

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

**Katedra aplikovanej a
environmentálnej
geofyziky**

RNDr. Kamil Rozimant, PhD

G-341, kl.364



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

JEDNOTKY

Tiažové zrýchlenie:

SI

$$1 \text{ m.s}^{-2} / 1 \text{ } \mu\text{m.s}^{-2} = 10^{-6} \text{ m.s}^{-2}$$

$$1 \text{ } \mu\text{m.s}^{-2} = 0,1 \text{ mGal}$$

CGS

$$1 \text{ Gal} / 1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ m.s}^{-2}$$

$$1 \text{ mGal} = 10 \text{ } \mu\text{m.s}^{-2}$$

•Hustota:

SI

$$1 \text{ kg.m}^{-3} / 1 \text{ kg.dm}^{-3} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$1 \text{ kg.dm}^{-3} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$$

CGS

$$1 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$1 \text{ g.cm}^{-3} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

ROZDELENIE

Podľa miesta merania:

- Pozemné
- Letecké
- Morské (na hladine, v konštantnej hĺbke a na dne)
- Vrtné
- (Banské)

Podľa presnosti a oblasti použitia:

- Štandardné (prospekčné)
- Geodetické
-

Podľa typu merania:

- Absolútne
- Relatívne

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

ROZDELENIE

Podľa meracieho systému:

Absolútne

- Kyvadlové
- Balistické

Relatívne

- Kyvadlové
- Strunové
- Statické

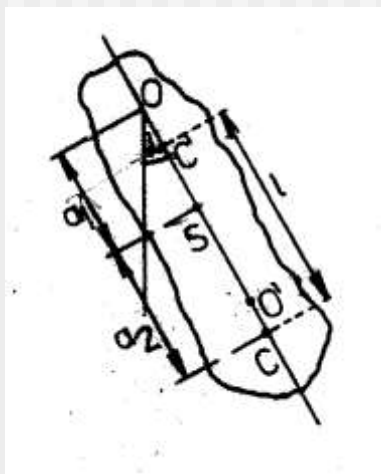
Statické

- 1.plynné
- 2.kvapalinové
- 3.mechanické

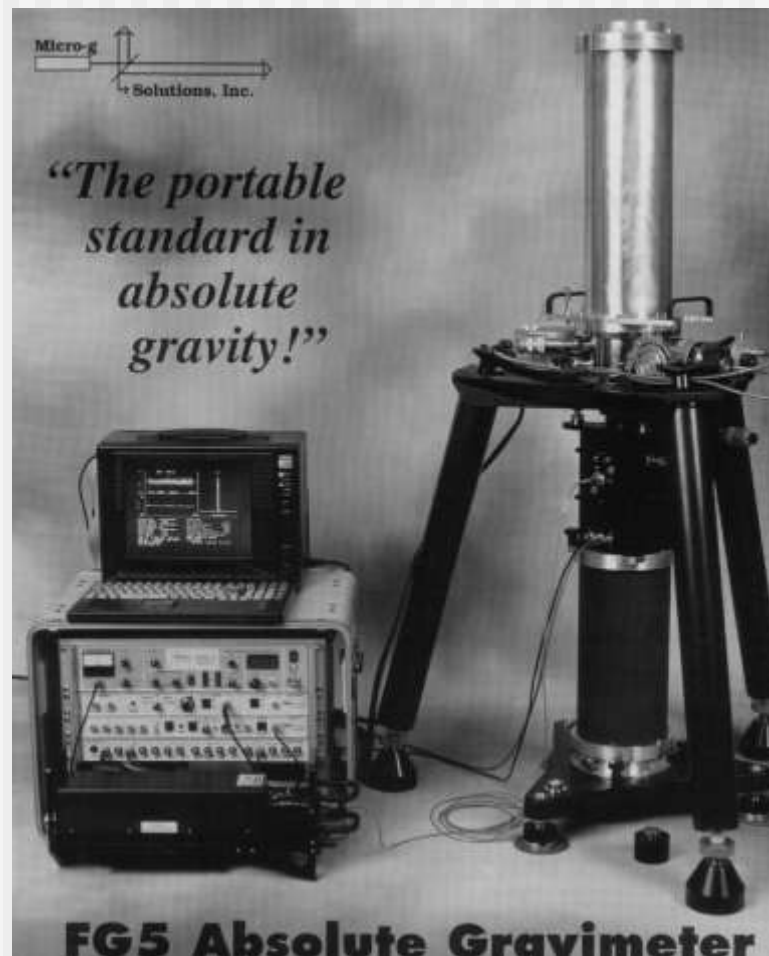
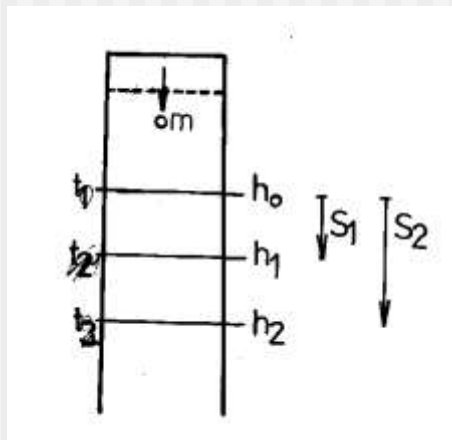
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

ABSOLÚTNE

Kyvadlové (meria sa doba kyvu)



