



A C A D E M I A R O M Â N Ă

Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii

– Divizia de Istoria Științei –

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

Vol. XVIII/2025

MEGA

STUDII ȘI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XVIII / 2025

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

– publicație fondată de acad. Gleb Drăgan –

REDACȚIA:

Director: Acad. Dumitru MURARIU

Redactor-șef: Acad. Mihail-Viorel BĂDESCU

Redactor-șef adjunct: Dr. Tiberiu TĂNASE

Secretar de redacție: C.Ș. Mirela-Adriana ANGHELACHE

Colegiul de redacție: Viorela-Valentina DIMA, Edith-Mihaela DOBRESCU, Emilian M. DOBRESCU, Dan GÎJU, Emil HEDEȘIU, Marian MOȘNEAGU, Alba-Iulia-Catrinel POPESCU, Nicolae ROTAR, Narcis ZĂRNESCU.

Responsabilitatea asupra conținutului materialelor revine autorilor

Adresa redacției:

Calea Victoriei, nr. 125, camera 31, sectorul 1 București, cod 010071

Adresa web: <http://www.studii.crifst.ro>

Administrator pagină web: Nicolae Sfetcu

ACADEMIA ROMÂNĂ
Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii
– Divizia de Istoria Științei –

STUDII ȘI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XVIII / 2025

MEGA
Cluj-Napoca, 2025

Revista este inclusă în baza de date internațională CEEOL



Revista este inclusă în baza de date internațională ICI
Journals Master List și are ICV 2024: 39,17

© Autorii, 2025

Responsabilitatea conținutului, interpretărilor și părerilor
exprimate în paginile revistei revine exclusiv autorilor.

ISSN 1844 – 9220
ISSN-L 1844 – 9220

Editura MEGA
Cluj-Napoca
e-mail: mega@edituramega.ro
www.edituramega.ro

CUPRINS

ANIVERSĂRI

George M. CROITORU

130 de ani de la nașterea profesorului Dimitrie A. Stan, un real exemplu de
distingție și profesionalism13

Magda STAVINSCHI

Victor Anestin – un Flammarion al românilor.....25

STUDII SI COMUNICĂRI

Andreea Florina RADU

Evoluția paradigmelor științifice și impactul lor tehnologic: de la Newton la
inteligența artificială.....51

George M. CROITORU

Aspecte istorice și tehnice privind perioada de început a introducerii
betonului precomprimat în România.....75

Ioan Gheorghe RAȚIU, Elena HELEREA

O privire istorică, științifică și tehnică asupra dezvoltării radiolocației și
radarului în România.....91

Lucian Ștefan COZMA, Daniela Georgiana GOLEA

Studiu asupra întrebuințării armamentelor de foc de către armata moșilor
în perioada 1848–1849.....121

EVOCĂRI

Filofteia REPEZ

Activitatea profesorului Dragomir Hurmuzescu reflectată în ziarele vremii.....145

Licuța T. CRISTEA, George M. CROITORU

Un document inedit din activitatea primului laborator de chimie din cadrul
Școlii naționale de poduri și șosele din București, elaborat de Alfons
Oscar Saligny.....159

PERSONALITĂȚI

Dumitru CURCĂ

De la apicultorul Florin R. Begnescu (1880–1949) la bunicul său, preotul
ardelean Nicolae Gh. Begnescu (1824–1873).....179

Niculina MERCEANU

Mari gânditori români. Dimitrie Gusti, creatorul sociologiei românești..... 223

Mirela-Adriana ANGHELACHE

Ștefan Hepites, deschizător de drum în seismologie și geomagnetism.....233

VARIA

Alin M. OLĂRESCU

Limbajul tehnico-administrativ al textelor vechi: Studiu de caz moșia
Stroești – Argeș la 525 de ani de la prima atestare documentară scrisă.....247

Costel CIOANCĂ

Considerații despre imaginarul tehnic prezent în basmul fantastic românesc....273

SEMNAL EDITORIAL, RECENZII

George M. CROITORU

Nicolae Șt. Noica: Istoria clădirii Operei Române din București.....291

Florin Cristian GHEORGHE

Valentin-Stelian Bădescu: O istorie alternativă a Botenilor Muscelului 299

CONTENTS

ANNIVERSARIES

George M. CROITORU 130 years since the birth of professor Dimitrie A. Stan, a genuine example of distinction and professionalism	13
Magda STAVINSCHI Victor Anestin – A Flammarion of Romanians.....	25

STUDIES AND COMMUNICATIONS

Andreea Florina RADU The evolution of scientific paradigms and their technological impact: From Newton to Artificial Intelligence.....	51
George M. CROITORU Historical and technical aspects regarding the beginning period of the introduction of prestressed concrete in Romania.....	75
Ioan Gheorghe RAȚIU, Elena HELEREA A historical, scientific, and technical perspective on the development of radiolocation and radar in Romania.....	91
Lucian Ștefan COZMA, Daniela Georgiana GOLEA Study on the use of firearms by the Wallachian army during the period 1848-1849.....	121

RECOLLECTIONS

Filofteia REPEZ The activity of professor Dragomir Hurmuzescu reflected in the newspapers of the time.....	145
--	-----

Licuța T. CRISTEA, George M. CROITORU

A new document from the activity of the first chemistry laboratory of the
National School of bridges and Roads in Bucharest, written by Alfons
Oscar Saligny.....159

PERSONALITĂȚI

Dumitru CURCĂ

From beekeeper Florin R. Begnescu (1880–1949) to his grandfather, the
Transylvanian priest Nicolae Gh. Begnescu (1824–1873).....179

Niculina MERCEANU

Great Romanian thinkers. Dimitrie Gusti, the creator of Romanian sociology....223

Mirela-Adriana ANGHELACHE

Ștefan Hepites, trailblazer in seismology and geomagnetism..... 233

VARIA

Alin M. OLĂRESCU

The technical and administrative language of old texts: A case study of the
Stroești–Argeș estate, 525 years after its first written documentary
attestation.....247

Costel CIOANCĂ

Considerations on the technical imagery present in Romanian fantastic
fairytales.....273

EDITORIAL SIGNAL, REVIEWS

George M. CROITORU

Nicolae Șt. Noica: History of the Romanian Opera building from Bucharest291

Florin Cristian GHEORGHE

Valentin-Stelian Bădescu: An alternative history of the
Botenilor Muscelului299

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS – PUBLICAȚIE FONDATĂ DE ACAD. GLEB DRĂGAN –

CONSILIUL ȘTIINȚIFIC

Acad. Dorel BANABIC, președinte al Secției de Științe Tehnice a Academiei Române.

Acad. Gheorghe BENGĂ, membru al Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii al Academiei Române.

Alexandru Ș. BOLOGA, dr. în biologie, președinte al Filialei CRIFST – Constanța.

Șerban DRAGOMIRESCU, prof., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Ștefan IANCU, prof. univ. dr. ing., membru fondator/titular al Academiei Oamenilor de Știință din România, consilier de proprietate industrială, membru al Diviziei de Istoria Tehnicii a CRIFST al Academiei Române.

Gheorghe MOHAN, dr. în biologie, prof. univ. la Universitatea de Vest „Vasile Goldiș” din Arad, membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Gheorghe MUSTĂȚĂ, prof. univ. dr., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Alba-Iulia-Catrinel POPESCU, conf. univ. dr., vicepreședinte al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Magdalena STAVINSCHI, dr., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Mihail ZAHARIADE, prof. univ. dr., cercetător științific I la Institutul Național de Arheologie „Vasile Pârvan” al Academiei Române.

