

UDK 101.1

141.152

1Descartes, R.

<https://doi.org/10.53745/bs.95.4.9>

Primljeno: 20. 8. 2025.

Prihvaćeno: 31. 10. 2025.

Pregledni rad

© 2025 Balorda, CC BY NC 4.0

## Mehanicizam: atomisti, Descartes i novi mehanicisti\*

### Mechanicism: Atomists, Descartes, and the New Mechanicists

Vito Balorda<sup>a</sup>

#### Sažetak

U ovom radu razmatram pitanje: Postoji li razlika između korištenja pojma mehanizma kod *ranih* i *novih mehanicista*? Zastupam tezu prema kojoj se rani i novi mehanicisti razlikuju po sljedećim aspektima: 1) eksplanatornim ciljevima i 2) ontologiji. Ranim mehanicistima nazivam atomiste te novovjekovnog modernog filozofa Descartesa. U suvremenim filozofskim raspravama novim mehanicistima nazivaju se autori koji se koriste pojmom mehanizma kao uzročno-eksplanatornom strukturom u biologiji (npr. mehanizam sinteze proteina). Razlika između ranih i novih mehanicista u odnosu na prvi aspekt jest u tome što se rani koriste pojmom mehanizma s ciljem objašnjenja cjelokupnog funkcioniranja svijeta i korištenja analogije tijela sa strojem, a novi se koriste pojmom mehanizma u svrhu objašnjenja bioloških fenomena. Razlika u odnosu na drugi aspekt jest u tome što rani mehanicisti kao ontološku podlogu uzimaju atome i prazni prostor, a novi dualnu ontologiju, tj. entitete i aktivnosti kao nužne dijelove mehanizama.

*Ključne riječi:* mehanizam, objašnjenje, ontologija, uzročnost, atomisti, Descartes, novi mehanicisti, filozofija znanosti

#### Abstract

This paper addresses the question: Is there a difference in the use of the concept of mechanism between early and new mechanists? The author argues that early and new mechanists differ in two respects: 1) explanatory aims and 2) ontological assumptions.

\* Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom »Metafilozofija« [HRZZ-IP-2022-10-2550]. Rad se djelomično oslanja na neke teze izvorno izložene u autorovoj neobjavljenoj doktorskoj disertaciji »The Causal Explanation in Molecular Biology« te ih još naknadno nadograđuje. Autor zahvaljuje dvama anonimnim recenzentima na vrlo korisnim komentarima i sugestijama.

<sup>a</sup> Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet.

The term »early mechanists« refers to the atomists and the early modern philosopher Descartes. In contemporary philosophical discussions, »new mechanists« denotes authors who use the concept of mechanism as a causal-explanatory structure in biology (e.g., the mechanism of protein synthesis). The difference established between early and new mechanists with respect to 1) is that the former employ mechanisms to explain the functioning of the world as a whole and invoke the analogy between the body and a machine, whereas the latter apply mechanisms to explain biological phenomena. The difference pertaining to 2) is that early mechanists take atoms and the void as the ontological basis, whilst new mechanists adopt a dual ontology, that is, they consider both entities and activities as necessary components of mechanisms.

*Key words:* mechanism, explanation, ontology, causation, atomists, Descartes, New Mechanists, Philosophy of Science

## Uvod

U suvremenom kontekstu pojam »mehanicizam« – organiziranu strukturu koja sadrži dijelove u interakciji (Glennan 2017) – susrećemo u raznim disciplinama i ljudskim aktivnostima poput politike, ekonomije, tehnologije, znanosti, filozofije i drugih područja. Primjerice, *posredovanje* jest politički mehanizam »spajanja dvaju ili više prethodno slabije povezanih društvenih mjesta intervencijom trećih strana« (Tilly 2001, 26). U ekonomiji, *koherentan mehanizam* istražuje fluktuaciju cijena roba (Deaton 2010), a u tehnologiji *mehanicizam pokreta mehaničkog sata*, tj. zapornik, regulira točnost mjerenja vremena (Xu, Ko i Du 2011). U znanosti, točnije biologiji, *mehanicizam sinteze proteina* jest proces koji proizvodi proteine koji su odgovorni za neka fenotipska svojstva kao što su boja očiju ili oblik kose. U svim tim slučajevima pojam mehanizma koristi se u svrhu razumijevanja kako određeni fenomeni funkcioniraju, tj. »rade«.

Nekolicina autora (Berryman 2009; Craver i Darden 2013; Popa 2017; Roux 2017; Glennan 2017; Meli 2019; Bechtel i Huang 2022, 41; Levy 2025) često ističe kako se atomisti i novovjekovni moderni filozofi, poput Descartesa, mogu smatrati pretečama novih mehanicista, tj. filozofima koji su udarili temelje načinu na koji se koristimo pojmom mehanizma u suvremenom filozofskom kontekstu. Drugim riječima, pojam »mehanicisti« obuhvaća autore koji razmatraju ideju da je svijet utemeljen na mehaničkom principu, tj. kao mjesto u kojem su entiteti, materija ili čestice u neprestanoj interakciji i pokretu.<sup>1</sup> Ključ-

<sup>1</sup> U jednom od standardnih filozofskih rječnika nalazi se sljedeća formulacija mehanicističkih objašnjenja: »vrsta objašnjenja koju prihvaćaju stajališta koja se kreću od radikalne pozicije prema kojem se svi prirodni fenomeni mogu u potpunosti objasniti pomoću masa u gibanju kakve postulira Newtonova mehanika, pa sve do tek puke

ni kriterij zbog kojeg navedeni autori smatraju atomiste i Descartesa mehanicistima jest inzistiranje na ideji *uzročnosti*<sup>2</sup> prilikom objašnjenja prirodnih pojava, poput duge ili funkcioniranja probavnog sustava. Usto, posebno kod Descartesa, prisutno je i isticanje *analogije ljudskog tijela sa strojem*, što je česta usporedba i kod novih mehanicista.<sup>3</sup>

U ovom radu razmatramo ideju prema kojoj su atomisti i Descartes mehanicisti te ju nadograđujemo usporedbom s *novim mehanicistima*, tj. skupinom autora koja smatra kako su mehanizmi uzročne strukture koje objašnjavaju biološke fenomene (Craver i Darden 2013; Glennan 2017). Atomiste i Descartesa nazivamo *ranim mehanicistima* jer zastupamo tezu kako ih ipak trebamo odvojiti od novih mehanicista, unatoč tomu što je njihov pojam mehanizma, barem *prima facie*, sličan pojmu mehanizma u suvremenom filozofskom kontekstu (Popa 2017; Roux 2017).<sup>4</sup> Novi mehanicisti razlikuju se od ranih po: 1) eksplanatornom cilju koji uključuje objašnjenje kompleksnosti i dinamičnosti živog svijeta te praktičnu potrebu za otkrivanjem mehanizama u svrhu njihove kontrole i manipulacije (npr. za potrebe liječenja) (Bechtel i Richardson 2010) i 2) ontologiji koja uključuje entitete i aktivnosti kao nužne dijelove mehanizama (Craver i Darden 2013; Glennan 2017).

