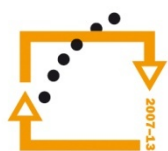




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno,  
Sokolská 1

**Šablona:** Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**Název:** Kontrola a měření strojních zařízení

**Téma:** Metody vyvažování

**Autor:** Ing. Smolek Jan

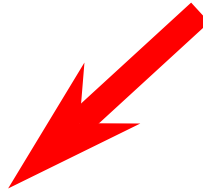
**Číslo:** VY\_32\_INOVACE\_24-07

**Anotace:** Prezentace slouží jako podpora k výkladu o podstatě a způsobech zjišťování nevyváženosti rotujících částí strojů.

DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů středních průmyslových škol strojnických.

Materiál byl vytvořen v srpnu 2013.

## Údaje na výkrese:

- Hmotnost rotoru [kg]
  - Provozní otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]
  - Způsob vyvážení
    - v jedné rovině (gravitačně x za rotace)
    - ve dvou rovinách
    - atd.
  - umístění vyvažovacích rovin
  - umístění kontrolních rovin
  - úložná místa na vyvažovacím stroji
  - velikosti přípustných nevyvážků [g.cm]
  - přidávání (ubírání) nevyvážků
  - (kritické otáčky) [ $\text{min}^{-1}$ ]
  - (vyvažovací otáčky) [ $\text{min}^{-1}$ ]
  - aj.
- 

## Metody vyvažování:

- **Vyvažování statické**
  - na lyžinách
  - na kotoučích
  - na vyvažovací váze
  - za rotace na vyvažovacích strojích
- **Vyvažování dynamické na vyvažovacích strojích**
- **Příklady:**
  - zjišťování momentu setrvačnosti
    - prstence
    - turbinového kola
  - rozdělení hmot ojnice
  - vyvažování klikového hřídele

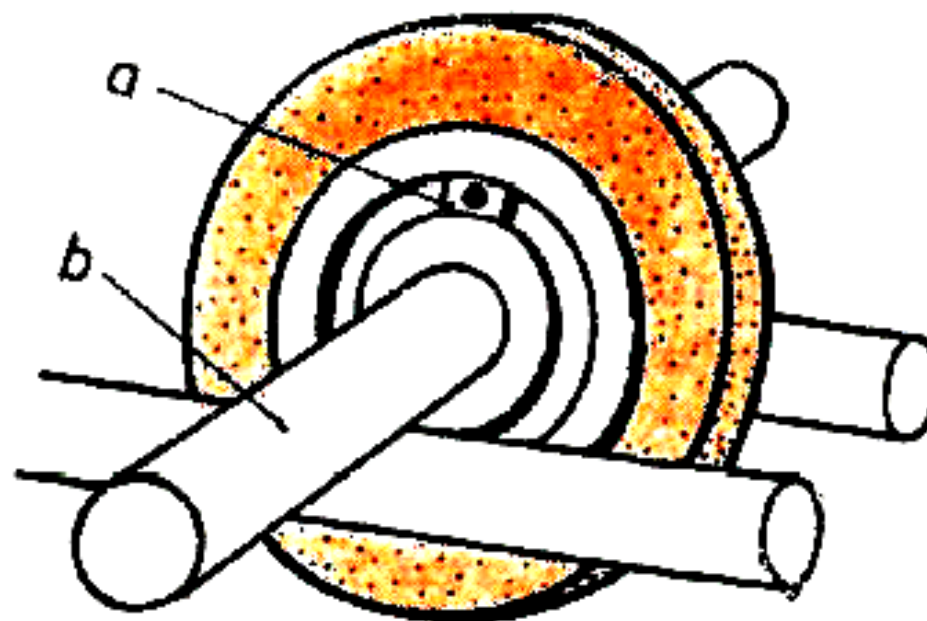
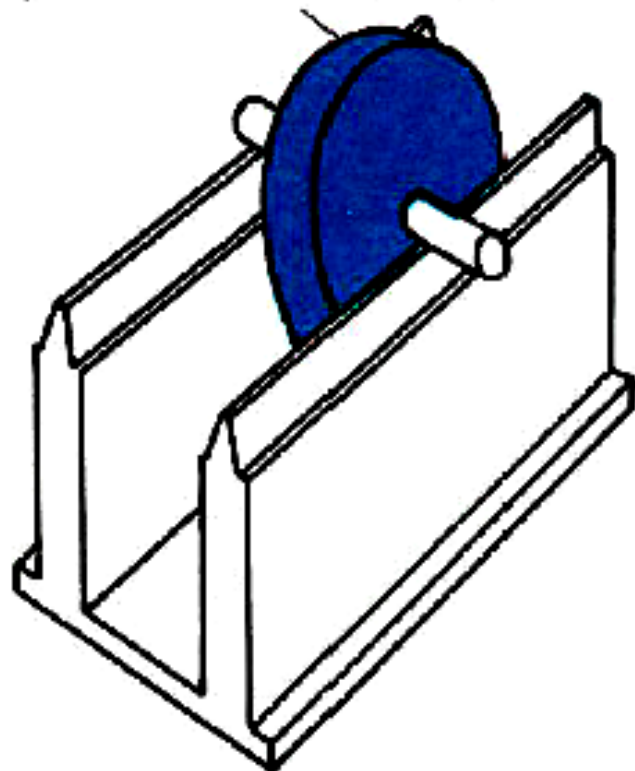
Tab. 4

Název podniku	VYVAŽOVACÍ LIST č. . . . Číslo zakázky . . . . .	Číslo výkresu		
		Vyr. č. rotoru		
Konstrukce	Údaj	Značka veličiny	Rozměr	
	hmotnost rotoru	$M$	kg	
	provozní otáčky	$n$	min <sup>-1</sup>	
	vyvažovací otáčky	$n_b$		
	kritické otáčky	$n_k$		
	maximální průměru rotoru	$D$	mm	
	průměry ložiskových čepů nebo průměry vnějších kroužků valivých ložisek ( $i = 1, 2, \dots$ )	$d_i$		
	vzdálenost ložiskových podpor	$L$		
	vzdálenost vyvažovacích rovin	$l_b$		
	vzdálenost kontrolních rovin	$l_c$		
	poloměr vývažků (nevývažků)	$r_u$		
	vzdálenosti kontrolních rovin 1, 2 od ložiskové podpory $a$	$z_1, z_2$		
	vzdálenost těžiště $S$ od ložiskové podpory $a$	$z_s$		
	přípustný měrný nevývažek	$\varepsilon_p$		$\mu\text{m}$
	přípustný nevývažek v 1. kontrolní rovině	$U_{p1}$		g · mm
	přípustný nevývažek ve 2. kontrolní rovině	$U_{p2}$		
	zbytkový nevývažek v 1. kontrolní rovině	$U_1$		
zbytkový nevývažek v 2. kontrolní rovině	$U_2$			
Technologie konstrukce	vyvažovací stroj (typ):			
	uložení rotoru – mezi stojany, letno			
	vyvažovací tm č.			
	kloubový hřídel č.			