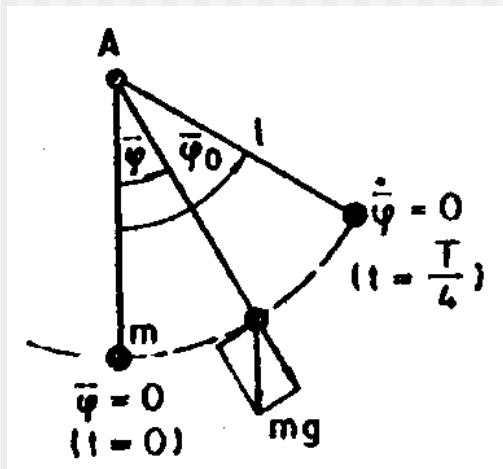
Balistické (meria sa doba voľného pádu alebo zvislého vrhu)



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

❖ Kyvadlové



❖ Strunové (meria sa posun)

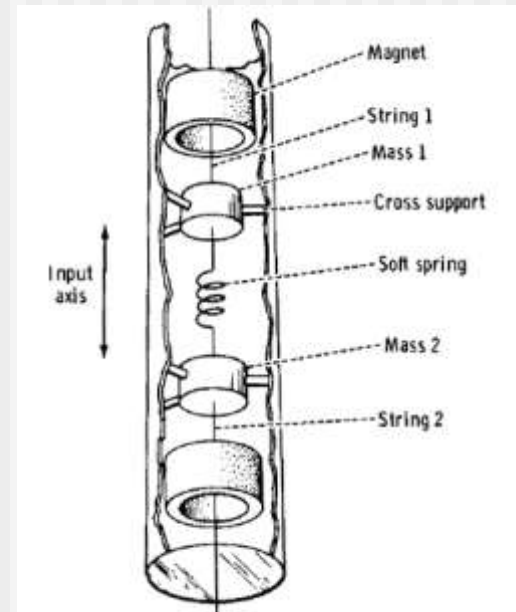


FIGURE 13-2.--Schematic view of double-stringed VSA.

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

ROZDELENIE

Statické gravimetre mechanické

(využívajú deformáciu pružín a torzných vlákien, meria sa kompenzačným spôsobom – výchylka sa prídavnou silou vynuluje)

Merací systém rozlišujeme ešte:

podľa citlivosti

neastazovaný

astazovaný

podľa typu pohybu hmotnosti

posuvný

rotačný

podľa použitého materiálu

kremenný

kovový

podľa typu kompenzácie výchylky

mechanicky

elektronicky

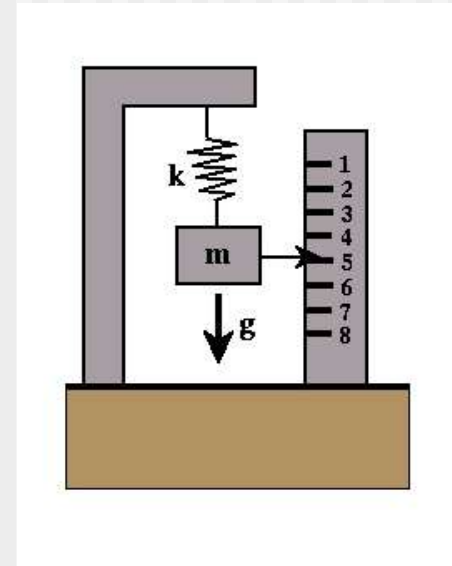
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

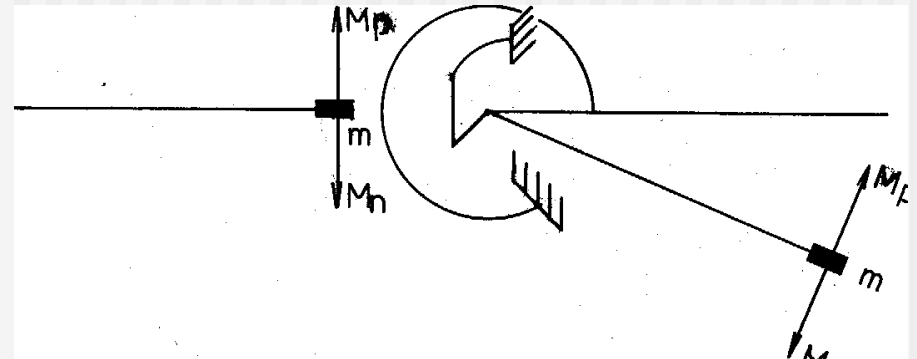
Statické gravimetre:

(meracia hmotnosť resp vahadlo sa udržiava v rovnovážnej - nulovej polohe)

❖ systém posuvný



❖ systém rotačný



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

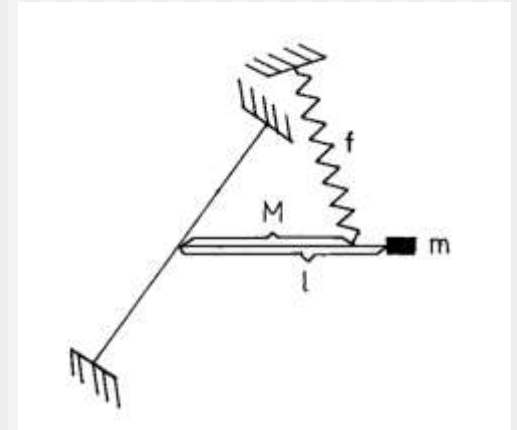
Rovnováha meracieho systému

Moment hmotnosti = momentu pružín.