EVOLUȚIA PARADIGMEI ȘTIINȚIFICE ȘI IMPACTUL LOR TEHNOLOGIC: DE LA NEWTON LA INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Andreea Florina RADU¹

andre.radu@gmail.com

ABSTRACT: This essay investigates the role of key historical figures in the transformative trajectory of scientific thought and technological innovation, tracing the evolution of modern science and technology from the Enlightenment to the contemporary era of artificial intelligence. Adopting an interdisciplinary perspective, the study examines the contribution of these personalities to the co-evolution of scientific paradigms and technological systems, such as Newtonian mechanics, the Industrial Revolution, electromagnetism, thermodynamics, the digital revolution, and the current transformation driven by AI. Beyond highlighting these scientific milestones, the essay examines their broader socio-cultural, philosophical, and epistemological implications, offering insights into how each era reshaped human understanding, redefined intellectual paradigms, and transformed societal structures.

KEYWORDS: technological innovation, Industrial Revolution, digitalization, Artificial Intelligence.

Introducere

Progresul științei și al tehnologiei a jucat un rol decisiv în modelarea traiectoriei civilizației moderne. De la viziunea mecanică asupra lumii, caracteristică Iluminismului, până la raționamentul algoritmic integrat în Inteligența Artificială (IA) contemporană, fiecare etapă istorică a generat schimbări fundamentale în modul în care omenirea concepe și interacționează cu realitatea. Așa cum a subliniat Thomas Kuhn (1962) în lucrarea

¹ Doctor în științe economice (2012 – ASE, București); Doctor în științe administrative (2025 – UBB, Cluj-Napoca); Expert afaceri europene și relații internaționale – MAI; Lector asociat al Universității Angel Kantchev, Ruse (BG); Membru asociat al CRIFST-DIS, Academia Română; Absolvent al Cursului CRIFST 2023 „Inițiere în istoria și filozofia științei și tehnicii”.

The Structure of Scientific Revolutions, progresul științific nu este pur și simplu cumulativ, ci este marcat de profunde schimbări de paradigmă care redefinesc cadrele dominante de cunoaștere.

Pornind de la Iluminism, o epocă în care rațiunea a început să conteste doctrinele religioase și tradiționale adânc înrădăcinate și, continuând prin Revoluțiile Industrială, Digitală și a Informației, gândirea științifică nu doar că a oferit putere explicativă asupra fenomenelor naturale, dar a generat moduri transformatoare de existență.

Metodologie și cadru analitic

Această lucrare adoptă o metodologie calitativă de cercetare documentară și analiză istorică interpretativă, având ca obiectiv investigarea evoluției gândirii științifice și a progresului tehnologic de-a lungul epocilor moderne, de la Iluminism până la paradigmele emergente ale secolului XXI. Structura demersului analitic este construită pe un cadru cronologic și tematic, organizat în cinci capitole corespunzătoare marilor transformări istorico-epistemologice.

Selecția personalităților și a momentelor istorice tratate în lucrare s-a realizat pe baza unui set de criterii riguroase, structurate în jurul unei duble relevanțe epistemologice și tehnologice. În primul rând, au fost considerate acele figuri care au generat transformări semnificative în cadrul paradigmelor științifice dominante, marcând tranziții de la un model explicativ la altul – conform interpretării propuse de Thomas S. Kuhn în teoria sa asupra revoluțiilor științifice. În al doilea rând, au fost selectate personalități și contribuții științifice care au avut un rol catalizator în apariția sau accelerarea unor direcții tehnologice esențiale pentru societatea actuală, cum ar fi rețelele globale de comunicații, bioingineria, realitatea augmentată, sau autonomia sistemelor inteligente.

Lucrarea utilizează o analiză de tip studiu de caz, în care fiecare personalitate sau curent de gândire este abordat în relație cu epoca istorică în care a activat, fiind analizate: condițiile sociale și intelectuale ale timpului, contribuțiile teoretice fundamentale, precum și relevanța trans-temporală a acestor contribuții pentru evoluția tehnologiilor și cunoașterii.

În procesul de documentare, am recurs la surse academice validate, precum monografii, lucrări clasice din istoria științei, articole din baze de date științifice (ex. JSTOR, Springer, Elsevier), dar și la surse secundare relevante (rapoarte tehnologice, publicații de popularizare științifică de

înalt nivel). Trierea informațiilor a fost realizată prin filtrare tematică și criterii de validare epistemică, evitând sursele cu caracter speculativ sau non-academic. În mod distinctiv, lucrarea propune o lectură longitudinală a evoluției științei și tehnologiei, punând accent pe continuitățile și rupturile dintre epoci, precum și pe co-evoluția dintre ideile științifice, contextul social și politic și emergența aplicațiilor tehnologice. Se acordă o atenție deosebită modului în care descoperirile teoretice au fost preluate, adaptate sau instrumentalizate în contexte tehnologice specifice, cu accent pe epoca digitală și cea cuantică.

Capitolul 1. Știința Iluminismului și Cercetarea Rațională

Iluminismul, desfășurat între sfârșitul secolului al XVII-lea și secolul al XVIII-lea, a reprezentat o perioadă de transformare profundă în istoria intelectuală și culturală a Europei — o epocă ce a redefinit fundamental relația dintre cunoaștere, autoritate și societate. Această eră a marcat o ruptură radicală față de scolasticismul tradițional și dogmele religioase, întrucât gânditorii vremii au început să acorde prioritate rațiunii, observației empirice și scepticismului sistematic, ca fundamente ale cunoașterii legitime. Influențat de figuri esențiale precum Francis Bacon, Isaac Newton și René Descartes, Iluminismul a pus bazele epistemologice ale a ceea ce astăzi recunoaștem drept știință modernă.

În centrul proiectului iluminist s-a aflat convingerea că cercetarea rațională este instrumentul principal pentru înțelegerea lumii naturale și pentru îmbunătățirea condiției umane. Spre deosebire de dependența anterioară față de doctrinele teologice sau aristotelice, gânditorii Iluminismului au promovat raționalismul, secularismul și experimentarea, pledând pentru o viziune asupra lumii în care natura poate fi studiată, explicată și chiar controlată prin intermediul legilor universale.

Un rol esențial în formalizarea principiilor metodei științifice l-a jucat Francis Bacon (1561–1626), care în lucrarea sa de referință *Novum Organum* (1620), a propus o abordare inductivă a procesului de dobândire a cunoașterii, în care acumularea de date prin observație sistematică conduce la formularea de generalizări și ipoteze. Această metodă s-a opus logicii deductive din tradiția aristotelică și a fundamentat verificarea empirică, element ce rămâne central în științele naturii până în prezent. Accentul pus de Bacon pe observația empirică și pe raționamentul bazat pe date a devenit, de asemenea, esențial în domenii moderne precum învățarea

automată (*machine learning*) și știința datelor, unde algoritmi se bazează pe seturi mari de date și inferență statistică pentru a identifica tipare și a formula concluzii.

Isaac Newton (1643–1727), gânditor iluminist și fizician clasic, a întruchipat idealul iluminist al savantului rațional. Astfel, în lucrarea sa *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687), Newton a formulat legile mișcării și ale gravitației universale, integrând fenomenele cerești și terestre într-un cadru unificat, de natură matematică. Insistența lui Newton asupra modelării matematice ca instrument de înțelegere a lumii fizice a stabilit un precedent în ceea ce privește rigoarea și predictibilitatea științifică, demonstrând că universul funcționează conform unor legi cunoscute și coerente — o idee care stă la baza unor domenii moderne precum robotica sau dinamica aerospațială.

