

~~4.9.1  
Bucureşti~~

W. Radis  
ciclu creșări  
de stările modele  
~~1943~~

N. Ietoiu

~~Kepler și astronomie~~

~~unite de unul  
unul~~

de  
Grigore C. Moisil

~~Serviceul programelor~~ /3

Difuzat  
3. V. 1943

3 mai , orele 20,40.

~~Rag să se citească fiind retinut în afara  
de Bucureşti.~~

## Kepler și Astronomie.

de Grigore C. Moisil.

A fost, pentru dezvoltarea Științei, un noroc cu totul deosebit, acela ce a făcut ca prima disciplină științifică ce s'a constituit să fie tocmai studiul lumii celei mari, a întregului univers: Astronomia.

Gânditi-vă cât de puțin se știa atunci când s'a știut atât de mult despre Soare, despre Lună, despre planete, comete și stele. În 1686, când apără "Philosophiae naturalis Principia Mathematica", opera lui Newton, în care apusul și răsăritul soarelui, apariția împăimântătoare a cometelor, mișcările planetelor călătoare și imobilitatea stelelor fixe, tot ceea ce stăinea mirare prin regularitate și spațiu prin neasteptat, când toate acestea își găseau o explicație clară prin acea atât de simplă lege a

gravitatiei universale, în 1686 omul nu stie a-  
 proape nimic din ce stie astăzi. Nu stie ni-  
 mic despre forța vaporilor, nu stie nimic despre  
 undele electromagnetice. Chiar despre lucrurile  
 cele mai obisnuite nu avea decât idei false.  
 De curând aflașe ceva despre el: că sângele  
 circulă prin artere și vine; abea începea să-și  
 dea seama cum se mișcă animalele. Cât  
 despre toate lucrurile familiare, despre apă,  
 despre aer, despre arderea corpurilor și calcina-  
 rea metalelor, despre fulger și trăgnet, despre  
 îndoirea grinzilor și rezistența materialelor,  
 despre respirație omului, despre toate acestea,  
 ca să afle ceva, a avut nevoie să aștepte

încă 100 de ani.

S'a stiu atunci mai mult despre  
cer decât despre pământ, mai mult despre  
Sirius decât despre izvoarele Nilului.

Primul gest al omului modern, de a lăsa  
în stăpânire un micuț său ~~păgon~~ care-l hrănește,  
ci universul cel mare, e astfel greu de o a-  
dâncă semnificație și radnic de o bogată ur-  
mare. Inerțarea pe care omul o capătă în a-  
ceastă putere nouă a lui, în acest fel de a  
gândi altul, e datorit răsușiei de a înțelege  
cerul, ceea ce-l face să se încumeată a în-  
țelege pământul.

Felul în care s'a încheiat aceasta în-  
țelegere a lumii stelare, chipul în care s'a  
creat o știință: astronomie, merită o deosebită

atentie. Lucrul s'a întâmplat într'un timp destul de scurt: Copernic publică a sa De revolutionibus orbium celestium în 1543, Newton a sa Principia Mathematica în 1686; în mijlocul acestui interval de 140 de ani <sup>Kepler</sup> lucrează, gândeste și trăește una din întrebările esențiale ale constituirii stiinței astronomiei. ~~Kepler~~ Despre această întrebare esențială vom avea ocazia să vorbim mai departe.

## II.

Se cunoaște, s'a insistat mult asupra acestui punct, se cunoaște și, un aspect dramatic al creației astronomiei noii: răsturnarea copernicană a ordinei în lume; pământul, imobil până atunci pentru toti, pentru bunul ierusalimului de rând ca și pentru savantii

încărcăți mai puțin de onaruri decât de o vârstă  
 eruditie, pământul începe să se miște. Ideea aceasă  
 atât de neînlocuibilă ei, a unei soare imobilă, deși  
 experiența cotidiană ni-l arată mișcător și a  
 unei pământ călătoare, deși imobilitatea lui  
 parea a fi fructul unei experiențe milenare,  
 ideia aceasta și-a avut chiar și martirii ei.  
 Oricine gândește la începuturile astronomiei, își  
 aduce aminte de Giordano Bruno, ars pe  
 rug fără ca prea multă convinsare  
 la ideia copernicană, de Galileo Galilei, care  
 acceptă să renegă cu mare solemnitate această  
 ideie, pe care o susținuse cu multă tărie,  
 rizice-se păstrându-și acea rezervă mintală  
 bine cunoscută; de René Descartes, care nu și

publică al său "Traité du Monde", tocmai pentru a evita inevitabilele conflicte pe care le-ar fi stârnit o aderare la această răsturnare a ordinei universale.

