

## René Descartes fizikája: összefoglalás és értékelés

### René Descartes' Physics: Summary and Evaluation

Dr. Kutrovácz Gábor PhD

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, GTK

[kutrov@filozofia.bme.hu](mailto:kutrov@filozofia.bme.hu)

*Initially submitted Sept 15, 2020; accepted for publication Sept.28, 2020*

#### Abstract

This study concerns Descartes' views on the material world, based especially on two of his works, the *Traité de la Lumière* (a.k.a. *Le Monde*), and the *Principia Philosophiæ*. We present an overview of his vortex theory of matter, his laws and concept of motion, his rationalism in science, and his cosmology. We address and assess some popular interpretations and criticisms offered by the secondary literature. Instead of narrowing down the scope on any particular issue, the main goal of this study is to outline briefly an important aspect of Descartes' work, which to our best knowledge has not been systematically summarized so far in the Hungarian secondary literature.

**Kulcsszavak:** Descartes, fizikatörténet, örvényelmélet, tudományos forradalom

**Keywords:** Descartes, history of physics, vortex theory, scientific revolution

#### Descartes, a tudós

Bár René Descartes neve jelen van a mai tudományos köztudatban, talán nem túlzás állítani, hogy a róla élő kép összességében aligha kedvező. Egyfelől a modern megismeréstudomány egyik fő ellenségét találta meg Descartes nézeteiben, mind az ún. szubsztancia-dualizmusban, vagyis az anyagi és szellemi létezés határozott szétválasztásában, melyet leginkább az ő nevével szokás fémjelezni (lásd pl. Damasio, 1994), mind pedig az örökkévaló lélek híján létező organizmusokra (főleg állatokra) vonatkozó mechanisztikus, azaz gépies szemléletében (pl. Rollin, 2011). Másfelől az is mérsékelten közismert, hogy Isaac Newton a modern fizika legfontosabb alapművében, a *Principia mathematica* oldalain elsősorban Descartes fizikai elméletével hadakozva fejt ki nézeteit, amely ezáltal a természettudomány kezdetleges és elbukott előképének színében tűnik fel. Ez utóbbihoz kapcsolható a szerző hírhedt örvényelmélete is, amely az égitestek mozgásainak primitív, ám egy ideig népszerű zsákutcájaként él a köztudatban. Mindezek után az sem különösebben meglepő, hogy a XVII. század eme központi gondolkodójának nevét oly kevés dolog őrzi a természettudományok szimbolikus emlékezetében – az egyetlen számottevő kivétel a Snellius-Descartes féle fénytörési törvény.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A matematikában ennél sokkal jobb a helyzet, hiszen gondoljunk csak a Descartes-féle koordinátarendszerre, a halmazelméletben értelmezett Descartes-szorozatra, a Descartes-Euler-féle poliéder sejtésre, az érintő körökre vonatkozó Descartes-tételre, a Descartes-féle levélnek nevezett görbére stb. Az alábbiakban sem Descartes matematikai örökségével, sem a matematika történetében betöltött szerepével nem foglalkozunk.

Ha azonban a filozófiatörténet felől közelítünk, Descartes minden idők egyik legnagyobb hatású gondolkodójaként tűnik fel, aki – a filozófia ismeretelméleti fordulatainak központi alakjaként – talán a legbefolyásosabb az újkori bölcséleti hagyomány megteremtői közül. A *cogito, ergo sum* tézise az általános műveltség részét képezi, a hozzá elvezető módszertani szkepticizmussal, valamint a világos és elkülönült képzetekre irányuló elvével együtt. A közkeletű Descartes-felfogás tehát úgy foglalható össze, hogy egy sikeres filozófussal, ám elfuserált természettudóssal állunk szemben, akinek termékeny filozófiai nézeteit ügyetlenebb tudományos szárnypróbálgatások kísérték.<sup>2</sup> Mindez még szerencsétlenebb fényben tűnik fel azáltal, hogy Descartes műveit – pl. a legnépszerűbbet, az *Értekezés a módszerről*-t (1637; AT VI: 1-78)<sup>3</sup> – olvasva és felépítésüket követve a megismerés egy olyan ambiciózus programja tárul az olvasó elé, amely a tisztán filozófiai és metafizikai fejtegetésekre mintegy szükséges alapvetésként tekint, melyek aztán lehetővé teszik a tudományos megismerés szigorú és csalhatatlan rendszerének kifejtését.

