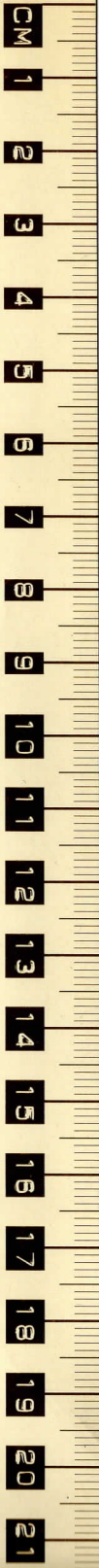


MT
HT



МЗЕЈ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ



МЕРЕНЈА

ГАЛЕРИЈА СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ

целокупна дужина ове књиге је 30,70 m
књига има масу од 1,2 kg
запремина књиге је 0,012 337 5 m³
књига има површину од 18,358 2 m²
књига има 725 127 словних знакова
припрема за штампу трајала је 245сати
за штампање ове књиге утрошено је 1304 kg папира
за штампање ове књиге утрошено је 70 сати и 52 минута
израда књиге трајала је 90 сати

Музеј Науке и технике дугује највећу захвалност

Секретаријату за културу града Београда
Министарству за развој, науку и животну средину СР Југославије
Министарству за културу Републике Србије
Министарству за науку и технологију Републике Србије
Народној банци Југославије

