



estas ĉiumonata gazeteto por Esperantistoj en Halifax-Dartmouth,  
Upper Rawdon kaj aliloke en Nov-Skotio (kaj ankaŭ por la mondo).

Numero 215

Marto 2004

Laborantoj:

Bob Williamson — Redaktoro, preskontrolisto  
Stevens Norvell — kompostisto  
Reni Porter — Presisto, enpoŝtigisto, kontisto  
Sendu leterojn kaj artikolojn al:

Bob Williamson  
329 Poplar Drive  
Dartmouth, Nova Scotia  
KANADO B2W 4K8  
bob.williamson@ns.sympatico.ca

Sendu abon-monon al:

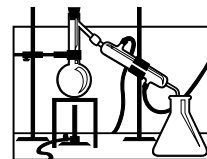
Reni Porter  
71 RidgeValley Road  
Halifax, Nova Scotia  
KANADO B3P 2E5

Abona kosto por Kanado aŭ Usono estas \$8 (kanadaj) kaj por aliaj landoj estas \$15

★ ★

## KIO ESTAS LA SCIENCA METODO?

La scienca metodo atingis, precipe en la lastaj kvar-kvincent jaroj, eksterordinaran sukceson, kaj pro tio, grandan prestiĝon. Pro tio, kiel oni povus atendi, homoj ofte misuzas, alproprigas (eĉ ŝtelas) la vorton *sciencia* por aferoj kiuj tute ne estas sciencaj aŭ estas nur margene sciencaj. Pripensu pri „kristana scienco” aŭ „sciencologio” en la religia kampo, aŭ pri „sciencia socialismo” de la marksistoj. Ĉu „politika scienco”, „komerca scienco” aŭ „socia scienco” vere estas sciencoj? Ĉu „biblioteka scienco” estas scienco? Mi devas inkludi ĉi tie mian propran profesion: oni jen kaj jen (mis)parolas pri „medicina scienco”, sed fakte medicino ne estas scienco; ĝi estas utila arto. Evidentiĝas, ke homoj misuzas la vorton por gajni nemeritan prestiĝon?



Kompreneble, se homo en iu ajn fako strebas en siaj studoj kaj verkoj imiti laŭ eblo la metodojn de la sciencistoj, tio honoras la homon.

Do, devas ne surprizi nin, ke diversaj ĉarlatanoj kaj trompisto, kiuj ŝajnigas havi kapablon resanigi homojn, sanajn aŭ malsanajn, de diversaj malsanoj, veraj aŭ imagitaj, ofte uzas la vorton *sciencia* en siaj reklamoj, literaturo kaj parolado. Tiel ili gajnas prestiĝon kaj profitas de la sciomanko de la trompatoj. Estas probable, ke nek la ŝajnigistoj nek iliaj klientoj havas bonan ideon pri kio estas scienco kaj la scienca metodo.

Estas interese, ke kiam sciencistoj komunikas kun aliaj sciencistoj, ekzemple en kongresoj aŭ per sciencaj ĵurnaloj, oni tre malofte aŭdas aŭ vidas la vorton *sciencia* (eĉ en la prestiĝa periodaĵo *Journal of Science*). Sufiĉas inter ili, ke la referaĵoj kaj artikoloj estas atente elpensitaj kaj precize prezentitaj.

Neniu planis la sciencan metodon<sup>1,2</sup>. Ĝi evoluis tute ne konstante, jen en unu loko jen en alia, dum tri-, eĉ kvar- aŭ kvin-mil jaroj, aparte dum kaj post la Renesanco. Ĝi disvolviĝis iom post iom el la homa scivolemo. En la komenco estis la **demando**. Inteligentaj homoj ne povas ne scivoli kaj demandi. Mi supozas, ke primitivaj homoj estis kontentaj ricevi klarigojn kiuj estas bazitaj en superstiĉo kaj magio. Kiam tiaj klarigoj ne plu estis kontentigaj, scienco komencis la malrapidan kaj torturan vojaĝon el primitiva pensmaniero survoje al la moderna epoko.

Mi priskribos ĉi tie miajn ideojn pri la precipaj elementoj de la scienca metodo. Por ne tro komplikigi la diskuton, mi evitos mencion de matematiko; en tiu fako la nocioj pri pruvo kaj certeco estas iom malsamaj ol en la sciencoj.

Unue estas la **demando**. Sen demando, la scienca metodo ne povas komenciĝi. La demando povas esti tre simpla: ekzemple, kiom da ovoĵoj averaĝe troviĝas en nesto de nigraĉapa paruo (*Parus atricapillus*) aŭ kiom estas la rapideco de sono en la aero por kalkuli la distancon inter fulmofrapo kaj tondroso. Ofte la respondo facile troviĝas en libro aŭ ĵurnalo, kaj se la respondo estas kohera al la diversaj informoj de la demandanto, la enketo povas esti jam finita. Tamen, se respondo ne estas trovebla, aŭ se la respondo ne estas kohera kun diversaj observaĵoj kaj akceptitaj teorioj, tio povas esti la saltopunkto al nova esplorado. Ekzemple, melanomo kutime komenciĝas ĉe palhaŭtuloj en haŭto lastatempe elmetita al la sunradioj, sed en Ugando tiu kancero plej ofte troviĝas ĉe la plandoj de nigruloj; tiu nekohereco preskaŭ elkrias por klarigo<sup>3</sup>.