## Vyvažovací list:

## Lyžiny na statické vyvažování:

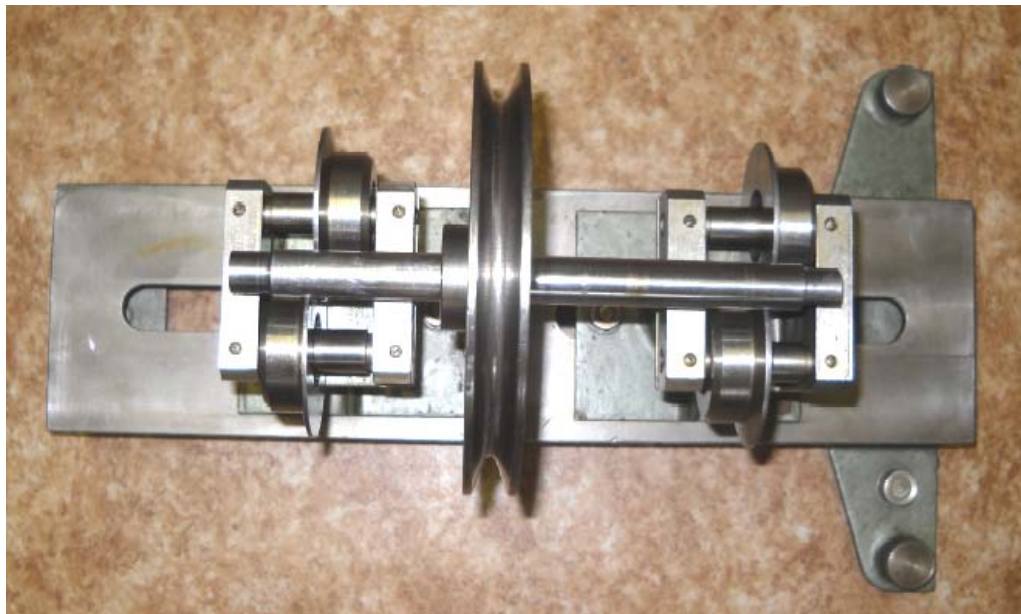
vyvažovaná součást



## Lyžiny na statické vyvažování:

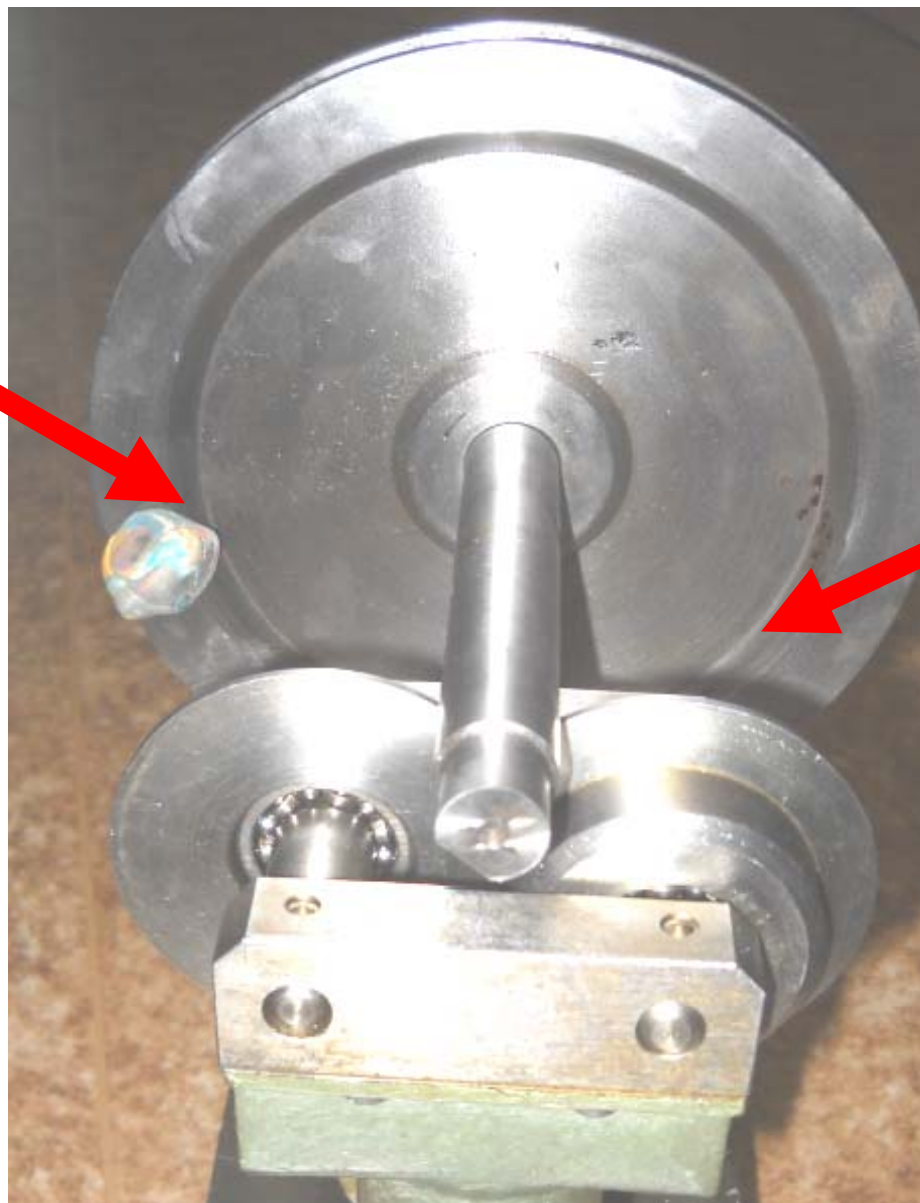


## Přípravek na statické vyvažování s kotouči:



## Statické vyvažování – postup:

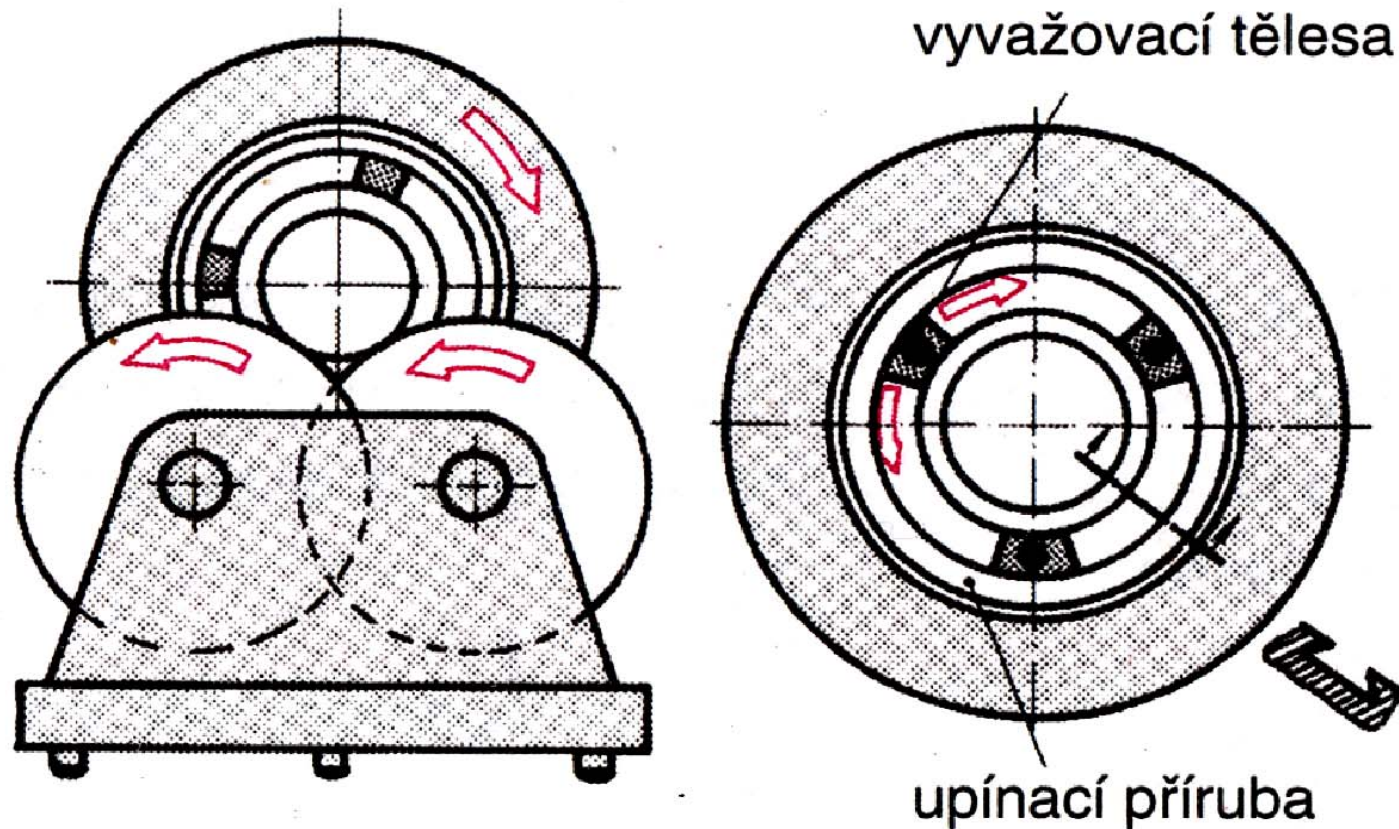
**Přidaná hmota  
(plastelína)**



**Těžké místo  
(odebrat)**

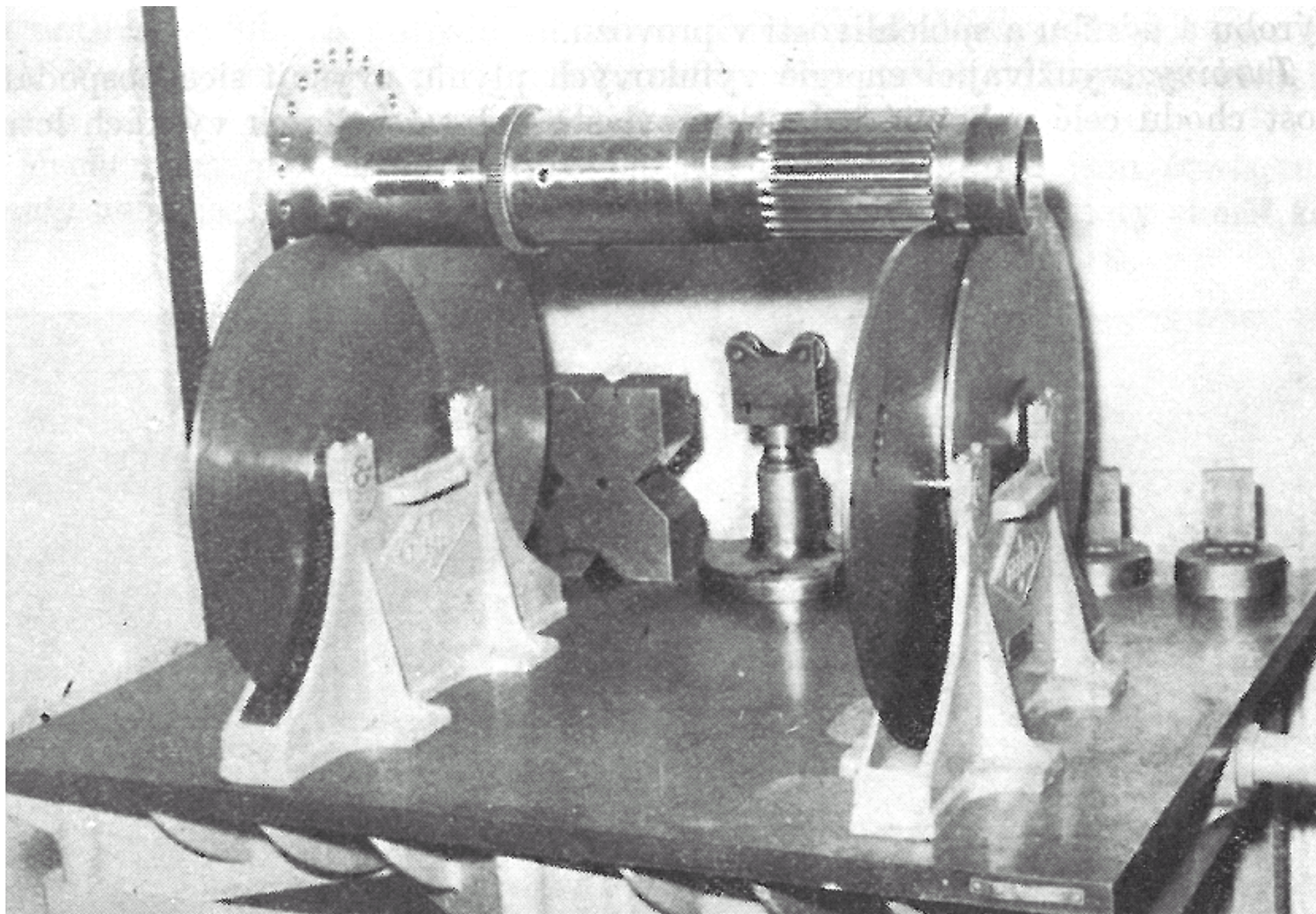


