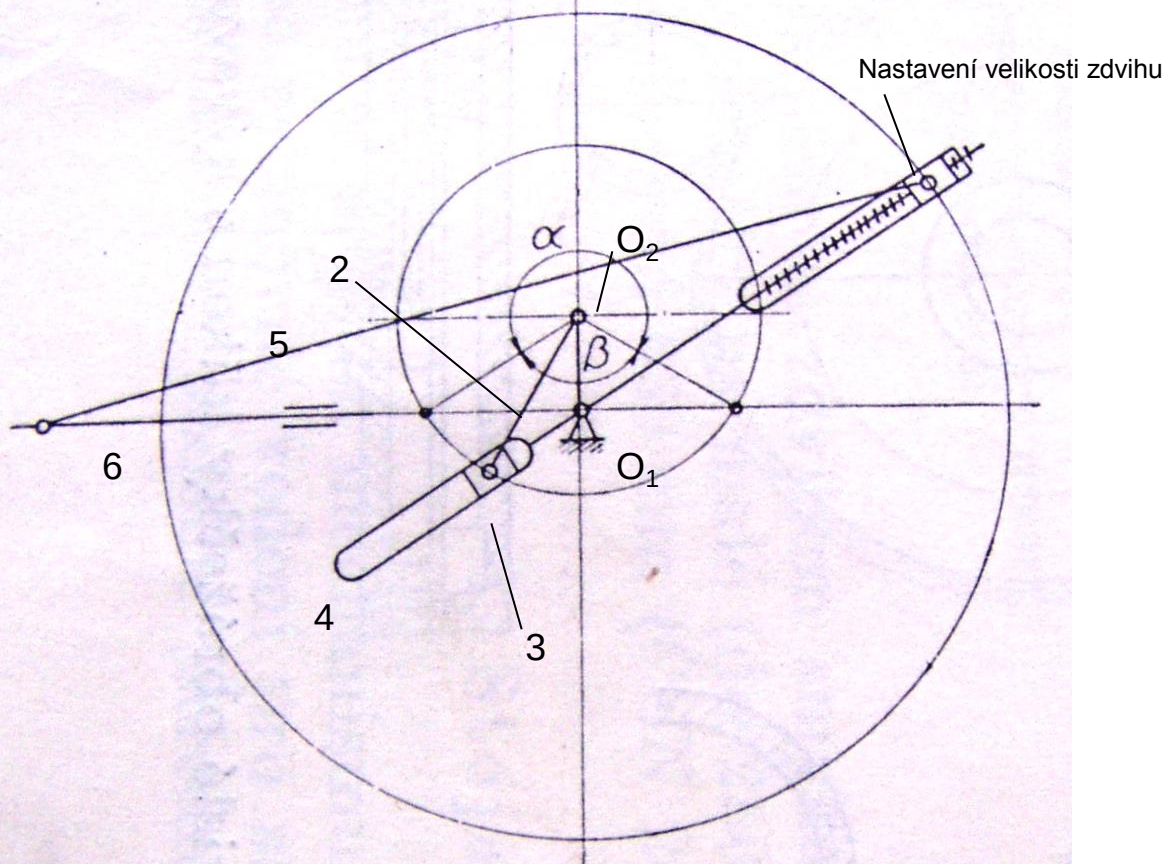
pro akumulaci energie vyrovnání chodu je použit setrvačník

Kulisový mechanismus

Kulisový mechanismus je opět používán pro získání přímočarého zpětného (cyklického) pohybu, obvykle u obrážek. Pohyb v jednom směru je totiž rychlejší než pohyb opačným směrem.



Kývání kulisy bývá převáděno na přímočarý pohyb dalšími členy a vazbami (2 rotace a posuv, 2 členy).

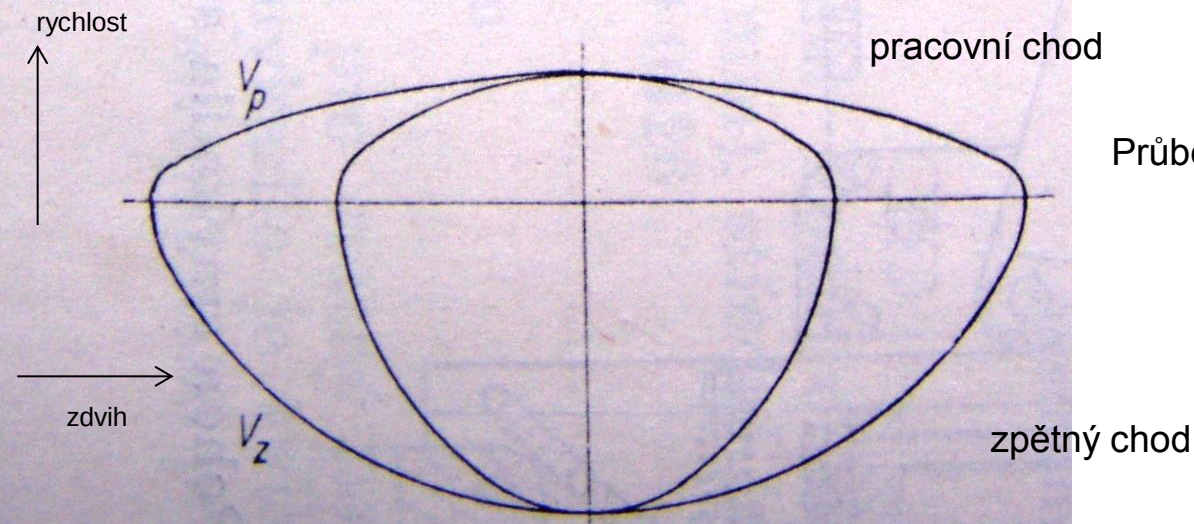


otočná kulisa

Mechanismus pohonu smykadla
svislé obrážečky

Zpětný pohyb se koná větší rychlostí
než pracovní (řezný) pohyb

- 2 – klika
- 3 – smykadlo kulisy
- 4 – otočná kulisa
- 5 – ojnice
- 6 – smykadlo obrážečky