René Descartes (1596–1650), spre exemplu, deși având o orientare mai filosofică, a influențat profund știința Iluminismului prin accentul pus pe îndoiala metodologică și raționamentul deductiv. Afirmatia sa celebră, *Cogito, ergo sum* („Gândesc, deci exist”), exprimă în mod emblematic încrederea iluministă în forța rațiunii umane. Interpretarea mecanicistă a naturii promovată de Descartes — bazată pe convingerea că toate fenomenele pot fi explicate prin legi fizice — a oferit un fundament complementar empirismului baconian și fizicii newtoniene. Credința sa în capacitatea minții de a deduce adevărul prin progresie logică oglindește modul în care sistemele de IA sunt concepute pentru a replica funcțiile cognitive prin reguli formale și arbori decizionali. Mai mult, accentul pus de Descartes pe îndoiala sistematică și pe analiza logică reflectă gândirea critică și protocoalele de verificare implementate astăzi în ingineria software și în auditarea etică a IA.

Împreună, aceste figuri intelectuale au conturat un nou cadru epistemologic, unul care a valorizat validarea empirică, analiza rațională și reproductibilitatea rezultatelor. Ideile lor au fost instituționalizate prin înființarea academiilor științifice, precum *Royal Society* (fondată în 1660) și *Académie des Sciences* (fondată în 1666), care au promovat evaluarea colegială, dezbaterile științifice și diseminarea transnațională a ideilor. Mai mult, influența științei iluministe s-a extins dincolo de laborator și observator, contribuind la conturarea mișcărilor sociale și politice de reformă. Gânditori precum Voltaire, Diderot și Condorcet credeau că cunoașterea științifică poate promova progresul uman, libertatea și justiția socială.

Encyclopédie (1751–1772), editată de Diderot și d'Alembert, a servit nu doar ca un compendiu al cunoașterii umane, ci și ca simbol al democratizării intelectuale și al optimismului cultural.

După cum remarca istoricul Steven Shapin (1996), „Revoluția științifică, propriu-zis, nu este numele unui eveniment singular, ci o transformare complexă a gândirii, tehnologiei și societății europene.” Astfel, știința iluministă nu trebuie înțeleasă doar ca o succesiune de descoperiri, ci ca o schimbare culturală profundă, orientată spre cercetare sistematică, scepticism instituționalizat și încredere în raționalitatea umană. Moștenirea sa persistă astăzi în instituțiile moderne de cercetare, în idealurile democratice și în convingerea profundă că știința trebuie să contribuie la ameliorarea condiției umane.

Contribuția contemporană a personalităților analizate

Figurile esențiale discutate în acest prim capitol: Francis Bacon, Isaac Newton și René Descartes au așezat fiecare câte o piatră de temelie ce susține și astăzi avansul tehnologic contemporan. Împreună, acești gânditori ai Iluminismului au contribuit nu doar la fundamentarea epistemologică a științei moderne, ci și la ethosul tehnologic al secolului XXI – un ethos definit prin cuantificare, automatizare și control rațional. Moștenirile lor intelectuale sunt profund înrădăcinate în infrastructura digitală actuală, în raționamentul științific și în aspirația de a inova prin cunoaștere empirică și precizie matematică. Această perioadă a pus bazele unui adevărat lanț al influenței: de la filosofie, la metodă, la descoperirea legilor naturale și, în final, la fundamentele științei moderne.

Capitolul 2. Revoluțiile Industriale: Mecanizare și Inovație

Secolele al XVIII-lea și al XIX-lea au fost martorele apariției Primei și celei de-a Doua Revoluții Industriale, perioade ce au modificat fundamental traiectoria civilizației umane. Caracterizate prin mecanizare, inginerie chimică, producție de masă, iar ulterior prin electrificare și telecomunicații, aceste revoluții au inaugurat o nouă eră a aplicabilității științei, a reorganizării muncii și a expansiunii industriale. Așa cum a remarcat cu acuratețe Joel Mokyr (2009), „progresele tehnologice ale epocii industriale nu au fost la fel de mult despre difuzarea cunoașterii pe cât au fost despre invenție”.

2.1. Prima Revoluție Industrială

Perioada de desfășurare a fost de la sfârșitul secolului al XVIII-lea până la mijlocul secolului al XIX-lea, prezentând caracteristici-cheie precum: mecanizarea producției textile, utilizarea energiei aburului, topirea fierului și dezvoltarea sistemului de fabrică. Apărută în Marea Britanie, această fază a pus bazele industriei moderne prin introducerea producției sistematice și a forței de muncă centralizate în centre urbane.

Prima Revoluție Industrială a fost marcată de apariția utilajelor acționate cu abur, în special în industriile textile și miniere. Perfecționarea motorului cu abur de către James Watt în anii 1760 a fost deosebit de semnificativă. Modificările aduse de Watt, precum îmbunătățirea eficienței energetice și a randamentului mecanic, s-au bazat pe principii termodinamice care aveau să fie ulterior codificate în fizica clasică. Răspândirea pe scară largă a motoarelor cu abur a transformat transporturile, mineritul și procesele industriale, accelerând astfel tranziția Europei către o economie industrializată (Rosen, 2010).

Michael Faraday a avut o contribuție fundamentală și profund trans-disciplinară la evoluția științei și tehnologiei moderne, prin descoperirile sale în domeniul electromagnetismului și al electrochimiei. Fără a avea o educație formală universitară, Faraday a demonstrat că intuiția științifică și experimentarea riguroasă pot produce paradigme revoluționare. Descoperirea inducției electromagnetice în 1831, fenomenul prin care un câmp magnetic variabil poate genera curent electric într-un conductor, a pus bazele generatoarelor electrice și ale transformatoarelor, tehnologii esențiale pentru producerea și distribuția energiei electrice în întreaga lume. Astăzi, fiecare centrală electrică, fie ea pe bază de combustibil, nucleară sau eoliană, funcționează pe principiile enunțate pentru prima dată de Faraday. Impactul său transcende însă aplicabilitatea tehnologică imediată. Faraday a redefinit modul în care sunt înțelese interacțiunile dintre forțele naturale, trecând de la o viziune mecanicistă la una bazată pe câmpuri, un concept ulterior preluat și formalizat de James Clerk Maxwell. Această tranziție conceptuală a permis apariția fizicii moderne, a teoriei cuantice și chiar a teoriei relativității, unde ideea de câmp este esențială. În acest sens, Faraday poate fi văzut ca un precursor al revoluției digitale și al tehnologiilor electromagnetice contemporane, de la comunicații wireless la dispozitive medicale și calculatoare cuantice. Moștenirea sa este astfel

nu doar una tehnologică, ci și epistemologică: a demonstrat că observația atentă și experimentul pot deschide drumuri către realități complet noi.

2.2. Cea de A Doua Revoluție Industrială

Perioada de desfășurare a fost de la sfârșitul secolului al XIX-lea până la începutul secolului al XX-lea, caracteristicile-cheie fiind: electrificare, sinteză chimică, telecomunicații, producție pe linie de asamblare și extinderea industriei oțelului. Această etapă a facilitat globalizarea industriei, fiind impulsionată de invenții precum telefonul, generatoarele electrice și motoarele cu combustie internă. A Doua Revoluție Industrială a extins și a aprofundat procesul de industrializare, prin deplasarea accentului de pe abur și fier spre electricitate și oțel. Invenția procesului Bessemer în anii 1850, care a permis producția de masă a oțelului, a catalizat dezvoltări importante în domeniile feroviar, al construcțiilor de poduri și al ingineriei arhitecturale (Smil, 2005). Aceste tehnologii au necesitat o infrastructură științifică mai sofisticată, ceea ce a condus la apariția ingineriei ca disciplină formală și la integrarea tot mai strânsă a cercetării aplicate în mediul academic și în industrie.