који су помогли реализацију пројекта СВЕТ МЕРЕЊА



М
НТ

80

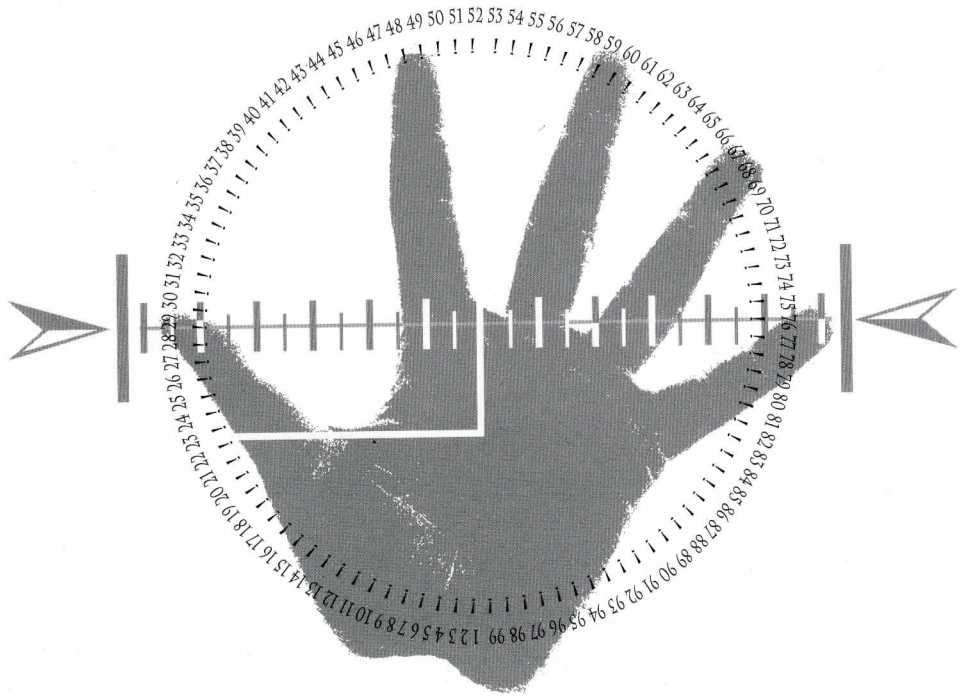


Галерија Српске академије наука и уметности

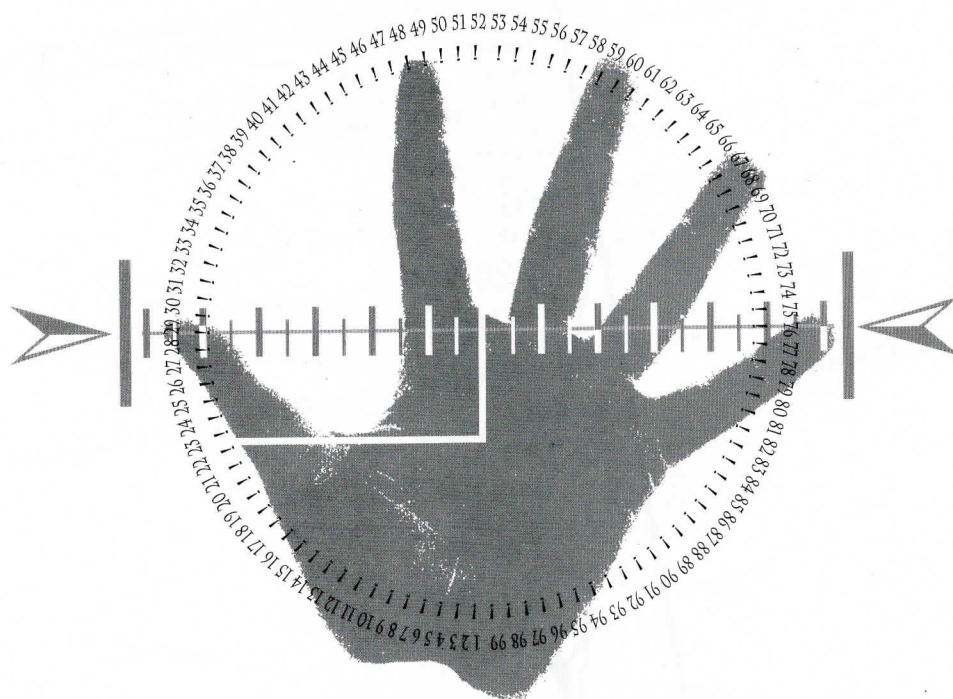
0,5

0,6

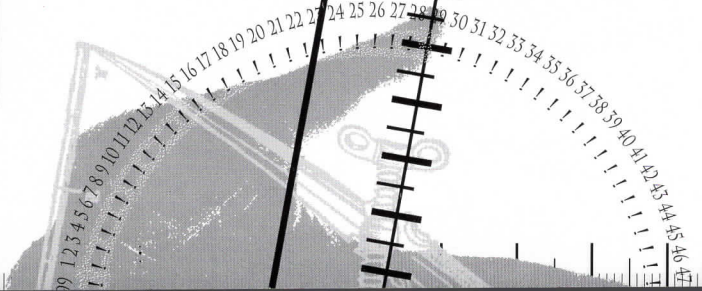
THE WORLD OF MEASUREMENTS



СВЕТ МЕРЕЊА



Одговорни уредник Драгослав Срејовић
Уредници Слободан Рибникар (уводни текстови)
Срђан Спиридоновић, Јеленка Петковић (Каталог)
Графичко обликовање Клаудио Цетина
Аутор фотографија у боји Веселин Милуновић
Коаутор фотографија у боји Срђан Спиридоновић
Аутор црно-белих фотографија Веселин Милуновић
Коаутори црно-белих фотографија Војислава Протић-Бенишек, Драган Дангубић, Драган Миљковић,
Миодрaг Јеремић, М. Д. Ристић, Срђан Спиридоновић
Фотографије из архива Астрономске опсерваторије из Београда, Института за физику из Земунa,
Народног музеја из Београда, Поморског музеја Црне Горе из Котора,
Завода за заштиту споменика културе из Краљева.
Технички цртежи Драган Нешић
Обрада текста Вера Бајић, Небојша Човић
Рецензенти Александар Деспић, Петар Миљанић
Лектор Лепосава Жунић
Превод на енглески Братислав Пантелић, Слободан Рибникар, Срђан Спиридоновић
Фото и графичка припрема Application, Давор Живковић
Штампа Tipografic
Тираж 1000
Београд, 1995-09-14



