

ZGODOVINA VAKUUMSKE TEHNIKE (II. del)

Stanislav Južnič*

THE HISTORY OF VACUUM TECHNIQUE

ABSTRACT

Second part of the article deals with the development of vacuum technology in the second half of 17th-century. Research in that time is connected with the later development of the steam engine.

POVZETEK

Drugi del razprave zadeva razvoj vakuumske tehnologije v drugi polovici 17.stoletja. Tedanja odkritja povezuje z njihovo poznejšo uporabo v parnih strojih.

c) Guericke in raziskovanje vakuuma v Nemčiji

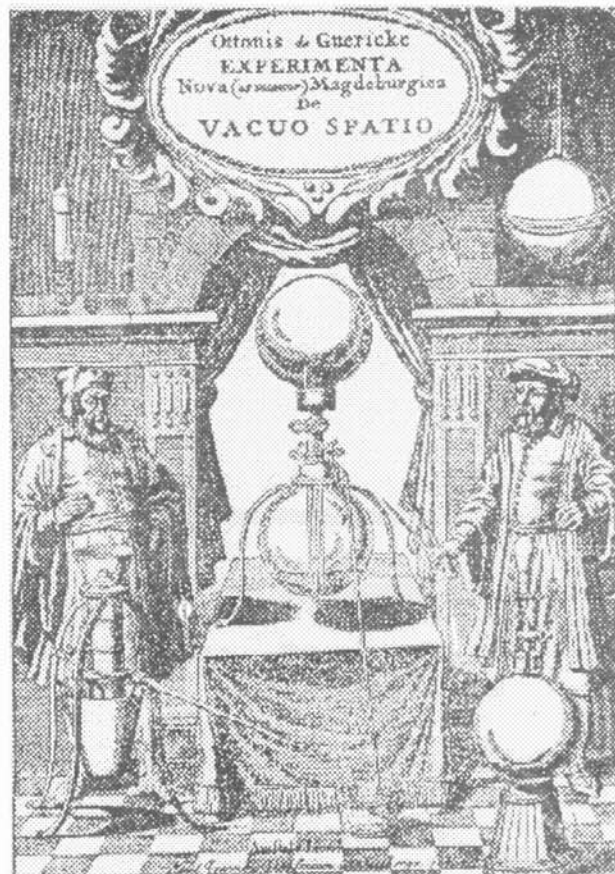
Leta 1644 je Descartes objavil Principijo. Ta je spodbudno delovala na njegove nasprotnike, naprej na Otta von Guericke (1602-1686), pozneje na Newtona.

Guericke je bil rojen v družini uradnikov in patricijev, ki so bivali v Magdeburgu že od leta 1315. Leta 1646 je Otto von Guericke postal župan v Magdeburgu (1986, 107). V tem času si je ogledal Descartovo delo z domnevo, da je treba spor okoli obstoja vakuuma rešiti s poskusi (Hablanian 1983, 18).

Leta 1650 je Guericke sestavil zračno črpalko, s katero je štiri leta pozneje pred cesarjem in knezi izpeljal sloviti poskus z Magdeburškima polkroglama. Leta 1657 je nemški jezuit Kaspar Schrott (1608-1666) objavil skice Guerickevih zgodnjih črpalk. Večje delo je objavil leta 1664 v Nürnbergu pod naslovom Technica Curiosa. 14.3.1663 in leta 1672 je Guericke objavil lastni knjigi.