## Vyvažování brusného kotouče: -příklad

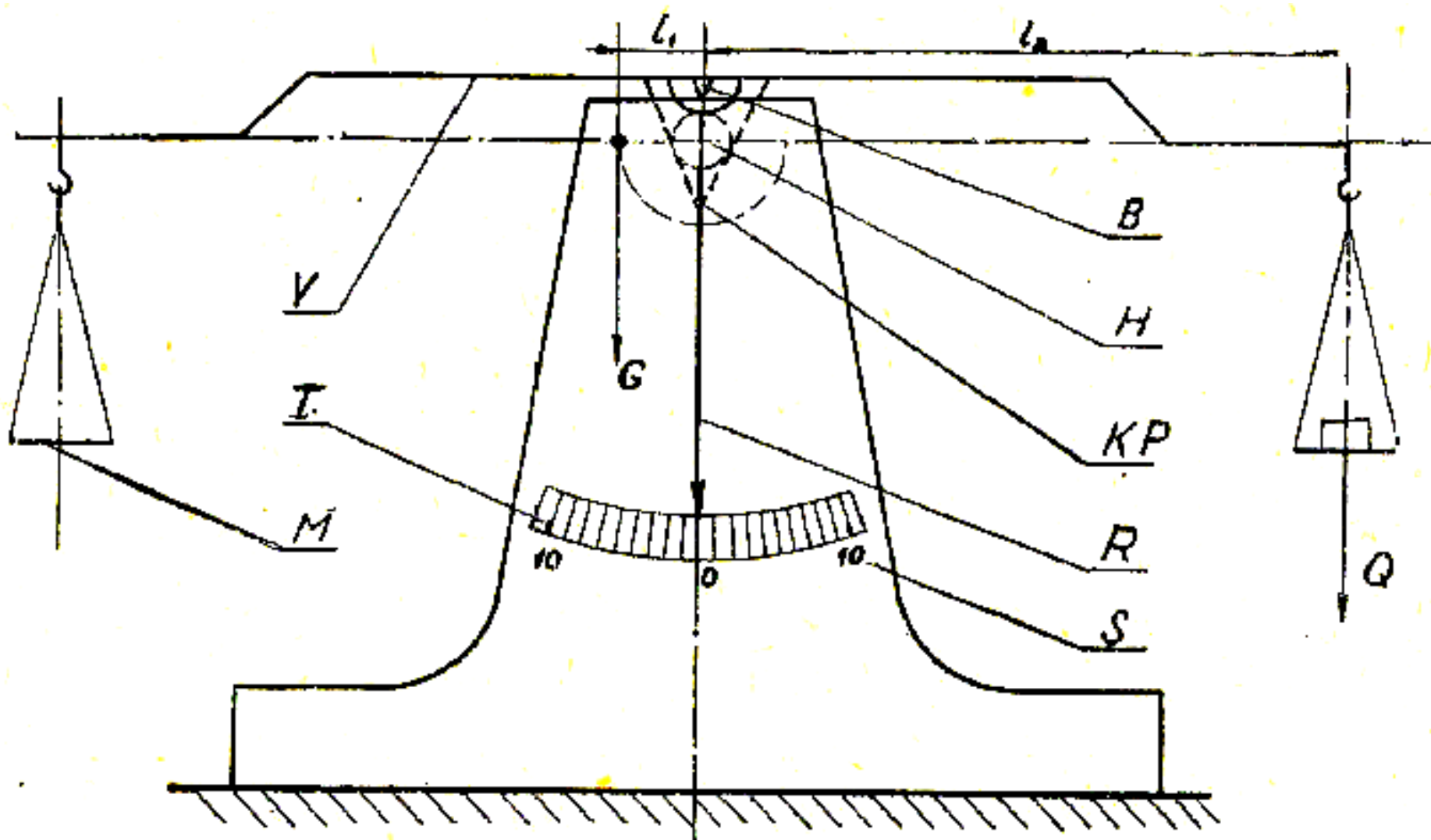


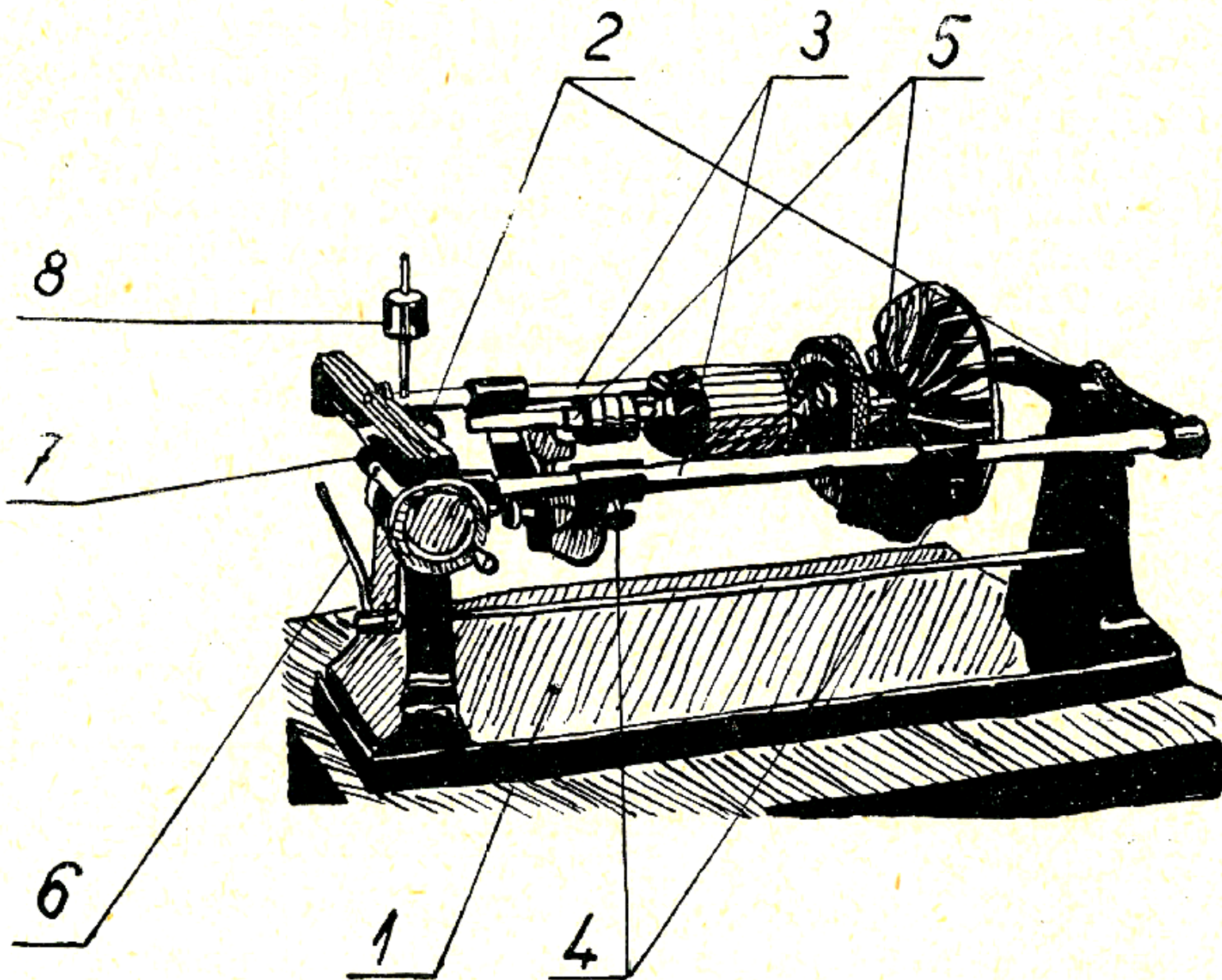
**2 Statické vyvážení brusného kotouče na vyvažovacím přípravku**  
Stávající nevyváženost se odstraní přestavením vyvažovacích těles

## Kontrola statického vyvážení vrtulového hřídele:



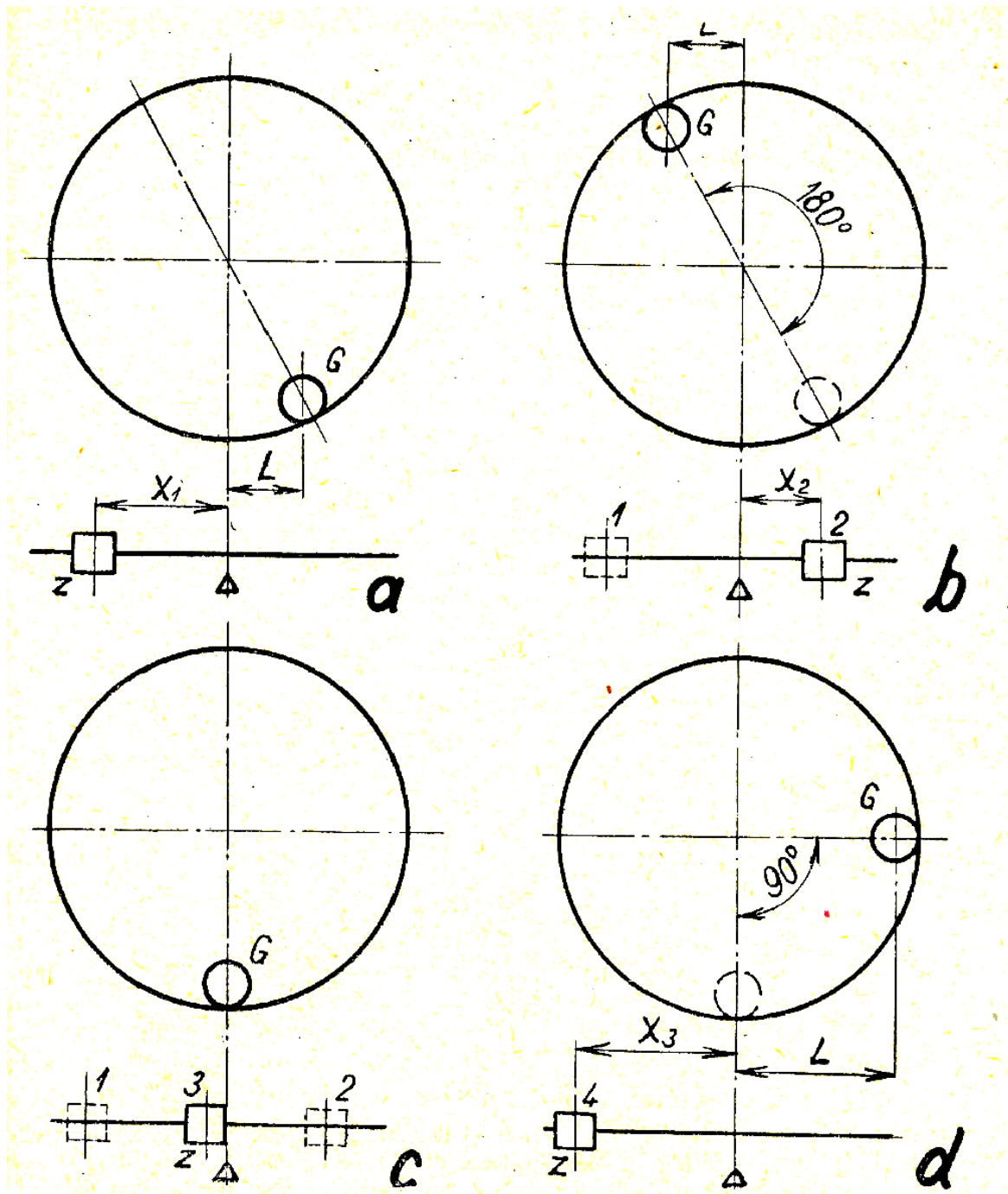
## Vyvažovací váha na hřídele:



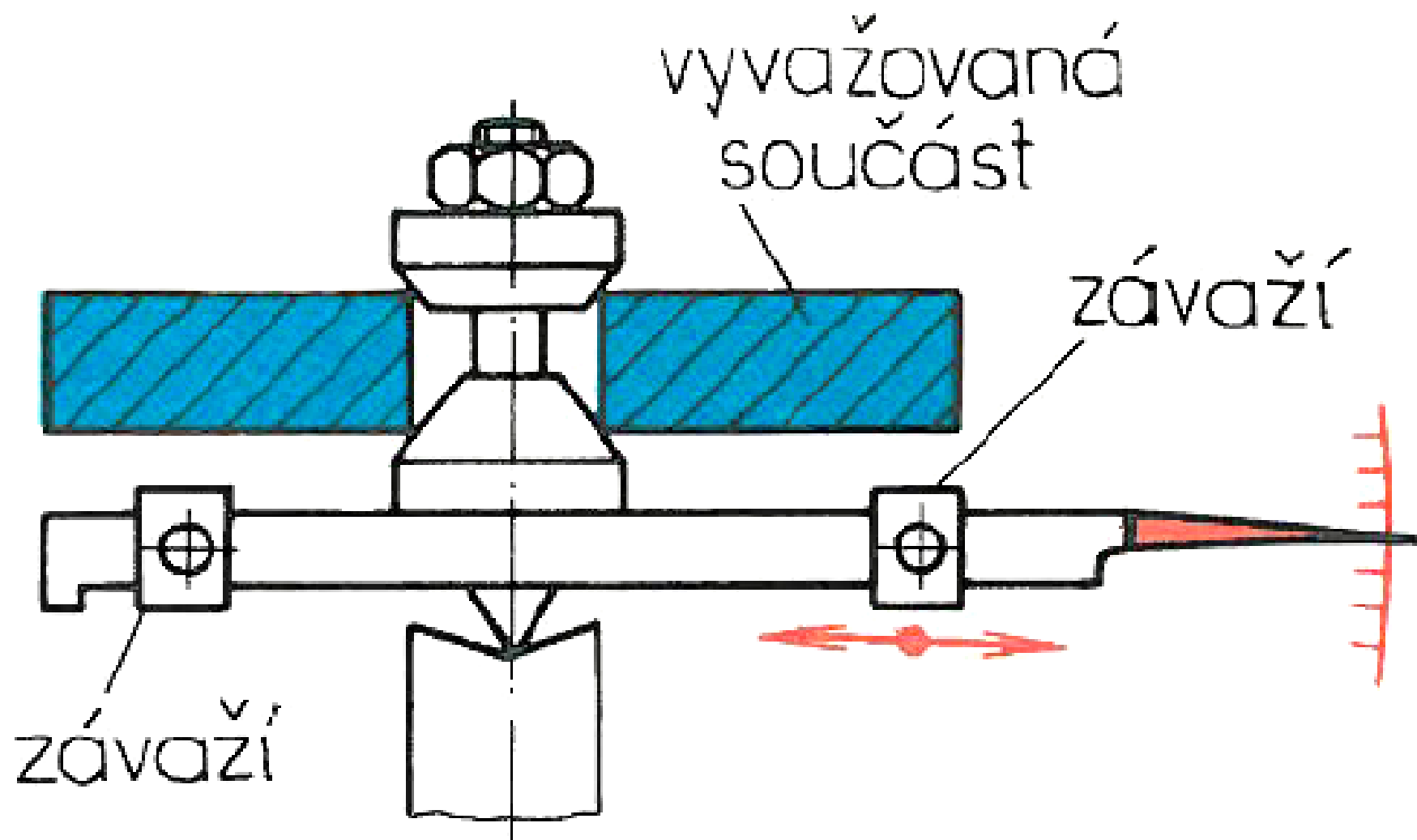


**Vyvažovací váha na hřídele:**

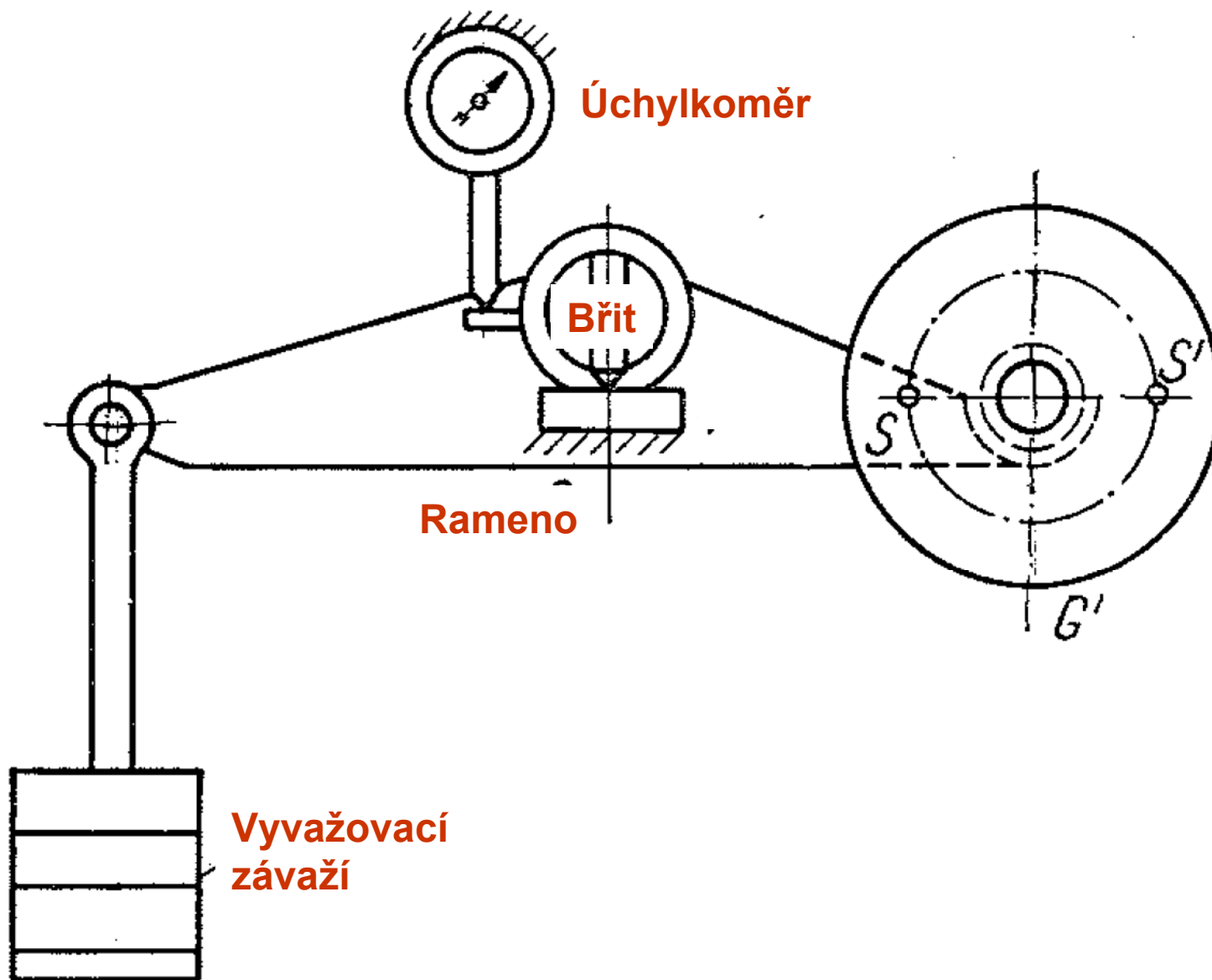
## Postup při vyvažování na váze:



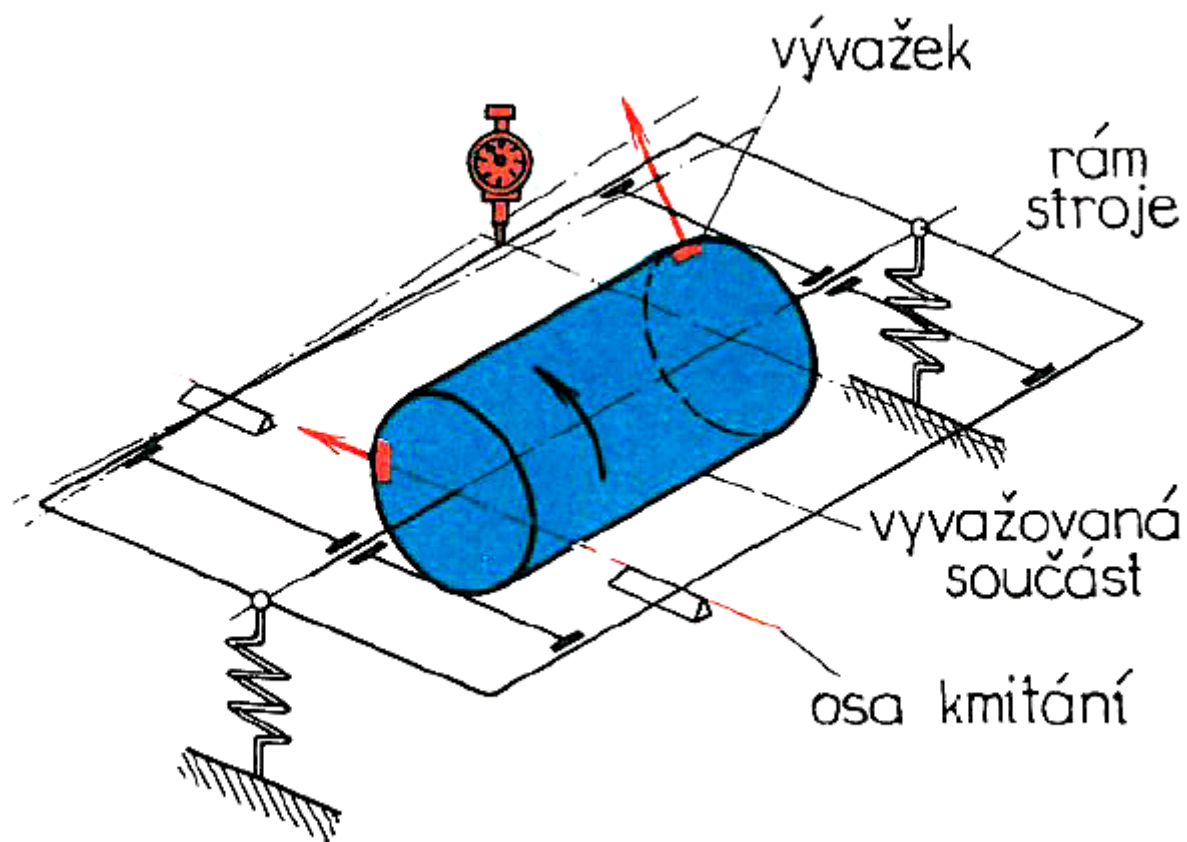
## Vyvažovací váha na kotoučové součásti:



## Váha pro statické vyvažování:

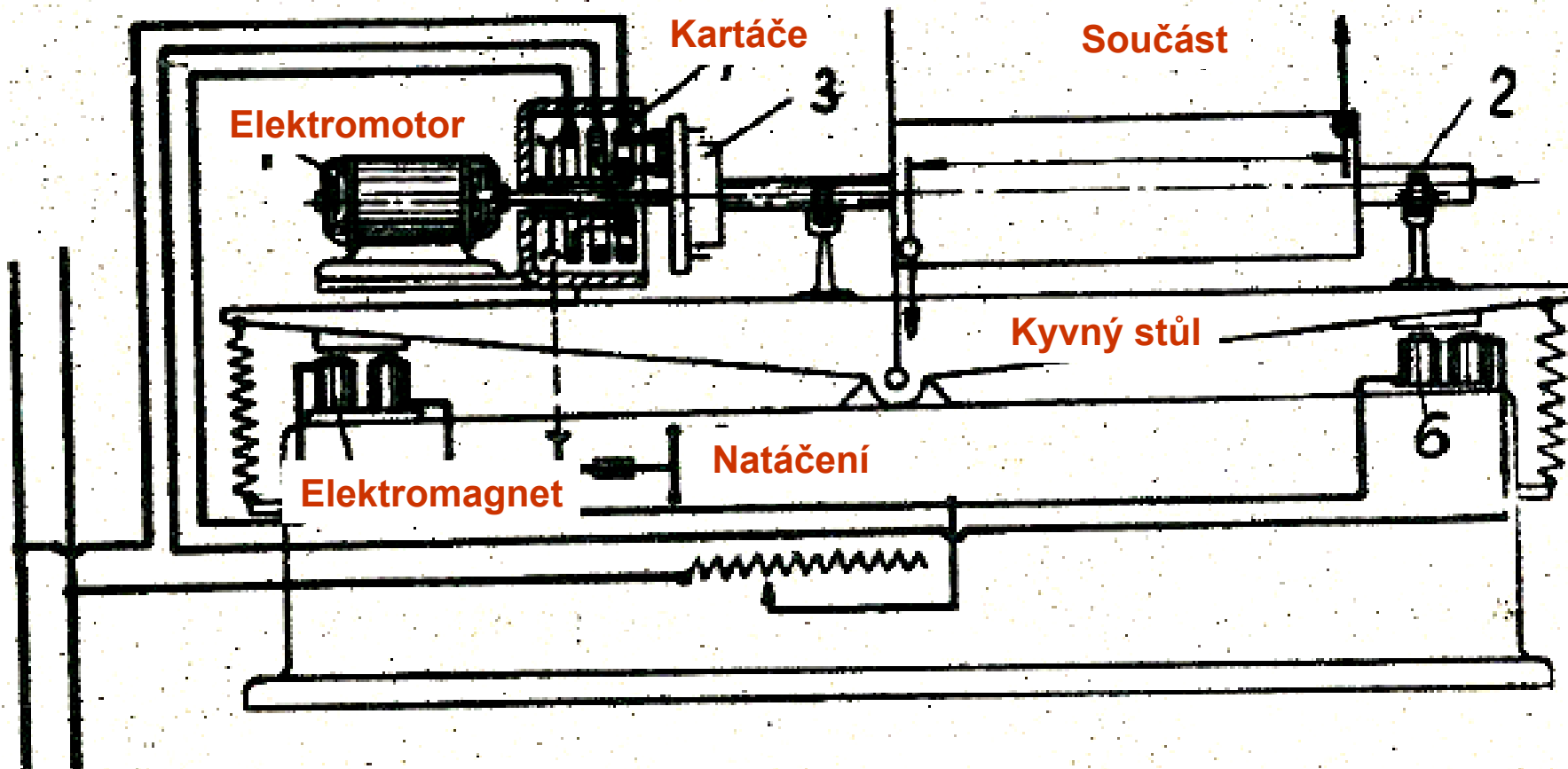


## Rezonanční vyvažovací stroj s pružně uloženým rámem:

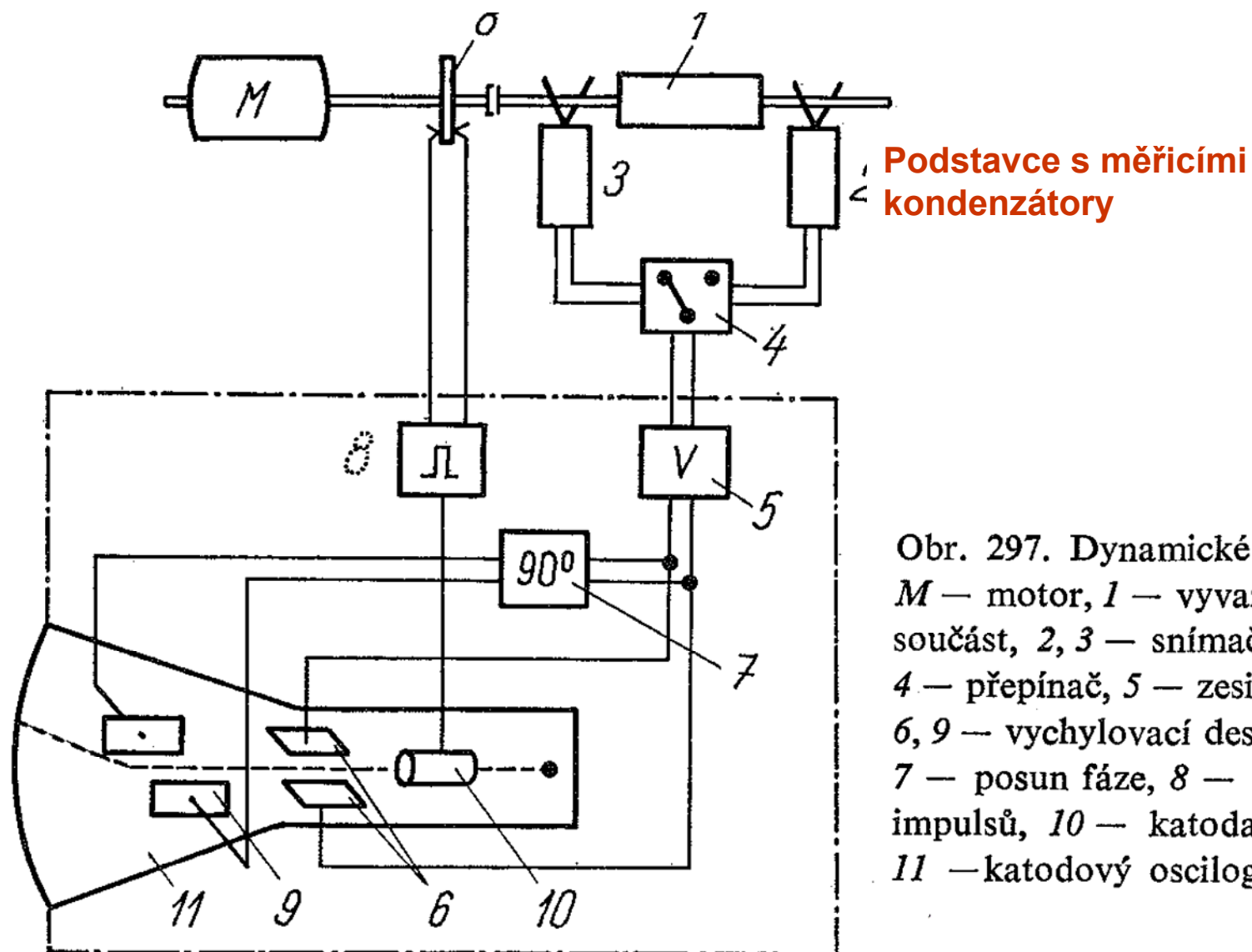




## Elektromagnetický vyvažovací stroj:

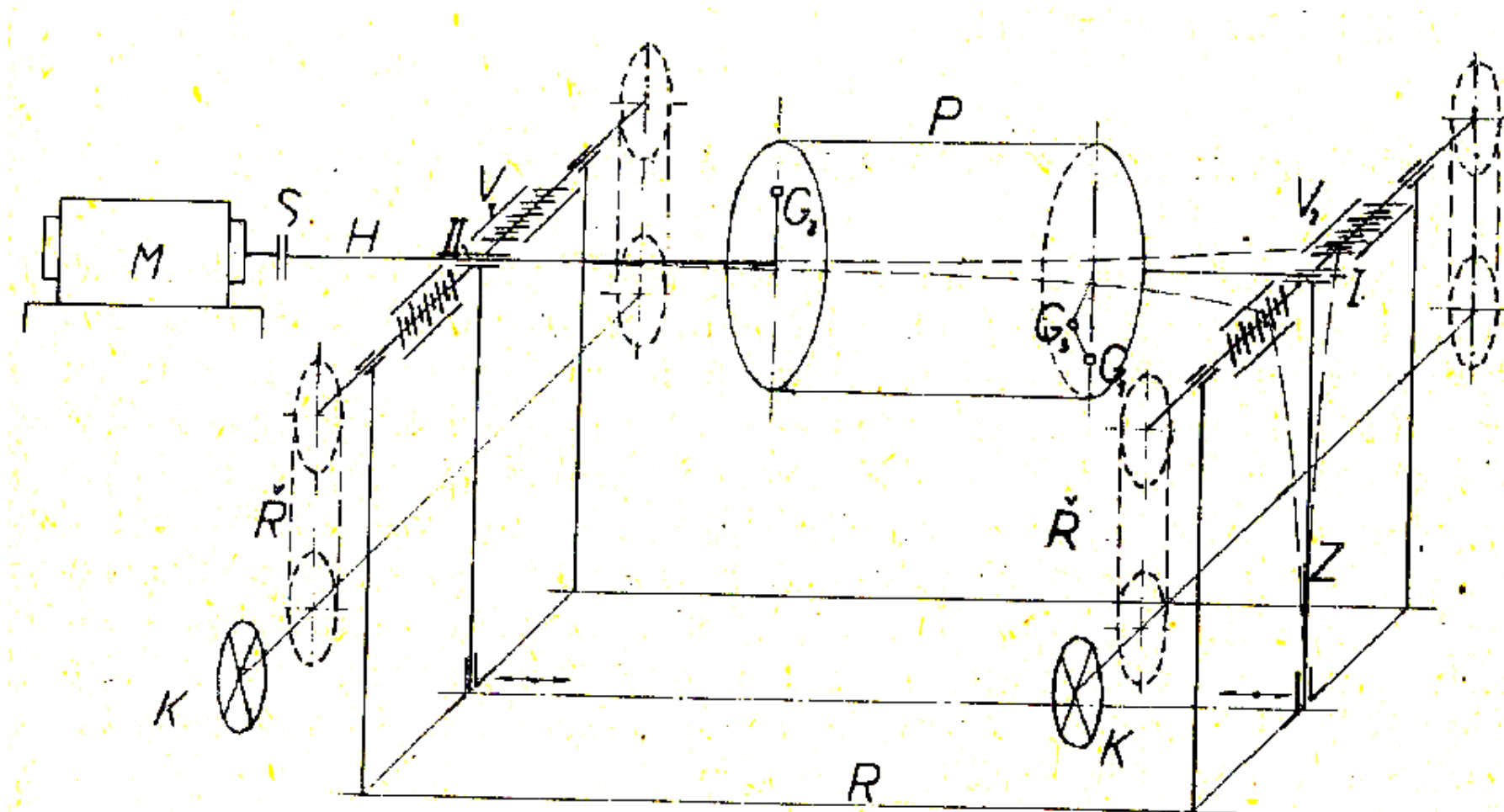


## Vyvažovací stroj (AM 10):

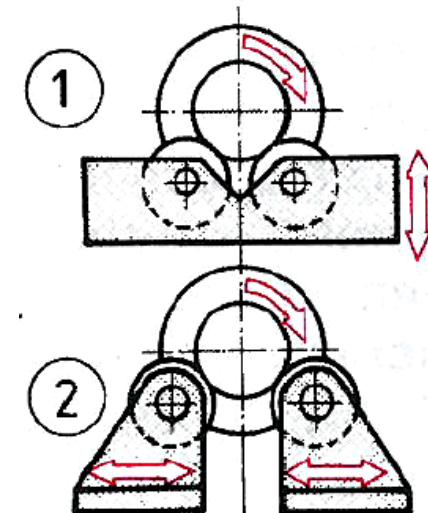