Průběh rychlosti v závislosti na zdvihu

Kulisový mechanismus u obrázeček

- ❖ vodorovná (kývavá kulisa)
- ❖ svislá (otočná kulisa)

Pokud leží bod O_1 vně kružnice se středem v bodě O_2 a o poloměru r – kulisa se kýve, pokud leží bod O_1 uvnitř této kružnice, kulisa se otáčí.

Obrážek svislá



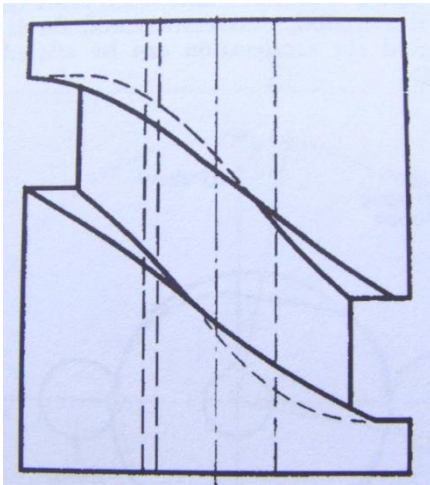
Obrážek vodorovná

Vačkové mechanismy

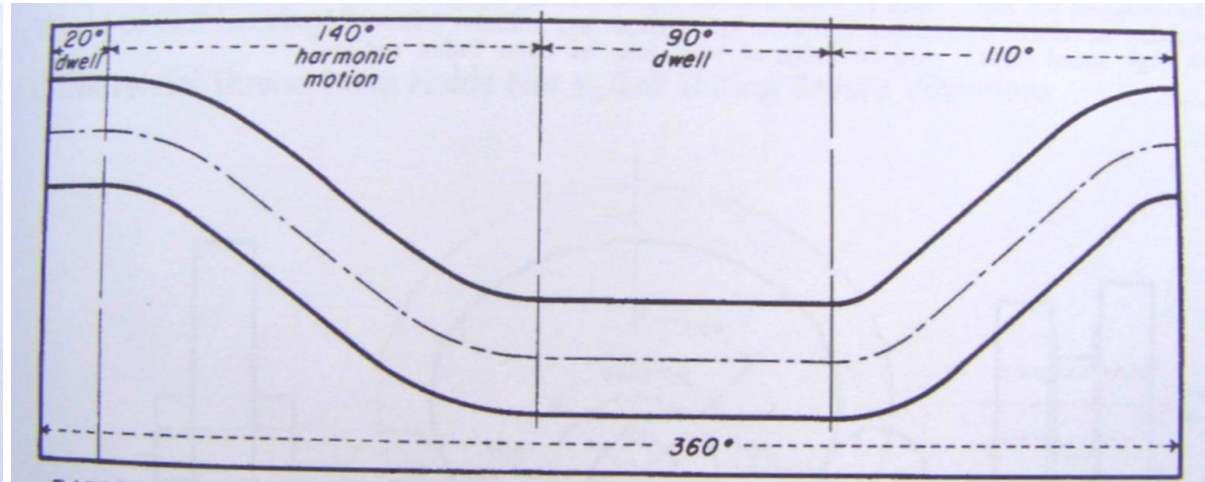
Vačkové mechanismy **podle směru pohybu zvedátka:**

- ☐ radiální (okrouhlé)
- ☐ axiální (bubnové)

Vačkový mechanismus dovoluje přeměnit rotační pohyb vačky na vratný posuvný nebo rotační pohyb zvedátka s libovolným časovým průběhem funkce zdvihu, rychlosti nebo zrychlení.



bubnová vačka



rozvinutí pláště válce povrchu vačky

Na rozvinutí je vytvořena křivka dávající zdvihovou závislost posunutí na úhlu otočení vačky.