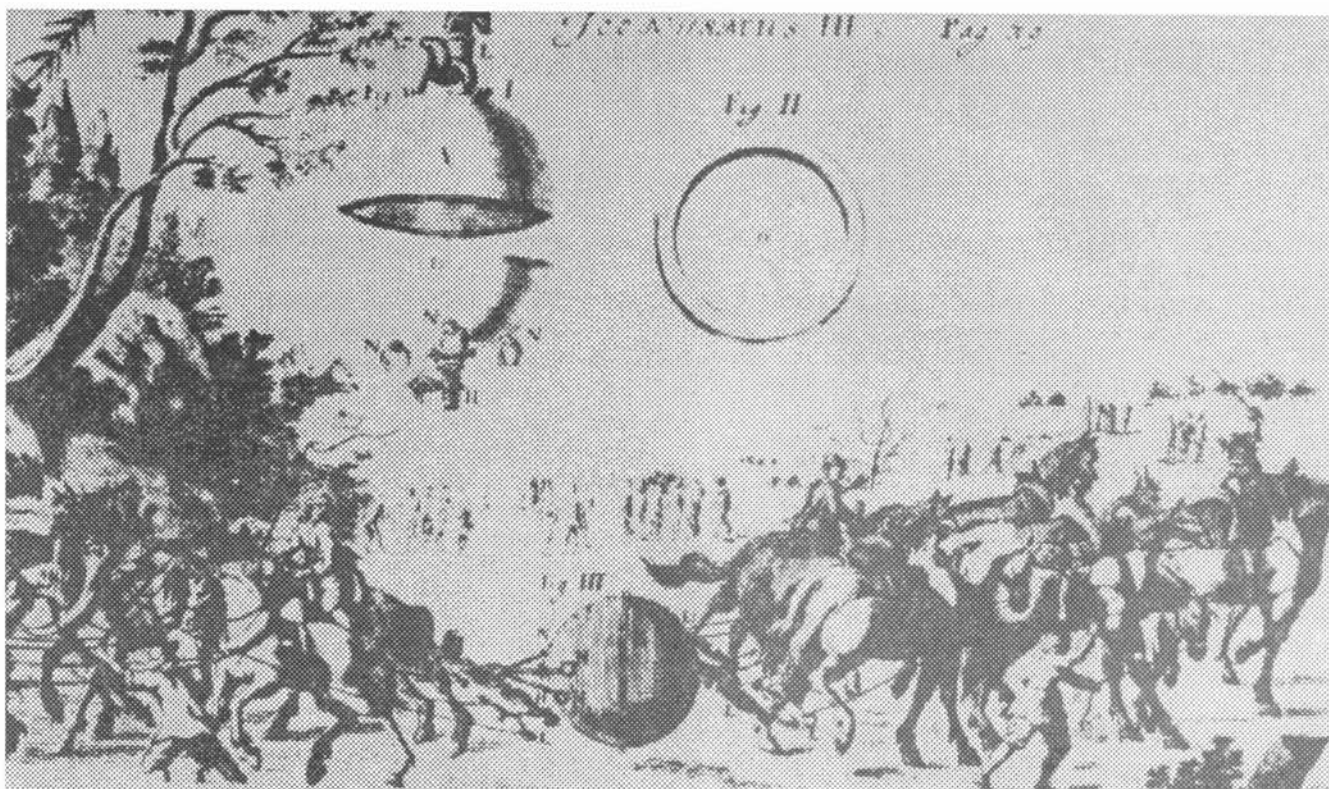
Slika 1. Otto von Guericke (1602-1686)



Slika 2. Naslovna stran Guerickeve knjige Eksperimenta Nova (ut Vocantur) Magdeburgica De Vacuo Spatio, Amsterdam, 1672

