

Frá eðlisfræði til hagsálarfræði

Í upphafi var hagfræði eins og heimspeki, enda afsprengi hennar. Faðir hagfræðinnar, Adam Smith, var heimspekingur í Glasgow sem þótti þá vera ein fegursta borg Evrópu. Aðferð hagfræðinnar var hin sama og aðferð heimspekinnar, hreinræktuð rökleiðsla með orðin ein að vopni, en þó með skírskotun til reynsluraka og sögu. *Auðlegð þjóðanna* er sneisafull af reynslusögum víðs vegar að. Adam Smith komst sjálfur að vísu aldrei lengra en suður yfir sundið til Frakklands, en hann talaði oft við sér víðreistari menn og lærði af þeim. Hann kunni að hlusta.

Hlið við hlið

Smám saman ruddu teikningar og tákn sér til rúms í hagfræðiritum. Stóra stökkið tók Paul Samuelson í doktorsritgerð sinni í Harvard-háskóla (*Foundations of Economic Analysis*, 1947). Þar setti hann hagfræði fram í stærðfræðilegum búningi og beitti sömu stærðfræði og eðlisfræðingar nota. Samuelson stillti hagfræði upp við hlið eðlisfræðinnar.

Ég reyndi þetta fyrir skömmu með nemendum mínum í þjóðhagfræði með því að leiða þá í gegnum útleiðslu á frægustu jöfnu Alberts Einstein og allra vísinda. Jafnan er $E = mc^2$ þar sem E er orka, m er massi og c er hraði ljóssins. Mig langaði að sýna þeim að útleiðsla jöfnunnar er frekar einföld og nauðalík algengum útleiðslum í hagfræði. Jafnan kemur við sögu síðar í námskeiðinu nema þá merkja táknin annað: E er hagsauki, m er nýsköpun og c er bjögunin, t.d. viðskiptahindrun eða verðbólga, sem stjórnvöld draga úr eða eyða til að framkalla hagsaukann.

Paul Samuelson vann fyrstur Bandaríkjamanna til Nóbelsverðlauna í hagfræði 1970. Árið eftir útgáfu doktorsritgerðar hans 1947 birti hann kennslubók handa byrjendum í hagfræði. Æ síðan hafa allar byrjendabækur í hagfræði verið steiptar í mótið sem Samuelson lagði til. Bók hans er enn í notkun, 19. útgáfa. Eins er þetta í eðlisfræði, efnafræði og líffræði og nú orðið einnig í félagsfræði. Bækurnar handa byrjendum eru efnislega allar eins í grundvallaratriðum þar eð menn hafa komið sér saman um þekkinguna sem þar er lýst.

Samuelson fékk ekki vinnu í Harvard að loknu doktorsprófinu; hann var gyðingur. Hann réð sig þá til MIT hinum megin við Charles-ána í Cambridge staðráðinn í að byggja upp beztu hagfræðideild í heimi. Það tókst.

Ágreiningur

Leikmenn finna stundum að ágreiningi milli hagfræðinga. Hvers vegna mæla sumir hagfræðingar með hækkun vaxta, aðrir með lækkun? spyrja menn til dæmis. Slíkur ágreiningur á sér yfirleitt eðlilegar skýringar. Menn getur greint á um hvaða líkan eigi bezt við ákvörðun vaxta á hverjum tíma og menn getur einnig greint á um túlkun hagtalna. Hagfræði fjallar um hegðan lifandi fólks, ekki um gang dauðra himintungla. Isaac Newton, mesti eðlisfræðingur sinnar tíðar ef ekki allra tíma, fékk að reyna þetta á eigin skinni þegar hann tapaði stórfé á hlutabréfabólu sem sprakk. Hann sagði þá: „Ég get sagt fyrir um gang himintunglanna en ekki um æði mannanna.“ Þarna liggur mikilvægur eðlismunur á raunvísindum og félagsvísindum – eða hvað?

Fræðilegur ágreiningur hagfræðinga er sízt meiri en stundum er meðal eðlisfræðinga. Paul Samuelson dó sáttur í hárrí elli 2009, ánægður með þær

framfarir sem hagfræði hafið tekið sumpart fyrir hans tilstilli. Öðru máli gegnir um Albert Einstein, frægasta eðlisfræðing 20. aldar. Hann sætti sig ekki við byltinguna í eðlisfræði sem kennd er við skammtafræði. Um afstæðiskenningu Einsteins standa að sönnu engar deilur. Þar hafði hann fullan sigur.