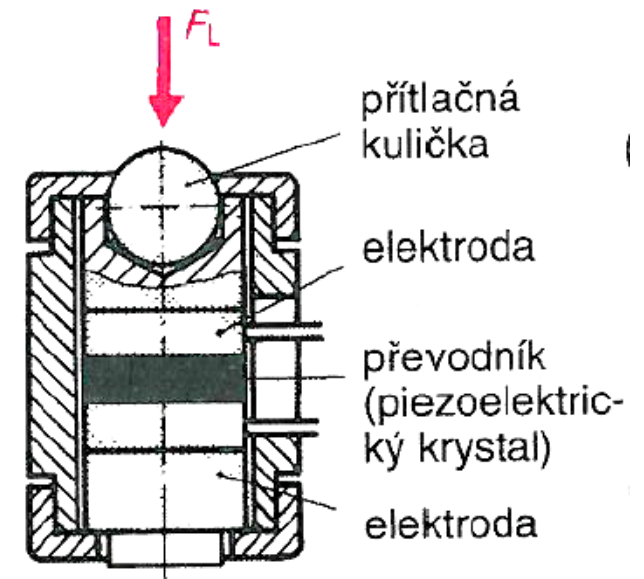
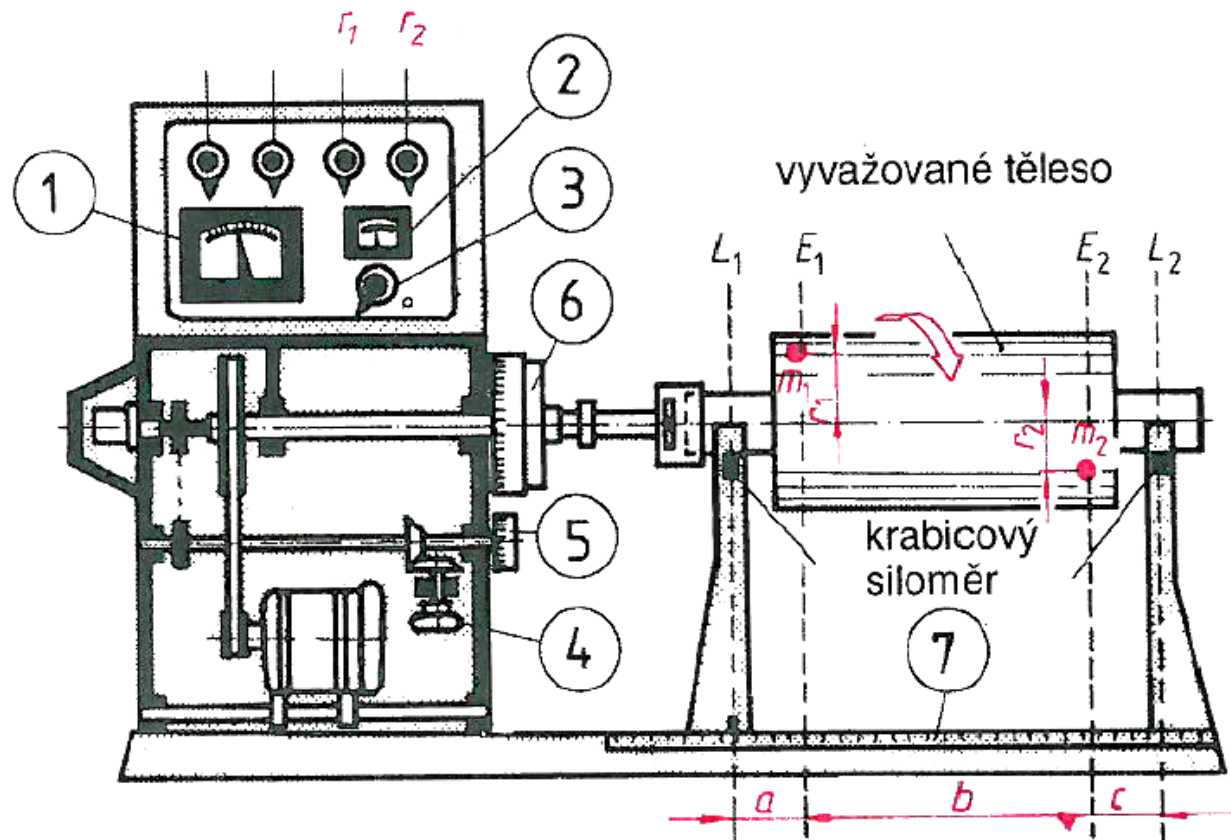


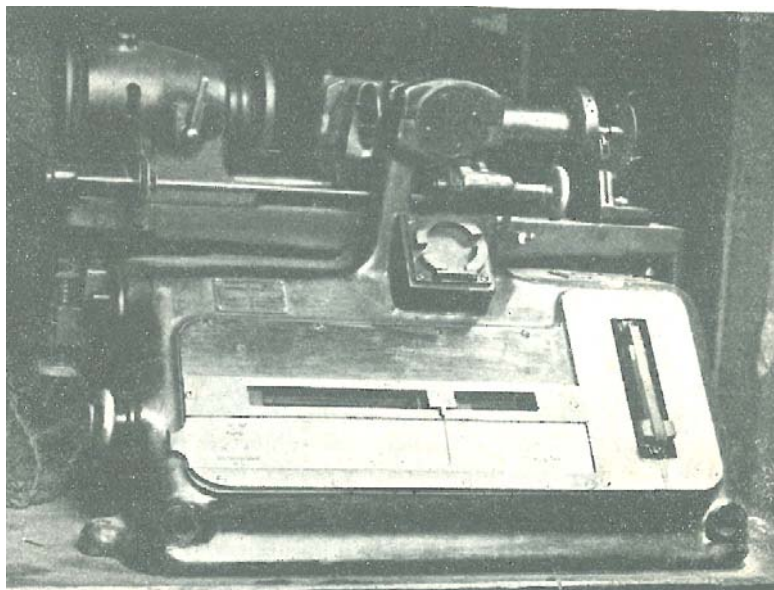
Obr. 297. Dynamické vyvažování  
*M* – motor, *1* – vyvažovaná součást, *2, 3* – snímače kmitů, *4* – přepínač, *5* – zesilovač, *6, 9* – vychylovací destičky, *7* – posun fáze, *8* – vysílač impulsů, *10* – katoda, *11* – katodový oscilograf