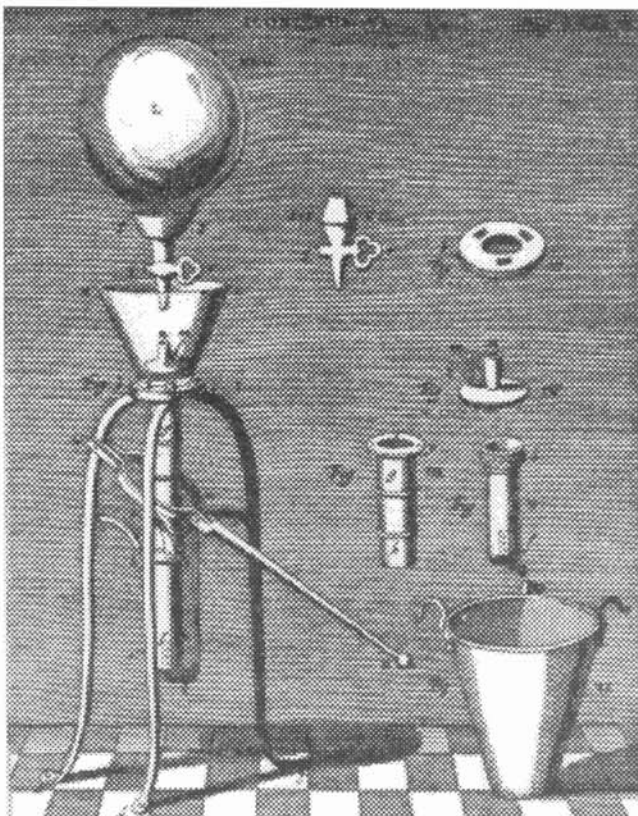
Prvi dve Guerickevi črpalki sta bili kar obrnjeni gasilski brizgalni. Sestavljal jih je bronasti valj, leseni bat in bakrena kroglja, ki je bila v drugi inačici uporabljena kot posoda za vakuum. Praznjenje sta opravila dva moška štiri ure dolgo. Kaže, da Guericke ni uporabil premičnih stikov, npr. stožcev in tulcev. Stiki med

* Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral pa leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani.



Slika 3. Guericckov eksperiment z magdeburškima polkrogla (iz Guericckove knjige *Eksperimenta Nova (ut Vocantur) Magdeburgica De Vacuo Spatio*, Amsterdam, 1672)

kovino in steklom so bili zatesnjeni s smolo. Včasih, tako pri slovitih magdeburških polkroglah, so uporabili mešanico voska in terpentina. Obe polkrogli iz bronu s 3/4 jarda v premeru sta bili prirejeni druga za v drugo.



Slika 4. Guericckova zračna črpalka, s katero je Guericcke uspel doseči zelo visok vakuum

Zatesnjeni sta bili s prstanom iz kože, pomočenim v mešanico voska in terpentina. Način praznjenja je Guericcke leta 1672 označil kot "hiter".

Guericke je pozneje za črpanje uporabljal sistem vzvodov. Hooke in Boyle sta poenostavila črpanje z uporabo železne natezalnice in peresa. Ni jima bila po volji velika količina vode, ki jo je Guericcke uporabljal za tesnjenje. Uporabljala sta zapiralne pipe, namazane z mazivom za stroje in zaklopke, ki jih je bilo treba odpirati in zapirati z roko, ter lesen bat, ki je premikal bronasti valj gor in dol. Da bi zagotovila trdno tesnjenje, sta uporabljala med batom in valjem "debel kos strojenega usnja za podplate". Njuno mazivo za stroje je bilo bržkone mešanica olivnega olja in drugih zelenjavnih sokov, skuhanih skupaj s svinčevim oksidom. Dodala sta še malo kuhinjskega olja, Salad oil), s katerim sta omočila bat in posodo za vakuum, ki je bila votla steklena krogla. (Sparnaay 1992, 26-27).

Schrott in von Guericke sta kritizirala uporabnost Hookove in Boyleve črpalke in obratno. Nekaj kritik je izviralo tudi iz slabe obveščenosti, saj sta Hooke in Boyle poznala le prvo inačico Guericckove črpalke iz Schrottove knjige. Schrott in Guernice sta menila, da je črpalka njunih angleških kolegov slabo tesnjena. Kljub temu pa so si občasno drug od drugega izposojali ideje za posamezne elemente črpalke.