Einstein var eini maðurinn í útskriftarhópnum frá tækniháskólanum ETH í Zürich árið 1900 sem fékk ekki lektorsstöðu að loknu prófi. Það var ekki vegna þess að hann hefði verið slakur nemandi (það er þjóðsaga, Einstein var afburðanemandi) heldur kannski frekar af því að hann fór sínar eigin leiðir. Hann gerðist skrifstofumaður og setti fyrst fram takmörkuðu afstæðiskenninguna í tómstundum 1905 með ímyndunaraflið eitt að vopni og síðan almennu afstæðiskenninguna 1915, þá orðinn prófessor. Afstæðiskenningin leiðréttir kenningu Newtons, þá eðlisfræði sem menn höfðu tekið gilda í næstum 200 ár þar til Einstein kom til sögunnar. Vitað var að kenning Newtons segir ekki rétt til um sporbaug Merkúrísar kringum sólu, þótt sporbaugar hinna reikistjarnanna fjær sólu væru skv. mælingum í samræmi við klassíska eðlisfræði Newtons. Afstæðiskenningin gaf rétt svar. Þessu er lýst í bókinni *Einstein, eindir og afstæði. Tímamótgreinar Einsteins frá 1905* (2015, ritstj. Þorsteinn Vilhjálmsson).

Einstein gat sér til að víkka þyrfti út kenningu Newtons með tveim nýjum forsendum: (a) Öll tregða er eins (þetta er afstæðislögmálið, e.k. jafnréttislögmál sem segir að öll lögmál eðlisfræðinnar eigi við í öllum tregðukerfum, þ.e. þegar allir hlutir sem enginn kraftur orkar á eru annaðhvort kyrrstæðir eða hreyfast í tiltekna átt á jöfnum hraða); og (b) Ljós hraðinn er alltaf eins, óháð t.d. hreyfingu ljósgjafans og athugandans. Af þessu gat Einstein leitt að tvær stærðir sem Newton taldi fastar frá náttúrunnar hendi, massi og tími, væru afstæðar frekar en algildar. Einstein hugsaði sér að massi hlutar fari eftir hraðanum sem hluturinn ferðast á. Þetta skiptir að vísu engu máli á venjulegum hraða, en þetta tekur að skipta máli þegar hluturinn fer að nálgast hraða ljóssins sem er óhagganleg stærð, um 300.000 km á sekúndu. Tíminn er einnig afstæður skv. kenningu Einsteins í þeim skilningi að hann líður mishratt eftir því hversu hratt hún ferðast klukkan sem mælir tímann.

Tvíburatilraunin

Hugsum okkur tvítugar tvíburasystur. Önnur ferðast á ógnarhraða til fjarlægjar stjörnu í geimflug og heim aftur. Hin bíður heima á jörðinni. Ef hraði geimflugarinnar er 80% af hraða ljóssins og stjarnan er 10 ljósár frá jörðu (ljósár er vegalengdin sem ljósið fer á einu ári), þá er systirin sem beið heima orðin 10 árum eldri en tvíburasystirin í geimfluginni þegar hún snýr aftur heim. Sú sem bíður á jörðinni verður 45 ára þegar ferðinni lýkur en hin sem flaug 35 ára. Þetta stafar af því að tíminn er afstæður og leið því hægar um borð í fluginni en á jörðu niðri svo að systirin í fluginni eltist að sama skapi hægar.

Allar tilraunir til að sannreyna afstæðiskenninguna benda til að hún sé rétt. Að vísu er ekki til nógu hraðskreið geimflug til að hægt sé að gera tilraun með tvíbura eins og lýst er að framan, en hægt hefur reynzt að skjóta öreindum nógu hratt til að ganga úr skugga um að tíminn er afstæður. Eðlisfræðingar sem afneita afstæðiskenningunni eru varla til: þeir kæmust fyrir á einu bifhjólí eins og bandaríski háðfuglinn Bill Maher sagði nýlega um fjölda þeirra vísindamanna sem halda áfram að þræta fyrir hlýnandi loftslag.