Această perioadă a marcat, de asemenea, apariția așa-numitului „complex tehnologic-științific”, ilustrat de inventatori și industriași precum Thomas Edison, Nikola Tesla, și prin înființarea laboratoarelor de cercetare corporative, precum cele ale General Electric și Siemens (Hughes, 1983). Coordonarea dintre descoperirea științifică și întreprinderea economică a devenit o trăsătură definitorie a capitalismului industrial, consolidând rolul inovației tehnologice ca motor al profitului și al competitivității naționale. Totuși, Revoluțiile Industriale nu au fost lipsite de efecte negative. Urbanizarea rapidă și expansiunea industrială au condus la degradarea mediului, condiții de muncă exploatare și inegalități sociale. Critici precum Karl Marx și Friedrich Engels au denunțat sistemul capitalist industrial ca fiind fundamental nedrept, declanșând dezbateri privind implicațiile morale ale progresului tehnologic necontrolat.

În cele din urmă, Revoluțiile Industriale au reconfigurat relația dintre știință, societate și economie. Ele au marcat începutul accelerării tehnologice, integrând inovația în structura vieții moderne și deschizând calea către sistemele industriale digitalizate, automatizate și interconectate ale lumii contemporane.

Relevanța Contemporană: *Moștenirea Inovatorilor Epocii Industriale în Progresul Tehnologic Modern*

Figurile și inovațiile apărute în urma Revoluțiilor Industriale au avut un impact profund și de durată asupra peisajului tehnologic actual:

§ Perfecționarea motorului cu abur de către James Watt a revoluționat nu doar manufactura, ci și sistemele energetice, punând bazele conceptuale și mecanice pentru dezvoltarea termodinamicii, a ingineriei mecanice și a producției moderne de energie. Activitatea sa a anticipat preocupările actuale pentru eficiență energetică, turbo-mașini și chiar inginerie durabilă.

§ Procesul Bessemer de producere a oțelului a catalizat progrese în știința materialelor și infrastructura industrială, fără de care industriile moderne ale construcțiilor, transportului și, aerospațiale nu ar fi fost posibile. Utilizarea actuală a aliajelor performante, construcțiilor modulare și ingineriei de precizie își are rădăcinile în aceste inovații metalurgice.

§ Inovatori precum Thomas Edison și Nikola Tesla au avansat domeniul ingineriei electrice, modelând totul, de la rețelele de electricitate până la sistemele de comunicații fără fir. Sistemul de curent alternativ propus de Tesla rămâne standardul global pentru distribuția electricității, în timp ce abordarea integrată a lui Edison privind invenția și comercializarea a stabilit un model de cercetare-dezvoltare corporativă încă utilizat de marile companii tehnologice.

§ Laboratoarele industriale de cercetare înființate în timpul celei de-a doua Revoluții Industriale, precum General Electric, Siemens și ulterior Bell Labs, au pionierat integrarea dintre știință și economie, un model regăsit astăzi în ecosisteme de inovație precum Silicon Valley.

Evoluția de la fundamentarea teoretică a cunoașterii științifice către aplicabilitatea sa în inginerie a facilitat tranziția către producția industrială de masă, constituind premisa unei expansiuni economice globale semnificative.

Cel mai important, însă, Revoluțiile Industriale au instituționalizat schimbarea tehnologică, încorporând-o în politicile economice, în sistemele de muncă și în strategiile naționale. Trecerea de la munca artizanală la industria mecanizată reflectă tranzițiile actuale spre automatizare și IA, ceea ce face din experiența istorică a industrializării un punct de referință esențial pentru înțelegerea epocii digitale în care trăim.

Capitolul 3. Revoluțiile Paradigmatice ale Secolului XX: Fizică, Chimie și Biologie

Secolul al XX-lea reprezintă un moment de cotitură în istoria științei, marcat de revoluții conceptuale profunde care au remodelat disciplinele fundamentale ale fizicii, chimiei și biologiei. Aceste transformări nu doar că au răsturnat modelele consacrate, dar au introdus modalități radical noi de înțelegere a realității, catalizând celebra teză a lui Thomas Kuhn (1962) privind schimbările de paradigmă, realinieri epistemologice disruptive în evoluția cunoașterii științifice.

În fizică, începutul secolului XX a fost martorul apariției teoriei relativității și a mecanicii cuantice, două teorii care au contestat fundamental viziunea deterministă și mecanicistă moștenită din mecanica clasică newtoniană.

Teoriile relativității restrânse (1905) și generale (1915) formulate de Albert Einstein au revoluționat înțelegerea noastră despre spațiu, timp și gravitație. Demonstrând că aceste dimensiuni nu sunt absolute, ci interdependente și dinamice, Einstein a pus bazele unor progrese majore în cosmologie, astrofizică și fizica nucleară (Einstein, 1916). Opera sa a informat ulterior atât dezvoltarea energiei atomice, cât și teoriile moderne privind găurile negre și undele gravitaționale.

Concomitent, mecanica cuantică a devenit cadrul dominant pentru explicarea fenomenelor atomice și subatomice. Contribuțiile aduse de Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger și Niels Bohr au introdus principii precum principiul incertitudinii, funcția de undă și complementaritatea, înlocuind în mod fundamental explicațiile deterministe cu interpretări probabilistice. Așa cum a remarcat faimosul fizician Richard Feynman (1965): „*Nimeni nu înțelege mecanica cuantică*”, subliniind logica sa contraintuitivă și totodată succesul său experimental incontestabil. Teoria cuantică stă astăzi la baza inovațiilor în semiconductori, calcul cuantic, nanotehnologie și știința materialelor.

În chimie, sinteza dintre chimia fizică și chimia organică, în a doua jumătate a secolului XX, a dat naștere unor noi domenii interdisciplinare, în special chimia biologică. Activitatea de pionierat a lui Linus Pauling privind legăturile chimice și arhitectura moleculară (Pauling, 1960) a oferit fundația teoretică necesară pentru înțelegerea interacțiunilor biochimice complexe, influențând direct domeniile biologiei structurale și farmacologiei.

Cea mai importantă descoperire biologică a secolului a fost, fără îndoială, elucidarea structurii în dublu helix a ADN-ului, realizată de James Watson și Francis Crick în 1953, cu sprijinul imaginilor obținute prin cristalografie cu raze X de Rosalind Franklin. Modelul lor a revelat baza moleculară a eredității, lansând era biologiei moleculare și transformând genetica într-un domeniu accesibil experimental și bogat în date (Watson, 1968). Această descoperire a permis dezvoltarea biotehnologiei, a ingineriei genetice, a genomicii și, în cele din urmă, a Proiectului Genomului Uman.

Aceste revoluții teoretice au fost însoțite de transformări instituționale majore în practica științifică. Ascensiunea fenomenului numit Big Science, ilustrat de inițiative precum *Proiectul Manhattan* și *Proiectul Genomului Uman* — a demonstrat amploarea, complexitatea și caracterul interdisciplinar în creștere al cercetării. Cunoașterea științifică a devenit tot mai strâns legată de politicile naționale, colaborarea internațională și sistemele de inovație industrială — o tendință care persistă și în epoca contemporană.

În concluzie, revoluțiile paradigmatiche ale secolului XX au distrus concepțiile clasice despre materie, spațiu și viață. Ele au transformat știința într-o forță nu doar tehnică, ci și filosofică, una care nu doar caută adevărul, ci redefinesc limitele imaginației și ale intervenției umane în lumea naturală.

Relevanță contemporană: Schimbările paradigmatiche ale secolului XX și modelarea tehnologiei secolului XXI

Descoperirile transformatoare ale științei din secolul XX continuă să alimenteze motoarele inovației tehnologice contemporane și să structureze modul în care gândim despre realitate, complexitate și control.