Dacă, gândirea științifică, de astă dată fără martiri și fără temere, nu se îndreaptă după norma ~~copernicană~~. Oricând se insista asupra rolului filozofic al revoluției copernicane, el bine să ne aducem aminte că sistemul lunii, așa cum e gândit astăzi, nu asează nici pământul, nici soarele, nici stelele fixe în mijlocul lumii, într'un loc simolic.

Ideia de relativitate a mișcării, în mod definitiv exprimată de Leibnitz, clar concepută de Descartes, poate chiar întrevăzută de Coper-

nic, iată epilogul acestui capitol dramatic al istoriei astronomiei. Duptă între copernican și aristotelici, care sfârșește aparent cu triumful ideii lui Copernic, în realitate duce la o mare realitățare a omului; fraza lui Poincaré: "e mai comod să presupunem că pământul se mișcă" înseamnă că această presupunere a permis crearea astronomiei moderne.

Dar, dela simpla explicație calitativă a celor văzute  prin ipoteza ~~mobilității~~ pământului și a ~~mobilității~~ soarelui, așa cum ea a fost dată de Copernic, și până la transcrierea întregului sistem al lunii într'un vast edificiu pur matematic, așa cum a

făcut-o Newton, calea e destul de lungă, și în mijlocul ei se află opera lui Kepler.

Un grup de cunoștințe omenesti, când se stâng între știință, între descriere exactă și înțelegibilă a lumii, o fac ~~într-un~~ într-o cadență destul de fixă. ~~Dacă să devin în genul~~  
~~Prefețam să amplificu chiar prin interie~~  
~~astronomici~~. Faptele sunt adunate în mod grozav. Avem cunoștințe despre alternanță între noapte și zi, despre fazele lunii, despre mișcările planetelor, despre iarnă și vară, despre poziția soarelui pe cer la răsăritul și apusul său, în diferitele anotimpuri. Aceasta prima etapă e aceea a experienței calitative. O ipoteză ne dă o explicație; astăzi, ipoteza străveche a unei pământ imobil în

în jurul cărții se mișcă soarele, luna și stelele, e  
în bună parte îndestulătoare. Explicație copernicană  
a unui soare imobil, în jurul cărții se mișcă  
pământul și planetele, ne dă și ea o bună inter-  
pretare a experienței.

Explicație fenomenului se cere încastrată înto  
rzințe a lumii; așa a făcut Aristot. El distinge  
întâi ~~în~~ mișcările lumii incoruptibile a stelelor  
de mișcările lumii sublunare. Dacă în cadrele  
lumii sublunare, acolo unde lucrurile se nasc  
și mor, mișcare naturală e tendința către  
locul propriu al corpului, mișcare violentă  
e răpirea din acest loc, <sup>atunci</sup> în cadrele lumii in-  
coruptibile a cerurilor instelate, astrii se  
mișcă perfect, au mișcări circulare, sau mai  
exact, au mișcări ce se explică prin supra-

punere de mișcări circulare. Cercul și sfera reprezintă perfectiunea.

Ajunsă aici, o stăntă se află altă în stadiul prematematic. Sunt oameni de seamă care mi-au crezut că acest stadiu ar putea fi depășit. Pascal spunea: "Il faut dire en gros: cela se fait par figure et mouvement car cela est vrai; mais de dire quels, et composer la machine, cela est ridicule". Ei bine, îm a arăta că aceasta nu e ridicol, iată ce ne-a dat stăntă modernă și în primul rând astronomia.

Era poate nevoie de o încredere filozofică în această putere a matematicii: "Filozofia e senină", zice Galileu, în această carte imensă, ce stă mereu deschisă în fața ochilor noștri și căreia îi zicem univers, dar nu o putem

să cunoascem  
precupe dacă n-am învățat mai înainte limba și  
semnele cu care e scrisă. E scrisă în limba ma-  
tematică și literile ei sunt triunghiurile, cercu-  
rile și alte figuri geometrice".