# Dynamické vyvažování:

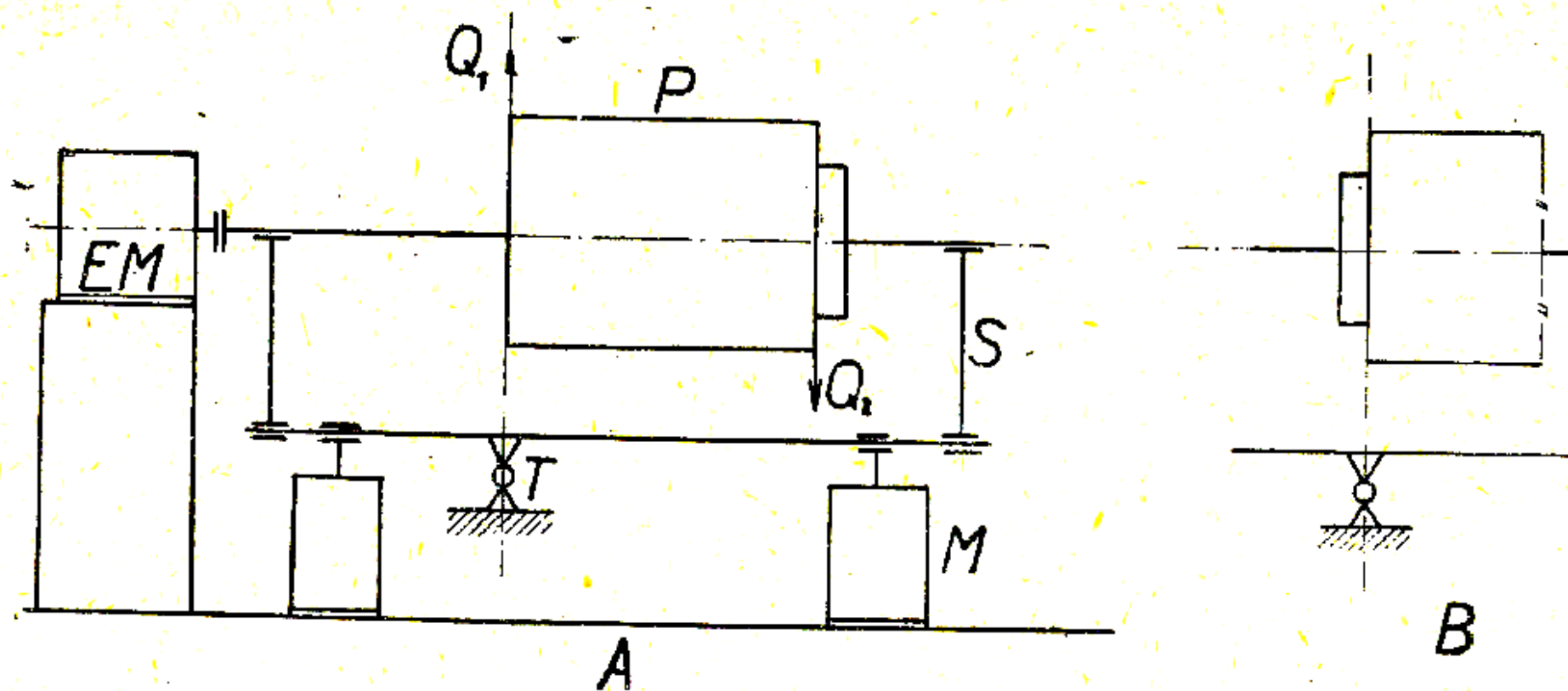


# Vyvažovací stroj:





## Univerzální vyvažovací stroj:

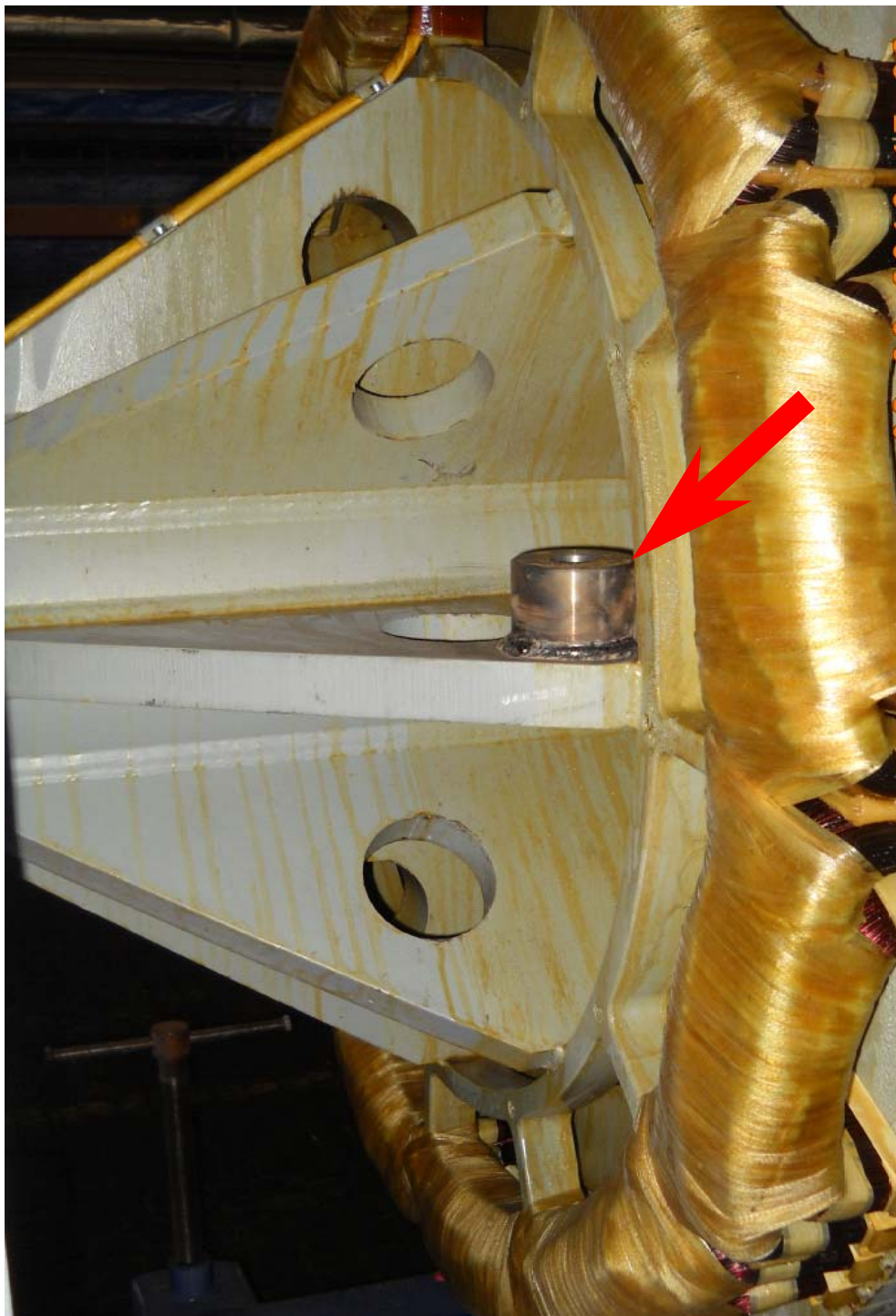


## Odebrání hmoty: (rotor motoru aut. pračky)



## Přídavek hmoty: (Oběžné kolo ventilátoru)





**Přídavek hmoty:**  
(Rotor elektrického  
točivého stroje)

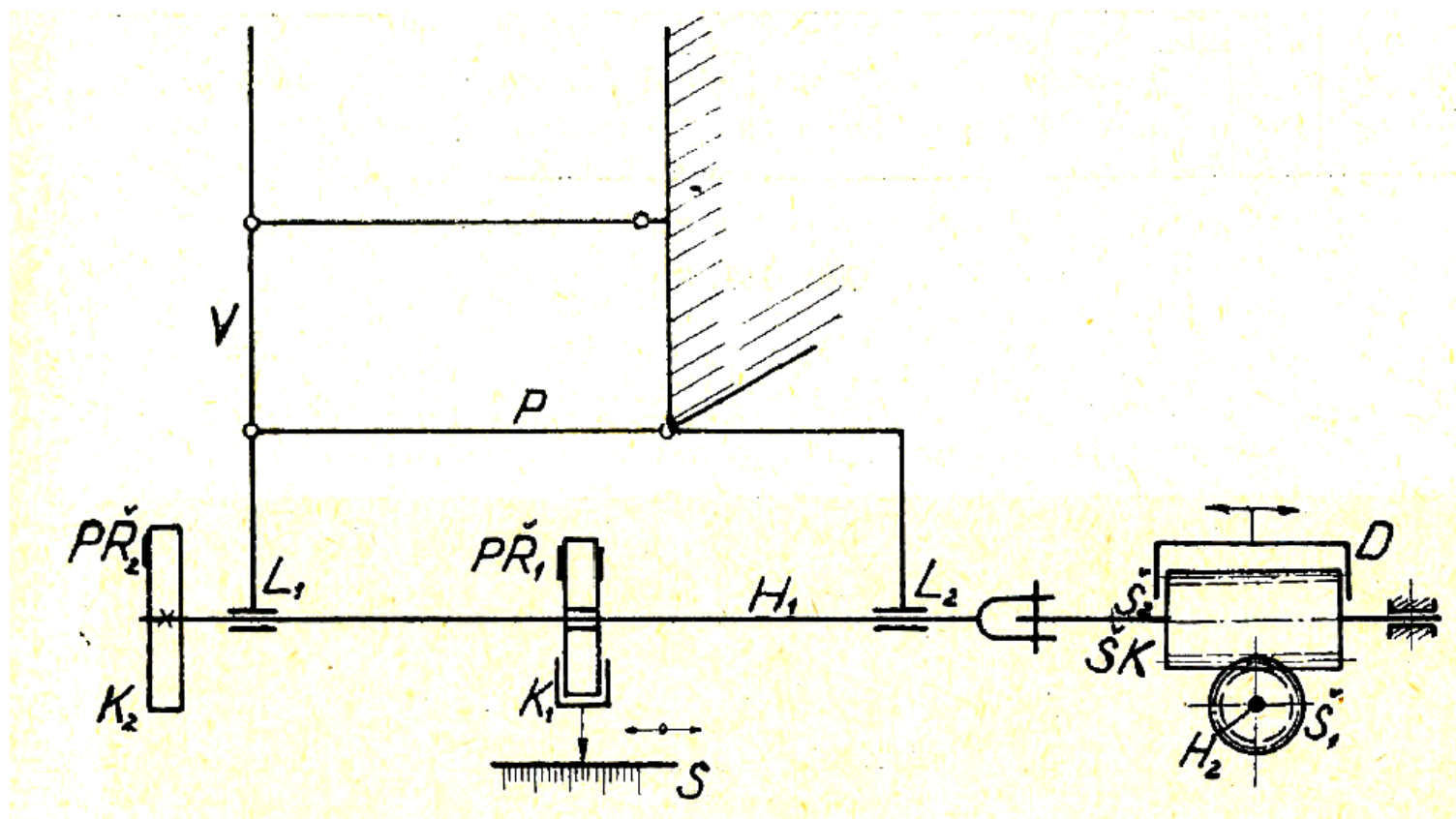


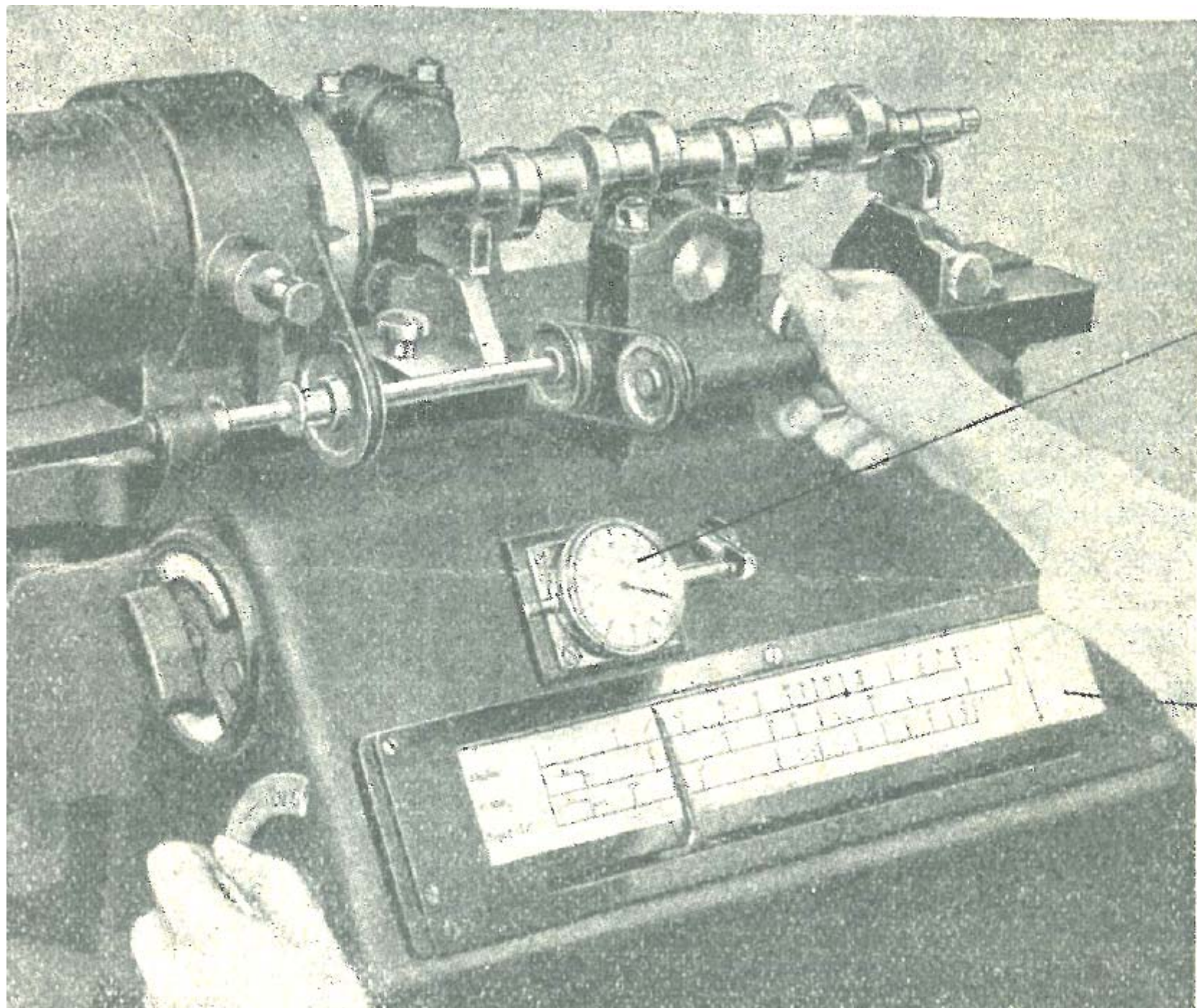


**Přídavek hmoty:**  
(Rotor elektrického točivého stroje)



**Podzemní vyvažovačka:**





7

5

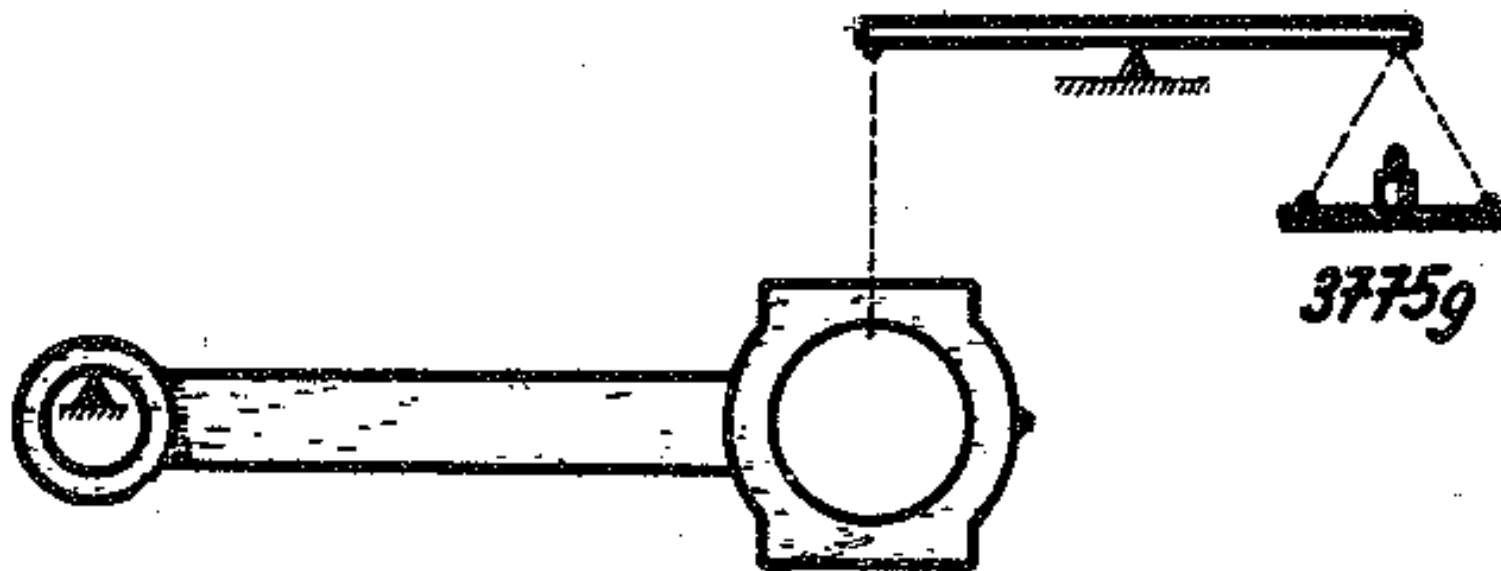
## Nízkotáčkové vyvažování rotorů (turbin) při montáži jednotlivých kotoučů:

Je nutné se vyhnout i vnitřním momentům, které mohou způsobit prohnutí. Tento požadavek je možné též vyjádřit tak, že každá nevyváženost musí se vyrovnat v rovině, v níž vzniká. Toto ovšem není obecně možné, protože není možné s dostatečným přehledem určit polohu jednotlivých nevyvážeností. V jednotlivých případech je to ovšem s určitou přibližností možné, pokládá-li se rotor za soustavu složenou z řady rotujících kotoučů, lopatkových věnců a podobně. Takové rotory je možné vyvážit při nízkých otáčkách přesně a jednoduše tím, že během skládání rotoru se vyvažují postupně, tedy vždy znovu s dalším nasazeným věncem nebo kotoučem a podobně. Přitom se smí přidávat nebo ubírat vyrovnávací závaží pouze v rovině přidaného elementu.

## Nízkootáčkové vyvažování rotorů (turbin) při montáži jednotlivých kotoučů:

Je vždy účelné u jednotlivých kotoučů odstraňovat nevyváženosti přímo na nich před nasazením na hřídel. Mylná je domněnka, že tyto nevyváženosti je možné odstranit lehčeji v jiné rovině a třeba na větším průměru, tedy s menším odebráním hmoty, protože se tím delší části rotoru zatěžují rušivými momenty.

## Rozdělení hmot ojnice: -příklad



## Vyvažování klikového hřídele: -příklad

### 4. Vyvažujeme klikový hřídel.

Hřídel má proti čepu dvě závaží, která mají vyrovnávat odstředivé síly kliky a části ojnice. Poněvadž jde o motor ležatý, vyrovnávají ještě také polovinu váhy pístu a druhé části ojnice. Jde o to zjistit, nejsou-li závaží příliš těžká nebo lehká.

Hřídel položíme na dvě ocelová pravítka, která urovnáme vodorovnou přesně vodorovně. Hřídel se ovšem odvalí závažími dolů. Na kliku jsou závaží příliš těžká. To proto, že mají vyrovnávat nejen odstředivou sílu kliky, ale i části ojnice, která se s klikou bude otáčet. Mimo to také musí ještě vyrovnávat setrvačné síly pístu a druhé části ojnice (na polovinu).