Afstæðiskenningin skiptir máli. Hún hefur hagnýtt gildi í hversdagslífinu. GPS-staðsetningartæki myndu t.d. ekki skila bílstjóra á réttan áfangastað úr langferð

væri leiðrétting Einsteins á kenningu Newtons, nánar tiltekið almenna afstæðiskenningin, ekki byggð inn í forritið. Leiðréttingin breytir að vísu næstum engu ef við ökum frá Reykjavík suður í Hafnarfjörð. En ef förinni er heitið frá Hollywood að tilteknu heimilisfangi á Manhattan, þá myndi tækinu skeika um tugi kílómetra ef Newton einn fengi að ráða för án Einsteins.

Samlagningarvandinn

Eitt ágreiningsefni hagfræðinga varðar mikilvægi þess að reisa þjóðhagfræði á grunni rekstrarhagfræðinnar. Hér er hugsunin þessi. Við byrjum á smæstu einingunum, heimilum og fyrirtækjum, með því að búa okkur til líkön af hegðan þeirra og leggjum niðurstöðurnar síðan saman þannig að úr verður rökrétt líkan af þjóðarbúskapnum í heild og heimsbúskapnum. Þetta er skýr hugsun, en hún strandar á því að samlagningarvandinn (e. aggregation problem) er óleysanlegur nema við mjög hamlandi forsendum. Þess vegna fer jafnan betur á að nota lýsingar á atferli einstakra heimila og fyrirtækja sem vísbendingar eða dæmisögur um hegðan þeirra á heildina lítið frekar en að nálgast neyzlu heimila og fjárfestingu fyrirtækja fyrir þjóðarbúskapinn í heild sem stærðfræðilegar summur. Eins er þetta í eðlisfræði þar sem heildin hegðar sér oft eins og stakar agnir myndu gera. Sólkerfinu má í eðlisfræðilegu tilliti lýsa eins og sól og reikistjörnur séu punktmassar, sandkorn.

Eðlisfræðingar lentu þó í vanda þegar í ljós kom snemma á síðustu öld að smæstu eindir efnisheimsins hegða sér öðruvísi en stærri, áþreifanlegar einingar. Þessar smæstu eindir eru kenndar við skammta og kennir þar ýmissa grasa. Við þekkjum efniseindir og ljósbylgjur, en skammtafræðin rúmar einnig efnisbylgjur og ljósendir. Faðir skammtafræðinnar var Niels Bohr, frægasti Dani allra tíma, nema H. C. Andersen sé frægari. Bohr vann til Nóbelsverðlauna í eðlisfræði 1922, árið á eftir Einstein.

Uppgötvanir Nielsar Bohr og annarra skammtafræðinga leiddu m.a. til þess að gamla stærðfræðin, t.d. samfelldur diffurreikningur Newtons og Leibniz, nægði ekki lengur, heldur þurftu skammtafræðingar einnig að búa til nýja stærðfræði til að ráða við skammtana. Við bætist að ógerlegt er að staðsetja smæstu eindirnar í venjulegum skilningi, heldur lúta þær lögmálum líkindafræðinnar. Tiltekin eind getur verið á tveim stöðum í einu í þeim skilningi að við teljum t.d. 80% líkur á að hún sé hér og 20% líkur á að hún sé þar. Tilraunir virðast sýna að þetta sé rétt lýsing á örheimum.

Köttur Schrödingers

Þetta er stundum skýrt með dæmisögunni af ketti Schrödingers. Erwin Schrödinger var helzti eðlisfræðingur Austurríkis um sína daga. Við hann er kennd merk eðlisfræðistofnun við háskólann í Vín sem Jakob Yngvason prófessor hefur stýrt mörg undangengin ár. Dæmisagan um köttinn er þessi: Ef kötturinn er lokaður inni með geislavirkri öreind þannig að tiltekin staðsetning öreindarinnar drepur köttinn en önnur staðsetning drepur hann ekki, þá getur kötturinn verið bæði lifandi og dauður í senn úr því að öreindin getur verið á tveim stöðum í einu. Þessi túlkun er ekki hafin yfir ágreining. Schrödinger sagði síðar á ævinni að hann óskaði þess að hafa aldrei hitt þennan kött. Dæmisögunni er ætlað að sýna að hegðan öreinda skv. skammtafræðinni getur ekki átt sér neina samsvörun í þeim heimi sem við hrærumst í frá degi til dags.