U rotačného systému platí:

$$dg \, m \, l = f \, r \, dp$$

f – tvrdosť pružiny, dp – zmena dĺžky pružiny



$$dp = s \, dn$$

s – krok mikr.skrutky, dn – počet otáčok

$$dg = (f \, r \, s / m \, l) \, dn = k \, dn$$

k – konštanta gravimetra

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

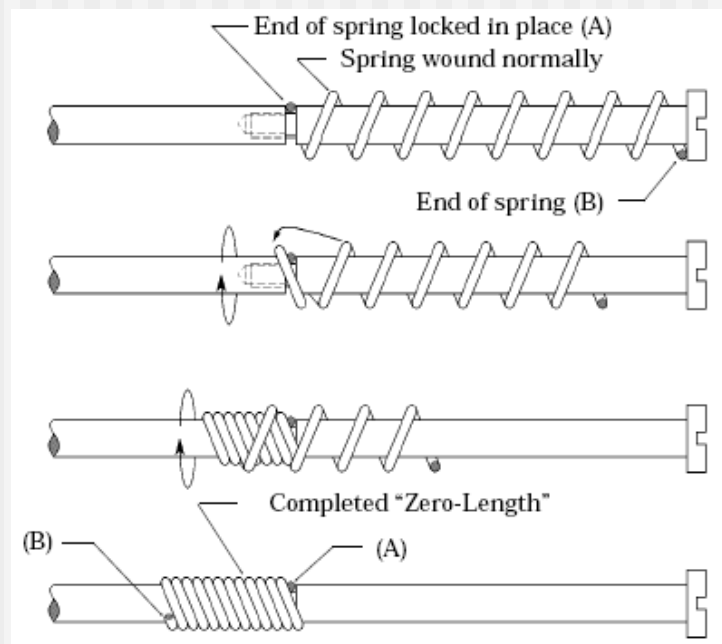
RELATÍVNE

Pružina nulovej dĺžky

V gravimetroch sa používa špeciálny typ pružiny zostrojiteľný viacerými spôsobmi.

1. Pružina má vhodné vlastnosti s dlhodobou stálosťou svojho účinku.

Jedna z možností
zostrojenia tejto pružiny



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

Registrácia a meranie malých deformácií:

Pri kompenzačnom systéme merania u statických gravimetrov sú potrebné základné úkony

- registrácia východiskového stavu
- meranie prírastku deformácie pružného elementu.

Veľkosť celkovej deformácie meracieho systému je u:

- posuvného $0,2 - 1 \mu\text{m} / 10 \mu\text{ms}^{-2}$
- rotačného $1 - 5 \mu\text{m} / 10 \mu\text{ms}^{-2}$
- rotačného astazovaného $20 - 50 \mu\text{m} / 10 \mu\text{ms}^{-2}$

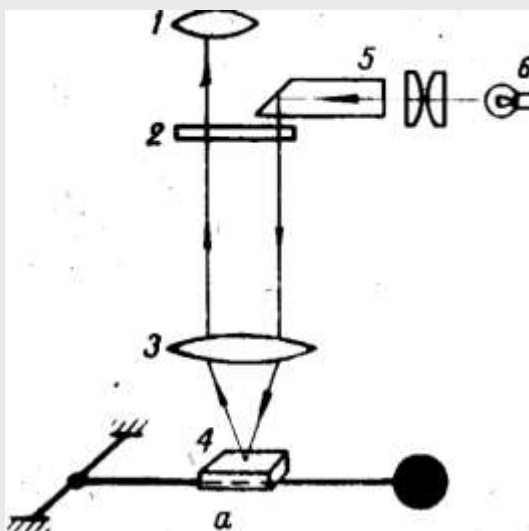
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

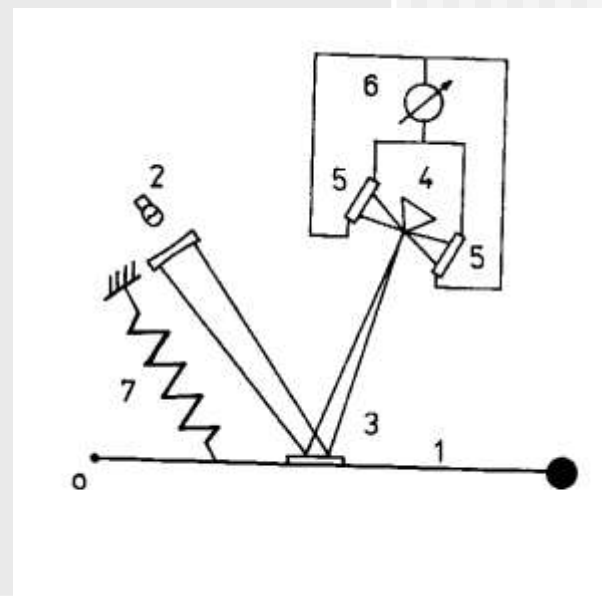
Registrácia a meranie malých deformácií:

Medzi používané registračné systémy patria:

- optický systém



- fotoelektrický systém

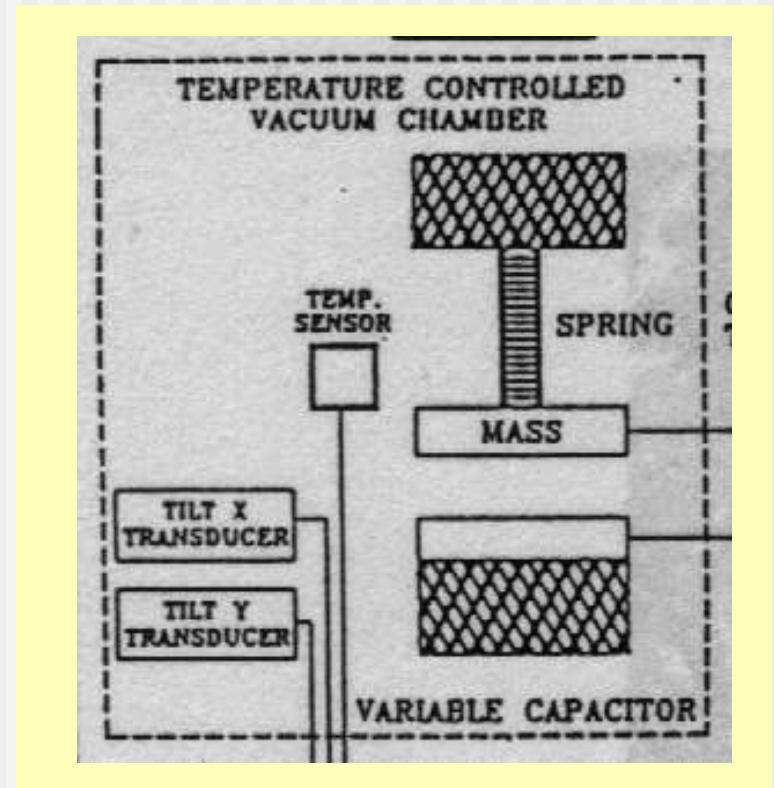
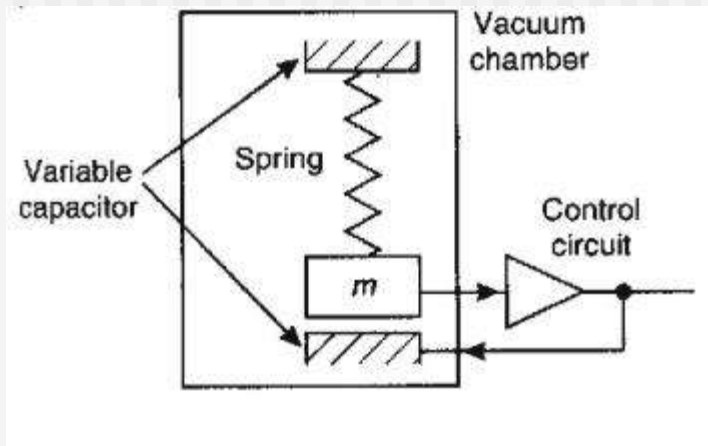


GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

Registrácia a meranie malých deformácií:

- elektrický (kapacitný) systém



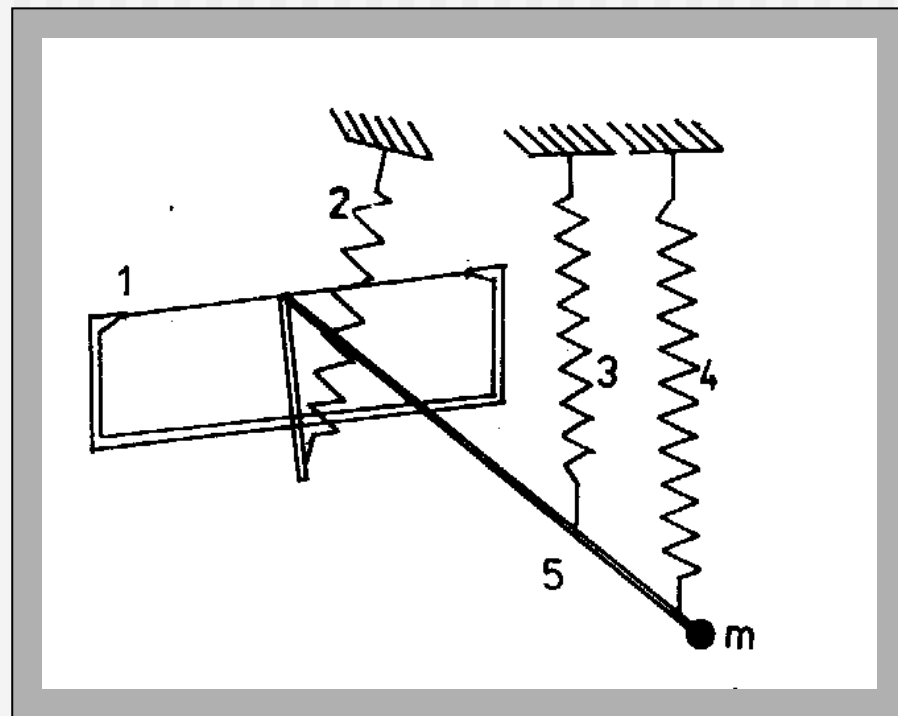
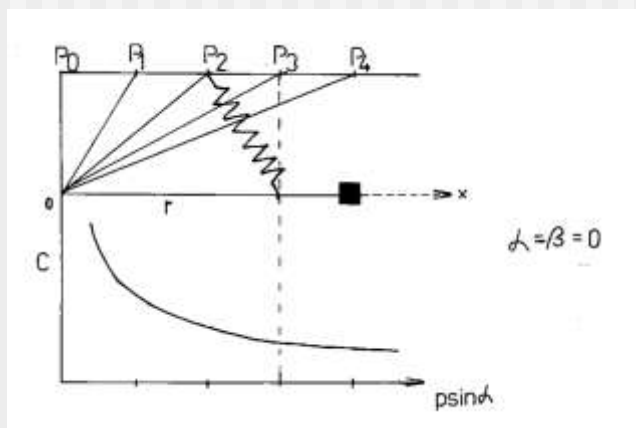
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

Rotačný systém:

Základné stavebné prvky:

1. Otočná os
2. Astazujúca pružina
3. Rozsahová pružina
4. Meracia pružina
5. Vahadlo



Závislosť astázie od miesta uchytenia pružiny

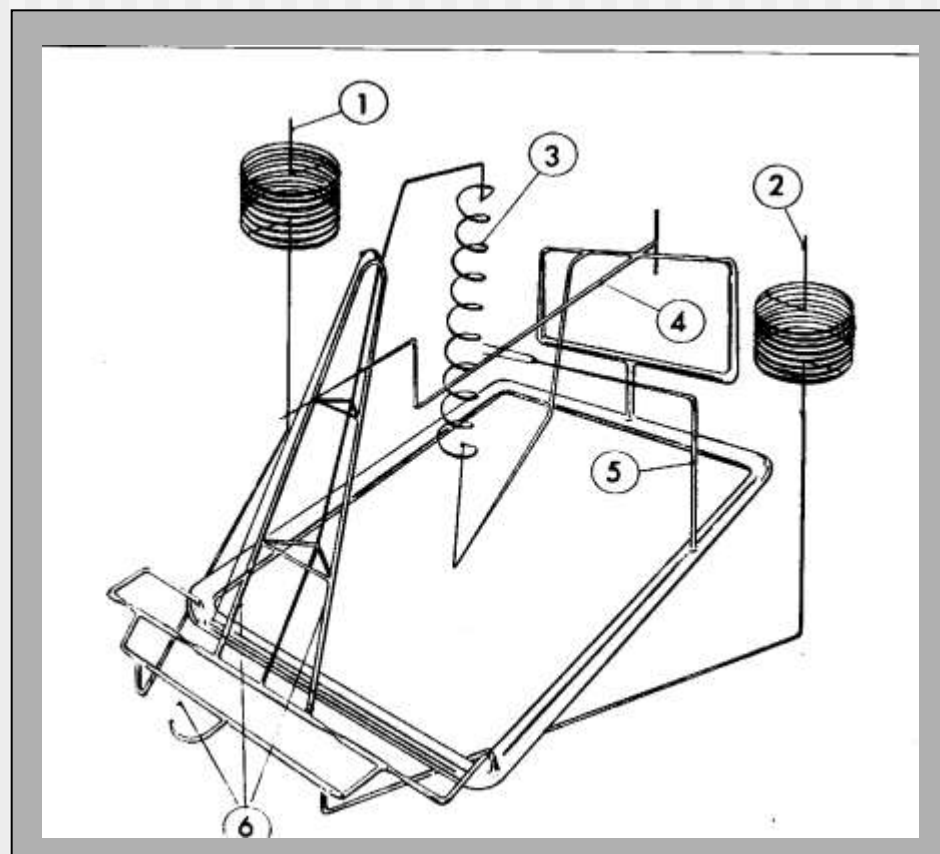
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

RELATÍVNE

Rotačný systém:

Ďalšie časti:

- Teplotná kompenzácia (6)
- (barometrická kompenzácia)
- Zarážky vahadla (5)
- Systém registrácie výchylky vahadla
- Systém kompenzácie výchylky vahadla



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVNĽUJÚCE FAKTORY

Faktory ovplyvňujúce pracovný režim:

A. Časovo závislé

(označované aj ako **chod** prístroja)

1. elastické zmeny v meracom systéme
2. mechanické rušenie (transport)
- 3. teplota**
- 4. tlak**
5. slapy

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVŇUJÚCE FAKTORY

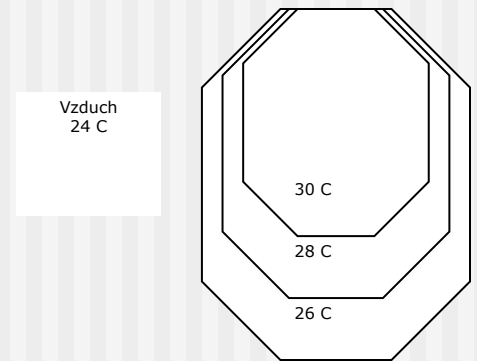
Druhy teplotnej kompenzácie 1:

- **vloženie do termostatu**

viacstupňové termostaty (2-3),
koeficient termostatovania (pomer zmien)
(u 2st term.) 150 – 300, (u 3 st.term.) 300-500

- **ponorenie do špeciálnej kvapaliny**

(napr. Norgardov grav.)



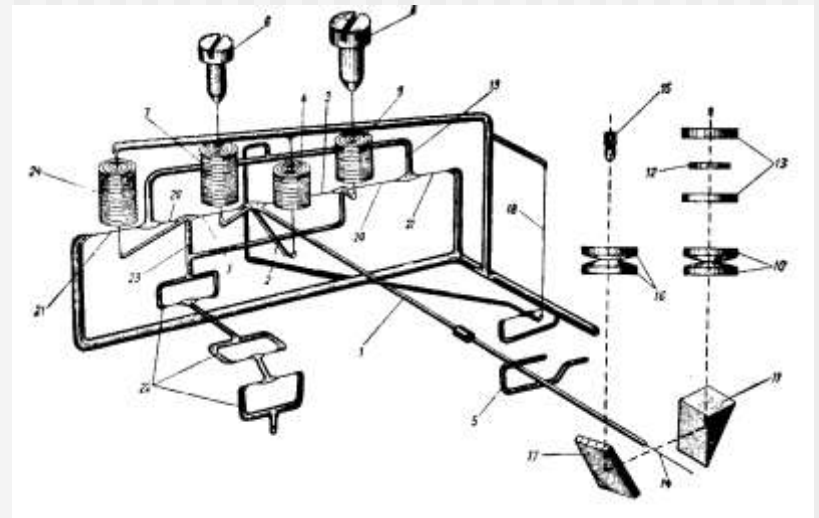
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVŇUJÚCE FAKTORY