Ugyanakkor a fenti értékelés alapjául szolgáló kontraszt filozófia és természettudomány között anakronizmus. Descartes – kortársaival egyetemben – nem modern értelemben vett tudományt művelt, hanem természetfilozófiával foglalkozott, amely a filozófia rendszerének részét képezte. Ebből a szempontból az ún. Tudományos Forradalom időszakának egyik legfontosabb figurájaként tekinthető, aki részben módszertani, de főként konceptuális újításaival nagymértékben hozzájárult a modern tudomány akkor kialakulóban lévő elméletéhez és gyakorlatához.

Az alábbiakban ezt az örökséget igyekszünk összefoglalni, elsősorban a fizikára és a kozmológiára összpontosítva.<sup>4</sup> Főként két művére fogunk hagyatkozni: a korábbi a *Le Monde* (A világ: 1664; AT XI, 1-118), a későbbi a *Principia philosophiae* (A filozófia alapelvei: 1644; AT VIII).

### **A *Le Monde* természetképeinek alapelemei**

Miután Descartes (1596-1650) korábban főleg matematikával és optikával foglalkozott, már ami a tudományokat illeti,<sup>5</sup> az 1629 és 1633 közötti időszakban természetfilozófiai témák felé fordult. Tudományos műveltsége koránról ered: már serdülőként is alapos oktatásban részesült La Flèche jezsuita kollégiumában (1607-14),<sup>6</sup> majd érdeklődését feltűzelte Isaac Beeckman holland tudóssal kialakított

<sup>2</sup> Thomas Kuhn (1957: 242) avval foglalja össze Descartes tudományos munkásságát, hogy „gyerekesen könnyű” hibákat találni a tudományos szövegeiben, hiszen annak ellenére, hogy „víziója ihletett volt és iradatlanul nagyívú, ám a befektetett kritikai gondolkodás mennyisége bármely részlet tekintetében elenyészően kicsi” – szerencsére azonban az egész volt a fontos, nem pedig a részletek. Simonyi Károly népszerű műve vonatkozó passzusaiban (Simonyi, 1986: 204-213) időnként elmarasztaló megjegyzéseket is tesz – pl. terve „kivihetetlen, mert elszietett” (207); miközben „legnagyobb hibája a ráció túlhangsúlyozása a kísérletezés rovására” (208) –, de bemutatása jóval korrektebb hangvételű Kuhn idézett értékelésénél, és általános magyar nyelvű bevezetésként ajánlható Descartes tudományos munkásságához.

<sup>3</sup> Az elsődleges szövegeket többnyire az Adam és Tannery (1897-1913) összkiadásból fogjuk hivatkozni, „AT” rövidítéssel, valamint a kötetszám (római) és az oldalszám (arab) megnevezésével. Az összkiadás kötetei elérhetők online: [https://fr.wikisource.org/wiki/%C5%92uvres\\_de\\_Descartes/%C3%89dition\\_Adam\\_et\\_Tannery](https://fr.wikisource.org/wiki/%C5%92uvres_de_Descartes/%C3%89dition_Adam_et_Tannery).

<sup>4</sup> Tehát figyelmen kívül hagyjuk a (matematikai) optikai, anatómiai stb. nézeteit. Descartes természetfilozófiájáról számos mű olvasható, melyekből itt hármat szeretnénk kiemelni. Az első egy monográfia: Gaukroger (2002). A másik kettő hasznos tanulmánykötet: Gaukroger-Schuster-Sutton (2000), valamint Gaukroger (1980a).

<sup>5</sup> Az életrajzról lásd pl. Gaukroger (1995). Az alábbiakban tárgyalt *Le Monde* megírásával kapcsolatos fejezet a 226-292. oldalon olvasható. Magyarul hasznos forrás Boros (2010).

<sup>6</sup> Ahogy az *Értekezés a módszerről* 1. részében írja (AT VI, 4; magyar kiadás 169): „Gyermekkorom óta a tudományokra oktattak”, az intézményt pedig „Európa egyik leghíresebb iskolájá”-nak nevezi.