§ *Teoria relativității* a lui Einstein nu este doar o teorie cosmologică, ci ea stă la baza funcționării sistemului global de poziționare (GPS), care trebuie să țină cont de dilatarea timpului relativist pentru a furniza informații precise. În științele spațiale, relativitatea este esențială pentru calcularea traiectoriilor orbitale, pentru fenomenul de lentilare gravitațională și pentru proiectarea sistemelor moderne de navigație spațială.

§ Mecanica cuantică reprezintă fundamentul calculului cuantic, care promite salturi exponențiale în viteza de procesare, în special în simulările complexe și criptarea avansată. De asemenea, ea alimentează progresul în

nanotehnologie, criptografie cuantică și senzori cuantici — toate aflate în avangarda transformării tehnologice în domenii precum apărarea, finanțele și sănătatea.

§ Cercetările lui Linus Pauling asupra structurilor moleculare au deschis calea pentru platforme de descoperire de medicamente, modelare moleculară și design rațional de medicamente, elemente centrale în inovația farmaceutică și medicina personalizată. Accentul său pe relația structură-funcție este acum integrat în bioinformatică și în proiectarea moleculară asistată de IA.

§ Descoperirea structurii ADN-ului de către Watson și Crick a inaugurat era genomicii. Astăzi, această moștenire susține tehnologiile de editare genetică CRISPR (*subiect tratat în cadrul Capitolului 5*), biologia sintetică, medicina personalizată și diagnosticul genetic. Ea a redefinit nu doar știința medicală, ci și bioetica și regimurile juridice privind proprietatea intelectuală în domeniul biotehnologiei.

§ Modelul instituțional de Big Science, născut în secolul XX, rămâne modelul de referință pentru colaborările de cercetare de amploare din prezent — fie că vorbim despre siguranța IA, modelarea climatică sau răspunsul la pandemii. Convergența dintre investiția publică, echipele interdisciplinare și infrastructurile globale de date a devenit un reper definitoriu al producției contemporane de cunoaștere.

Impactul durabil al acestor schimbări paradigmatică din secolul XX se resimte nu doar în dispozitivele tehnologice, ci și în modul în care guvernăm știința, reglementăm inovația și dezbatem implicațiile sale etice. Ele constituie scheletul intelectual pe care se sprijină gestionarea frontierelor actuale — de la inteligența artificială și realitatea cuantică, până la viața sintetică și modelarea planetară.

Progresele în domeniul electrodinamicii au reprezentat baza conceptuală și tehnologică pentru apariția calculatoarelor, care au stat ulterior la originea dezvoltării rețelelor informatice, facilitând astfel emergența și consolidarea comunicației digitale la scară globală.

Capitolul 4. Epoca digitală: calcul, rețele și informație

A doua jumătate a secolului al XX-lea a inaugurat o nouă eră a evoluției științifice și tehnologice, denumită frecvent Epoca Digitală sau Epoca Informației. Această epocă a marcat cea de-a treia revoluție industrială, caracterizată prin ascensiunea calculului digital, a electronicii, a

telecomunicațiilor și a tehnologiilor informaționale, transformând fundamental modul în care este generată, transmisă și aplicată cunoașterea. Așa cum susține Castells (1996), am pășit într-o „societate în rețea”, în care „logica informației definește noua morfologie socială”.

4.1. Nikola Tesla și fundamentele tehnologiei moderne

Deși cele mai influente invenții ale lui Nikola Tesla preced epoca digitală propriu-zisă, opera sa a pus bazele conceptuale și tehnice ale tehnologiilor electronice și wireless moderne. Inovațiile sale în sistemele de curent alternativ (AC), transmisia fără fir și experimentele electromagnetice au fost profund vizionare, anticipând numeroase infrastructuri esențiale comunicării digitale și rețelelor de energie din prezent.

Dezvoltarea motorului polifazat AC și a sistemelor de transmitere a energiei electrice la înaltă tensiune, realizate de Tesla, au contracarat modelul cu curent continuu (DC) al lui Thomas Edison, oferind o soluție mai eficientă și scalabilă pentru distribuția electricității pe distanțe lungi. Bobina Tesla, experimentele sale în comunicații fără fir și planurile sale vizionare pentru transmiterea globală a energiei fără cablu — în special proiectul Turnul Wardencliff — au prefigurat infrastructura actuală de rețele wireless, încărcare prin rezonanță și tehnologii Wi-Fi (Cheney, 1981; Seifer, 1998).

Mai mult, contribuția lui Tesla la dezvoltarea controlului la distanță, demonstrată încă din 1898 printr-o barcă telecomandată prin unde radio, a anticipat principiile care stau la baza roboticii moderne, automatizării și tehnologiilor radio. Deși deseori ignorat în timpul vieții sale, viziunea holistică a lui Tesla privind o lume interconectată, alimentată și comunicând prin forțe invizibile, rămâne remarcabil de profetică în epoca sistemelor digitale omniprezente.

4.2. Calculul digital și ascensiunea internetului

Epoca Digitală a început oficial odată cu progresele remarcabile în hardware-ul de calcul și în teoria computațională. Conceptualizarea de către Alan Turing, considerat părintele informaticii moderne, a „mașinii universale” (1936) a pus bazele logice ale calculului algoritmic. Activitatea sa din timpul celui de-al Doilea Război Mondial, în special descifrarea mașinii Enigma utilizate de armata germană, a demonstrat puterea practică a raționamentului computațional (Hodges, 1983). Aceste contribuții

au deschis drumul către crearea unor mașini programabile capabile să rezolve sarcini diverse.

Inventarea tranzistorului (1947) și a circuitului integrat (1958) a permis miniaturizarea componentelor electronice, conducând la dezvoltarea microprocesoarelor, precum Intel 4004 (1971). Aceste inovații au dus la democratizarea tehnologiei de calcul, făcând computerele personale și, ulterior, dispozitivele mobile, accesibile publicului larg.

Crearea Internetului și impactul său asupra comunicării globale

Internetul își are originea în ARPANET, un proiect inițiat de Departamentul Apărării al Statelor Unite în anul 1969, cu scopul de a dezvolta o rețea de comunicații descentralizată și rezilientă. ARPANET a introdus comutarea de pachete (*packet switching*), un protocol inovator care permite împărțirea informației în pachete mici, transmise independent și reconstituite la destinație, oferind astfel, un mod eficient și fiabil de transmitere a datelor.

Momentul definitoriu al internetului modern a fost adoptarea protocolului TCP/IP în 1983, dezvoltat de Vint Cerf și Bob Kahn. Această schimbare a transformat rețeaua ARPANET într-o rețea interconectată deschisă, capabilă să susțină o scalare globală (Leiner et al., 2003).

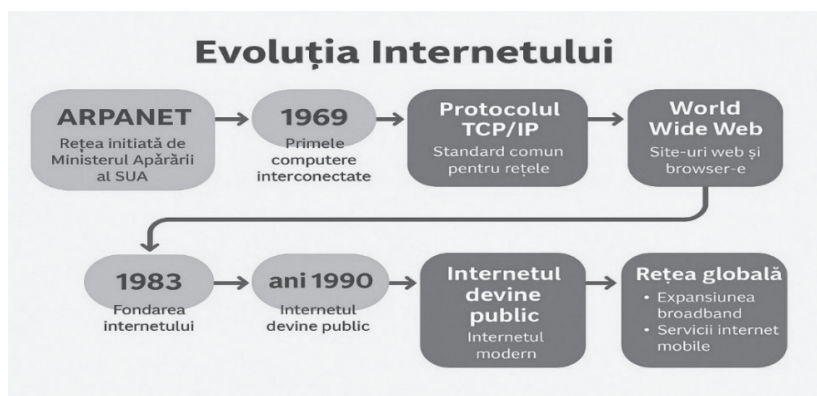


Fig. nr. 1 – Evoluția etapizată a internetului (1969-prezent)

Sursă: schemă dezvoltată de autoare, pe baza informațiilor extrase din cercetarea efectuată.