Druhy teplotnej kompenzácie 2:

- vybavenie mechanickou kompenzáciou

bimetalická kompenzácia
alebo systém rámkov



- zavedenie teplotných opráv

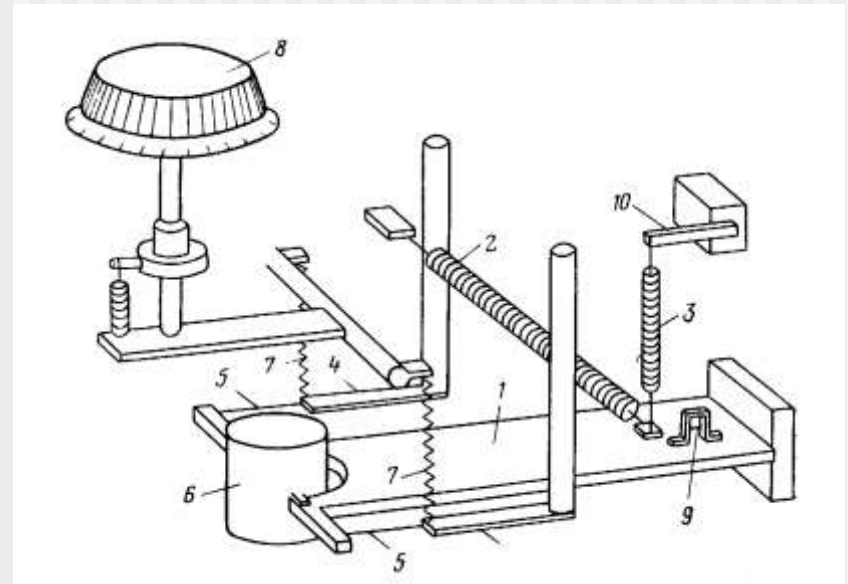
$$\Delta g_{\Delta t} = k_1 \Delta t + k_2 \Delta t^2$$

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVŇUJÚCE FAKTORY

Tlaková kompenzácia:

- Uzavreté puzdro – vákuum, konštantný tlak alebo kvapalina
- Rotačný systém (kovový) – ďalšia tzv. barometrická kompenzácia (6) (napr. na vahadle prístroja LaCosta&Romberg)



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVNĚJÚCE FAKTORY

Faktory ovplyvňujúce pracovný režim:

B. Časovo nezávislé

- náklon prístroja
- chyba v určení dielika
- nelinearita stupnice prístroja ($0,4 - 0,6 \mu\text{ms}^{-2}$)
- chyba optiky
- mŕtvy chod
- magnetické efekty
- mikroseizmy

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

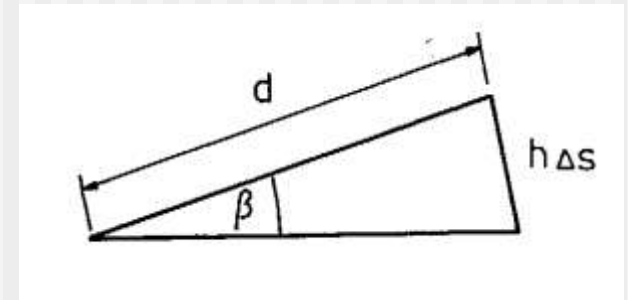
OVPLYVNĽUJÚCE FAKTORY

- **náklon prístroja:**

V prípade náklonu o uhol β nameriame zmenšenie o

$$\Delta g = g - g \cos \beta,$$

(chyba pri náklone $5'$ je cca $10 \mu\text{ms}^{-2}$)



- **chyba v určení dielika**
- **nelinearita stupnice prístroja ($0,4 - 0,6 \mu\text{ms}^{-2}$)**
- **chyba optiky**
(konštrukčne dané, časom a nepriaznivými vplyvmi sa môžu zhoršovať)

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

OVPLYVNĽUJÚCE FAKTORY

- **mŕtvy chod:**

(konštrukcia, nastavenie, starnutie ...)

- **magnetické efekty:**

(u kovových častí) - zmena v čítaní

$$\Delta g_{MP} = k_Z Z + k_H H \cos A,$$

kompenzácia:

- použitie nemagnetických materiálov
- tienenie vhodným puzdrom (napr. permalloy)
- kovové systémy – odmagnetovanie, rovnaká orientácia systému

- **mikroseizmy:**

neustály šum, zvyšuje sa v obývaných oblastiach, v blízkosti zariadení produkujúcich otrasy napr. dopravné komunikácie

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Pozemné

Používané gravimetre:

V súčasnosti sú na prospekčné merania používané **statické prístroje** s meracím systémom mechanicko - elektronickým

Používa sa u nich:

- posuvný resp. rotačný pohyb meracej hmotnosti
- kremenný resp. kovový materiál
- mechanická resp. elektronická kompenzácia