---

obveze na naturalistička objašnjenja», *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, natuknica: Mechanistic Explanation. Mehanicizam shvaćen na taj način često se ne razlikuje jasno od tzv. mehaničke filozofije (*the mechanical philosophy*). U strožem smislu mehanička filozofija odnosi se na razmatranje mehaničkih odnosa između različitih dijelova nekog sustava, ponajprije u svrhu objašnjenja fenomena. Ti odnosi često su usporedivi s odnosima među dijelovima stroja, a pojam mehaničkih odnosa najčešće se povezuje s radom Galileja i Descartesa (*The Oxford Dictionary of Philosophy*). Pojmovi »mehanicizam« i »mehanička filozofija« u literaturi najčešće se upotrebljavaju kao sinonimi pa ću i u ovom radu slijediti tu terminološku tendenciju (Glennan 2017; Meli 2019). Ipak, češće ću koristiti pojam »mehanicisti« kako bih se ponajprije referirao na navedeno stajalište te time razlikovao puke mehaničke odnose od stajališta koje pretpostavlja i objašnjava takve odnose. Više informacija o terminološkim razlikama vidi u: Glennan 2017; Meli 2019; *The Oxford Dictionary of Philosophy*; *The Cambridge Dictionary of Philosophy*.

<sup>2</sup> Uzročnost je u ovom kontekstu shvaćena intuitivno, predteorijski, ne ulazeći u kompleksnu raspravu o prirodi uzročnosti koja nije u fokusu ovog rada. Raspravu o prirodi uzročnosti, posebice u kontekstu objašnjenja, vidi u: Salmon 1984; Lewis 1986; Woodward 2003; Ross 2024.

<sup>3</sup> Suvremeni autori često kritiziraju analogiju strojeva s biološkim organizmima jer takva analogija ne oslikava biološke entitete, a potencijalno čak može biti i štetna za istraživačke prakse u biologiji (Nicholson 2012; 2013; Ross 2024). Odgovor novih mehanicista na tu kritiku prikazat ću u drugom i trećem poglavlju.

<sup>4</sup> U radovima atomista i Descartesa koji se razmatraju u ovom radu pojmovi »mehanicizam« i »mehanicizam« ne pojavljuju se eksplicitno. No, prema većini autora, u njihovim je tekstovima implicitno prisutna ideja mehanizma i mehanicizma (Craver i Darden 2013; Popa 2017; Roux 2017; Meli 2019). Stoga ću se u nastavku ovoga rada koristiti tim pojmovima kada se referiram na određene dijelove djela atomista i Descartesa.

Struktura rada jest sljedeća: *prvo* ćemo prikazati kako se rani mehanicisti koriste pojmom mehanizma. U tu svrhu, razmatrat ćemo atomizam u radovima Leukipa, Demokrita, Epikura i Lukrecija Kara. Potom ćemo prikazati Descartesa kao filozofa koji u svojem radu ističe analogiju ljudskog tijela sa strojem. *Drugo*, razmatrat ćemo kako se novi mehanicisti koriste pojmom mehanizma u svrhu razumijevanja bioloških objašnjenja. *Treće*, usporedit ćemo rane i nove mehaniciste te istaknuti u kojoj se mjeri razlikuju njihovi pojmovi mehanizma. Posebno ćemo istaknuti razliku u eksplanatornim ciljevima i ontološkim pretpostavkama ranih i novih mehanicista.

## 1. Pojam mehanizma kod ranih mehanicista

### 1.1. Atomisti: Leukip, Demokrit, Epikur i Lukrecije Kar

Leukip<sup>5</sup> (5. st. pr. Kr.) i Demokrit (460. – 370. pr. Kr.), osnivači *atomizma*, smatrali su kako se svijet sastoji od *atoma* i *praznog prostora* (Bošnjak 1982a, 65; Cartledge 1998; Berryman 2023). U ontološkom smislu atomi predstavljaju bitak, a prazan prostor njihovu negaciju – nebitak (Bošnjak 1982a, 65; Berryman 2022, poglavlje 2). Atomi su kvantitativno različite čestice koje su temelj postojanja. Prema Leukipu i Demokritu, atomi su neuništivi i homogeni, a promjene su moguće u njihovu kretanju i prostornom položaju u praznom prostoru. Sve promjene svedene su na kombinacije atoma koji su uvijek u pokretu (Berryman 2022). Atomi se međusobno razlikuju po obliku i veličini. Posebno je važan njihov oblik, primjerice jesu li okrugli, što je važno kada se spajaju i tvore nakupine raznih atoma u prostoru. Do spajanja dolazi zbog kretanja atoma u praznom prostoru; lakši atomi padaju sporije od težih atoma, što dovodi do sudara i oblikovanja u nakupine (Bošnjak 1982a, 66).<sup>6</sup>

Također, različiti atomski oblici mogu odrediti opazajne kvalitete, odnosno osjete kao što su toplo, hladno, gorko, slatko, kiselo i slano. Primjerice, prema Demokritu, toplina je uzrokovana posebno malim i ostrim atomima. Demokrit je svijet prihvaćao mehanicistički u smislu da se svijet sastoji od čvrstih čestica te da su njihovi sudari, zapletanja i vibracije odgovorni za razumijevanje

<sup>5</sup> Postoje autori koji dovode u pitanje Leukipovo postojanje, no za potrebe ovog rada ne ulazim u tu raspravu. Dodatne informacije o toj raspravi vidi u: Diogen Laertije 1973; Bošnjak 1982b; Berryman 2022.

<sup>6</sup> Već Aristotel primjećuje kako bi u praznom prostoru svi atomi trebali padati jednakom brzinom, no za potrebe ovog članka neću ulaziti u kritike sustava atomizma (Bošnjak 1982a, 66).

uzročnosti (Popa 2017).<sup>7</sup> No, unatoč tomu što je Demokrit mislio kako je uzročnost svugdje prisutna, ona se sama ne može spoznati. Kao što Bošnjak navodi iz Demokritovih fragmenata 118: »Volio bih naći jednu jedinu uzročnu vezu, nego dobiti perzijsko kraljevstvo« (Bošnjak 1982a, 68). Ovaj citat upravo ističe uzročnost kao središte razumijevanja svijeta i međusobnog djelovanja atoma, što naliči slici svijeta kakvu kasnije dijele Descartes, a djelomično i novi mehanicisti.

Epikur (342. – 271. pr. Kr.) i Lukrecije Kar (99. – 55. pr. Kr.) prihvatili su ideju Leukipa i Demokrita te ponudili vlastite, originalne doprinose atomizmu. Primjerice, Epikur uvodi koncept *otklona atoma*. Na taj način povezuje nužnost i slučajnost, suprotno od tradicionalnog shvaćanja atoma kod ranih atomista gdje za slučajnost nije bilo mjesta, tj. djelovanje atoma determinirano je prirodnim zakonima i uzročnošću (Bošnjak 1982a, 68; Konstan 2014, Verde 2020). Kod Epikura, prema Bošnjaku, »otklon atoma predstavlja objektivnu slučajnost u granicama nužnosti kretanja, a ujedno i mogućnost i izvor stvaralaštva« (Bošnjak 1982b, 34). Osim toga, Epikur u svojim djelima ističe potrebu objašnjenja prirodnih pojava kao što su izlasci i zalasci Sunca, pomrčina, grom, duga itd. Ta objašnjenja uključuju *uzročnost*, tj. uzročni odnosi objašnjavaju prirodne pojave (Lewis 1986). Primjerice, prema Epikuru, duga nastaje onda kada sunčeve zrake prolaze kroz vlažan zrak (Bošnjak 1982b, 34).