S tretjo svojo črpalko je Guericcke prvi dognal, da lahko namesto kapljevine iz posode črpamo kar zrak. Svoje naprave je imenoval "syringes", Boule pa jih je imenoval "pneumatic machines". Naziva zračne in vakuumske črpalke sta se uveljavila pozneje.

Guerickove magdeburške polkrogle so ljubljanski jezuiti nabavili že leta 1754 za potrebe pouka na liceju. Stoletje pozneje, leta 1867/68, so na gimnaziji v Ljubljani ponovno nabavili napravo z enakim imenom. Vakuum je tedaj z Geisslerjevimi cevmi zopet postal zanimivo področje fizikalnega raziskovanja.

č) Boyle in raziskovanje vakuuma v Angliji

Robert Boyle (1627-1691) je bil rojen na Irskem kot sedmi sin grofa Earla of Cork. O Guerickovih poskusih je zvedel iz Schottove knjige iz leta 1657. S svojimi nazori o vakuumu je prišel v spor s filozofom Hobbsom. V Royal Society je fizikalnemu pojmovanju vakuuma nasprotoval celo njen ustanovitelj iz leta



Slika 5. Robert Boyle (1627-1691)

1662, kralj Charles II. 1.2.1662 se je norčeval iz prizadevanj Gresham College za določevanja gostote zraka, čeprav je takšno meritev izpeljal že Galileo leta 1613, ko je dobil približno dvakrat previsok rezultat. Tehtanje ali mešanje zraka se je neposvečenim gotovo zdelo izguba časa. Poznejši poskusi so bili bolj natančni, saj so v 17. stoletju znali določiti razliko v masi do 1 graina, kar je okoli 6,5 g (Sparnaay 1992, 17, 37).

Med leti 1658-1659 je Robert Hooke (1635-1703) pod Boylovim vodstvom sestavil črpalko. Leta 1660 jo je Boyle opisal v svoji knjigi, ki jo je bilo mogoče nabaviti tudi v Ljubljani v izdaji iz leta 1682.

Leta 1662 je Boyle objavil meritve tlaka razredčenega zraka (Sparnaay 1992, 41-44, Hurd 1964 258-263). Edme' Mariotte (1620-1684) je leta 1679 samostojno



Sl. 6. Boylova prva črpalka

opravi podobne meritve in ugotovil, da se gostota zraka manjša z naraščajočo temperaturo. Meritve je opravil Francoz Guillaume Amontons leta 1699. Tudi poznejše raziskave plinskih zakonov so opravili Francozi: Gay-Lussac leta 1807 ter Regnaultova skupina po letu 1840.

15.2.1665 sta Hooke in Boyle opravila poskusa z vakuumsko črpalko pred Royal Society.

Po Hookovi smrti je Newton postal predsednik Royal Society, Francis Hauksbee (1670-1713) pa je pripravil poskuse. Bil je Boylov učenec, vendar pri Royal Science ni bil stalno zaposlen kot pred njim Hooke. 15.12.1703 je uporabil izboljšano zračno črpalko. Leta 1704 je poročal, da je v dveh minutah izpraznil posodo s prostornino 0.7 l do 0,0025 bar.

d) Huygens in raziskovanje vakuuma v Parizu in na Nizozemskem

Spomladi leta 1661 je Boyle v Londonu obiskal njegov holandski vrstnik Christiaan Huygens (1629-1695). Christiaan je bil drugi sin Descartesovega prijatelja, diplomata in pesnika Constantijna Huygensa. Po ogledu Boylovih naprav je novembra 1661 v Haagu sestavil lastno črpalko, naslednje leto pa še drugo inačico. S Huygensovo preselitvijo v Pariz leta 1663 je tamkajšnja Academie Royale postala novo središče raziskovanja vakuuma.