vačky a zvedátka

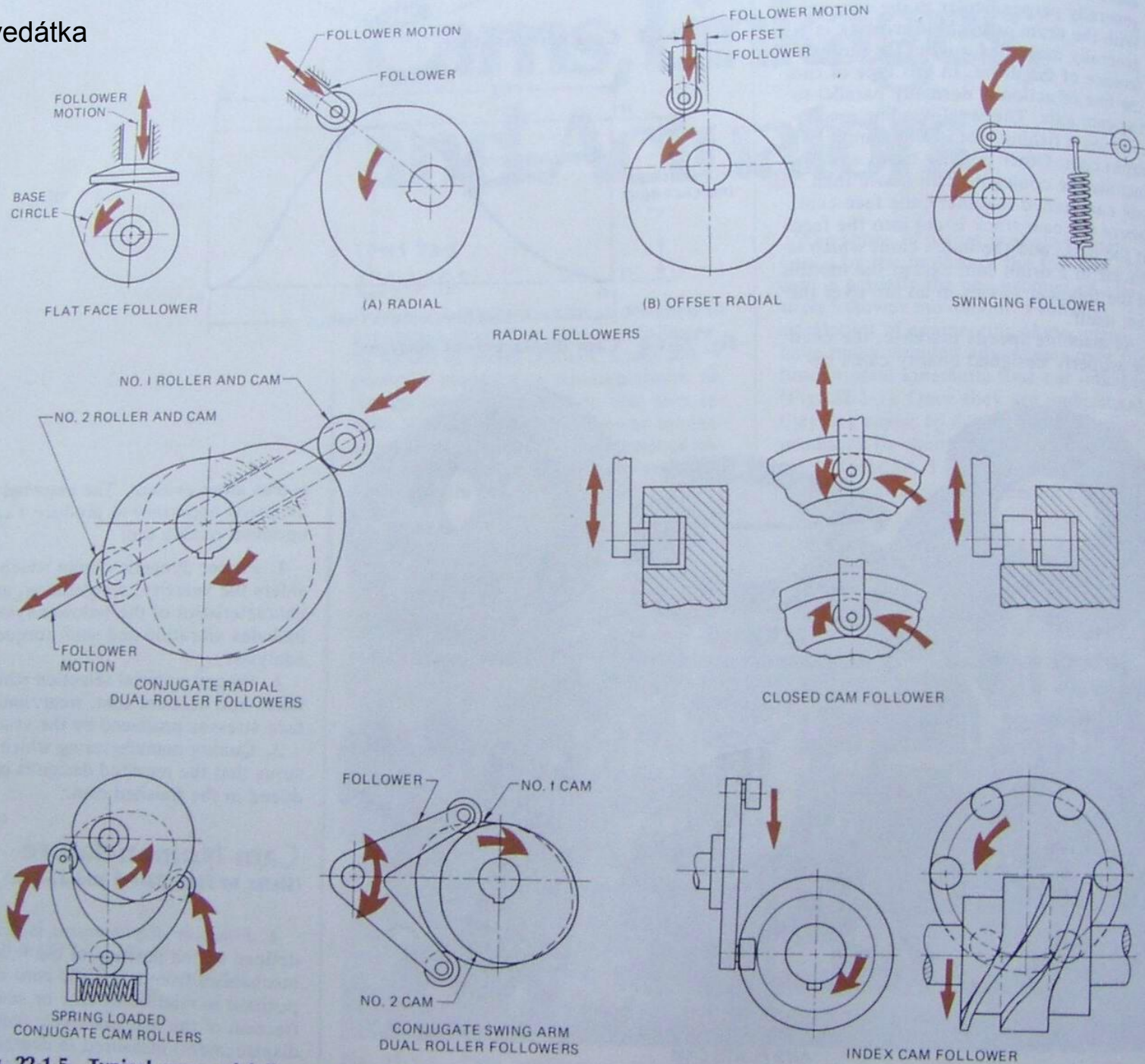


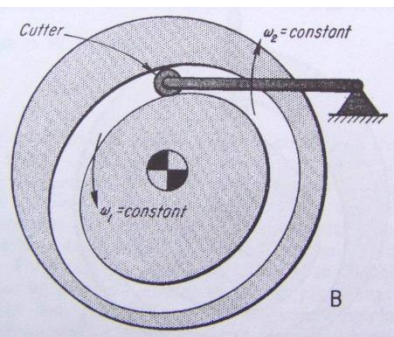
Fig. 22-1-5 Typical cam and follower combinations.