Lukrecije nastavlja Epikurovo atomističko gledište. U svom djelu *O prirodi* zagovara empirijska objašnjenja fenomena, po uzoru na Epikura. Lukrecije je inzistirao na naglašavanju reda i pravilnosti prirode. Prema Popi (2017) Epikur i Lukrecije mogu se smatrati zagovornicima mehanicističkog pristupa zbog njihova vjerovanja da se svi fenomeni »mogu objasniti kroz uzročne veze između i unutar golemih područja prirode« (Popa 2017, 17).

Unatoč tomu što se navedeni atomisti konkretno ne koriste terminom mehanizma u svojoj filozofiji, Popa (2017) smatra kako možemo tvrditi da oni razmatraju fenomene po mehanicističkom ključu jer dijele, odnosno »cijepaju« postojanje na dijelove, u njihovu slučaju atome, koji su temelj za objašnjenje svih ostalih fenomena (Berryman 2022). Uz to, kriterij po kojem atomisti jesu mehanicisti jest i uzročnost. Naime, atomi su u uzročnim vezama, odnosno djeluju jedni na druge u praznom prostoru.

Za razliku od atomizma koji su zagovarali Leukip, Demokrit, Epikur i Lukrecije, Aristotel (384. – 322. pr. Kr.) je imao drukčiji pogled. Udaljio se od

<sup>7</sup> Autorica Berryman (2009) problematizira paradigmatiku interpretaciju kako je Demokritova ideja mehanicistička, no s obzirom na cilj ovog rada neću ulaziti u detalje te rasprave.

ideja atomista te ih kritizirao zbog nedostatka teleologije, što je, vjerovao je, dovelo do kontradikcija (Bošnjak 1982a, 129).<sup>8</sup> Međutim, u Aristotelovim djelima o, primjerice, meteorologiji, možemo pronaći ograničen interes za mehanizme. Popa (2017) tvrdi kako je Aristotel posvetio svoje tri knjige, *Meteorologiju I – III*, »opisu, a posebno uzročnom objašnjenju ‘meteoroloških’ procesa« (Popa 2017, 17). Aristotel je vjerovao da su duga, kiša, formacije minerala itd. »uzrokovani inherentnom prirodom i interakcijom dviju emanacija (*anathumiaseis*) prisutnih u sublunearizmu« (Popa 2017, 17). Prema Popi, njihovo ponašanje opisano je u mehanicističkim terminima, ponajprije odnoseći se »na objekte koji su izbačeni pod jakim pritiskom« (Popa 2017, 17).

U djelima atomista uočava se temelj ranog mehanicističkog pogleda na svijet, posebno u odnosu na 2), tj. ontološku pretpostavku atomizma, koja pretpostavlja atome i prazan prostor kao osnove stvarnosti. Sve promjene i pojave objašnjava kretanjem, sudarima i kombinacijama atoma u praznom prostoru. Dok su Leukip i Demokrit naglašavali determinističku prirodu atomskog kretanja, Epikur je uvođenjem otklona atoma unio element slučajnosti i slobode u atomizmu. Iako je Aristotel kritizirao atomiste zbog nedostatka teleologije, on je u svojim djelima, kao što je to *Meteorologija*, također pokazao ograničen, ali značajan interes za mehanicistička objašnjenja prirodnih fenomena. Ti rani mislioci postavili su temelje za kasnije rasprave o prirodi, uzročnosti i mehanizmu, koje su se dodatno razvile s Descartesom i pojavom novih mehanicista.

### 1.2. Novovjekovna moderna filozofija: Descartes

Osim tragova mehanicističkog razmišljanja pronađenih u djelima antičkih autora, Descartes je zaslužan za isticanje pojma »mehanicizam« i pružanje raznih mehanicističkih objašnjenja za prirodne pojave poput gravitacije, magnetizma, kucanja srca, cirkulacije krvi itd. (Roux 2017, 26). Robert Boyle (1627. – 1691.) smatra se prvim znanstvenikom koji je uveo pojam »mehanicistička filozofija«. Tijekom tog razdoblja u tijeku je i znanstvena revolucija prilikom koje su razni intelektualci promatrali prirodu kao svijet mehanizama, a znanost organizirali kao potragu za mehanizmima (Craver i Darden 2013, 3). Među tim znanstvenicima bili su, između ostalih, Galileo Galilei, Thomas Hobbes, Pierre Gassendi i René Descartes. Za potrebe ovog rada fokusirat ćemo se na Descartesa, filozofa kojeg često nazivaju »arhimehanicistom« (Roux 2017, 41).

<sup>8</sup> Više informacija o Aristotelovu pristupu vidi u: Popa (2017). S obzirom na to da je u fokusu rada pojam mehanizma, u ovom radu ne razmatram Aristotelov pristup i kritiku ranog atomizma.

Descartes je zamišljao svijet malih čestica koje se sudaraju jedna s drugom, predlažući razne modele mehanizama u svom djelu *Le Monde* kako bi objasnio karakteristike živog i neživog svijeta (Craver i Darden 2013, 4). Također, zamišljao je svijet, posebice ljudsko tijelo, kao složeni stroj. U svojim je djelima prirodne procese, poput probave ili kretanja očnih kapaka, objašnjavao koristeći se analogijom s dijelovima stroja. Descartes (1664, 99-100) tvrdi da je »tijelo samo kip ili stroj napravljen od Zemlje«. Zatim ilustrira tu mehanicističku perspektivu primjerom probave hrane u želucu, smatrajući je dijelom stroja, odnosno tijela. Prema Descartesu, proces probave odvija se »snagom određenih tekućina« koje putuju kroz njegove dijelove. Tekućina, brzo pumpana iz srca kroz arterije, stvara značajnu toplinu, što dovodi do razgradnje i zagrijavanja hrane. Sljedeći citat to prikazuje:

Prvo, hrana se u želucu ovoga »stroja« probavlja djelovanjem određenih tekućina koje, klizeći među njezinim dijelovima, razdvajaju ih, potresaju i zagrijavaju, baš kao što obična voda djeluje na živo vapno ili *aqua fortis* na metale. Nadalje, budući da se te tekućine vrlo brzo dovode iz srca kroz arterije, moraju biti vrlo vruće, kako ću objasniti u nastavku. Hrana je, usto, obično takve prirode da se može razgraditi i sama od sebe zagrijati, kao što se događa sa svježim pokošenim sijenom ako se zatvori u spremište prije nego što se osuši (Descartes 1664, 100; vlastiti prijevod).