szellemi kapcsolata 1618-19-ben, aki rengeteg inspirációval és instrukcióval szolgált Descartes számára, elsősorban a mechanika és a matematika területén.<sup>7</sup> Az említett időszakban, amszterdami tartózkodásának első éveiben először egy *Traité de la Lumière* (Értekezés a fényről) címet viselő kéziratot dolgozott intenzíven, majd hozzálátott egy másik mű, a *Traité de l'Homme* (Értekezés az emberről) megírásához. E kettőt együtt szerette volna kiadni, amely kötet így első nagyobb megjelent művét alkotta volna,<sup>8</sup> ám 1633-ban, a kiadás előkészületei idején hirtelen letett erről a tervéről. Ekkor hirdetett ugyanis ítéletet a Római Szent Inkvizíció Galileo Galilei perében, amely bűnösnek találta az idős tudóst Copernicus elméletének hirdetésében. Miután Descartes is nagy vonalakban elfogadta ezt az elméletet, és beépítette a készülő mű filozófiai rendszerébe, jobbnak látta, ha visszalép a publikálástól. A két tanulmány csak halála után, az 1660-as években jelent meg először (külön-külön). Bár a „*Le Monde*” cím a szerző eredeti tervei szerint a két tanulmányra együttesen utalt volna, a mai szakirodalom többnyire az elsőre szokott hivatkozni vele, és mi itt követjük ezt a szokást.<sup>9</sup>

A *Le Monde* alapkonceptiója abban a törekvésben foglalható össze, hogy teljesen mechanikus magyarázatot kíván nyújtani minden természeti jelenségre. Az anyagot tehetetlennek tekinti, melynek kölcsönhatásait a természet törvényei kormányozzák, olyan módon, hogy a makroszkopikus, vagyis emberi és nagyobb léptékű jelenségeket a mikroszkopikus, láthatatlanul kicsi jelenségek szintjén végbemenő események határozzák meg. Ez utóbbi szinten az anyagi testek olyan tulajdonságok mentén lépnek oksági kapcsolatba egymással, melyek tisztán geometriai természetűek: csakis a kiterjedésük és a mozgásuk számít, és ebből minden jelenség levezethető.

Felmerül a kérdés, hogy eme általános természetfilozófiai koncepciót kifejtő tanulmány eredeti címe vajon miért egy jóval szűkebb témát emel ki azzal, hogy a fény természetének tárgyalását ígéri. A válaszhoz itt az *Értekezés a módszerről* 5. részét idézzük, melyben a szerző összefoglalja a kiadatlanul maradt mű tartalmát: „Azt terveztem, hogy belefoglalom mindazt, amit az anyagi dolgok természetéről tudni véltem, mielőtt megírtam volna azt a tanulmányt. De ahogyan a festők nem tudják sík felületen valamely szilárd test különböző oldalait egyformán jól ábrázolni, hanem egy fő oldalt választanak ki, és csak ezt az egyet helyezik világosságba, míg a többi árnyékban hagyják, és csak annyit tüntetnek fel belőlük, amennyit akkor látunk, ha azt a fő oldalt tekintjük: úgy én is, mivel attól tartottam, hogy nem fejthetem ki tanulmányomban minden gondolatomat, csupán azt akartam részletesebben tárgyalni, amit a fényről tudok; majd ehhez alkalmilag hozzá akartam csatolni valamit a napról és az állócsillagokról, mert a fény majdnem egészen ebből ered; az égboltozatról, mert át bocsátja a fényt; a bolygókról, az üstökösökről és a Földről, mert visszaverik a fényt; s különösen mindazokról a testekről, amelyek a Földön vannak, mert ezek vagy színesek, vagy átlátszóak, vagy világítók; végül pedig az emberről, mert ő a fény szemlélője.” (AT VI, 41-42; magyar kiadás 190-191) A fenti passzus azt sugallja, hogy a fényre nem pusztán az anyagi világ részeként vagy aspektusaként tekintett Descartes, hanem jóval alapvetőbb szerepet szánt neki a természet egészének mechanikai rendszerében. Ez egyfelől megmutatkozik abban, hogy a fény számos fizikai jelenség karteziánus

<sup>7</sup> Beeckman, akit a modern részecskefizika és atomfizika egyik vezéralakjaként tartanak számon, maga sosem publikált semmit, és elsősorban a Descartes-ra gyakorolt hatása miatt foglalkoznak vele. Kapcsolatukról lásd pl. Arthur (2007) vagy Berkel (2000).

<sup>8</sup> A munka egyes fázisaiban más szövegeket is tervezett belefoglalni, pl. olyanokat, amelyeket aztán az *Értekezés a módszerről* függelékeként kiadott művei (*La Dioptrique*, *Les Météores*) publikáltak 1637-ben.