Posuvná zvedátka

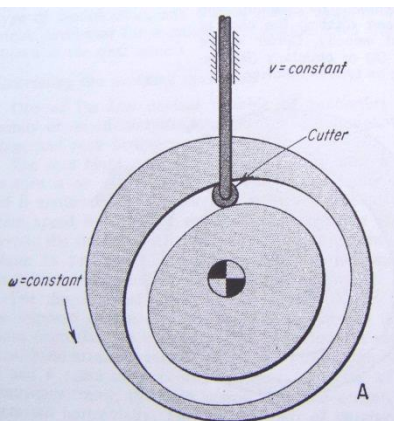
- plochá
- zaoblená
- s kladičkou

Otočná zvedátka

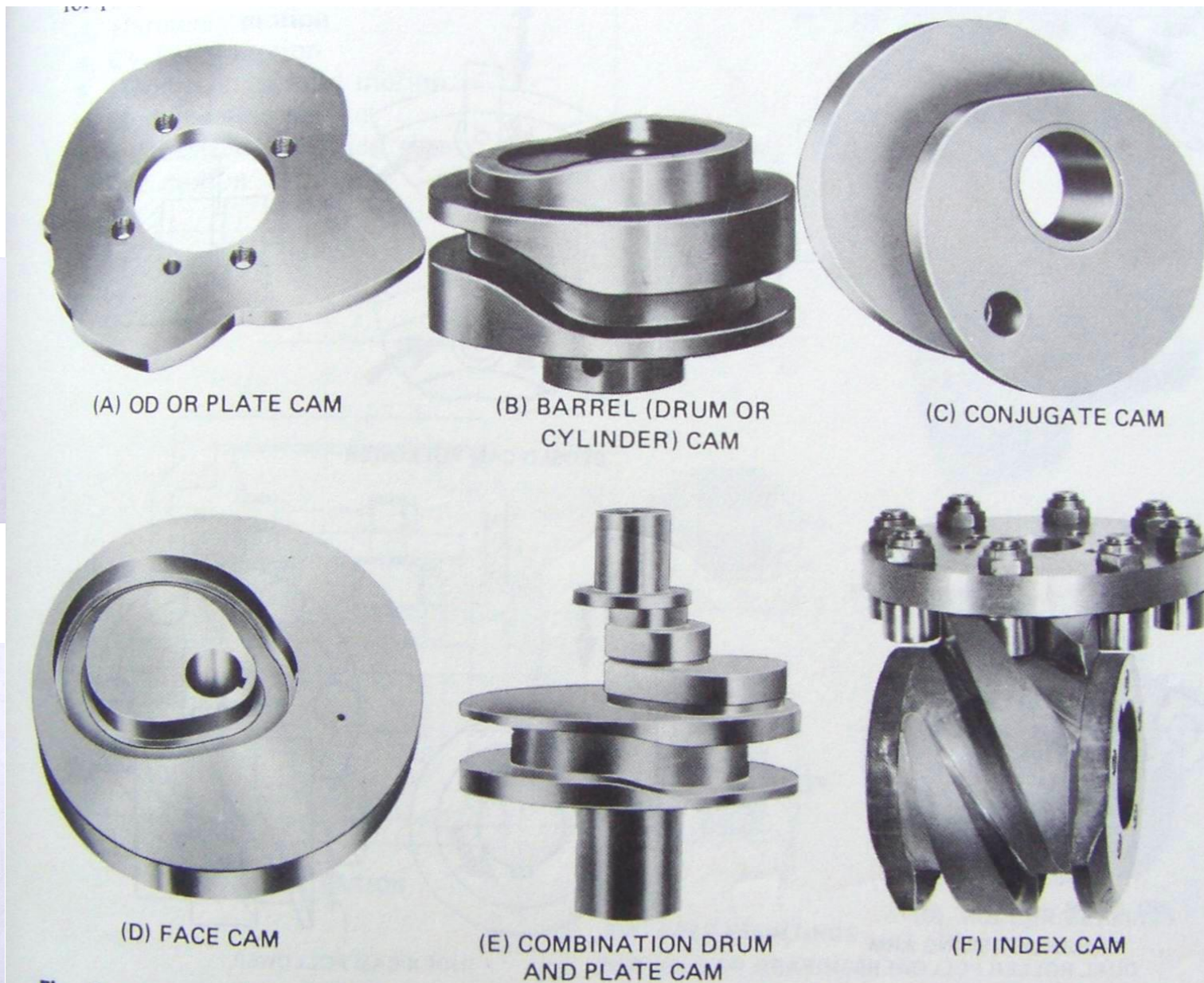
otočné zvedátko

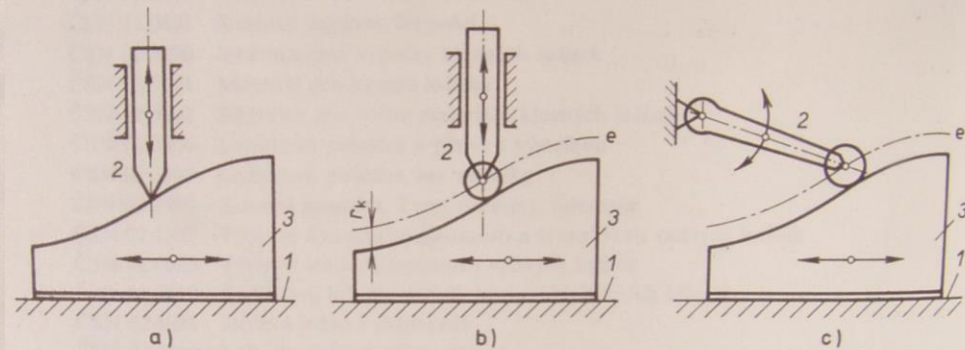
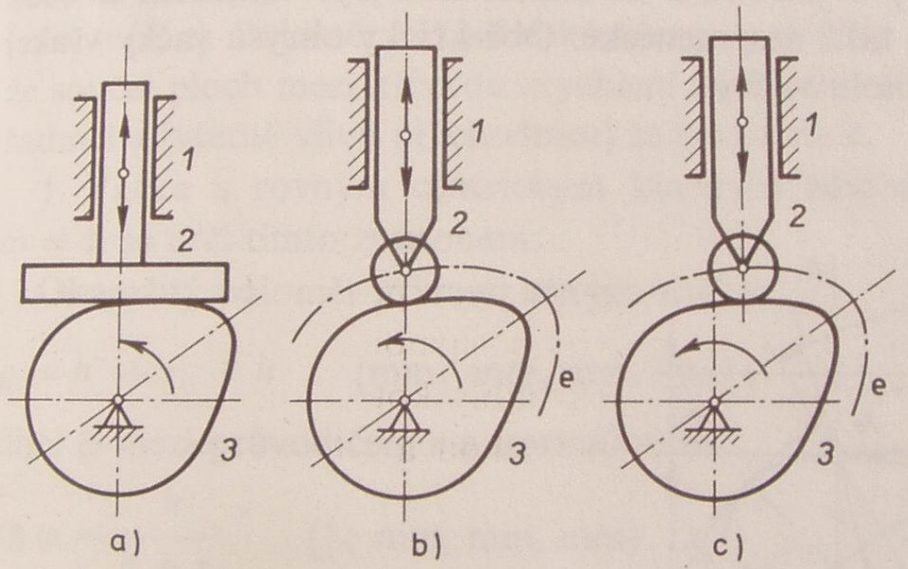