Descartesov prikaz procesa probave blisko se podudara s karakterizacijom koju zagovaraju novi mehanicisti jer uključuje određene aktivnosti i entitete koji proizvode ishod. U ovom primjeru entitet je tekućina, a aktivnost uključuje odvajanje, protresanje i zagrijavanje dijelova hrane, što kulminira ishodom probave. Razmatranje sličnosti i razlika između ranih i novih mehanicista bit će predstavljeno u trećem poglavlju.

Descartes nudi dodatne primjere u kojima naglašava da ljudsko tijelo djeluje poput stroja, s jasno definiranim dijelovima odgovornim za različita ponašanja i ishode. U svojoj *Raspravi o čovjeku (L'Homme)* detaljno ilustrira mehanizme. Primjerice, ilustrira oko, prikazujući očne kapke, koje prema Descartesu pokreću dva mišića. Jedan mišić je namijenjen otvaranju gornjeg kapka, a drugi je odgovoran za otvaranje i zatvaranje obaju kapaka, što prikazuje sljedeći citat:

Ako pretpostavimo, primjerice, da se kapci pokreću pomoću dvaju mišića, od kojih jedan, T, ima jedinu svrhu otvoriti gornji kapak, dok drugi, V, služi naizmjenično za otvaranje i zatvaranje obaju kapaka, tada se lako može uočiti da ti mišići primaju duhove kroz dvije cijevi, poput pR i qS. Jedna od tih cijevi, pR, vodi prema oba mišića, dok druga, qS, vodi samo

prema jednom od njih. Grane R i S, iako su gotovo na isti način umetnute u mišić V, ipak u njemu proizvode dva posve suprotna učinka zbog različitog rasporeda svojih grana ili vlakana; i to je dovoljno da na isti način shvatite i ostale slučajeve (Descartes 1664, 114; vlastiti prijevod).<sup>9</sup>

Descartesova mehanicistička interpretacija ljudskog tijela podudara se s prevladavajućom karakterizacijom svijeta u 17. stoljeću, koja je često povlačila paralele između ljudi i strojeva koje je napravio čovjek. Međutim, kao što ćemo istaknuti u sljedećem poglavlju, biološki mehanizmi često se značajno razlikuju od strojeva. S jedne strane, strojevi su često planirani s namjerom, tj. s već postojećim i organiziranim dijelovima. Primjerice, mehanički sat, čiji je mehanizam kretanja opisan u uvodu, precizno je sastavljen stroj. S druge strane, biološki se mehanizmi razvijaju kroz proces prirodne selekcije, čiji se dijelovi mogu dinamično i kompleksno sintetizirati, prolaziti brzu razgradnju ili postati stabilni tijekom vremena. Za razliku od strojeva koji imaju izrađene dijelove i organizirane strukture s namjerom, biološki mehanizmi često pokazuju razine složenosti i zamršenosti koje su inherentne njihovu evolucijskom razvoju (Craver i Darden 2013).

Rani mehanicisti anticipirali su utjecaj mehanicističkih perspektiva u znanstvenim disciplinama. U odnosu na aspekt 1), tj. na eksplanatorni cilj, i atomisti i Descartes imali su na umu opisivati i objasniti cjelokupan svijet, od neživih do živih fenomena. Kod Descartesa je posebno prisutna analogija živog svijeta, tj. organizma, s neživim, odnosno strojem. S obzirom na aspekt 2), tj. ontološke pretpostavke, i atomisti i Descartes smatrali su kako se svijet sastoji od čestica. Posebno su kod atomista naglašeni atomi i prazan prostor kao nužne komponente ontologije. U nastavku će se fokus prebaciti na pojam mehanizma u suvremenom kontekstu, posebno unutar filozofije biologije.

## 2. Pojam mehanizma kod novih mehanicista

Krajem 20. i početkom 21. stoljeća mehanizmi se ponovno pojavljuju u filozofskoj literaturi, no ovaj put s nešto drukčijim predznakom. Motivacija za povratak korištenja pojma mehanizma kod novih mehanicista dolazi iz biološke

<sup>9</sup> Važno je naglasiti da se u ovom citatu pojam »duhovi« odnosi na tehnički termin u Descartesovoj filozofiji: *spiritus animalis*. *Spiritus animalis* odgovoran je za pokretanje tjelesnih tekućina, o čemu svjedoči sljedeći citat: »Što se tiče onih dijelova krvi koji prodiru sve do mozga, oni ne služe samo za njegovo hranjenje i održavanje njegove tvari, nego ponajprije za stvaranje ondje izvjesnog vrlo finog daha, ili, bolje rečeno, vrlo živog i vrlo čistog plamena, koji se naziva *spiritus animalis*« (Descartes 1664, 104-105; vlastiti prijevod). Detaljnu raspravu o pojmu *spiritus animalis* vidi u: Nolan (2016).

prakse, tj. biolozi vrlo često u svojim znanstvenim radovima upotrebljavaju taj pojam. Primjerice, mehanizam sinteze proteina objašnjava produkciju proteina koji su odgovorni za fenotipska svojstva kao što su boja očiju ili oblik kose (Craver i Darden 2013). Mehanizam akcijskog potencijala objašnjava prijenos informacije između neurona, tj. živčanih stanica (Craver 2007).

Novi mehanicisti zastupaju tezu prema kojoj mehanizmi objašnjavaju sve biološke fenomene (Machamer, Darden i Craver 2000; Bechtel i Abrahamsen 2005; Glennan 2017).<sup>10</sup> Mehanizam se karakterizira kao uzročna struktura koja se sastoji od dijelova (entiteta) i interakcija (aktivnosti) koji su organizirani na specifičan način te proizvode određen fenomen (npr. mehanizam sinteze proteina).<sup>11</sup> Ako upotrijebimo terminologiju iz tradicionalne rasprave o objašnjenju, *explanans* označava dio objašnjenja kojim objašnjavamo *explanandum*, tj. ono što želimo objasniti.<sup>12</sup> Primjerice, ako želimo objasniti fenomen izgradnje proteina (*explanandum*), učinit ćemo to pomoću mehanizma sinteze proteina (*explanans*) koji se sastoji od dijelova (molekula DNK i RNK) i interakcija (transkripcija i translacija) koji proizvode proteine.

Mehanizme odlikuju sljedeće karakteristike koje se pojavljuju u literaturi: a) otkrivaju se heuristikama *dekompozicije* i *lokalizacije*, b) *hijerarhijski* su uređeni, tj. mehanizmi često sadrže nekoliko razina, c) sadrže *dualnu ontologiju*, tj. sastoje se od entiteta i aktivnosti i d) dijelovi mehanizma su specifično *organizirani*. Naravno, različiti autori ističu druge karakteristike (Craver i Darden 2013; Glennan 2017; Ross 2024), no za potrebe ovog rada fokusiramo se na rečene četiri kako bismo kroz karakteristike a) i b) zahvatili aspekt 1), tj. eksplanatorni cilj novih mehanicista, odnosno objašnjenje kompleksnog i dinamičnog živog svijeta, a kako bismo putem c) i d) zahvatili aspekt 2), odnosno ontološke

<sup>10</sup> U recentnoj raspravi o objašnjenju u biologiji pojavljuju se autori koji tvrde kako mehanizmi nisu jedine uzročno-eksplanatorne strukture u biologiji, no za potrebe ovog rada ne ulazim u tu raspravu (Ross 2021; Brzović, Balorda i Šustar 2021; Ross 2024).