La dua elemento de la scienca metodo estas la **observaĵo**. Observaĵo povas troviĝi en la naturo aŭ en la laboratorio. Se oni hazarde trovas en roko la fosiliĝintajn piedimpresojn de nekonata besto, la sciencisto havas devon tre atente kaj precize priskribi kaj foti ilin kaj ankaŭ priskribi la lokon, la ĉirkaŭantajn rokojn, ktp. Kaj li/ŝi havas ankaŭ devon, se eble, konservi la trovaĵon, por ke aliaj sciencistoj povus konfirmi ĝin. La komenca demando estas *kiaj* estas la piedimpresoj, kaj oni priskribas ilin. Poste oni povas konjekti pri kia besto faris ilin, kio estas la aĝo de la impresoj, ktp. Andreas Vesalius<sup>4</sup> eĉ ne pensis pri teorioj; li nur scivolis, kia estas la anatomio de la homa korpo, eĉ pli ĉar la priskriboj de Galen ne estis koheraj kun la propraj observaĵoj dum dissekcado de la homa kadavro. Li bele sukcesis kiam li eldonis ***De hominis corporis fabrica libri septem*** (Pri la strukturo de la homa korpo en sep libroj) en 1543. Kontraste, oni povas krei observaĵojn en la laboratorio. Multaj sciencistoj, inklude lordon Kelvin, iam kredis ke devas ekzisti etero en kiu ondoj de lumo propagas. Michelson kaj Morely<sup>5</sup> montris per eleganta laboratoria eksperimento, ke la rapideco de lumo estas sama, malgraŭ ĉu oni mezuras en la direkto de movo de la tero, ĉu ortangule. Kiam aliaj sciencistoj konfirmis la eksperimenton, la erara teorio pri ekzisto de etero tute malaperis, kaj la vojo estis malferma por la teorio de relativeco de Einstein (vidu suben).



Kvankam mi emfazas la unuarangecon de la demando, povas esti ke hazarda observado (kaj preta menso) unuas, kaj estas tiu kiu stimulas la demandon. Kiam Alexander Fleming<sup>6</sup> rimarkis, ke kolonioj de stafilokokoj ne ĝuste kreskis en la laboratorio, li ne nomis ĝin „fuŝeksperimento” kaj forĵetis la telerojn; li demandis sin „kial?” Li trovis ke fungo nomata *Penicillium notatum* responsis por la inhibo de kresko de la bakterioj, kaj la homaro gajnis multon. Hazarda observaĵo povas konduki al du demandoj: „*kia?*”, kiu postulas respondon en formo de priskribo, aŭ „*kial?*”, kiu postulas respondon teoriforme.

La tria elemento de la scienca metodo estas la *hipotezo*, la *konjekto*, la *teorio*. La termino kiun oni uzas iom dependas de kiom grava estas la ideo kaj kiom vaste ĝi estas akceptita. Estas oportune en ĉi tiu diskuto nur uzi la terminon *teorio*. Teorio ligas aŭ klarigas observaĵojn. Teorio ne estas rekte observebla kaj pro tio ĉiam estas konstruaĵo fare de la menso. Estas interese, ke teorio neniam estas pruvebla. Efektive, bona teorio estas tia kian oni povus facile pruvi nevera; tamen, se oni ripete kaj ripete strebas pruvi teorion falsa, kaj se dum multaj jaroj oni neniam sukcesas montri ke la teorio estas nevera, tiu teorio pli kaj pli gajnas ĝeneralan akcepton. Ĉiu observaĵo kiu subtenas teorion, plifortigas la teorion, sed ne pravas ĝin. Tamen, eĉ unu observaĵo kiu kontraŭas teorion, se konfirmita, povus esti sufiĉa por montri ke la teorio estas nevera. Bona ekzemplo estas la teorio, ke ĉiu vivanto devenas de antaŭa vivanto kaj ne spontanee. Se oni steriligas supon kaj elmetas la bovlon, vivantaĵoj aperas, sed se oni steriligas kaj sigelas la bovlon en vitra ujo, vivantaĵoj ne aperas. Por montri ke la teorio estas falsa, oni devas nur montri, ke steriligita supo, sigelita en vitro, povas produkti vivajn kreaĵojn. Tamen, neniu iam sukcesis tiun simplan aferon fari, do la teorio staras firme<sup>7</sup>.

Atentinda trajto de bona teorio estas la principo nomata la *leĝo de avareco*, proponita de William Ockham<sup>8</sup>: kiam oni devas elekti inter du teorioj, la pli simpla teorio estas preferinda. La leĝo de Bode<sup>9</sup>, per kiu oni povas kalkuli la distancojn de la planedoj for de la suno, estas ekzemplo de tre komplika teorio kiun sciencistoj ne akceptas, ĉar ĝi kontraŭas la leĝon de avareco.