posuvné zvedátko



Různá provedení vaček



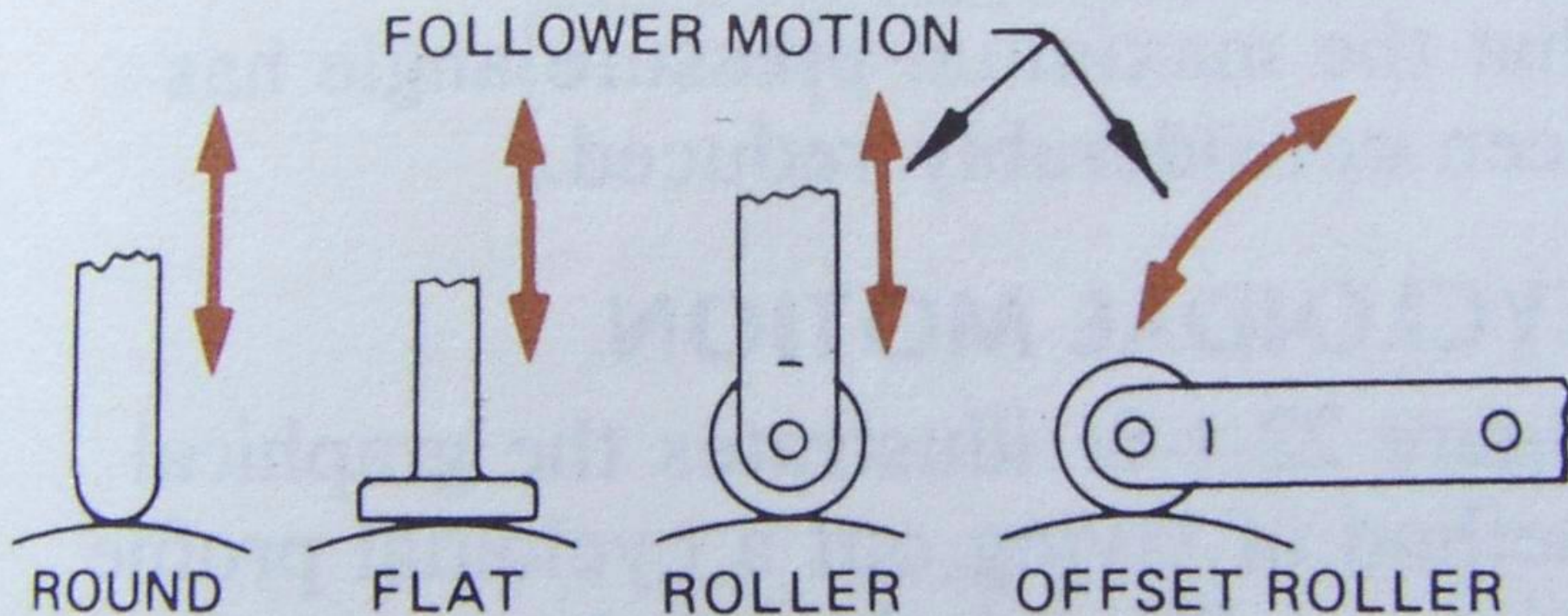


vačky se otáčejí a posouvají nebo otáčejí zvedátka

zvedátka jsou plochá, oblá nebo s kladkou

Vačky a zvedátka

zvedátka převádějící pohyb na přímočarý vratný nebo rotační kývavý



Krokovací mechanismy