Extinderea publică a internetului s-a accelerat în anii '90, odată cu inventarea World Wide Web-ului de către Tim Berners-Lee și apariția unor navigatoare web prietenoase pentru utilizatori, precum Mosaic. Această tranziție a transformat internetul dintr-un instrument destinat cercetătorilor într-un mediu global de comunicare, comerț și cultură.

Internetul a perturbat industriile tradiționale — de la editură și educație, până la finanțe și guvernare — prin facilitarea comunicării în timp real, a schimburilor peer-to-peer și a participării în masă. După cum afirmă Castells (1996), această transformare reflectă emergența unei „societăți în rețea”, în care rețelele informaționale devin structura dominantă pentru organizarea vieții economice, sociale și politice.

Relevanța contemporană: *Cum a remodelat Epoca Digitală lumea modernă*

Epoca Digitală continuă să definească arhitectura tehnologică, economică și culturală a secolului XXI. Moștenirile lui Turing, Tesla și ale succesorilor lor sunt profund încorporate în infrastructurile vieții cotidiene:

- Mașina universală a lui Turing a pus bazele teoretice ale tuturor sistemelor programabile, de la smartphone-uri la supercalculatoare. Noțiunea de procesor cu scop general, capabil să simuleze orice altă funcție logică, continuă să modeleze arhitectura software-ului, IA și biologia computațională.

- Sistemele de curent alternativ (AC) dezvoltate de Tesla alimentează rețelele electrice globale de astăzi, în timp ce inovațiile sale în domeniul comunicațiilor fără fir informează tehnologiile radio moderne, încărcarea inductivă și transferul de date la distanță. Saltul său conceptual către o lume alimentată de câmpuri invizibile prinde contur în tehnologiile 5G, transferul de energie fără fir și circuitele rezonante utilizate în aplicații de consum și industriale.

- Internetul și World Wide Web-ul constituie coloana vertebrală a infrastructurii digitale globale, făcând posibile comerțul electronic, guvernarea digitală, telemedicina și educația la distanță. Aceste tehnologii au favorizat interconectarea globală, cetățenia digitală și apariția economiilor bazate pe platforme.

- Ascensiunea *cloud computing*, big data și IA ar fi de neconceput fără paradigmele computaționale și modelele de rețea stabilite în Epoca

Digitală. Economia digitală a redefinit piețele muncii, normele privind confidențialitatea, participarea democratică și însăși natura cunoașterii.

Fundamentele logicii formale au permis dezvoltarea metodelor de învățare automată, care au condus la elaborarea mecanismelor de luare a deciziilor bazate pe algoritmi, deschizând astfel calea către implementarea și extinderea sistemelor inteligente în multiple domenii ale societății contemporane.

În mod esențial, Epoca Digitală a generat noi întrebări privind securitatea cibernetică, etica digitală, suveranitatea datelor și guvernanta algoritmică. Pe măsură ce sistemele digitale mediatizează tot mai mult interacțiunile umane, înțelegerea originii și evoluției acestora este esențială pentru abordarea implicațiilor sociale și pentru modelarea unui viitor digital inclusiv și responsabil.

Capitolul 5. Inteligența Artificială, Biotehnologia și Viitorul

Secolul XXI marchează începutul celei de-a Patra Revoluții Industriale, o perioadă definită prin convergența IA, învățării automate (ML), biotehnologiei și a sistemelor ciber-fizice. Această nouă epocă tehnologică redefinesc granițele dintre sfera biologică, digitală și fizică, catalizând transformări profunde în toate domeniile vieții umane. Deși aceste progrese oferă un potențial imens în ceea ce privește eficiența, inovația și bunăstarea socială, ele aduc totodată provocări etice, sociale și filosofice fără precedent. Așa cum avertizează Tegmark (2017), „trebuie să ne asigurăm că, pe măsură ce mașinile devin mai inteligente, ele devin și mai bine aliniate cu ceea ce ne dorim cu adevărat.”

5.1. Inteligența Artificială și Învățarea Automată

Inteligența artificială se referă la capacitatea mașinilor de a efectua sarcini care, în mod tradițional, necesită inteligență umană — precum percepția, raționamentul, procesarea limbajului natural și luarea deciziilor. Învățarea automată (*machine learning* – ML), un subdomeniu al IA, permite sistemelor să își îmbunătățească performanța pe baza experienței, utilizând modele statistice și algoritmi care identifică tipare în seturi mari de date (Russell & Norvig, 2021).

Originile intelectuale ale IA pot fi urmărite până la *Conferința de la Dartmouth din 1956*, unde John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon și alți cercetători au susținut ideea că funcțiile cognitive umane

pot fi replicate prin logică formală. Această viziune a stat la baza dezvoltării inteligenței simbolice, axată pe sisteme bazate pe reguli explicite.

În paralel, Arthur Samuel a introdus termenul de *învățare automată* în anii 1950, atunci când a creat programe de joc de dame (checkers) capabile să își îmbunătățească performanța în timp, pe baza experienței. Această abordare a deschis calea către modelele de învățare supravegheată, esențiale astăzi în recunoașterea imaginii, analiza predictivă și sistemele de recomandare (Samuel, 1959).

În ciuda unor perioade de stagnare cunoscute sub denumirea de *ierni ale inteligenței artificiale* (AI winters), cercetarea în domeniul IA a continuat să avanseze prin dezvoltarea metodelor statistice, inclusiv inferența bayesiană, mașinile cu vectori de susținere (*support vector machines*) și, ulterior, rețelele neuronale. Anii 2010 au marcat o adevărată renaștere a domeniului, catalizată de apariția învățării profunde (*deep learning*) — în special prin lucrările lui Geoffrey Hinton, Yann LeCun și Yoshua Bengio, ale căror arhitecturi neuronale multistratificate au depășit metodele tradiționale în recunoașterea imaginilor și a vorbirii (LeCun et al., 2015).

Geoffrey Hinton este considerat unul dintre părinții fondatori ai revoluției moderne în IA, prin contribuția sa esențială la dezvoltarea algoritmului de învățare Backpropagation (propagarea înapoi a erorii). Deși ideea a existat și anterior, Hinton a fost cel care a demonstrat viabilitatea acestui algoritm în antrenarea rețelelor neuronale multi-layer, oferind un cadru practic prin care computerele pot „învăța” din date. Backpropagation a devenit coloana vertebrală a învățării profunde (*deep learning*), permițând modelelor de IA să recunoască tipare complexe, de la imagini și vorbire, până la comportamente și preferințe umane, cu un grad de precizie fără precedent. Contribuția lui Hinton transcende însă simpla technicalitate algoritmică. Prin validarea și popularizarea *deep learning*-ului, el a contribuit decisiv la transformarea modului în care interacționăm cu tehnologia. De la asistenți virtuali și sisteme de diagnostic medical, la traduceri automate și vehicule autonome, aplicațiile AI contemporane își au rădăcinile în lucrările sale de pionierat. Mai mult, Hinton a adus în prim-plan întrebări profunde despre conștiință artificială și responsabilitate morală, pledând pentru o cercetare etică și precaută. Astfel, Geoffrey Hinton nu doar a creat instrumente puternice, ci a redefinit paradigma cunoașterii computaționale în epoca digitală.