Срђан Спиридоновић, Јеленка Петковић

Аутори изложбе

Коаутори

Александар Борђевић, Александар Мозер, Богосав Ковачевић, Божидар Килибарда,
 Бојан Добникар, Бошко Ђосић, Бранислав Танасић, Бранко Милаш,
 Братислав Маринковић, Будимир Павловић, Весна Спасић-Јокић, Вида Живковић,
 Владислав Пишлар, Војислава Протић-Бенишек, Војо Анђус, Георгије Поповић,
 Гојко Димић, Гордана Данковић, Гордана Тошић, Дејан Бајић, Драган Миљковић,
 Драган Попоски, Душан Јоксимовић, Душан Миџијевић, Борбе Бек-Узаров,
 Живојин Спасојевић, Златко Ракочевић, Зоран Максимовић, Зоран Милосављевић,
 Бура Крмпотић, Бура Цвјетичанин, Ђуро Коруга, Емилија Ристић,
 Јелена Кондић, Јозо Јурета, Коста Маглић, Љиљана Димитријевић-Марковић,
 Зорка Вукмировић, Иванка Зорић, Јадранка Марендић-Миљковић,
 Јелена Зековић, Љутица Пешић, Марјетка Ристић, Марко Б. Поповић,
 Љубиша Зекловић, Милан Димитријевић, Милан Курепа, Милан Михаиловић,
 Марко М. Поповић, Милојко Ковачевић, Милосав Кртенић, Миодраг Јеремић,
 Милена Ратковић, Милојко Ковачевић, Ненад Перовић, Никола Бабић,
 Мирјана Ломпар, Мирослав Старчевић, Петар Ковачевић, Предраг Вукадин,
 Никола Соврлић, Петар Бошњаковић, Радован Стевић, Ранко Баршић,
 Предраг Ђурић, Радован Мркић, Радован Драговић, Слободан Јегарац,
 Светомир Дојчиновић, Симон Драговић, Слободан Жегарац,
 Слободан Јанковић, Слободан Јевтовић, Слободан Рибникар,
 Слободан Шкундрић, Снежана Николић-Борђевић, Србољуб Митић,
 Стеван Радојчић, Тања Цвјетићанин, Фрањо Смак, Чедомир Јањић

Иван Аничин, Миодраг Ристић

Саветници

Милан Новаковић

Аутор поставке

Дијана Јовић, Зора Атанацковић, Илинка Миљковић-Маринковић,
 Јован Божиновић, Љуба Јањетовић, Марија Шешић,
 Јеленка Петковић, Рифат Куленовић, Соња Зимонић

Сарадници

Бојана Димитровски, Милан Новаковић

Организација

Александар Клас

Сликарски радови

Веселин Милуновић

Карикатуре

Драган Нешић

Аутор фотографија

Душан Карапана

Технички цртежи

Вера Бајић, Небојша Човић, Павле Живановић

Конзерваторско-рестаураторски радови

Братислав Стојиљковић, Горан Виторовић, Гордана Вукосављевић,
 Душан Радусиновић, Зоран Гајић, Милан Јазић, Радован Колаковић