Iată în orice caz nevoie de-a aduna un  
vast material de experiență exactă. Pentru întele-  
gereea stiinței, astă cum ea s'a dezvoltat în ulti-  
mele iute de ani, o experiență exactă e o expe-  
riență cantitativă. Nu e locul aci să discutăm  
posibilitățile unei experiențe necantitative exacte.  
Datele numerice ale astronomiei, cele mai vechi  
date experimentale exacte, au început să fie  
stânse de Chaldeeni. În tabelele lui Ptolemeu,  
din secolul II după Christos, datele numerice  
sunt de-o uimitoare precizie. În secolul  
al <sup>16</sup>XVIlea, cu Tycho Brahe, observațiile astro-  
nomice, desă făcute cu ochiul liber, ajung

la o precizie greu de bănuț. Invenția lunetei, datorită lui Galileu, deschide o eră nouă.

Explicație teoretică trebuie pusă de acord cu experiența, cu observație cantitativă. De două ori în istorie astronomiei s'a reușit acest lucru. Eudoxos a dat teorie mișcării astrelor ca o suprapunere de mișcări circulare, teorie inglobată de Aristot în sistemul său filozofic și condusă de Ptolemeu, e deosebit prin un sistem foarte complicat de suprapuneri de cercuri, până la o remarcabilă coincidență cu observație.

Cum se vede, ideia copernicană apără mai mult ca o revoluție filozofică, ce avea nevoie de o traducere științifică exactă; aceasta a fost opera lui Kepler.

Ideia de explicatie matematică a lumii trebuie bine clasicată. Explicatie elemă a lui Eudoxos, deși prezintănd caracterul puternic diferit de explicatiile științei moderne, e totuși o explicatie de tip științific. Există însă un tip de explicatie mistico-matematică, la care știința a renunțat, deși ea era foarte pe placul chiar al lui Kepler: e explicatie de tip pythagoreic.

Există o știință a numerelor dar și o mistică a numerelor, ce nu are nici o legătură cu aritmetică, o armonie a numerelor, esențial diferită de armonia științei. Iată un exemplu pythagoreic: unul e intelectul, mereu imobil în el însuși în timp ce două

e păreala mereu oscilantă; cinci ecăsatorie, fiind unirea primului număr feminin, par, al lui doi, cu primul număr impar, masculin, al lui trei.

Tot cum la fel gândeste Kepler în al său "Mysterium cosmographicum". Se stie că sunt 5 poliedre regulate: cubul, tetraedrul, octaedrul, dodecaedrul și icosaedrul. Încă din vîrsta elenă aceste poliedre i-au bucurat de un studiu aprofundat. Era în această regularitate a lor: egalitate de laturi, de unghiuri, de unghiuri diedre, ceva care încânta spiritul eumorfic grecesc. Era în teorie lor o dezvoltare matematică interesantă a studiului irationalelor. Si mai era ceva mistic, poate legat și de numărul retrans al acestor figure frumoase. Ei bine,

tocmai aceste poliedre regulate îi îngăduie lui Kepler o primă vizionă pseudo-matematică a lumii: unui poliedru regulat îi circumscris o sferă, aceasta un alt poliedru regulat, acestuia la rândul său altă sferă, și asa mai departe. Alegând cum trebuie aceste poliedre, se obține o serie de sfere, ale căror raze sunt proporcionale cu distanțele planetelor la soare.

E de subliniat această explicație mistică, pitagoreică, la Kepler, astrologul împăratului Rudolf al II-lea. Ea are o semnificație istorică.

Nu trebuie uitat că întreaga Renastere, în lupta ei îm contra aristotelismului și scolasticiei, își găsea ca aliați nu numai pe divinul Platon, dar și toate preocupările de tradiție neoplatonică și alexandrină, tot ceea ce îi oferea o cheie a mistereului acelei lumi, ce era pe cale să o descopere. Se cultivă astrologia, explicarea viselor, ~~cabala~~

Calibala, mistica numerelor, alchimia, magia și necromantia. Toate acestea au constituit la început posibilități de eliberare și încercări ale omului Pre-nasterii de a supune natura. Tânăr pentru ce vede în Kepler, care a crezut tot timpul în astrologie și care în același timp a creat astronomia, un punct de întoarcere în care gândirea științifică se întreabă, dacă nu va apuca pe unul din drumurile mult mai vechi, de exemplu spre pitagorism, și se hotărăște ferm să pornească pe o cale nouă.