Proto zvážíme píst s těsnicími kroužky a s čepem. Váží 4,25 kg.



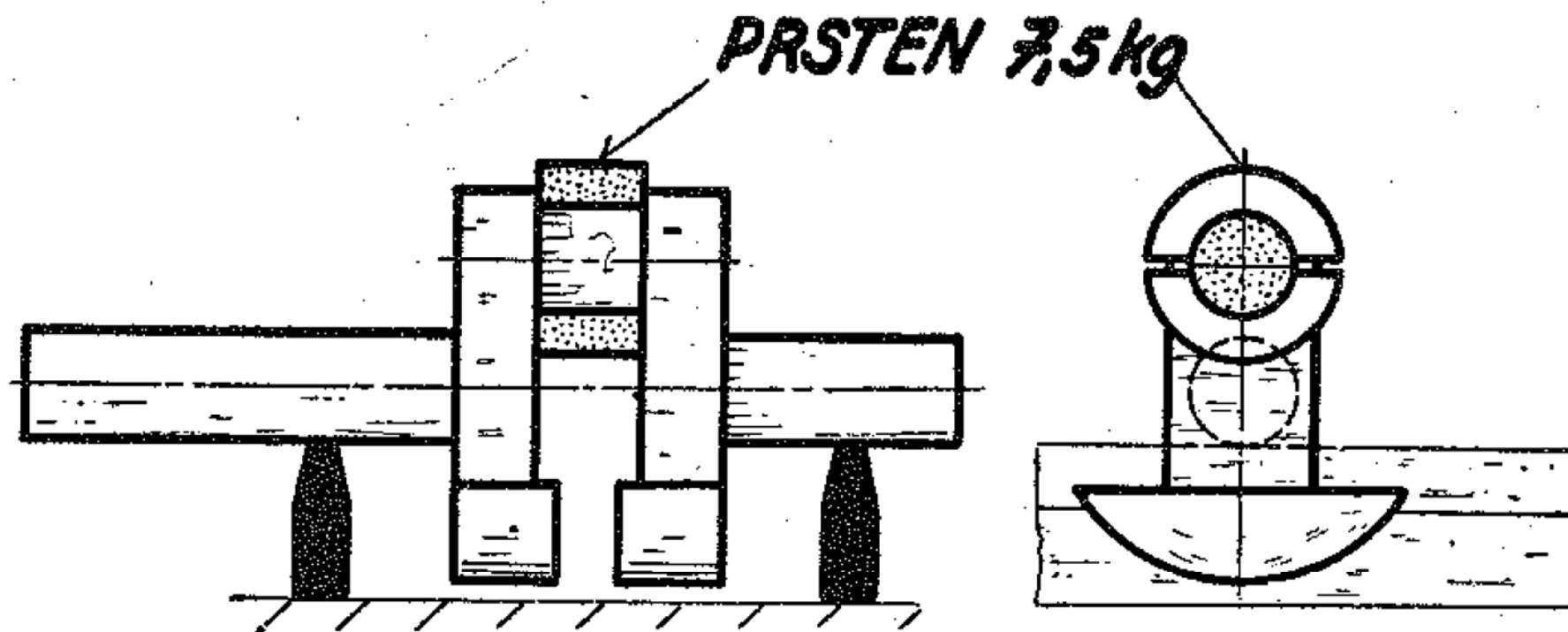
## Vyvažování klikového hřídele: -příklad

Zvážíme také ojnici (6,65 kg). Nyní potřebujeme vědět, jaká část ojnice se otáčí s klikou. Víko se šrouby a s pánvemi váží 1,80 kg. Druhou část ojnicí hlavy s třetinou dřívku zvážíme ve vodě. Váží 2,30 kg. Celkem se tedy otáčí s klikou váha  $(1,80 + 2,30) = 4,10$  kg. Zbytek váhy ojnice  $(6,65 - 4,10) = 2,55$  kg se pohybuje s pístem.

Závažími se vyvažuje váha 4,10 kg a pak ještě polovina váhy  $(4,25 + 2,55) : 2 = 3,40$  kg. Tedy celkem  $(4,10 + 3,40) = 7,50$  kg. Proto si připravíme dvojdílný prsten vážící 7,5 kg a tento prsten nasadíme na klikový čep hřídele (obr. 167.). Prsten stáhneme tenkým drátem a takto připravený hřídel položíme teprve na pravítka.

Závaží jsou ještě trochu těžká. Převahu vyrovnáme tím, že na kliku přilepíme zatím kousek sklenářského tmelu. Přidaný tmel váží 85 gramů. Proto odvrtáme v každém závaží asi 40 gramů materiálu a hřídel zase přezkoušíme. Je-li hřídel vyvážený, udrží se v každé poloze v rovnováze. Těžiště je přesně v ose hřídele. Hřídel je staticky vyvážen.

## Vyvažování klikového hřídele: -příklad



## „Interaktivní prvky“:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;
- V průběhu výkladu si pečlivě poznamenávejte klíčové informace;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor správně formulujte argumenty;

- 1. Jaké vlivy má nevyváženost rotujících částí stroje?*
- 2. Jak se dá stanovit jednoduchým dílenským postupem poloha nevyvážku?*
- 3. Uveďte rozdíly mezi statickou a dynamickou nevyvážeností!*
- 4. Jakým opatřením se vyrovnává nevyváženost?*

## Použitá literatura:

- **ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření.* SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.**
- **ČSN 01 14 10. UNM, PRAHA 1986.**
- **ČSN ISO 1940-2. CNI: PRAHA 1999.**
- **ČSN ISO 11342. CNI: PRAHA 1998.**
- **FRISCHHERZ A., SKOP P., KNOUREK J. *Technologie zpracování kovů.* Praha: Wahlberg, 1993. ISBN 80-901657-2-9.**
- **CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení.* Praha: STNL 1961.**
- **MARTINÁK, M. *Kontrola a měření.* Praha: STNL 1989.**
- **ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření.* Praha: STNL 1982.**
- **ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní.* Praha: STNL 1970.**
- **VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství.* Praha: SNTL, 1967.**
- **VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania.* Bratislava: Alfa, 1978**