Натписи

Техничка обрада

Слободан Рибникар:
УВОД 10

Slobodan Ribnikar:
INTRODUCTION 14

Иван Аничин:
МЕРЕЊЕ - ДИСКРЕТНИ ШАРМ ЦИВИЛИЗАЦИЈЕ 21

Владимир Ајдачић:
МЕРЕЊЕ НА ГРАНИЦИ МАШТЕ 40

КАТАЛОГ 53

Срџан Спиридоновић, Јеленка Петковић:
СВЕТ МЕРЕЊА 66

ЧОВЕК У ПРОСТОРУ И ВРЕМЕНУ 68

Чаролија бројева 70

Мерне јединице угла 72

Мерење времена (1) 78

Навигација до XX века 88

Географска ширина и географска дужина 90

Календар 96

Астрономска опсерваторија у Београду 98

Антропометријске мере дужине и ране стандардизације 102

Миљоказ 104

Тригонометријска триангулација 112

**МЕРЕЊА У СВАКОДНЕВНОМ ЖИВОТУ И
ПРОИЗВОДЊИ 118**

Ваге и тегови 120

Мере за масу употребљаване на тлу Србије до краја XIX века 132

Метарска конвенција 140

Међународни биро за текове и мере (BIPM) 146

Први српски еталони метра и килограма 156

Савезни завод за мере и драгоцене метале 158

Војногеографски институт 164

Архитектонска фотограметрија 166

САДРЖАЈ

Међународна организација за законску метрологију (OIML)	170
Међународни систем јединица (SI)	172
Тесла (Т): Једна од јединица међународног система (SI)	176
Мерење запремине	180
Физичко-хемијска мерења предвиђена законом	194
Мерења температуре	200
Међународна температурна скала из 1990. године	204
Мерења у металоперађивачкој индустрији	218
Мерење силе	228
Мерење притиска	232
Интерференција светлосних таласа и интерферометри	240
Брзина светлости и дефиниција метра	244
Светлост као мера раздаљине	250
Савремена навигација	252
Мерење времена (2) и фреквенције	256
Мерење дугих интервала времена	262
Мерење електричних величина	264
Фотометрија	282
Спектри хемијских елемената	286
Гасна хроматографија	288

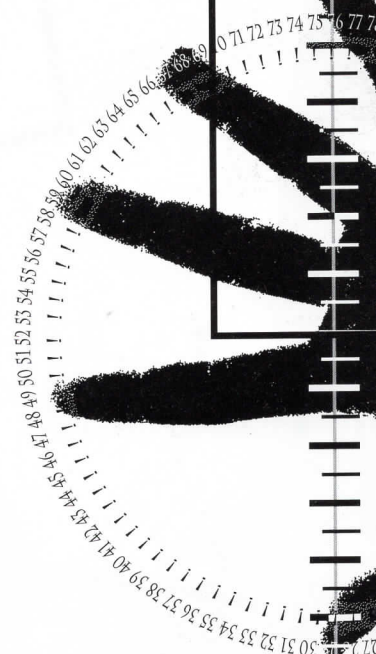
ЧОВЕК, ЗДРАВЉЕ И ОКОЛИНА 290

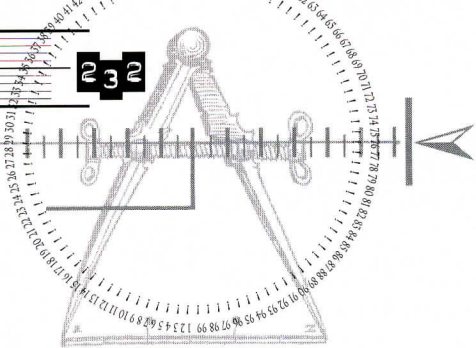
Сеизмометрија	292
Републички сеизмолошки завод	294
Настанак и развој мерења у медицини	298
Мерења и осматрања у метеорологији и хидрологији	306
Геофизичка мерења	314
Јонизујуће зрачење око нас	320
Апсорбована доза и еквивалентна доза	324
Дозиметри	330
Вежите се, полећемо	334
Мерење јоносфере над Београдом	338

ДЕКЛАРАЦИЈА ВЛАДЕ СРБИЈЕ О ПОЛИТИЦИ КВАЛИТЕТА 340

Попис илустрација	342
Листа аутора	344
Скраћенице	345
Ознаке и организације	346
Библиографија	347
Contents	351

САДРЖАЈ





МЕРЕЊЕ ПРИТИСКА PRESSURE MEASUREMENT

"Horror vacui natura habet!"