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

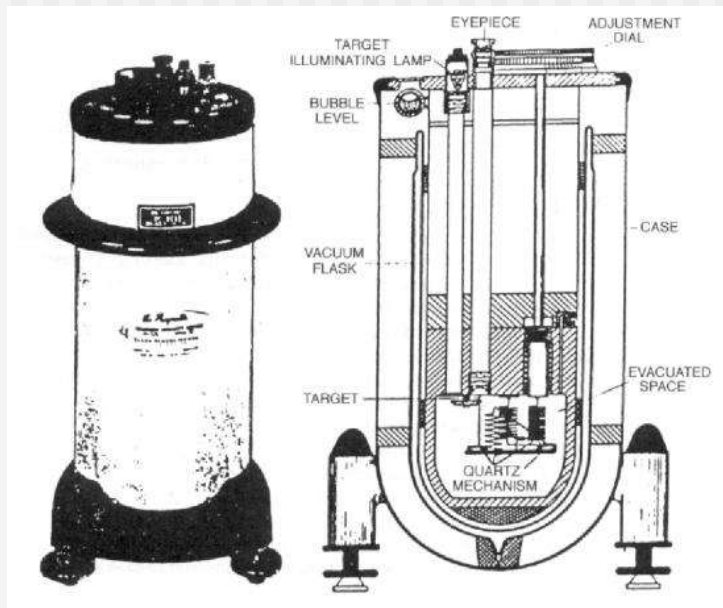
Pozemné - statické

Sodin

(rotačný vahadlový systém kremenný s mechanickou kompenzáciou)

Worden

(rotačný vahadlový systém kremenný s mechanickou kompenzáciou)



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Pozemné - statické

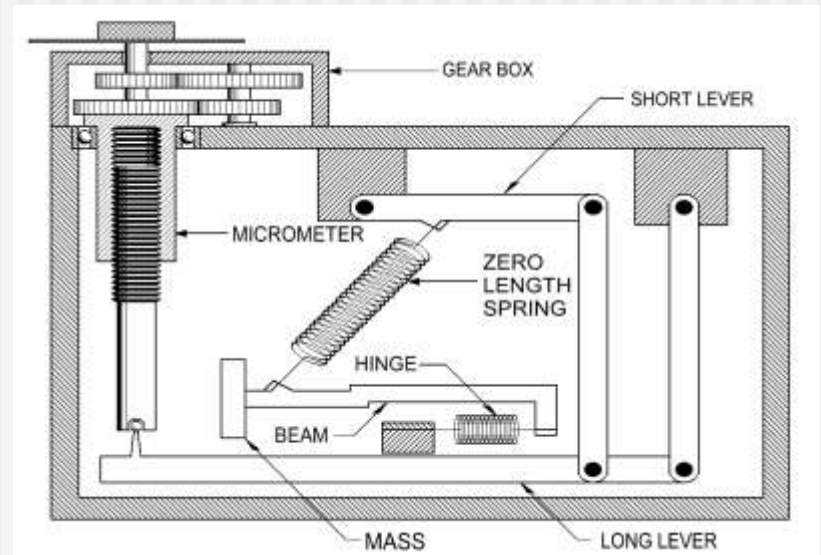
LaCoste & Romberg-Scintrex (LRS)

(najväčší výrobca gravimetrov cca 90%)



Lacoste & Romberg G28

(rotačný vahadlový systém kovový s mechanickou kompenzáciou)



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

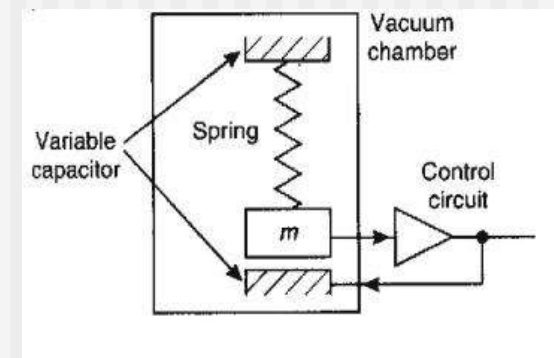
Pozemné - statické



Scintrex CG5 Autograv (posuvný kremenný systém s elektrostatickou kompenzáciou)

Specifications:

- Sensor Type: Fused Quartz using electrostatic nulling
- Reading Resolution: 1 microGal
- Standard Field Repeatability: <5 microGal
- Operating Range: 8,000 mGal without resetting
- Residual Long-Term Drift: Less than 0.02 mGal/day (static)
- Automatic Tilt Compensation: ± 200 arc sec
- Tares: Typically less than 5 microGals for shocks up to 20 G
- Automated Corrections: Tide, Instrument Tilt, Temperature, Drift, Near Terrain, Noisy Sample, Seismic
- Noise Filter



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Pozemné - statické

Continued ...

Operating Temperature: -40°C to +45°C (-40°F to 113°F)
Ambient Temperature Coefficient: 0.2 microGal/°C (typical)
Pressure Coefficient: 0.15 microGal/kPa (typical)
Magnetic Field Coefficient: 1 microGal/Gauss (typical)
Memory: Flash Technology (data security)
Dimensions: 30 cm (H) x 22 cm x 21 cm (12" (H) x 8.5" x 8")
Weight (including batteries): 8 kg (17.5 lbs)
Battery Capacity: 2 x 6.6 Ah (11.1 V) rechargeable Lithium-Ion Smart Batteries. Standard System: CG-5 Console, Tripod base, 2 rechargeable batteries, Battery Charger
Transit Case
GPS
RF Transmitter



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Ciachovanie gravimetrov

Ciachovanie je pravidelná kontrola hodnoty dielika meracieho zariadenia prístroja (1 - 2 krát ročne)

Môže sa použiť:

- Tiažová základňa

- Výšková
- Šírková

- Náklon

- Prídavné závažie

$$dg = k \, dn$$

k – konštanta gravimetra

dn – počet otáčok mikrom.skrutky

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Ciachovanie gravimetrov

Tiažová základňa

•Výšková

zmena **g** s výškou

(často aj výškové budovy, napr. budova Stav.fak. STU)

$$\Delta g = g_{n.v.1} - g_{n.v.2}$$

- n.v.1 – 820 m n.m.