Astăzi, IA pătrunde în domenii variate precum diagnosticul medical,

conducerea autonomă, analiza predictivă sau traducerea automată. Totuși, această ubicuitate crescândă ridică probleme serioase de natură etică și socială. Algoritmii antrenați pe seturi de date părtinitoare pot perpetua inegalități structurale, iar modelele opace — cum sunt rețelele neuronale profunde — lipsesc de transparență, îngreunând procesul de tragere la răspundere. După cum remarcă Binns (2018), „responsabilitatea algoritmică trebuie tratată ca o provocare socio-tehnică, nu doar una tehnică.” În acest context, solicitările pentru guvernare transparentă, etică a IA și modele centrate pe factorul uman (*human-in-the-loop*) devin din ce în ce mai importante.

5.2. Biotehnologia și manipularea vieții

Biotehnologia, în special ingineria genetică, a revoluționat științele vieții prin capacitatea de a manipula direct ADN-ul. Instrumente precum CRISPR-Cas9 au democratizat editarea genetică, deschizând calea către terapii pentru boli genetice, culturi agricole îmbunătățite și chiar organisme proiectate la comandă. În același timp, biologia sintetică permite construirea unor sisteme biologice complet noi, transformând biologia dintr-o știință predominant descriptivă într-o disciplină inginerască orientată spre design (Church & Regis, 2012). Jennifer Doudna, co-inventatoare a tehnologiei CRISPR-Cas9, a revoluționat biologia moleculară și medicina contemporană, deschizând calea pentru editarea genetică de precizie. Contribuția sa a transformat ADN-ul dintr-o „carte de instrucțiuni” imuabilă într-un cod care poate fi rescris în mod controlat, cu implicații profunde asupra tratării bolilor genetice, a agriculturii sustenabile și a terapiei personalizate. CRISPR nu doar că a accelerat cercetarea în genetică, ci a pus în discuție fundamentele etice ale intervenției asupra vieții. Prin această descoperire, Doudna a schimbat radical modul în care știința se raportează la însăși natura umană, deschizând o eră în care frontierele dintre corectare, îmbunătățire și creare genetică devin tot mai fluide.

Deși aceste evoluții oferă un potențial extraordinar, ele ridică și dileme etice și ecologice profunde. Editarea liniei germinale, crearea de patogeni sintetici și comercializarea vieții generează întrebări existențiale cu privire la viitorul umanității. Jasanoff et. all (2015) subliniază necesitatea unor cadre de reglementare precauționale, a dialogului public și a unei guvernante trans-disciplinare, pentru a asigura o inovare responsabilă și sustenabilă în domeniul biotehnologiei.

5.3. Interfața om-mașină și transumanismul

Tehnologiile emergente aflate la intersecția dintre biologie și calcul, precum interfețele creier-calculator, neuroprotezele și augmentarea cognitivă, au catalizat apariția mișcării transumaniste, care susține extinderea capacităților umane prin mijloace tehnologice (Bostrom, 2005). Susținătorii acestui curent argumentează că aceste inovații oferă eliberare de limitările biologice, cu aplicații în restaurarea mobilității, îmbunătățirea funcțiilor cognitive și prelungirea duratei vieții. Cu toate acestea, criticii avertizează asupra *riscurilor privind accentuarea inegalităților social-economice, pericolele asociate protecției datelor personale și erodarea noțiunilor tradiționale de persoană, identitate și demnitate*. Strategiile de reglementare trebuie să țină cont de caracterul social al tehnologiei și să promoveze accesul echitabil și utilizarea etică a acestor tehnologii.

Relevanța Contemporană: A Patra Revoluție Industrială și Etica Inovației

A patra revoluție industrială redefinesc profund relația dintre om, tehnologie și societate, într-un context în care granițele dintre sfera fizică, digitală și biologică devin tot mai difuze. Tehnologiile emergente, precum IA, biotehnologia, Internet of Things și computația cuantică, transformă nu doar sectoare economice, ci și modul în care înțelegem autonomia, responsabilitatea și condiția umană.

În 2019, echipa Google Quantum a realizat un pas revoluționar prin atingerea „supremației cuantice” – momentul în care un computer cuantic efectuează un calcul pe care niciun supercomputer clasic nu l-ar putea finaliza într-un interval rezonabil. Folosind procesorul Sycamore, cercetătorii au finalizat în doar 200 de secunde o sarcină aleatorie care, potrivit estimărilor, ar fi necesitat mii de ani pentru a fi rezolvată de cele mai puternice sisteme clasice. Această performanță a demonstrat nu doar potențialul incredibil al calculului cuantic, ci și o schimbare de paradigmă: *capacitatea de a modela și manipula realitatea la nivel cuantic, dincolo de limitele logice ale calculului tradițional*. Supremația cuantică deschide noi perspective pentru știința materialelor, securitate cibernetică și IA, conturând o nouă frontieră a cunoașterii tehnologice.

Tehnologiile cuantice, aflate încă într-un stadiu emergent, promit o revoluție radicală în modul în care procesăm informația, securizăm

comunicațiile și dezvoltăm algoritmi de inteligență artificială. Calculul cuantic, spre exemplu, folosește *qubiți* pentru a efectua operații simultane care ar fi imposibile pentru computerele clasice, cu aplicații în domenii precum simularea moleculară, criptografie, finanțe sau inteligență artificială. Companii precum Google, IBM sau startup-uri specializate în tehnologie cuantică au început deja să testeze algoritmi de învățare automată cuantici, deschizând noi frontiere în analiza predictivă și procesarea masivă de date.

Cu toate acestea, puterea exponențială a tehnologiilor cuantice ridică și îngrijorări etice și filozofice, în special în ceea ce privește manipularea conștiinței umane sau interferența cu procesele cognitive. Concret, cercetările în neuro-tehnologii cuantice și interfețele creier-mășină, alimentate de puterea de procesare a computerelor cuantice, ar putea permite într-un viitor apropiat decodificarea gândurilor sau influențarea comportamentului prin stimuli cibernetici. Aceste scenarii impun o regândire profundă a granițelor dintre liberul arbitru, confidențialitatea neurologică și controlul social, justificând integrarea urgentă a unei guvernante etice trans-disciplinare în dezvoltarea acestor tehnologii emergente.

Așadar, această eră tehnologică este marcată de o viteză exponențială a schimbării, un grad ridicat de complexitate sistemică și de interdependențe globale. Dacă revoluțiile industriale anterioare s-au concentrat pe mecanizare, electrificare și digitalizare, actuala revoluție introduce concepte precum algoritmi autoreglabili, organisme sintetice, rețele neuronale artificiale și augmentarea cognitivă – toate cu implicații etice, juridice și filozofice fără precedent. În acest context, etica inovației devine un domeniu esențial pentru fundamentarea unei dezvoltări tehnologice sustenabile. Printre preocupările majore, se numără:

- Transparența algoritmică și responsabilitatea decizională în IA
- Reglementarea bioingineriei și limitarea riscurilor asociate editării genetice
- Accesul echitabil la tehnologiile emergente și prevenirea accentuării inegalităților sociale
- Supravegherea umană (*human-in-the-loop*) ca principiu de guvernare tehnologică
- Protecția identității, intimității și demnității umane într-o lume dominată de date și automatizare

Relevanța contemporană a celei de-A Patra Revoluții Industriale nu se rezumă doar la inovație tehnică, ci implică redefinirea normelor societale

și reconstrucția contractului social digital. Axa centrală a acestei transformări trebuie să rămână orientarea umană a tehnologiei – o abordare în care tehnologia servește omul, nu îl înlocuiește sau controlează.

„Pe măsură ce societățile se confruntă cu puterea imensă a tehnologiilor emergente, întrebarea centrală nu mai este doar *ce se poate face*, ci *ce ar trebui făcut* și, mai ales, *cine are autoritatea de a decide acest lucru*.”