<sup>11</sup> Postoje razne karakterizacije mehanizama, često sa sitnim terminološkim razlikama, no Illari i Williamson (2012) te Glennan (2017) ujedinjuju sve aspekte u tzv. konsenzualnu ili minimalnu karakterizaciju mehanizama te se vodim tom karakterizacijom kroz ovaj rad.

<sup>12</sup> Rasprava o važnosti objašnjenja započela je još s Aristotelom (Kim 1994). Suvremena rasprava o objašnjenju započinje s logičkim pozitivistima koji su zaslužni za pojmove *explanans* i *explanandum* (Hempel 1965). S obzirom na određene protuprimjere na Hempelove modele objašnjenja, pogotovo deduktivno-nomološki model (Bromberger 1966), u raspravi se pojavljuju drugi pristupi, među ostalima pristupi uzročnom objašnjenju (Salmon 1984; Woodward 2003). Novi mehanicisti upravo se koriste pojmom »mehanizma« u okviru uzročnih objašnjenja fenomena jer je mehanizam uzročna struktura. Za potrebe ovoga članka ne ulazim detaljnije u opću raspravu o objašnjenju jer je fokus na pojmu mehanizma.

pretpostavke, tj. dualnu ontologiju prisutnu u biološkim mehanizmima (entitete i aktivnosti).

a) Heuristike dekompozicije i lokalizacije

Mehanizmi se otkrivaju putem *dekompozicije* i *lokalizacije* (Bechtel i Richardson 2010). Novi mehanicisti smatraju kako su to heuristike kojim znanstvenici zahvaćaju mehanizme u prirodi, odnosno živi svijet (Craver i Darden 2013; Glennan 2017). Dekompozicija jest heuristika putem koje se određeni sustav<sup>13</sup> rastavlja na dijelove, dok je lokalizacija heuristika putem koje se određuje uloga dijelova mehanizama. Primjerice, za kretnju vozila potreban je motor. Kako bismo objasnili motor, potrebno je izvršiti dekompoziciju, tj. rastaviti ga na dijelove (npr. klipove). Potom je potrebno lokalizirati dijelove motora, tj. odrediti koje su uloge tih dijelova. Jednom kada rastavimo i lokaliziramo određeni sustav otkrili smo mehanizam. U biološkom kontekstu to znači rastavljanje biološkog fenomena, poput prijenosa signala između neurona, na njegove sastavne dijelove (npr. ione, neuronske membrane i receptore) i određivanje specifične uloge svakog dijela mehanizma (Craver 2007).

Dekompozicija i lokalizacija ključne su heuristike otkrivanja mehanizama, posebno onda kada se uoči djelovanje nekog sustava. Primjerice, prilikom analize kardiovaskularnog sustava u ljudskom tijelu koji prenosi krv organizmom dekompozicijom utvrđujemo kako se taj sustav sastoji od organa srca. Lokalizacijom utvrđujemo da srce ima ulogu pumpanja krvi u sustav (Bechtel i Richardson 2010).

Nakon što primijenimo heuristike dekompozicije i lokalizacije na određeni sustav, znamo koje dijelove mehanizam sadrži te uloge koje ti dijelovi imaju. Drugim riječima poznajemo mehanizam za određeni fenomen. Kada jednom »vladamo« mehanizmom, onda ga možemo kontrolirati te manipulirati njegovim dijelovima, tj. uzročnim procesima u mehanizmu (Woodward 2003; Balorda 2024). Jednom kada smo otkrili srce kao ključni element u kardiovaskularnom sustavu, u poziciji smo kontrolirati sam mehanizam. Kontrola i manipulacija ključni su u svrhu liječenja određenog sustava, poput, u ovom slučaju, liječenja bolesti kardiovaskularnog sustava. Dekompozicija i lokaliza-

<sup>13</sup> U raspravi o mehanizmima kod novih mehanicista termin sustava, a ne mehanizma, koristi se prije nego što se nad određenim sustavom izvrši dekompozicija i lokalizacija. Tek nakon tih heuristika zahvaćamo mehanizam. U tom smislu, »sustav« se koristi kao termin koji označava općenitiju kategoriju objekta nego mehanizam. Mehanizam je specifična struktura s određenim karakteristikama koje su navedene u ovome poglavlju. Više informacija o korištenju termina »sustav« vidi u: Glennan 2017.

cija pružaju nam ključan, prvi korak u pronalasku mehanizama koje kasnije možemo kontrolirati i tako utjecati na organizme i živi svijet.

## b) Hijerarhija

Kako bi se određeni fenomen objasnio (*explanandum*), potrebno je otkriti njegov mehanizam (*explanans*). No, taj mehanizam ima svoje dijelove i interakcije koje dalje možemo objasniti pomoću novih mehanizama. U tom smislu, mehanizmi su konstitutivne prirode, hijerarhijski uređeni te su oblik redukcionističkog objašnjenja (Rosenberg 2020). Naprimjer, mehanizam sinteze proteina može se objasniti na razini DNK i RNK molekula te transkripcije i translacije. Međutim, sam mehanizam transkripcije može se dalje objasniti na razini molekularnih interakcija. Ta hijerarhijska struktura omogućuje razumijevanje kompleksnih bioloških fenomena na različitim razinama, odnosno dio nekog mehanizma objašnjen je »nižim« mehanizmom.<sup>14</sup> Ta hijerarhijska osnova uključuje potrebu za mnoštvom detalja prilikom razmatranja mehanizama jer objašnjenje putem mehanizama može uključivati više razina (Glennan 2017).

Hijerarhijska i konstitutivna karakteristika mehanizama odražava se u prikazivanju mehanizama, tj. modeliranju. Naime, mehanizmi se mogu prikazati apstraktno (Levy i Bechtel 2013), no najčešće se prikazuju, kako je navedeno, detaljno, s obzirom na to da se pojedini dijelovi mehanizama mogu dalje objasniti novim mehanizmima (Craver i Darden 2013). Ta karakteristika upućuje na moć koju mehanizmi kao eksplanatorna struktura imaju; prikazuju kompleksnost i dinamičnost živog svijeta, tj. mnoštvo eksplanatornih razina koje primjećujemo u živom svijetu.

## c) Dualna ontologija: entiteti i aktivnosti

Entiteti i aktivnosti nužne su sastavnice mehanizama. Prema mišljenju novih mehanicista ne postoji entitet bez aktivnosti i obrnuto (Machamer, Darden i Craver 2000; Glennan 2017). Primjerice, entiteti u mehanizmu sinteze proteina su DNK i RNK molekule, dok su aktivnosti procesi koje ti entiteti izvode, npr. transkripcija i translacija.