Huygensova črpalka iz leta 1661 je prinesla takojšen uspeh, saj je "mehur ostal izpraznjen celo noč", torej kakih 8 ur. Uspeh je bil boljši kot pri Boylu in Hooku, ki sta uporabljala lesen bat. Leta 1662 je Huygens sestavil še drugo črpalko, ki je bila model za številne poznejše izvedbe. Položaj sestavnih delov prve črpalke je bil tu obrnjen na glavo. S sipanjem mešanice olja in vode v bat je bilo lažje zavarovati površino med batom in valjem od vlage in obenem obdržati dovolj vlage za obroč iz kože okoli valja. Zaklopka se je odprla, ko je šel valj navzdol in prepustila nekaj kapljevine. Vakuumsko posodo in črpalko sta bili vpeti v kovinsko ploščo.

Ker na Nizozemskem niso imeli na voljo izkušenih steklopihalcev, je Huygens za vakuum uporabil apotekarsko posodo. V poznejši inačici, ki jo je leta 1668 predstavil pred Académie Royale v Parizu, je bila kovinska plošča zamenjana z leseno desko debeline 2

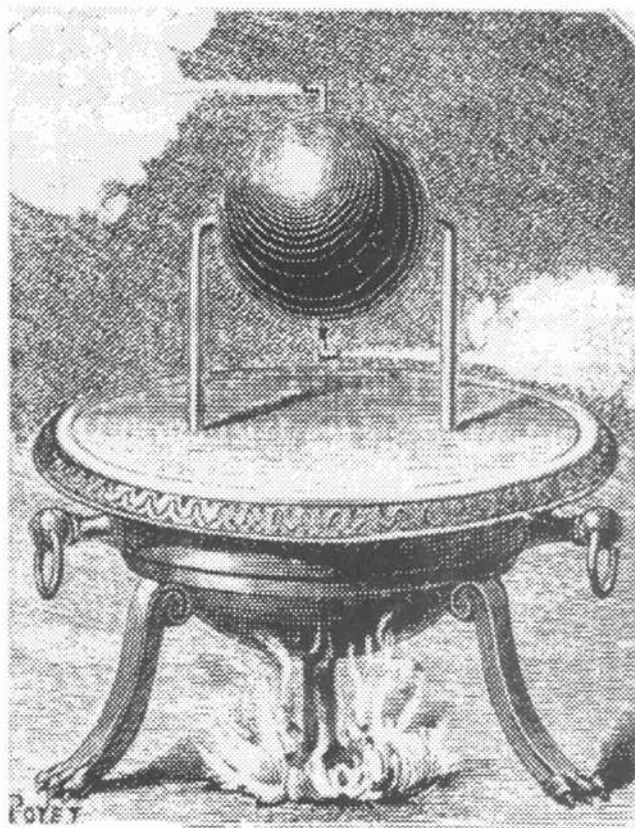


Slika 7. Christiaan Huygens (1629-1695)

inča. Nanjo je bila vpeta železna plošča, ki je pritrdjevala črpalko. Bronasti "platine creuse" je bil uporabljen kot vakuumaska posoda. Izbira posod s širokimi odprtiniami je Huygensu omogočila raznovrstne poskuse. Problem tesnitve med posodo in osnovno ploščo je bil rešen z uporabo velikih količin mehke rumene mešanice voska in terpentina. Enak cement je uporabljal tudi Boyle, ki je ostal v pristnih odnosih s Huygensom.

Huygens je zračno črpalko predstavil skupini Herberta de Montmorja, ki je leta 1664 postala temelj Pariške akademije. Akademik Huygens je bival v Parizu med leti 1663-1683 s prekinitvami zaradi bolezni med leti 1670-1671 in 1676-1678 (Sparnaay 1992, 30). Leta 1673 je Huygens objavil načrt za pnevmatsko dvigalo. V njem naj bi eksplozija smodnika znižala tlak v posodi. Zračni tlak bi pognal bat vanjo in tako dvignil utež (Sparnaay 1992, 40). Proces seveda ni bil ponovljiv.