"**П**рирода се ужасава вакуума! Празног простора у природи нема!" записао је још Аристотел (Αριστοτέλης, 384-322. г. пре н. е.) и то мишљење су прихватили схоластичари средњег века. Проучавање природних појава састојало се тада искључиво у листању Аристотелових списа. Тек је ренесанса донела преокрет. Природне појаве се проучавају посматрањем и експериментом. Италијанском физичару Торичелију (Evangelista Torricelli, 1608-1647) пало је на ум 1643. г. да начини следећи опит: узео је стаклену цев дебљине прста, дужине око 800 mm, затворену на једном крају, напунио је живом, зачепио отвор цеви прстом, окренуо је и отвор заронио у широку посуду такође испуњену живом. Кад је склонио прст, жива је у цеви спала за приближно 40 mm, дакле, висина живе у цеви износила је око 760 mm. Торичели је нагињао цев у свим правцима, али је ниво живе увек остајао исти. Поставило се питање: шта се налази у простору изнад живе. Одговор је био: вакуум. Природа је показала да се не плаши празног простора! Добро. Ако, дакле, природа допушта вакуум, шта онда држи живу у цеви? Одговор је био: тежина ваздуха који у облику омотача обавија Земљину куглу. Тачност тог одговора потврдили су експерименти Паскала, француског филозофа, писца, математичара и физичара (Blaise Pascal, 1623-1662). Поновио је Торичелијев оглед, узевши уместо живе воду. Висина воде у цеви износила је око 10,32 m. Паскал је израчунао да су висина стуба живе и висина стуба воде у обрнутој сразмери са тежином воде и живе. Тиме је доказао да равнотежу живи и води у оба случаја држи трећи медијум: ваздух.

Паскал је затим поновио Торичелијев оглед у подножју брега Пуи ди Дом (Puy du Dome, 975 m) и на његовом врху. Запазио је да се на врху брега стуб живе спустио за приближно 85 mm. Знајући специфичну тежину живе, могао је потом да израчуна висину ваздушног омотача и његову тежину.

НОРМАЛНИ АТМОСФЕРСКИ ПРИТИСАК

Разуме се да резултате својих огледа ни Торичели ни Паскал нису изражавали у милиметрима и метрима, него у лактовима и палцима, јер у њихово време метар још није био дефинисан.

Из њихових опита се развио барометар, инструмент у коме је атмосферски притисак сразмеран висини стуба живе. Као јединица за притисак наметнуо се део



висине стуба живе. Поборници Метарског система усвојили су да то буде милиметар стуба живе који се означава: mmHg. Вочавамо да се опет пошло путем који је на први поглед изгледао привлачан: јединица је дефинисана помоћу природне појаве и већ усвојене јединице за дужину. Касније је, у Торичелијеву част, милиметар стуба живе назван "тор" (ознака: Torr).

Веома рано, још у XVII веку усвојено је да се нормалним сматра атмосферски притисак који одговара $760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$. Бројка 760, међутим, није практична за употребу. На њу се не може применити ни децимална ни дуодецимална подела (основа 12). Стога је уведена нова јединица названа нормална атмосфера, чија је ознака atm, која износи $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$, и која се често назива и физичком атмосфером. Ову јединицу је санкционисала Десета генерална конференција за тегове и мере 1954. г.. На њу се примењује децимална подела.

За мале вредности притиска употребљава се и јединица "милиметар стуба воде" означена са "mmH₂O"

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 0,073 \ 556 \ 1 \text{ mmHg}$$

У физици је притисак дефинисан као количник силе и површине на коју та сила делује

$$P = \frac{F}{S}$$

Применом ове једначине, у техничком систему јединица, у коме је јединица за силу килопонд (кр), јединица за притисак је кр/см². Ова јединица је названа техничком атмосфером (ознака: at).

У МЕЂУНАРОДНОМ СИСТЕМУ: ПАСКАЛ

Полазећи од једначине којом се дефинише притисак, формирана је складна јединица SI - њутн по квадратном метру: N/m². Ова јединица је касније (1971. г.) добила назив "паскал", уз одговарајућу ознаку: Pa.

Тако је најзад, и јединица за притисак, лутајући разним странпутицама, добила свој складни облик у Међународном систему јединица.

Међутим, уз јединице SI допуштена је употреба практичне јединице "бар":

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ at} \approx 1 \text{ atm}$$

Срђан Спиридоновић

ОДНОСИ МЕЂУ ЈЕДИНИЦАМА ПРИТИСКА

$$1 \text{ at (техничка)} = 98 \ 066,5 \text{ Pa} = 98,066 \ 5 \text{ kPa} \quad \text{приближно } 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm (физичка)} = 101 \ 325 \text{ Pa} = 101,325 \text{ kPa} \quad \text{приближно } 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \ 000 \text{ Pa} = 100,000 \text{ kPa} \quad \text{тачно } 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ mmHg (милиметар стуба живе)} = 133,322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O (милиметар стуба воде)} = 9,807 \text{ Pa}$$