<sup>14</sup> Česta kritika upućena novim mehanicistima i karakteristikama hijerarhije jest mogućnost *ad infinitum* uvođenja mehanizama. Na tu kritiku novi mehanicisti često odgovaraju putem pragmatičnog rješenja, tj. zaustavljamo se u nizu mehanizama s obzirom na kontekst u kojem nam je određeno objašnjenje dovoljno za *explanandum*. Za potrebe ovog članka ne ulazim u taj prigovor i njegovo rješenje jer nadilazi cilj članka. Više informacija vidi u: Craver 2007; Craver i Darden 2013; Glennan 2017.

Dualnom ontologijom novi mehanicisti spajaju objekte i procese;<sup>15</sup> objekt i proces nužne su komponente mehanizma. Kada promatramo određeni objekt, on nešto »radi«. Primjerice, DNK molekula se transkribira u RNK molekulu. S jedne strane, entitet ne postoji bez određene aktivnosti koju provodi, a s druge strane, aktivnost provodi određeni entitet, tj. objekt je potreban da bi se određena aktivnost izvršila (Glennan 2017).

#### d) Organizacija

Mehanizmi su specifično organizirani, odnosno točno se zna koji su dijelovi na kojem mjestu te koje se interakcije među tim dijelovima odvijaju. Dijelovi mehanizama nisu slučajno sastavljeni, već kako bi mehanizam proizvodio određeni fenomen, njegovi entiteti i aktivnosti moraju biti specifično određeni. Ta organizacija uključuje prostorne, vremenske i uzročne odnose među dijelovima mehanizma. Naprimjer, motor mora imati specifično raspoređene dijelove kako bi radio. U biološkom kontekstu, primjerice, enzimi, odnosno katalizatori biokemijskih procesa, smješteni su na specifičnim mjestima u mehanizmima kako bi ubrzavali reakcije. Bez specifične organizacije entiteta i aktivnosti u mehanizmu nema ni fenomena (Craver i Darden 2013).

#### 2.1. Eksplanatorni cilj i ontološka pretpostavka kod novih mehanicista

Gore navedene karakteristike a) i b) korespondiraju s prvim aspektom, odnosno eksplanatornom cilju mehanizama kod novih mehanicista. Heuristika dekompozicije i lokalizacije zahvaćamo, odnosno otkrivamo mehanizme u prirodi. Oni su često u hijerarhijskom odnosu, što ukazuje na kompleksnost i dinamičnost živog svijeta. Kako bismo živi svijet objašnjavali, potrebno ga je analizirati, tj. pronaći njegove sastavne dijelove i utvrditi uloge tih dijelova. Nadalje, otkriveni mehanizmi pak imaju svoje »niže« razine mehanizama koji su odgovorni za »više« mehanizme.

Karakteristike c) i d) odnose se na drugi aspekt, tj. na ontološke pretpostavke mehanizama kod novih mehanicista. Drugim riječima, mehanizmi se sastoje od entiteta i aktivnosti koji su nužne sastavnice mehanizama. Uz njih, nužna je i njihova specifična organizacija kako bi došlo do proizvodnje odre-

<sup>15</sup> »Objekt« i »proces« koriste se kao termini kako bi se zaobišlo ponovno korištenje termina »entitet« i »aktivnost«. Entitet je u raspravi o mehanizmima vrlo jasno određen, tj. odnosi se primjerice na molekule koje izvršavaju određene aktivnosti u sustavima. Terminima »objekt« i »proces« želi se ukazati na opću kategoriju unutar šire rasprave u ontologiji u koju, za potrebe ovog članka, neću ulaziti (Glennan 2017).

đenog fenomena. Dakle, kako bi se određeni protein proizveo, potrebni su entiteti, poput molekula DNK i RNK i aktivnosti, poput transkripcije i translacije, koji su specifično prostorno i vremensko organizirani te su u uzročnom odnosu.

### 3. Usporedba pojma »mehanizam« kod ranih i novih mehanicista

#### 3.1. (1) Razlika u eksplanatornim ciljevima

Pojmom *mehanizma* rani mehanicisti imaju namjeru objasniti svijet. Atomisti i Descartes promatraju svijet iz perspektive sićušnih čestica koje su međusobno u interakciji koja utječe na cjelokupan poredak prirode. Drugim riječima, objašnjenje prirodnih pojava svedeno je na interakcije između čestica. Samim time, njihov eksplanatorni cilj vrlo je širok, tj. uključuje cijeli niz fenomena koji objašnjavaju i živi i neživi svijet. Primjerice, rani mehanicistički pristup objašnjava pojave od kretanja zvijezda do osjetilnih kvaliteta.

S druge strane, novi mehanicisti imaju nešto skromniji eksplanatorni cilj kada se koriste pojmom mehanizma. Njihov cilj je objasniti živi svijet,<sup>16</sup> tj. fenomene poput proizvodnje proteina ili prirodne selekcije.<sup>17</sup> Novi mehanicisti koriste se mehanizmima za specifične svrhe s ciljem objašnjenja kompleksnosti i dinamičnosti fenomena živog svijeta, posebice zbog mogućnosti manipulacije i kontrole ishoda mehanizama, što je najočitiye npr. u medicini. U tom kontekstu mehanizmi imaju jasne karakteristike od a) do d) koje ne nalazimo u radovima ranih mehanicista.

Novi mehanicisti naglašavaju složenost biološkog svijeta, posebice zbog činjenice da razni dijelovi mehanizama imaju i »niže« mehanizme. Takva priroda živog svijeta zahvaćena je heuristikama dekompozicije i lokalizacije koje novi mehanicisti razmatraju. Analiza živog svijeta pomoću tih heuristika omogućuje poznavanje i »ovladavanje« mehanizmima. Samim time, poznavanje mehanizama dovodi do mogućnosti kontrole i manipulacije uzročnih procesa unutar mehanizama, što se posebice iskorištava u medicini u svrhu liječenja bolesti. Upravo je ta biološka praksa bila snažna motivacija novim mehanicistima da razmatraju biološke sustave te vrate pojam mehanizma u

<sup>16</sup> Illari i Williamson (2012) proširuju upotrebu mehanizama i na objašnjenja neživog svijeta, no većina novih mehanicista ipak razmatra njihovu ulogu isključivo u kontekstu biologije (Craver 2007; Craver i Darden 2013).

<sup>17</sup> Raspravu o prirodnoj selekciji kao mehanizmu vidi u: Skipper and Millstein (2005) i Balorda i Šustar (2025).

rasprave u filozofiji znanosti, no sada s nešto izmijenjenim predznakom nego što je to slučaj kod ranih mehanicista.

Rani mehanicisti, posebno Descartes, često uspoređuju živi svijet sa strojevima. Primjerice, Descartes uspoređuje dijelove ljudskog tijela sa strojem u svrhu fizioloških objašnjenja. Unatoč tomu što se *prima facie* može činiti kako i novi mehanicisti povlače takvu paralelu (Glennan 2017), oni se ipak jasno odmiču od zastupanja isključivo te analogije, a posebno s obzirom na biološku praksu (Nicholson 2013).