Delo prvih vakuumistov je bilo pogosto nevarno. 14.4.1668 je pri četrtem Huygensovem praznjenju valjaste posode pred Royal Socitey prišlo do eksplozije, po kateri so delci naprave leteli meter daleč. Na sestanku naslednji teden je Huygens prikazal poskus z uro, katere zvonjenje se skoraj ne sliši več, ko izčrpamo posodo, s katero je pokrita. Podoben poskus je opravil tudi von Guericke (Sparnaay 1992, 53-54).



Slika 8. Heron, aleksandrijski matematik, ki je živel v 1. st. pr.n.št., je naredil naslednji preizkus: v votlo kroglo je nalil vodo, ki jo je segrel do temperature, ko je začela skozi nasprotni ležeči cevčici izhajati para. Ker sta bili cevčici usmerjeni v nasprotni smeri, se je krogla zavrtela.

Hugenot Denis Papin (1647-1712) je bil Huygensov sodelavec od leta 1673. Iznašel je zaporno pipo s tremi potmi. Enako kot Huygens je moral tudi Papin drugam, saj za protestante ni bilo več prostora na Francoskem po ukinitvi Nantskega edikta leta 1685. Odšel je k Boyleu v London, kjer je razvil črpalko z dvema cilindroma, ki jo je Boyle opisal leta 1682. Po pariškem akademiku Mariottu, ki je kot katolik ostal doma, so bile Papinove črpalke cenejše in uporabnejše od Huygensovih.

Huygensovo delo je na Nizozemskem nadaljeval eden izmed izvrševalcev njegove oporoke de Volder v sodelovanju z delavnico van Musschenbroeka, očeta pozneje slovitiga znanstvenika Petra.

3 Parni stroji

S parnimi stroji je vakuumaska tehnika v 18. stoletju prvič postala znanost s široko uporabo v industriji.

Vrtavko, ki bruha paro, je znal sestaviti že Heron okoli leta 200 pred našim štetjem v Aleksandriji, v današnjem Egiptu. Njegovo zamisel so izboljševali

Blasco de Garay leta 1543, Solomon de Caus leta 1615, Italijan Giovanni Branca leta 1629 (Sittauer 1989, 7), Markiz de Worchester leta 1663 in sir Samuel Moreland. Francoz Denis Papin (1647-1712) je bil med leti 1675-1680 Boylov asistent, Hookov pomočnik in član Royal Society (Bogoljubov 1984, 209). Med leti 1690-1695 je sestavil prvi uporabni parni stroj na bat. Delo je opravil kot profesor matematike v Marburgu, saj kot hugenot ni smel več domov po ukinitvi Nantskega edikta leta 1685. Nekaj let je potoval po Italiji in Nemčiji, kjer je leta 1698 sestavljal parni stroj (Asimov 1975).

Anglež Thomas Savery (1650-1715) je leta 1698 uporabil Papinovo idejo ter Boylova in Guerickova raziskovanja vakuuma. Savinov stroj "Miners friend" (prijatelj rudarjev) s 500 konjskimi silami so uporabljali predvsem za črpanje vode iz rudnikov. Leta 1698 je Savery sprejel za partnerja Angleža Thomasa Newcomena (1663-1729). Ta je leta 1712 sestavil stroj, ki ni uporabljal pare pod visokim tlakom, temveč je delo opravil kar zračni tlak. Bati in valji so morali biti zato zelo dobro tesnjeni. Newcomenov stroj je ostal v splošni uporabi od leta 1725 do Wattovih izboljšav.

Podobne naprave sta konstruirala tudi Anglež John Cawley v letih 1711/1712 (Sittauer 1989, 11) in Šved Christopher Polhem (1661-1751) okoli leta 1700. Vendar tehnologi njihovega časa še niso znali sestaviti posod, ki bi varno delovale pod velikimi parnimi tlaki v stroju.