Þegar Niels Bohr reyndi að útskýra þennan eiginleika öreindanna fyrir gömlum heimspekikennara sínum, spurði heimspekingurinn: Hvar á þessu svæði sem þú ert að lýsa er þá öreindin? Bohr spurði á móti: Er? Er? Hvað áttu við með sögninni að vera?

Skammtafræðin færði eðlisfræðina þannig aftur nær heimspekinni, móður allra fræða og vísinda. Og skammtafræðin er umdeild. Flestir eðlisfræðingar líta nú svo á að skammtafræðin sem kennd er við Kaupmannahafnar-skólann og Niels Bohr sé rétt svo langt sem hún nær en sumir telja hana þó varla tæmandi. Vafinn snýst um hvort líkindin sem skammtafræðin fjallar um eigi sér einhverja dýpri orsök. Einstein lét ekki sannfærast. Guð kastar ekki teningum, sagði hann.

Ein allsherjarkenning?

Eðlisfræðingar glíma nú við að búa til eina allsherjarkenningu sem nær yfir allt sviðið frá Newton og Einstein yfir í skammtafræðina í þeirri von að þeir finni leið til að finna samræmda lýsingu á gerólíkri hegðan öreinda og stærri eininga. Þeir leita m.ö.o. að kenningu sem nær utan um alla frumkraftana fjóra:

þyngdarkraftinn, rafsegulkraftinn, sterka kraftinn sem heldur kjarna atómsins saman og veika kraftinn, t.d. geislavirkni. Einna mestar vonir eru bundnar við strengjafræði þar sem smæstu eindirnar eru ekki eins og agnarsmá sandkorn heldur eins og strengir. Strengjafræðingum duga ekki þrjár eða fjórar víddir, heldur stundum 10 eða 26.

Enn hefur eðlisfræðingum ekki tekizt að fella alla eðlisfræði inn í eitt líkan. Kannski tekst það aldrei. Sumum finnst það ekkert tiltökumál líkt og ég lýsti fyrr í þessum texta litlum áhyggjum af því að hagfræðingar geta ekki teygst sig úr rekstrarhagfræði yfir í þjóðhagfræði með báðar hendur í vösum. Við þurfum að baða út höndum – þ.e. játa á okkur ónákvæmni! – þegar við notum rekstrarhagfræðilíkon eins og þau eigi við um þjóðarbúskapinn í heild. Eigi að síður leyfist okkur að nota slembilíkon tölfræðinnar til að rekja samhengið milli hagstærða þar eð frávik hneigjast til að jafnast út. Fyrstu Nóbelsverðlaunin í hagfræði voru veitt 1969 Norðmanninum Ragnari Frisch og Hollendingnum Jan Tinbergen fyrir að stíga fyrstu skrefin í þessa átt.

Eðlisfræði eða líffræði?

Svo er eitt mál enn: Hvernig eru þau þessi rekstrarhagfræðilíkon? Paul Samuelson brýndi fyrir hagfræðingum að hugsa sér að fyrirtæki keppist við að hámarka hagnað sinn, heimilin nytina o.s.frv. Allir eiga sér eitthvert slíkt keppikefli og af því er leidd út hegðan fólks og fyrirtækja. Og svo þykjumst við geta lagt niðurstöðurnar saman til að heimfæra þær upp á búskap heillar þjóðar. Þannig urðu til rekstrarhagfræðilíkon að hætti eðlisfræðinga, en aðrir höfðu áður lýst efasemdum um þetta verklag, t.d. Alfred Marshall, prófessor í Cambridge, faðir rekstrarhagfræðinnar, kennari Johns Maynard Keynes sem kalla má með líku lagi föður þjóðhagfræðinnar. Eigum við ekki, spurði Marshall, að sækja okkur fyrirmyndir í líffræði sem fjallar um lifandi verur? – frekar en í eðlisfræði sem fjallar um dauða hluti sem lúta vélrænum lögmálum (þetta var fyrir daga skammtafræðinnar). Eðlisfræðin varð ofan á. Engin umtalsverð tilraun hefur verið gerð til að reisa hagfræðikenningar á fyrirmyndum líffræðinnar. Samuelson birti síðustu ár ævi sinnar margar lærðar ritgerðir í líffræðitímaritum. Kannski var hann að leita leiða til að fleyta hagfræðinni fram á við.