ЖИВИН U-МАНОМЕТАР

MERCURY U-MANOMETER

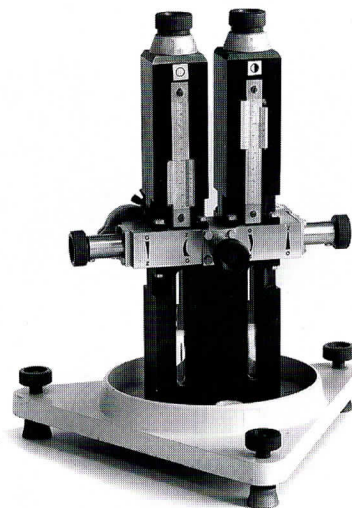
159

Произвођач и власник експоната: Институт за физику, Земун, 1985. г.
мерни опсег: од 0,1 mbar до 1 bar (од 10 Pa до 100 000 Pa)
грешка мерења: $\pm 0,1$ mmHg ($\pm 13,3$ Pa)
дим.: 33 cm · 40 cm · 12 cm

Служи као апсолутно мерило разлике притисака, што је његова велика предност. Прва изведба потиче од Националног бироа за стандарде (NBS), САД. По њој је урађен овај примерак у Институту за физику. Манометар је израђен од стакла, а као радни флуид употребљена је жива. Принцип рада се заснива на Њутновом закону: тело остаје у стању мировања ако је резултанта свих сила које на њега делују једнака нули. Овде је тело жива у U-манометру, а силе притиска потичу од хидростатичког притиска стубова живе и спољашњих притисака на површине течности живе у крацима U-манометра.

Недостаци су: потребан је један притисак добро познате вредности; мерење је дисконтинуално; пара живе загађује вакуумски систем; не даје електрични сигнал.

Ми. Ку. и Ј. Ј.



СЕНЗОРИ МЕРИЛА ПРИТИСКА

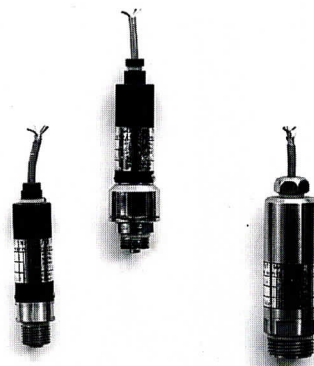
SENSORS FOR PRESSURE MEASUREMENTS

160

Произвођач и власник експоната:
Институт "Михајло Пупин", Београд, 1995. г.
опсег притиска: од 0,05 bar до 500 bar (1 bar = 100 000 Pa)
температурни опсег примене: -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$
грешка мерења: $\pm 1\%$
напајање: једносмерним напоном 24 V
потрошња: 0,1 W

Сензори мерила притиска урађени су од керамичке 96-процентне алуминијум-оксидне мембране. Због тога су погодни за мерење притисака разних агресивних флуида.

Љ. П.

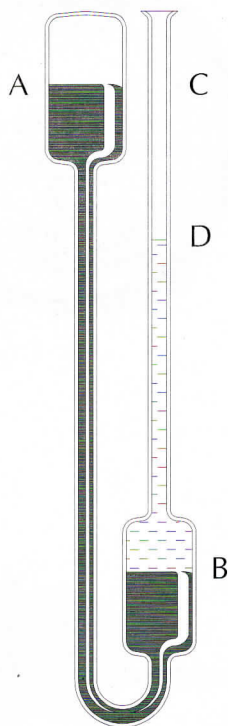


КОНТРАБАРОМЕТАР

TWO LIQUIDS BAROMETER

произвођач непознат, Немачка, почетак XX в.
 мерни опсег: 730 Torr - 770 Torr
 грешка мерења: 0,5 Torr
 дим.: 95 cm · 12 cm
 Институт за физику, Земун