Craver i Darden (2013, 15) izričito navode kako se biološki mehanizmi često značajno razlikuju od strojeva. Strojevi su ljudski artefakti sastavljeni od unaprijed postojećih, organiziranih i međusobno usklađenih dijelova, primjerice mehanički sat ili motor s unutarnjim izgaranjem. Biološki mehanizmi, naprotiv, »nastali su u procesu međusobnih ograničenja kroz evoluciju prirodnom selekcijom i kroz razvoj« (Craver i Darden 2013, 15). Posljedično se biološki mehanizmi odlikuju znatnom složenošću, varijabilnošću i »neurednošću« negoli strojevi.

Kod ranih mehanicista analogija tijela ili prirode sa strojem snažna je i sustavna, no kod novih mehanicista naglašena je razlika između njih. Razlika je posebno vidljiva zbog drukčijeg razumijevanja živog svijeta. Novi mehanicisti su svjesniji varijabilnosti i kompleksnosti bioloških fenomena pa samim time mijenjaju pojam mehanizma kako bi ga prilagodili sadašnjem shvaćanju živog svijeta.

U konačnici, razlike u eksplanatornim ciljevima između ranih i novih mehanicista proizlaze ponajprije iz razlike u opsegu njihovih objašnjenja. Rani mehanicisti teže objašnjenju sveobuhvatne slike svijeta – objašnjenje živih i neživih fenomena. Novi mehanicisti, naprotiv, usmjeravaju se na specifične fenomene živog svijeta i razvijaju eksplanatorne modele s užim dosezima koje su usklađene s empirijskim praksama suvremene znanosti. U tom smislu, nove mehaniciste možemo promatrati kao eksplanatorno »skromnije« jer teže detaljnom razumijevanju i objašnjenju konkretnih bioloških fenomena.

### 3.2. (2) *Razlika u ontologiji*

Kod ranih mehanicista ontološka slika mehanizama u velikoj se mjeri temelji na ideji da postoje fundamentalne, nepromjenjive čestice (atomi) i prazan prostor u kojem se one gibaju i međusobno sudaraju. Atomisti pretpostavljaju da su sve pojave, bez obzira na njihovu razinu složenosti, u konačnici reducirane na kombinacije i kretanja tih osnovnih čestica. Ontologija je stoga reducirana

u smislu da postoji skup osnovnih čestica te da se sve promjene i uzroci objašnjavaju njihovim interakcijama. Kod Descartesa, iako se ne govori o atomima u istom smislu kao kod atomista, temeljna pretpostavka ostaje slična: materijalni svijet sastoji se od dijelova čija se kretanja i sudari mogu opisati analogno funkcioniranju stroja.

S druge strane, novi mehanicisti polaze od dualne ontologije prema kojoj su mehanizmi sastavljeni od entiteta (npr. molekule, stanice) i aktivnosti (npr. transkripcija, fosforilacija), pri čemu nijedna od tih komponenti nema primat nad drugom. Entiteti nisu pasivni nositelji svojstava, nego su karakterizirani svojim aktivnostima, a aktivnosti, pak, ne postoje u odsutnosti entiteta koji ih izvode. Usto je ontologija novih mehanicista bogatija jer naglašava organizaciju, tj. prostornu, vremensku i uzročnu uređenost, te hijerarhijsku prirodu mehanizama, gdje se mehanizam na »višoj« razini sastoji od komponenti koje su same mehanizmi »nižih« razina.

Ontološka perspektiva novih mehanicista odražava složenost bioloških sustava; organizacija i hijerarhija nisu naknadno dodane strukture, nego su obilježja živog svijeta koja su oblikovana evolucijskim i biološkim procesima. Za razliku od reduktivnog atomističkog modela, novi mehanicisti zastupaju višerazinsku ontološku raznolikost, od molekularnih sve do ekoloških mehanizama. Drugim riječima, ontologija novih mehanicista sadrži, uz osnovne komponente kao što su entiteti i aktivnosti, i obrasce interakcija te organizacijske principe koji su ključni za objašnjenje fenomena u živom svijetu.

Važno je istaknuti kako ta razlika u ontološkim pretpostavkama izravno utječe i na eksplanatorni pristup: dok rani mehanicisti traže objašnjenja u terminima jednostavnih i univerzalnih mehanicističkih interakcija, novi mehanicisti polaze od složenih, višerazinskih i kontekstualno ovisnih struktura koje se ne mogu adekvatno opisati bez uvažavanja njihove organizacije i dinamike. Time novi mehanicisti usložnjavaju ontološku sliku mehanizama te, posljedično tomu karakteriziraju mehanizme na različit način od ranih mehanicista.

Sljedeća tablica sumira razlike u aspektima 1) i 2) između ranih i novih mehanicista:

aspekt	rani mehanicisti	novi mehanicisti
eksplanatorni cilj	objašnjenje cjelokupnog poretka prirode; analogija živog svijeta sa strojevima	specifična objašnjenja bioloških fenomena; otkriće mehanizama heuristikama dekompozicije i lokalizacije
ontologija	atomi i prazan prostor; dijelovi stroja	dualna ontologija: entiteti i aktivnosti u organiziranim strukturama

U konačnici usporedba pokazuje da pojam mehanizma kod ranih i novih mehanicista dijeli određene temeljne značajke, poput shvaćanja prirodnih pojava kao posljedice interakcije sustava sastavljenih od međusobno povezanih dijelova. Ipak, razlike u 1) eksplanatornim ciljevima i 2) ontološkim pretpostavkama jasno ukazuju na to da se radi o dvjema različitim tradicijama. Rani mehanicisti polaze od slike svijeta u kojoj se svi fenomeni svode na kretanje i interakciju atoma u praznom prostoru s naglaskom na univerzalno objašnjenje cjelokupnog poretka prirode. S druge strane, novi mehanicisti polaze od složenije dualno strukturirane ontologije koja uključuje entitete i aktivnosti, organizaciju i hijerarhiju, a pojam mehanizma primjenjuju na biološka objašnjenja. Ta razlika odražava se i u praksi: dok rani mehanicisti nude opću filozofsku shemu svijeta, novi mehanicisti razvijaju načine za otkriće, kontrolu i manipulaciju mehanizmima u svrhu znanstvenih istraživanja.

## Zaključak

U ovom radu razmatrali smo pojam mehanizma u dvama povijesno i konceptualno različitim okvirima: kod ranih mehanicista, s posebnim naglaskom na antičke atomiste i Descartesa, te kod novih mehanicista u suvremenoj filozofiji znanosti. U prvom dijelu rada izložili smo temeljne značajke ranog mehanizma utemeljenog na ontološkoj slici svijeta koja uključuje atome i prazan prostor. Eksplanatorni cilj ranih mehanicista bio je objasniti cjelokupan poredak prirode pomoću interakcija osnovnih čestica ili dijelova stroja. U drugom dijelu prikazali smo osnovne značajke novih mehanicista, koji pojam mehanizma primjenjuju na specifična biološka objašnjenja, posebno naglašavajući složenost, hijerarhiju te organizaciju entiteta i aktivnosti unutar živog svijeta.