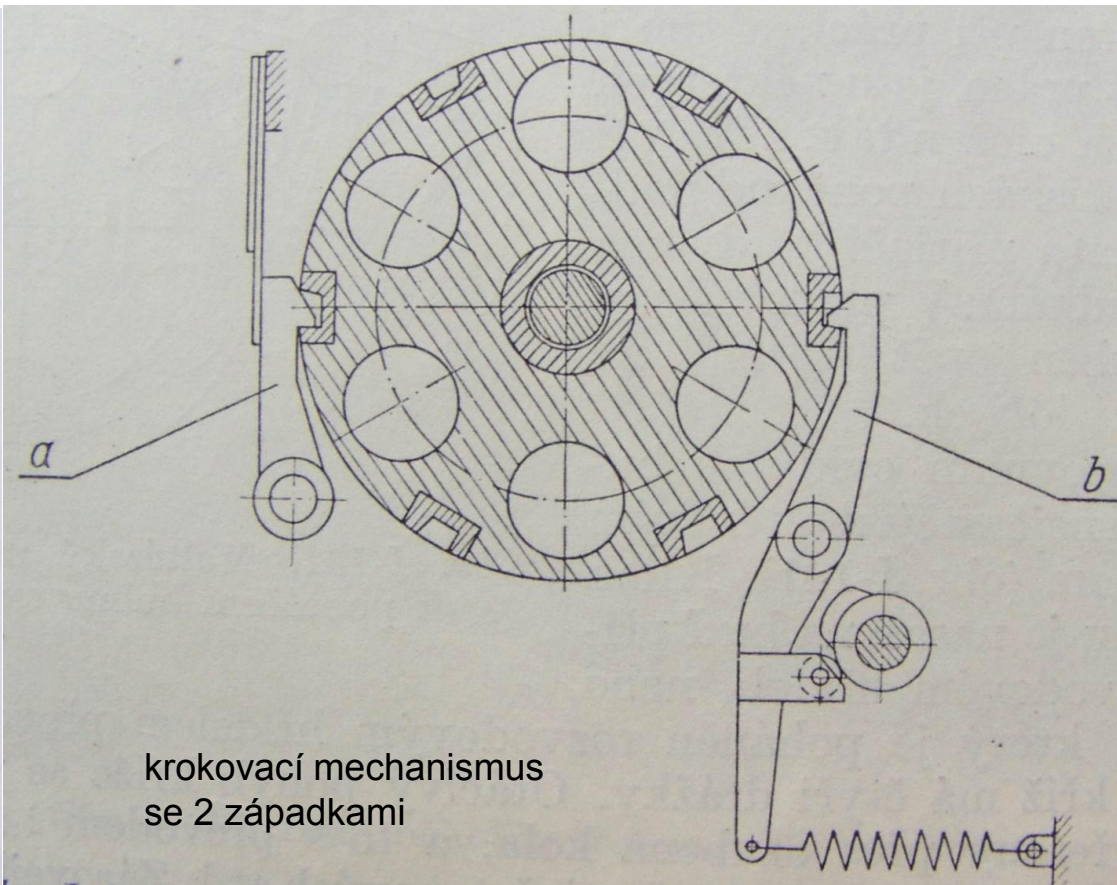
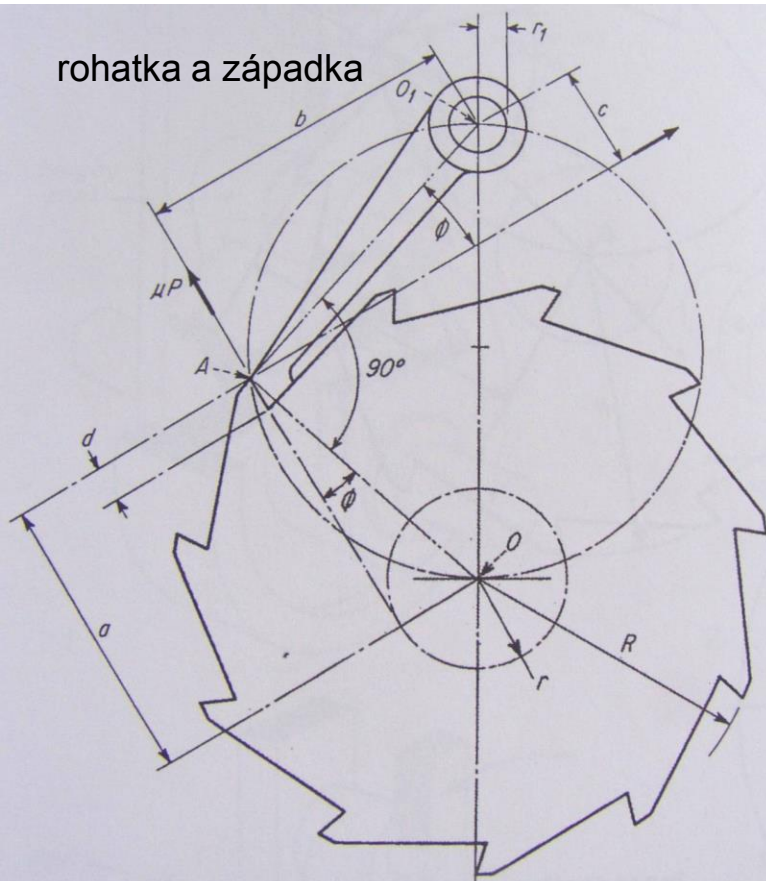
Nejčastější pouze mechanické typy:

- rohatka a západka nebo vačkový mechanismus
- maltézský mechanismus
- hodinový stroj

Pro přerušovaný pohyb je často používáno řešení elektrické, např. pomocí generátoru pulsů aj.