161



Декарт (René Descartes, француски филозоф, математичар и физичар, 1596-1650) први је предложио да се сагради барометар са две течности. Његов предлог је усавршио Хајгенс (Christian Huygens, холандски физичар, 1625-1695). Стакленој цеви је дао облик латиничног слова U са два проширења (сл. 37). У леви део је ставио живу, као и код уобичајеног Торичелијевог барометра. У комори A се успоставља вакуум, а у комори B је жива изложена атмосферском притиску. Потом је преко живе насуо неку лакшу течност, на пример петролеј, чија је особина да се не меша са живом. Обе течности се додирују у проширеном делу цеви B. Кад атмосферски притисак порасте, опада ниво живе у комори B, а то повлачи опадање нивоа петролеја у отвореној капиларној цеви. Обратно, кад атмосферски притисак опадне, ниво у капиларној цеви порасте. Барометар се понаша супротно од барометра са живом, па је због тога назван "контрабарометар". Ниво слободне течности расте истовремено кад и ниво у комори B. Међутим, пошто је пресек површине лакше течности у комори B већи од пресека течности у капилари, ниво слободне површине ће расти у обрнутој сразмери. Добијен је, дакле, барометар веома осетљив на мале промене атмосферског притиска. Изложени контрабарометар је око 10 пута осетљивији од барометра са живом.

Ми. Ку. и Бр. Ма.

сл. 37. Принцип контрабарометра





ГЕОДЕТСКИ АНЕРОИДНИ БАРОМЕТАР

SURVEYING ANEROID BAROMETER

162

Шорт и Мејсн (Short & Mason), Лондон, Енглеска, око 1930. г.

опсеги: притисак: од 520 mmHg до 780 mmHg

надморска висина: од 0 до 3 000 m

грешке мерења: притиска: 0,1 mmHg

надморске висине: 1 m

$D = 12$ cm

Војногеографски институт, Београд

Делује на принципу еластичне мембране.

Висина од 0 m односи се на 760 mmHg при температури од 0°C

Употребљава се при веома тачним теренским геодетским мерењима.

Ст. Ра.



МЕКЛОДОВ (MCLEOD) ВАКУУМЕТАР

THE MCLEOD GAUGE

163

Едвардс вакуум (Edwards Vacuum Ltd), Велика Британија, око 1950. г.

мерни опсег: од 0,01 μ bar до 1 mbar (од 1 mPa до 100 Pa)

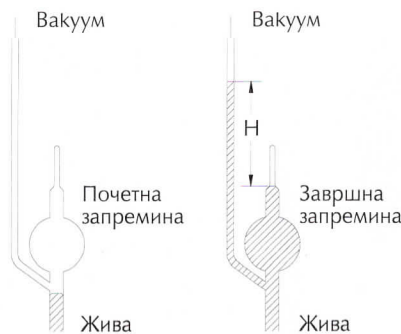
дим.: 30 cm · 30 cm · 100 cm

Институт за физику, Земун

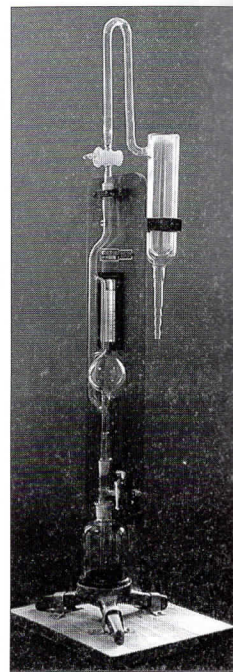
Служи као апсолутно мерило ниских притисака идеалних гасова на принципу компресионог појачања притиска гаса. Прва изведба датира од 1874. г. Вакууметар је начињен од стакла, а као радни флуид употребљена је жива.

Принцип се може сагледати из шематског приказа (сл.38). Мерени притисак се одређује из разлике висина живиног стуба у две капиларе, уз познавање пресека мерне капиларе и запремине компресионог суда.

Ми. Ку. и Бр. Ма.