V

După această lungă pregătire, suntem în stare să ne dăm seama în ce constă opera lui Kepler, opera care ia lăsat 18 ani de muncă și pe care o expune în 1619, în "Harmonices mundi", opera sintetizată în trei fraze: cele trei legi ale lui Kepler.

Copernic făcea ca Pământul și planetele să se miște în jurul Soarelui; Tycho Brahe făcuse observații exacte asupra mișcărilor ceresti. Se punea problema: ce curvă descriu planetele în mișcarea lor în jurul soarelui? Copernic bănia mișcarea circulară; ar fi fost natural să se încerce din nou adaptarea sistemului epicyclelor. Atunci Kepler se desface de tradiție. Metoda lui de lucru e asemănătoare cu cea care l'a condus la "Mysterium cosmographicum", dar purificată. E metoda științei pozitive în sensul cel mai curat: încercăm să prinDEM în legi simple datele observației. Kepler încearcă 19 curbe diferite pentru a descrie mișcarea lui Marte. După 9 ani de muncă nighloasă, reușește să enunțe primele 2 legi; în alti 9 ani

descopere a treia lege și încadrează în același  
legi mișcările celorlalte planete, ale pământului,  
ale lui Jupiter, Saturn, Venus și Marte.

18 ani de muncă, încercarea migăloasă  
a 19 curbe diferite, conduce pe Kepler la enunța  
rea unor legi atât de simple: Planetele se  
mișcă pe elipse al căror focar este soarele.  
Tată prima lege. Nu putem să nu ne oprim  
de a face observație de atâtea ori făcută:  
cu 2 milenii înainte Appolonius din Perga a  
studiat, pentru bucuria lui și gloria matema-  
ticilor pure, aşa zisele sectiuni conice. Sună  
curbele ce se obțin când tăiem un con.  
Speculația matematică pură nu se interesează  
de eventualele ei aplicații. Plăcerea estetică  
produsă de contemplarea proprietăților geo-

metrice, era tinta cercetărilor lui Appolonius. A trecut vreme multă, și au ridicat și s-au surpat imperii, lumea și-a schimbat forma și sensul și târziu, în acest tratat au primit secțiunilor conului, Kepler găsește forma dimurilor planetelor: elipse cu soarele focal.

Celelalte două legi sunt la fel de neasteptate: mișcarea pe elipsă nu e uniformă ci se face în aşa fel ca ~~ariale~~ mărurate de raza ee unește soarele cu planeta să fie proportionale cu timpul; perioadele timpului de revoluție sunt proportionale cu cuburile axelor mari ale elipselor.

În aceste legi ale lui Kepler se strâng jumătate din efortul depus pentru crearea mecanicii moderne; în cercetările lui

Galileu asupra căderii corporilor, se strâng  
cealaltă jumătate, Legile lui Kepler și ale  
lui Galileu permit sinteza lui Newton,  
acea mecanică cunoscută, model al cercetării  
științifice, mândrie gândului omeneș.

De unde apar orbitele Keplereiene  
e semn că se introduce ordinea gândirii mate-  
matische. ~~Clairaut~~ Clairaut le-a regăsit pentru  
comete. Savary pentru stelele duble; Leverrier  
a putut prin calcul să descopere o planetă  
nouă, pe Neptun; Rutherford a conceput a-  
tomul ca un mic sistem solar.

He-a fost greu, vorbind de crearea  
astronomiei, să despartim opera lui Kepler  
de tot ce o înconjoară. Creație științifică nu  
se naște „niciodată întreaga”, ca Minerova.

Au fost necesari 18 ani de încercări, ca și să-l  
obsedeze pe Kepler, până a putut găsi cele  
trei legi. Colaborarea științifică se întinde  
pe zeci de secole, dela Apollonius din Perga  
care a cercetat elipsa ca secțiune a co-  
~~nei~~ nului până la Kepler din Württem-  
berg, care a regăsit-o în orbitele ceresti.  
Sătă triumfal peste veac al matematicii  
pure.