Leta 1844 je bila na prostorih današnje avtobusne postaje blizu hotela Pugled v Kočevju postavljena prva parna žaga z mlinom na Kranjskem in druga v slovenskem prostoru. Njena moč je bila 20 KS.

Tik pred marčno revolucijo so Auerspergi začeli postavljati parne stroje v svoji železarni na Dvoru. Leta 1875 so bratje Razinger postavili parni stroj v svoji steklarni v Kočevju. Uporabljali so premog, nakopan na Trati. Skupaj z očetom so se priselili v Kočevje že leta 1849.

V letu otvoritve železnice (1893) so v Kočevju imeli že parno žago z močjo 120 KS.

Železnice so se razvile iz naprav, ki so že zelo zgodaj uporabljale tračnice za prevoz materiala. Angleški izumitelj Rickard Trevithick (1771-1833) je leta 1796 sestavil lokomotivo na paro, ki je leta 1801 peljala vlak s potniki. Prvi je v naravi dokazal, da je med gladkimi kovinskimi kolesi in gladkimi kovinskimi tračnicami dovolj trenja za vožnjo vlaka. Svoje ideje je poskušal uveljaviti v Peruju v Južni Ameriki, vendar je ostal brez večjega zasluga.

Uspešnejši so bili drugi. Leta 1814 je George Stephenson (1781-1848) konstruiral in preizkusil svojo prvo parno lokomotivo (Sittauer 1989, 129). 27.9.1825 je demonstriral uporabo parnega stroja na progi Stockton-Darlington v Angliji. Stephenson je prvi uporabil kolesa s prirobnicami (flanged) na svojih strojih. Leta 1830 so spustili v promet osem Stephensonovih strojev na progi med Liverpoolom in Manchestrom.

Prvič v zgodovini je človek lahko potoval hitreje od galopirajočega konja. Že med letom 1838 je 24000 oseb potovalo na progi Pariz-Versailles. Sredi 19. stoletja so železnice sprožile industrijski in transportni "boom", saj so imele (in imajo še) nepremagljive prednosti pred drugimi vejami transporta.

Habsburška monarhija je imela leta 1837 le 146 kilometrov železniških tirov in je bila tako med zaostalimi deželami v Evropi. Prvi vlak na slovenskem narodnostnem ozemlju je zapeljal med Celjem in Mariborom leta 1846. Progo Dunaj-Ljubljana so odprili leta 1849, Trst-Ljubljana leta 1857, Ljubljana-Kočevje leta 1893 in Ljubljana-Novo mesto leta 1894.

Literatura:

- /1/ M.H. Hablanvan, Hystory of Vacuum Science and Technology, American Institute of Physics, New York, 1984
- /2/ M.J. Sparnaay, Adventures in vacuum, North-Holland Amsterdam, 1992
- /3/ D.L. Hurd and J.J. Kipling (eds.), The Origins and Growth of Physical Science, Vol. 1, Penguin Books, 1964
- /4/ A.N. Bogoljubov, Robert Hooke, Nauka, Moskva, 1984
- /5/ I. Asimov, Biographical Encyclopedi of Science and technology, London, 1975
- /6/ H.L. Sittauer, James Watt, Leipzig, 1989

NOVI KNJIGI

1. **Vakuumska tehnika za srednješolske predavatelje**, urednik J. Gasperič, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, junij 1993, 113 str., 84 slik

Knjigo lahko naročite na naslov:
DVT Slovenije, Teslova 30, 61111 Ljubljana,
ali po telefonu (061) 263 461
(dr. Bojan Jenko, Andrej Pregelj)

2. Boris Navinšek: **Trde zaščitne prevleke**, Uporaba trdih prevlek v industrijski proizvodnji, Institut "Jožef Stefan", november 1993, 240 str.

Knjigo lahko naročite na naslov:
Institut "Jožef Stefan", prof. dr. Boris Navinšek,
Jamova 39, 61111 Ljubljana