- n.v.2 – 2742 m n.m.

výšk.rozdiel bodov = 1922m
(napr. Tatr.Lomnica-Lomn.štít.)

•Šírková

zmena **g** so zemepisnou šírkou

$$\Delta g = g_{z.š.1} - g_{z.š.2}$$

- z.š.1 = 47°45' s.š.

- z.š.2 = 49°25' s.š.

šírk vzdial.bodov = 1°40'
hor.vzdial.bodov = 320 km
(napr. Komárno-Čadca)

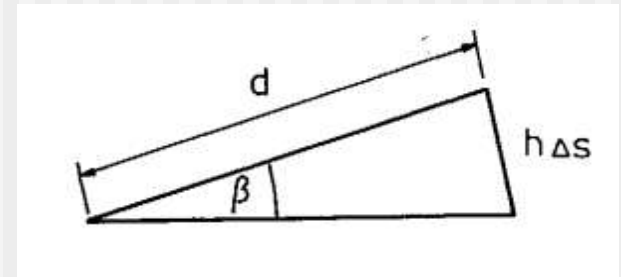
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Ciachovanie gravimetrov

- **Náklon**

zmena **g** s náklonom

$$dg = g - g \cos\beta$$



- **Prídavné závažie**

(prístroj musí byť prispôsobený z výroby)

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Iné miesta merania

Okrem pozemných meraní sa v menšej miere realizujú aj merania na iných miestach, kde sú však podmienky zložitejšie. Rôzne rušivé vplyvy potom znižujú ich presnosť.

Ďalej si vyžadujú :

- úpravu metodiky merania
- zložitejšie spracovanie
- zavedenie dodatočných opráv

Pri meraní tiažového zrýchlenia za pohybu je potrebné určovať najmä:

- presnú polohu prístroja
- smer a rýchlosť pohybu
- zmenu výšky.

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Iné miesta merania

Meranie tiažového zrýchlenia za pohybu

Registruje sa zmena tiažového zrýchlenia ako porucha pri leteckých meraniach a meraniach na lodi, pričom sa zavádza tzv. Eotvosova korekcia

(pri pohybe na V sa zvyšuje rýchlosť t.j. korekcia sa odčíta,
pri pohybe na Z sa znižuje rýchlosť t.j. korekcia sa pričíta)

$$\delta_E = 4,040 v \sin A \cos \varphi + 0,00121 v^2 \text{ (mGal)}$$

v je rýchlosť pohybu

A je azimut smeru pohybu

Φ je zemepisná šírka

GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Iné miesta merania

Letecké (Aerogravimetrické) merania

Špecifiká:

- vznikajú rušivé zrýchlenia v smere pohybu a pri zmene výšky
- používa sa Kardanov záves
- používa sa systém na tlmenie vibrácií
- lietajú sa aj priečne profily



The ROVDOG Instrument

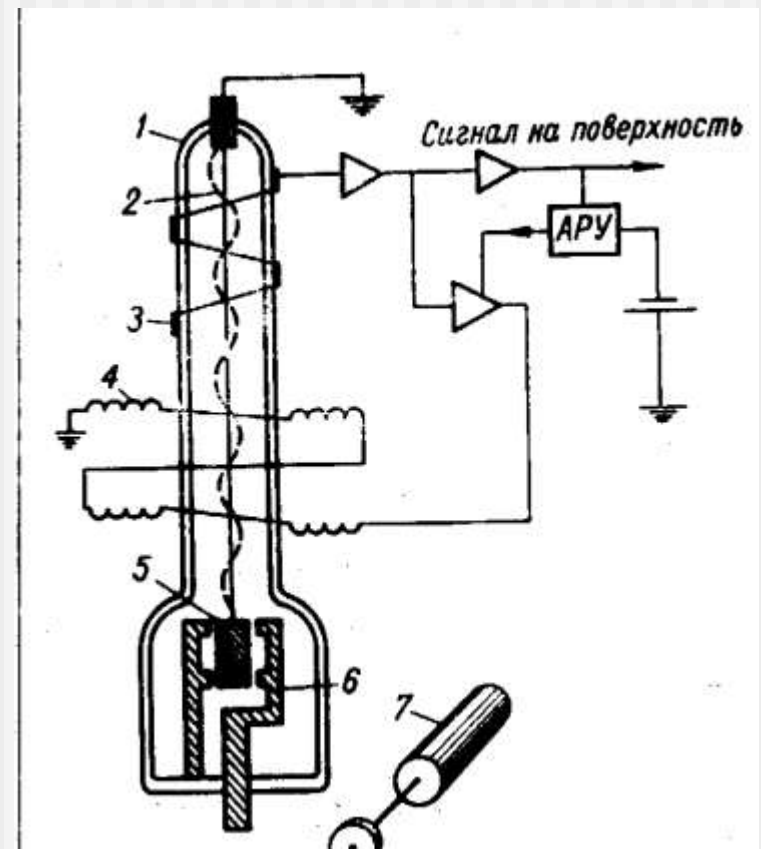
GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Iné miesta merania

Vrtné

Špecifiká:

- zvýšená teplota a tlak
- malý priemer vrtu
- možný sklon vrtu



GRAVIMETRICKÉ PRÍSTROJE

Gravimetrické siete

Základná gravimetrická sieť a siete vyšších rádov
(technika a metodika podobné geodetickým základom)

Príklad gravimetrickej
siete v Estónsku