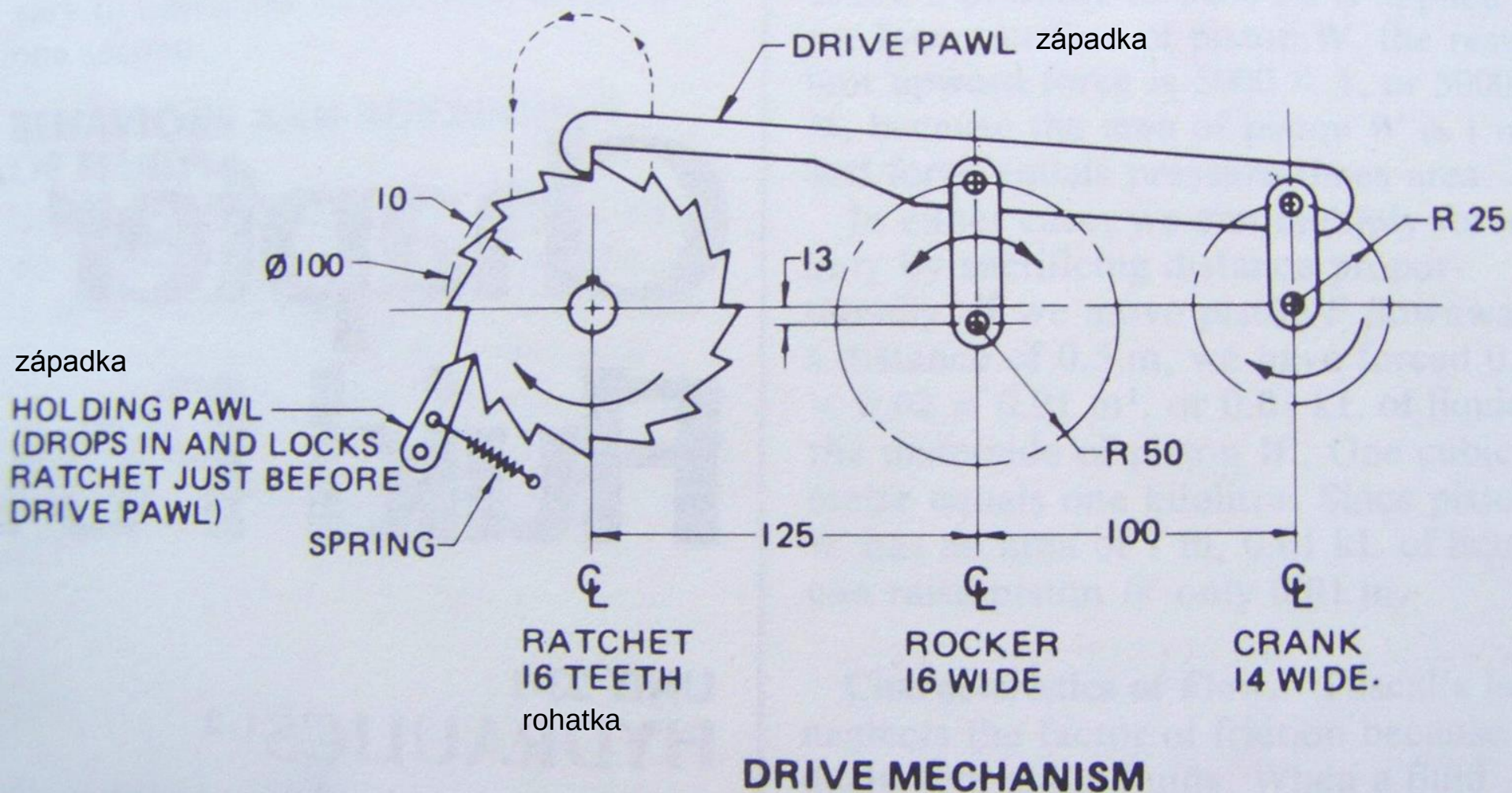
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Kurvenantrieb_mit_Zylinderkurve.gif