Tilraunasálarfræði

Sögunni lýkur ekki hér. Árið 2002 voru Nóbelsverðlaun í hagfræði veitt Daniel Kahneman, sálfræðingi í Princeton-háskóla, fyrir að beita sálarfræði við hagfræðikenningasmíð. Hagsálarfræði getum við kallað þessa sérgrein hagfræðinnar eða atferlishagfræði (e. behavioral economics).

Atferlishagfræðin dregur í efa réttmæti þeirrar grunnforsendu rekstrarhagfræðinnar að heimili og fyrirtæki hegði sér ævinlega rökrétt, þ.e. að þau séu hagsýn og framsýn. Rekstrarhagfræði gerir ráð fyrir að fólk og fyrirtæki viti og kunni allt sem hagfræðingar vita og kunna, geti reiknað ævitekjur sínar fram í tímann og tekið hagsýnar ákvarðanir um framlög í lífeyrissjóði, kunni að reikna væntanlega skattbyrði langt fram í tímann vegna lántöku ríkisins á líðandi stund o.s.frv.

Tilraunir sálfræðinga sýna að fólk hegðar sér stundum ekki eins og rekstrarhagfræðin reiknar með. Fólk getur skjöplazt, það gerir fljótfernisvillur, það dregur stundum rangar, þ.e. órökréttar ályktanir. Richard Thaler, prófessor í Chicago, ásamt Kahneman einn helzti atferlishagfræðingur nútímans, orðar þessa hugsun svo: Framsýn fórn í dag til að mæta væntanlegum skattgreiðslum eftir mörg ár útheimtir sjálfstjórn sem er ekki á margra færi. Kannski Gandí hefði byrjað að leggja fé til hliðar til að mæta skattbyrði framtíðarinnar vegna virkjunarinnar við Kárahnúka, en fæst okkar hinna hirða um það. Við segjum: Koma tímar, koma ráð.

Morð í Detroit og Michigan

Hagsálarfræðin er sneisafull af skemmtilegum tilraunaniðurstöðum um órökræna hugsun. Ein tilraun Kahnemans og félaga er á þessa leið. Við heyrum mannlýsingu. „Hér er snyrtilegur karlmaður sem vill hafa hlutina í röð og reglu, hlédrægur, hjálpsamur, hefur næmt auga fyrir smáatriðum o.s.frv.“ Síðan er spurt: Hvort er maðurinn bóndi eða bókasafnsfræðingur? Flestir falla í gildruna og segja bókasafnsfræðingur án þess að vita að í Bandaríkjunum eru karlkyns bændur 20 sinnum fleiri en karlkyns bókasafnsfræðingar.

Hér er annað dæmi um tilraun sem Kahneman og félagar hafa gert lengi: „Hér er þrítug stúlka, einhleyp, flugggreind og framhleypin, með háskólapróf í heimspeki. Þegar hún var í námi lét hún jafnréttismál mjög til sín taka og tók þátt í mótmælum gegn kjarnavopnum.“ Síðan er spurt hvaða lýsing eigi bezt við stúlkuna. Það bregst ekki að fleiri velja svarið „bankagjaldkeri og femínisti“ en svarið „bankagjaldkeri“ án þess að gera sér grein fyrir að síðara svarið er alltaf líklegra en hið fyrra vegna þess að allir sem eru bankagjaldkerar og femínistar eru einnig bankagjaldkerar en ekki öfugt.

Eitt dæmi enn: Tilraunaniðurstöður sýna að fólk heldur yfirleitt að fleiri morð séu framin á hverju ári í Detroit en í Michigan án þess að gæta þess að Detroit er í Michigan. Skýringin er væntanlega sú að Detroit er þekkt glæpaborg, en Michigan er þekkt sem grasi gróið landbúnaðarfylki.

Þessar tilraunir sýna að fólk hugsar ekki alltaf rökrétt og safnar ekki alltaf nauðsynlegum upplýsingum eins og rekstrarhagfræðin gerir ráð fyrir. Kannski er hún þá dottin dauð niður sú lykilsenda rekstarhagfræðinnar að fólk og fyrirtæki búi ávallt yfir nauðsynlegum skilningi og öllum upplýsingum sem þarf til að taka hagsýnar ákvarðanir um neyflu, fjárfestingu o.s.frv. Hagfræðingar þurfa ekki síður en eðlisfræðingar og aðrir að hugsa sinn gang.