Integrarea interdisciplinară a cunoștințelor a generat o necesară reflecție etică asupra impactului științei și tehnologiei, orientând direcțiile de cercetare către inovații sustenabile și contribuind la configurarea unei viziuni holistice asupra științei, ancorată în responsabilitate socială și durabilitate globală.

Concluzie: Gândirea științifică – busola viitorului umanității

De la empirismul rațional al Iluminismului până la inteligența algoritmică a prezentului, evoluția gândirii științifice și a inovației tehnologice în epoca modernă relevă mult mai mult decât o simplă succesiune cronologică de descoperiri: *ea reflectă căutarea neîntreruptă a umanității de a înțelege, stăpâni și transforma realitatea*. În fiecare etapă, știința a acționat atât ca instrument de cunoaștere, cât și ca vehicul al schimbării sociale, remodelând nu doar lumea materială, ci și arhitectura conceptuală prin care definim adevărul, progresul și sensul.

Traectoria care a început cu legile universale ale lui Newton, a trecut prin teoria evoluției formulată de Darwin, relativitatea lui Einstein, dubla elice a lui Watson și Crick, care se regăsește astăzi în arhitecturile neuronale ale rețelelor de *deep learning*, nu reprezintă o simplă acumulare progresivă. Este o dialectică – un dialog continuu între cercetare și consecință, între cunoaștere și putere, între fapt și valoare. Fiecare schimbare de paradigmă a forțat societatea să-și renegocieze presupunerile despre agenția umană, ordinea naturală și responsabilitatea etică.

Ascensiunea IA, a ingineriei genetice și a interfețelor om-mașină marchează un punct de cotitură civilizațional. Spre deosebire de revoluțiile anterioare, tehnologiile celei de-a patra revoluții industriale nu sunt doar extensii ale capacităților umane, ele încep să reproducă și să remodeleze însăși structura cognitivă și biologică a ființei umane. În acest sens, știința contemporană nu se mai limitează la observarea naturii; ea devine, din ce în ce mai mult, coautor al acesteia.

Această condiție impune o epistemologie și o etică pe măsura

complexității sistemelor pe care le generăm. Accelerarea inovației științifice trebuie însoțită de o evoluție paralelă în gândirea filosofică, juridică și culturală. Avem nevoie de noi cadre de responsabilitate care să depășească granițele disciplinare, cadre ce integrează perspective din etică, drept, teoria socială și ingineria sistemelor. IA centrată pe om, biotehnologia responsabilă și infrastructurile digitale incluzive nu trebuie să rămână simple sloganuri idealiste, ci să devină imperative normative care să ghideze următoarea etapă a inovației. Mai mult, dimensiunea umanistă a științei, atât de vitală în perioada Iluminismului, trebuie revitalizată. Într-o lume din ce în ce mai mediată de algoritmi și de logici guvernate de date, riscul unui reduționism epistemic crește, acolo unde complexitatea este simplificată în cod, iar nuanțele sunt pierdute în favoarea optimizării. Tocmai în acest moment de răsturnare tehnoculturală, interogația umanistă – literatura, filosofia, etica și istoria – capătă o relevanță reînnoită, funcționând ca un contra-echilibru critic necesar.

Dacă Iluminismul ne-a lăsat moștenire raționalitatea și experimentarea, epoca actuală ne cere să le completăm cu reflexivitate, empatie și viziune. Pentru a naviga în siguranță între mizele etice și existențiale ale epocii IA, trebuie să cultivăm o știință care nu este doar tehnic excelentă, ci și moral alfabetizată și social responsabilă.

În concluzie, evoluția științei și a tehnologiei este inseparabilă de evoluția a ceea ce înseamnă a fi uman. Viitorul nostru va fi modelat nu doar de algoritmii pe care îi proiectăm sau de genomurile pe care le edităm, ci și de valorile pe care le codăm în acestea. Sarcina care ne revine nu este doar aceea de a stăpâni noile instrumente, ci de a reimagina contractul social dintre cunoaștere, putere și umanitate. Știința, în forma sa cea mai nobilă, rămâne o expresie profundă a speranței și a responsabilității colective, o busolă nu doar pentru descoperire, ci și pentru co-existență demnă, într-o lume din ce în ce mai complexă.

Bibliografie selectivă:

- [1] Abbate, J. (1999). *Inventing the internet*. MIT Press.
- [2] Abrudan, C. & Muntean, I. (2024). „Tehnologie și inovare”. UTPRESS, 29–30.
- [3] Bacon, F. (1620). *Novum Organum*. London: John Bill, printer to the King's Most Excellent Majesty.

- [4] Binns, R. (2018). "Algorithmic accountability and public reason". *Philosophy & Technology*, 31(4), 543–556.
- [5] Bostrom, N. (2005). "In defense of posthuman dignity". *Bioethics*, 19(3), 202–214.
- [6] Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.
- [7] Carnot, S. (1897). *Reflections on the Motive Power of Fire*. Chapman & Hall. Limited. London
- [8] Castells, M. (2010). *The rise of the network society*. Second edition. Wiley-Blackwell.
- [9] Church, G., & Regis, E. (2012). *Regenesis: How synthetic biology will reinvent nature and ourselves*. Basic Books.
- [10] Clausius, R. (1851). "On the Moving Force of Heat". *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*
- [11] Descartes, R. (1641). *Meditations on First Philosophy*. Reedited and published in Oxford University Press in 2008.
- [12] Einstein, A. (1916). *Relativity: The special and general theory*. Henry Holt and Company.
- [13] Feynman, R. P. (1965). *The character of physical law*. MIT Press.
- [14] Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V. & Schafer, B. (2018). "AI4People – An ethical framework for a good AI society". *Minds and Machines*, 28(4), 689–707.
- [15] Hodges, A. (1983). *Alan Turing: The enigma*. Princeton University Press.
- [16] Hughes, T. P. (1983). *Networks of power: Electrification in Western society, 1880–1930*. Johns Hopkins University Press.
- [17] Jasanoff, S., Hurlbut, J. B., & Saha, K. (2015). "CRISPR democracy: Gene editing and the need for inclusive deliberation". *Issues in Science and Technology*, 33(1), 25–32.
- [18] Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- [19] Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clark, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D. C., & Wolff, S. (2003). "A brief history of the internet". *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 33(5), 102–108.
- [20] Maxwell, J. C. (1873). *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford at the Clarendon Press.
- [21] Mokyr, J. (1990). *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press.
- [22] Mokyr, J. (2009). *The enlightened economy: An economic history of Britain 1700–1850*. Yale University Press.

- [23] Newton, I. (1687). *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (Mathematical Principles of Natural Philosophy)*. London
- [24] Outram, D. (2013). *The Enlightenment*. Cambridge University Press.
- [25] Pauling, L. (1960). *The nature of the chemical bond*. Cornell University Press.
- [26] Rosen, W. (2010). *The most powerful idea in the world: A story of steam, industry, and invention*. Random House.
- [27] Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- [28] Seifer, M. J. (1998). *Wizard: The life and times of Nikola Tesla*. Citadel Press.
- [29] Shannon, C. E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423.
- [30] Shapin, S. (1996). *The scientific revolution*. University of Chicago Press.
- [31] Smil, V. (2005). *Creating the twentieth century: Technical innovations of 1867–1914 and their lasting impact*. Oxford University Press.
- [32] Spinney, L. (2012). "Busted! The myth of technological progress". *New Scientist Magazine*.
- [33] Tegmark, M. (2017). *Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence*. Knopf.
- [34] Turing, A. M. (1936). "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem". *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2(42), 230–265.
- [35] Watson, J. D. (1968). *The double helix: A personal account of the discovery of the structure of DNA*. Atheneum.