U trećem dijelu rada usporedbom smo pokazali kako, unatoč kontinuitetu u korištenju istog pojma, rani i novi mehanicisti polaze od 1) različitih eksplanatornih ciljeva i 2) različitih ontoloških pretpostavki. Kod ranih mehanicista mehanizam je oblikovan prema stroju i zamišljen kao univerzalna shema objašnjenja, dok novi mehanicisti razvijaju pojam mehanizma prilagođen empirijskim spoznajama i znanstvenoj praksi, posebno u biologiji.

Unatoč tomu što se pojam mehanizma u filozofskim raspravama znatno promijenio, posebno zbog prilagodbe različitim eksplanatornim ciljevima i ontološkim uvjerenjima, mehanizam ostaje jedno od središnjih analitičkih oruđa u objašnjenju prirodnih pojava.

## Popis literature

- Audi, Robert (ur.). <sup>2</sup>1999. *The Cambridge Dictionary of Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Balorda, Vito. 2024. *The Causal Explanation in Molecular Biology*. Doktorski rad. Rijeka: Sveučilište u Rijeci.
- Balorda, Vito i Predrag Šustar. 2025. Natural Selection: A Mechanism, a Pathway, or a Little Bit of Both? *Journal for General Philosophy of Science*. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s10838-024-09711-7>.
- Bechtel, William i Adele Abrahamsen 2005. Explanation: A Mechanistic Alternative. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36/2: 421-441.
- Bechtel, William i Linus Ta-Lun Huang. 2022. *Philosophy of Neuroscience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bechtel, William i Robert C. Richardson. 2010. *Discovering Complexity: Decomposition and Localization as Strategies in Scientific Research*. MIT Press.
- Berryman, Sylvia, 2023. Democritus, U: Edward N. Zalta i Uri Nodelman (ur.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (proljeće 2023.). Dostupno na: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2023/entries/democritus/>.
- Berryman, Sylvia. 2022. Ancient Atomism. U: Edward N. Zalta i Uri Nodelman (ur.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (jesen 2022.). Dostupno na: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/atomism-ancient/>.
- Berryman, Sylvia. 2009. *The Mechanical Hypothesis in Ancient Greek Natural Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Blackburn, Simon. <sup>2</sup>2016. *The Oxford Dictionary of Philosophy*. Oxford: Oxford University Press.
- Bošnjak, Branko. <sup>3</sup>1982a. *Grčka filozofija*. Zagreb: Nakladni zavod Matice hrvatske.
- Bošnjak, Branko. <sup>3</sup>1982b. *Od Aristotela do renesanse*. Zagreb: Nakladni zavod Matice hrvatske.
- Bromberger, Sylvain. 1966. Why Questions. U: Robert G. Colodny (ur.), *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Brzović, Zdenka, Vito Balorda i Predrag Šustar. 2021. Explanatory Hierarchy of Causal Structures in Molecular Biology. *European Journal for Philosophy of Science* 11/2: 1-21. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00380-7>.
- Cartledge, Paul. 1998. *Democritus*. London: Routledge.
- Craver, Carl. F. 2007. *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Craver, Carl. F. i Lindley Darden. 2013. *In Search of Mechanisms: Discoveries across the Life Sciences*. Chicago: University of Chicago Press.
- Deaton, Angus. 2010. Understanding the Mechanisms of Economic Development. *Journal of Economic Perspectives* 24/3: 3-16.
- Descartes, René. 1664. *Le Monde*. U: Stephen Gaukroger (ur.). 1998. *The World and Other Writings*. New York: Cambridge University Press.
- Diogen Laertije. 1973. *Životi i mišljenja istaknutih filozofa*. Uredio: Vuko Pavićević. Preveo: Albin Vilhar. Beograd: BIGZ.

- Glennan, Stuart. 2017. *The New Mechanical Philosophy*. Oxford: Oxford University Press.
- Hempel, Carl. G. 1965. *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. New York: Free Press.
- Illari, Phyllis, i Jon Williamson. 2012. What Is a Mechanism? Thinking about Mechanisms across the Sciences. *European Journal for Philosophy of Science* 2/1: 119-135.
- Kim, Jaegwon. 1994. Explanatory Knowledge and Metaphysical Dependence. *Philosophical Issues* 5: 51-69.
- Konstan, David. 2014. Epicurus on the Void. U: Graziano Ranocchia, Christoph Helmig i Christoph Horn (ur.), *Space in Hellenistic Philosophy*, Berlin: De Gruyter.
- Levy, Arnon. 2025. *Explanation and Understanding*. London: Routledge.
- Levy, Arnon i William Bechtel. 2013. Abstraction and the Organization of Mechanisms. *Philosophy of Science* 80/2: 241-261.
- Lewis, David. 1986. Causal Explanation. U: David Lewis (ur.), *Philosophical Papers Vol. II*, Oxford University Press, 214-240.
- Machamer, Peter, Lindley Darden, i Carl F. Craver. 2000. Thinking about Mechanisms. *Philosophy of Science* 67/1: 1-25.
- Meli, Bertoloni Domenico. 2019. *Mechanism: A Visual, Lexical, and Conceptual History*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Nicholson, Daniel. 2012. The Concept of Mechanism in Biology. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43/1: 152-163.
- Nicholson, Daniel. 2013. Organisms ≠ Machines. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 44/4: 669-678.
- Nolan, Lawrence (ur.). 2016. *The Cambridge Descartes Lexicon*. New York: Cambridge University Press.
- Popa, Tiberiu. 2017. Mechanisms. U: Stuart Glennan i Phyllis Illari (ur.), *The Routledge Handbook of Mechanisms and Mechanical Philosophy*. London: Routledge.
- Ross, Lauren. 2024. *Explanation in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ross, Lauren. 2021. Causal Concepts in Biology: How Pathways Differ from Mechanisms and Why It Matters. *The British Journal for the Philosophy of Science* 72/1: 131-158. Dostupno na: <https://doi.org/10.1093/bjps/axy078>.
- Rosenberg, Alexander. 2020. *Reduction and Mechanism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roux, Sophie. 2017. From the Mechanical Philosophy to Early Modern Mechanisms. U: Stuart Glennan i Phyllis Illari (ur.), *The Routledge Handbook of Mechanisms and Mechanical Philosophy*. London: Routledge.
- Salmon, Wesley. 1984. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton: Princeton University Press.
- Skipper, Robert i Roberta Millstein. 2005. Thinking about Evolutionary Mechanisms: Natural Selection. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36/2: 327-347.
- Tilly, Charles. 2001. Mechanisms in Political Processes. *Annual Review of Political Science* 4: 21-41.
- Verde, Francesco. 2020. Atoms and Minimal 'Parts': The Originality of Epicurean Atomism. U: Ugo Zilioli (ur.), *Atomism in Philosophy*. London: Bloomsbury Academic.

Woodward, James. 2003. *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. Oxford: Oxford University Press.

Xu, Gang, Pui H. Ko i Ruxu Du. 2011. A Study on the Precision of Mechanical Watch Movement with Tourbillon. *Vibration* 330/16: 4019-4028.