La plej konvinka teorio estas tia kia ne nur klarigas ĉiujn ĝisnunajn observaĵojn sed ankaŭ ĝuste antaŭdiras estontajn observaĵojn. A. Einstein, per sia ĝenerala teorio de relativeco en 1916, antaŭdiris, ke la lumo de la steloj estos kurbigita kiam ĝi preteriros la sunon; nur poste, en la eklipso de 1919, la observantoj confirmis la antaŭdiron de la teorio<sup>10</sup>. Simile, William Harvey<sup>11</sup> longe kaj atente studis la valvojn de la koro kaj de la vejnoj. Li konkludis en 1628, ke la sango povus flui en nur unu direkto en tiuj strukturoj, kaj pro tio devas esti komunikvojoj inter la plej malgrandaj arterioj kaj la plej malgrandaj vejnoj. Nur post la invento de la mikroskopo oni unuafoje vidis la kapilarojn.



La kvara elemento de la scienca metodo estas *libera kaj malferma komunikado*, kutime ne kun la laikaro sed kun kolegaj sciencistoj. Tiu ĉi karakterizo multe evoluis dum 4 mil jaroj. En la komenco, filozofoj kunvenis en

la agoro por diskuti siajn teoriojn pri la naturo. Poste oni interŝanĝis leterojn pri eltrovaĵoj kaj teorioj. Oni kolektis informon el diversaj fontoj kaj verkis librojn.

Nuntempe, kutime oni prezentas referaĵon en kongreso kaj poste verkas artikolon en profesia ĵurnalo, ĉiam cele al aliaj sciencistoj, ne al la laikaro. (Estas tre facile trompi la nesciantan laikaron, multe pli malfacile – tamen ne maleble – misgvidi la spertulojn.) En la artikolo, la sciencisto eksplikas la demandon al kiu ŝi/li deziras trovi solvon kaj ankaŭ la kialojn por elekti tiun demandon. Ŝi/li detale klarigas la metodojn de la esplorado por ke aliaj sciencistoj povu ripeti la laboron por konfirmi aŭ malkonfirmi. Sekve, oni prezentas la rezultojn kaj analizas ilin laŭ statistika vidpunkto, precipe por taksu kiomgrade la rezultoj estas realaj kaj kiomgrade ili povus esti rezulto de hazardo. Poste oni diskutas la interpreton kaj la konkludon de la studo. Finfine oni prezentas plenan liston de trafaj referaĵoj el la presita literaturo, ĉar ideoj preskaŭ neniam ekzistas en izoleco. Kutime spertuloj antaŭtaksas la artikolon pri scienca valoro antaŭ akcepto kaj presado. Kiam presita, la esplorado estas en la scienca literaturo kaj iu ajn sciencisto estas libera ignori, akcepti, citi, ripeti, konfirmi, utiligi, malpruvi aŭ malakcepti la eldonitajn ideojn, ĉu ili estas observaĵoj, ĉu teorioj.

Resumo:

La elementoj de la scienca metodo estas la **demando**, la **observaĵo**, la **teorio**, kaj **komunikado** kun aliaj sciencistoj. Uzante la sciencan metodon, oni precize prezentas siajn atente faritajn observaĵojn kaj lerte elpensitajn teoriojn por kritikado de spertuloj kaj eventuala akcepto de la scienca komunumo. Oni ne akceptas kiel sciencaj la verkojn de tiuj, kiuj ne uzas la sciencan metodon.

— Steĉjo

### Informfontoj

1. Ĉapitroj pri „Epistemology” kaj „Scientific Method”, **Encarta**, Enciklopedio sur kompakta disko, Microsoft, 2002.
2. „Science, History of”, **Encyclopædia Britannica**, surreta enciklopedia informservo, 2004.
3. Lewis MG: Malignant Melanoma in Uganda. **Brit J Cancer**, 21: 483-495, 1967.
4. „Andreas Vesalius”, **Encyclopædia Britannica**, surreta enciklopedia informservo, 2004.
5. „Michelson-Morely eksperimento”, **Encyclopædia Britannica**, surreta enciklopedia informservo, 2004.
6. „Sir Alexander Fleming”, **Encyclopædia Britannica**, surreta enciklopedia informservo, 2004.
7. „Lazzaro Spallanzani”, **Encarta**, Enciklopedio sur kompakta disko, Microsoft, 2002.
8. „Ockham”, **Encarta**, Enciklopedio sur kompakta disko, Microsoft, 2002.
9. „Bode’s Law”, **Encyclopædia Britannica**, surreta enciklopedia informservo, 2004.
10. „Albert Einstein”, **Encarta**, Enciklopedio sur kompakta disko, Microsoft, 2002.
11. „William Harvey”, **Encarta**, Enciklopedio sur kompakta disko, Microsoft, 2002.