rohatka a západka

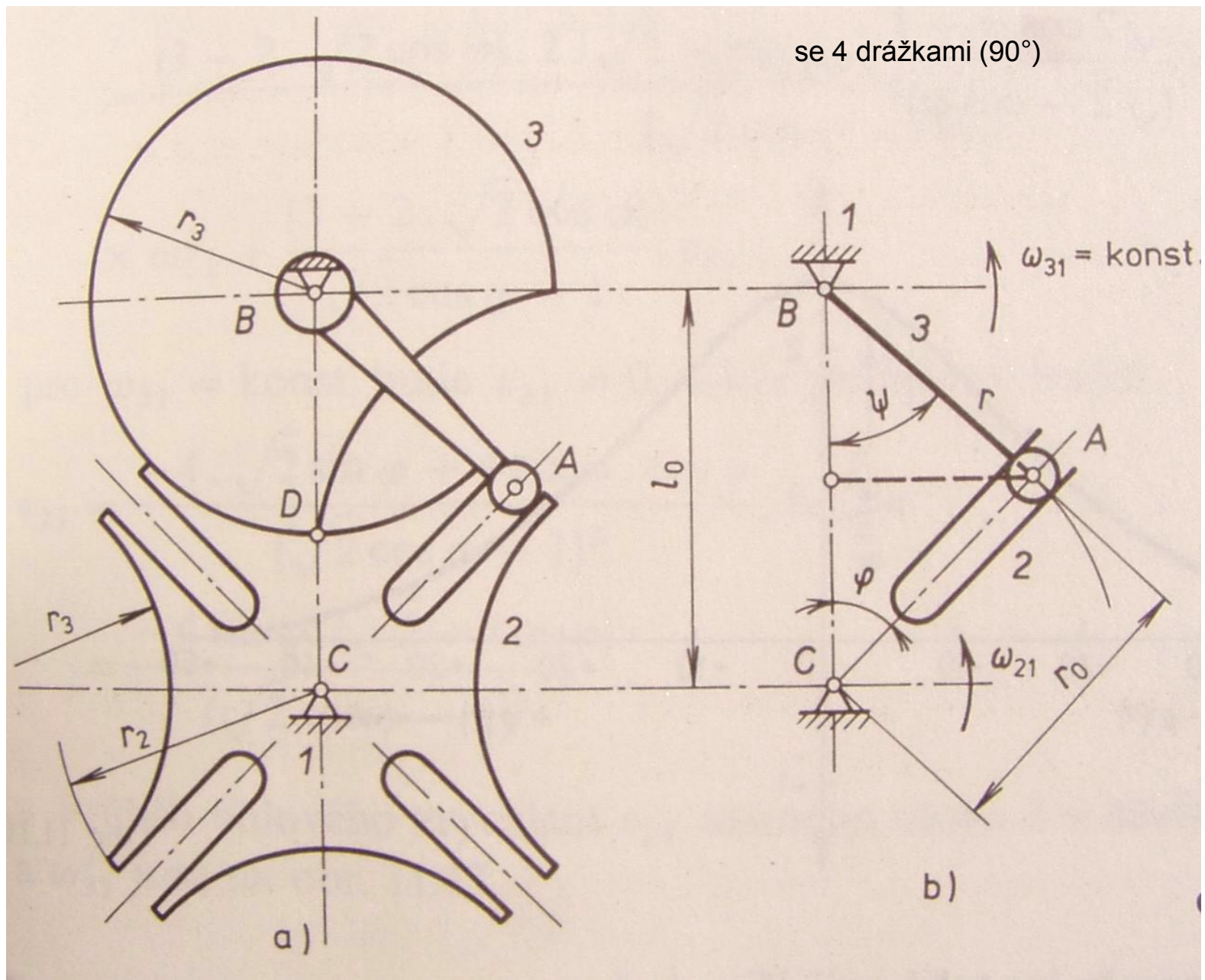


Krokovací mechanismus se dvěma západkami

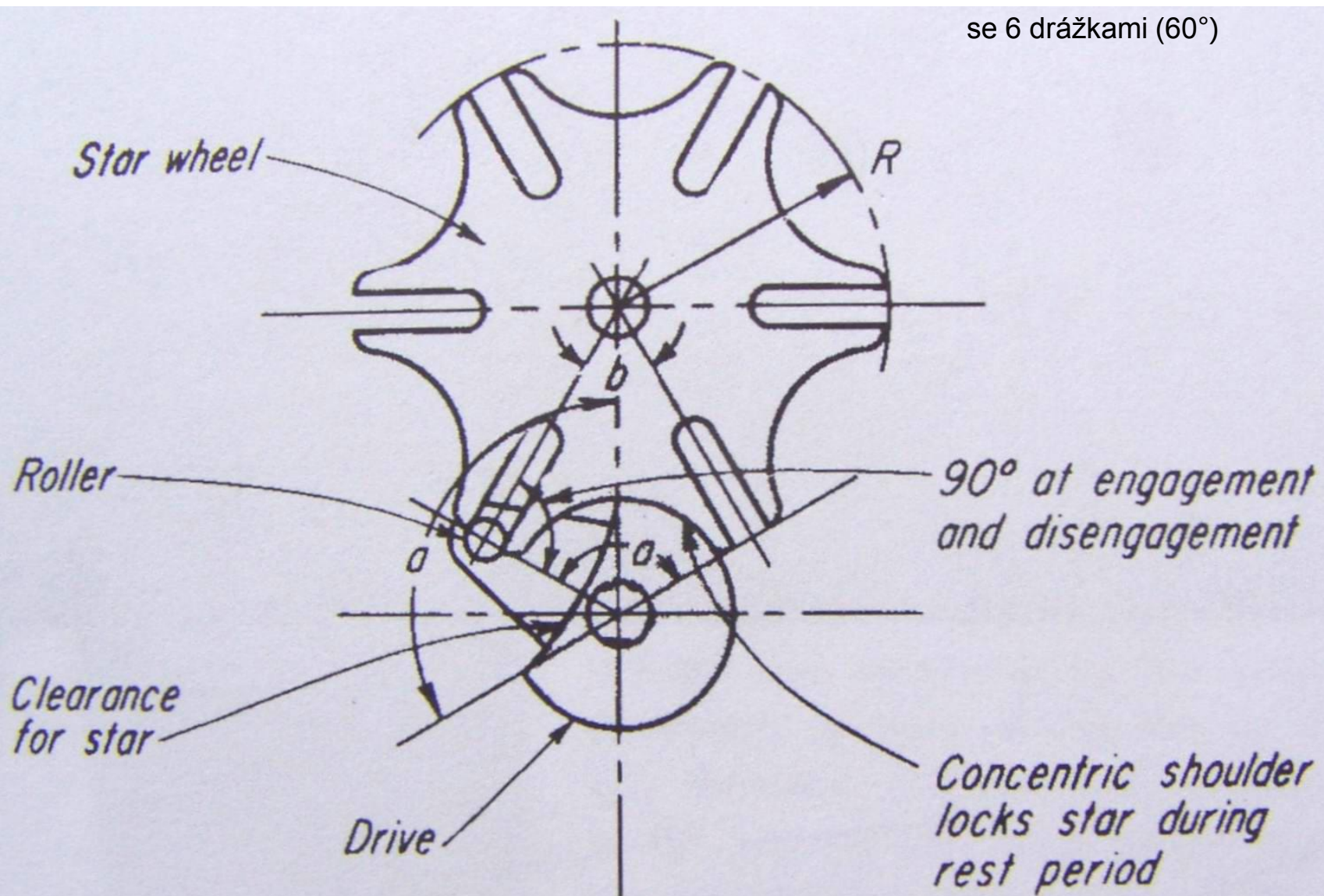
Západka koná rovinný pohyb jako těhlice čtyřkloubového mechanismu



Maltézský mechanismus



Maltézský mechanismus



hodinový stroj s kyvadlem