сл. 38. Принцип вакууметра





ЛИСТА АУТОРА

А. Ђ.	Александар Ђорђевић	Љ. М. Д.	Љиљана Марковић-Димитријевић
А. М.	Александар Мозер	Љ. З.	Љубиша Зековић
Бо. Ко.	Богосав Ковачевић	Љ. П.	Љутица Пешић
Бо. Ки.	Божидар Килибарда	Ма. Ри.	Марјетка Ристић
Б. Д.	Бојан Добникар	М. Ђ. П.	Марко Ђ. Поповић
Б. Ђ.	Бошко Ђосић	М. М. П.	Марко М. Поповић
Б. Т.	Бранислав Танасић	М. Д.	Милан Димитријевић
Б. М.	Бранко Милаш	Ми. Ку.	Милан Курепа
Бр. Ма.	Братислав Маринковић	М. М.	Милан Михајловић
Б. П.	Будимир Павловић	Ми. Ра.	Милена Ратковић
В. С. Ј.	Весна Спасић-Јокић	Ми. Ко.	Милојко Ковачевић
В. Ж.	Вида Живковић	Ми. Кр.	Мирослав Кртенић
В. П.	Владислав Пишлар	М. Ј.	Миодраг Јеремић
В. П. Б.	Војислава Протић-Бенишек	М. Л.	Мирјана Ломпар
В. А.	Војо Анђус	М. С.	Мирослав Старчевић
Г. П.	Георгије Поповић	Н. П.	Ненад Перовић
Го. Ди.	Гојко Димић	Н. Б.	Никола Бабић
Го. Да.	Гордана Данковић	Н. С.	Никола Соврлић
Г. Т.	Гордана Тошић	П. Б.	Петар Бошњаковић
Д. Б.	Дејан Бајић	П. К.	Петар Ковачевић
Др. Ми.	Драган Миљковић	П. В.	Предраг Вукадин
Д. П.	Драган Попоски	П. Ђ.	Предраг Ђурић
Д. Ј.	Душан Јоксимовић	Р. М.	Радован Мркић
Ду. Ми.	Душан Мичијевић	Р. С.	Радован Стевић
Ђ. Б. У.	Ђорђе Бек-Узаров	Р. Б.	Ранко Баришић
Ђу. Кр.	Ђура Крмпотић	Св. До.	Светомир Дојчиновић
Ђ. Ц.	Ђура Цвјетичанин	Си. Др.	Симон Драговић
Ђу. Ко.	Ђуро Коруга	С. Ж.	Слободан Жегарац
Е. Р.	Емилија Ристић	Сл. Ја.	Слободан Јанковић
Ж. С.	Живојин Спасојевић	Сл. Је.	Слободан Јевтовић
З. Р.	Златко Ракочевић	Сл. Ри.	Слободан Рибникар
Зо. Ма.	Зоран Максимовић	С. Ш.	Слободан Шкундрић
З. М.	Зоран Милосављевић	С. Н. Ђ.	Снежана Николић-Ђорђевић
З. В.	Зорка Вукмировић	С. М.	Србољуб Митић
И. З.	Иванка Зорић	С. С.	Срђан Спиридоновић
Ј. М. М.	Јадранка Марендић-Миљковић	Ст. Ра.	Стеван Радојчић
Ј. К.	Јелена Кондић	Т. Ц.	Тања Цвјетичанин
Ј. П.	Јеленка Петковић	Ф. С.	Фрањо Смак
Ј. Ј.	Јозо Јурета	Ч. Ј.	Чедомир Јањић
К. М.	Коста Маглић		



CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

069.51 : 389(497.11)

СВЕТ мерења / [аутори изложбе Срђан Спиридоновић,
Јеленка Петковић ; коаутори Александар Ђорђевић ... [и др.]
; сарадници Дијана Јовић ... [и др.] ; аутор фотографија
Веселин Милуновић]. - Београд : Музеј науке и технике :
Галерија Српске академије наука и уметности, 1995
([Београд] : Тироgraphic). - 368 стр. : илустр. ; 24 cm

На спор. насл. стр.: The World of Measurements. . -
Тираж 1000. - Библиографија: стр. 347-350.

1. Спиридоновић, Срђан
389(084.12) 389(091)(082)

а) Музеј науке и технике (Београд) -
Каталози б) Мерни инструменти - Каталози ц)
Метрологија - Историја - Зборници
ИД = 39984396

YU ISSN 0586-4887