<sup>9</sup> Annak ellenére, hogy standard kiadásuk a *Le Monde* fejezetcím alatt mindkettőt tartalmazza: AT XI, 1-202. A szokás háttérben talán az a törekvés áll, hogy Descartes írását könnyen meg lehessen különböztetni Christiaan Huygens azonos című, igen fontos könyvétől (1690).

magyarázatában jelentős funkcióval bír.<sup>10</sup> Ugyanakkor a fény szervesen összefügg az emberi érzékelés, és ezen keresztül a megismerés jelenségével is, amint arra az idézet vége utal. Így már a címválasztás is rámutat egy különbségre Descartes és a modern olvasó között: míg az utóbbi (beleértve a jelen tanulmányt is) gyakran Descartes „fizikáját” próbálja lehatárolni, vagyis az anyagi világ önmagában zárt birodalmának egységes magyarázatát, addig Descartes, az átfogó rendszer keresője nem választja le az erre vonatkozó ismereteket az emberre mint megismerő ágensre vonatkozó tudásról.

Ugyanakkor az értekezés első fejezete éppen amellel érvel, hogy képzeinknek vagy érzeteinknek nem szükséges hasonlítani az őket kiváltó okokra. Ezzel olyan magyarázatok lehetőségét alapozza meg, amelyek az anyagi világ láthatatlan aspektusaira utalják a közvetlen tapasztalat birodalmát. Amit John Locke (1690: 54-60) nyomán elsődleges és másodlagos tulajdonságokként különböztetünk meg,<sup>11</sup> az már Descartes és számos kortársa filozófiájában is körvonalazódott.<sup>12</sup> az anyagi testek valódi, sajátos tulajdonságai (nagyság, alak, mennyiség) állnak a háttérben azoknak a minőségeknek, amelyeket az érzékelés tulajdonít a jelenségeknek. Ezzel felvértezve nekilát a második fejezetben a fény, és különösen a hő magyarázatának, melyet az anyag apró részeinek heves mozgásaként értelmez. Ezt pedig a harmadik fejezetben úgy általánosítja, hogy felteszi: minden anyagi dolog láthatatlanul apró részekből épül fel, melyek szüntelen mozgásban vannak, hiszen semmi sem állandó. Ezen mozgások összessége változatlan és a Teremtés óta létezik, mert ugyan a mozgások átadódhatnak, átalakulhatnak egymásba, de nem keletkezhetnek a semmiből és nem szűnhetnek meg nyomtalanul.<sup>13</sup> Általános programja tehát abból indul ki, hogy minden jelenség az anyag mozgására vezethető vissza, és ez „a megfontolás lehetővé teszi, hogy magyarázatát adjuk a világban megjelenő minden változás okának és a földön látható minden változatosságnak” (AT XI, 12).

Ez alapján adódik, hogy a „szilárdság” és „folyékonyosság” pusztán annyit tesz, hogy míg az előbbi testek részecskéi<sup>14</sup> nyugalomban vannak egymáshoz képest, addig az utóbbiaké mozognak, így az előbbieken számottevő erőhatás kell a test alakjának megváltoztatásához (vagyis a részecskék relatív mozgásba hozásához), míg az utóbbiakban nem. E két módozat nem válik el élesen egymástól, hanem csupán az anyag lehetséges állapotainak szélsőségeit jelentik. A „legfolyékonyabb” a láng, amelynek belső mozgása olyan heves, hogy a vele érintkező tárgyakat is disszociálja,<sup>15</sup> majd következik a levegő, és végül a szilárd tárgyak – így Descartes egyetlen séma mentén újraértelmezi a tradicionális elemtant, amit aztán bővebben is kifejt az ötödik fejezetben. Ott az anyag három fajtáját különbözteti meg egymástól. Az első, melyet tűznek is nevezhetünk, a legkisebb és leggyorsabb részecskéket tartalmazza, a második, a levegő némileg

<sup>10</sup> Mint rögvést látni fogjuk, a fény nem más, mint az anyag (azaz részecskék) három fajtája közül az egyik, mely mindenütt jelen van és rendkívül agilis.

<sup>11</sup> II. könyv VIII. fejezet. Maga a terminológia feltehetőleg Robert Boyle-tól származik (1666: 41-43).

<sup>12</sup> A különbségtétel első fontosabb forrásaként Galilei *Il Saggiatore* c. művét (1623) szokták megjelölni, lásd Galilei (1896: 357-352). Descartes a *Principia* IV. részének 198. szakaszában tárgyalja a különbséget részletesebben: AT VIII, 321-323.

<sup>13</sup> Mint a XVII. századi természetfilozófia nagy része, az itt körvonalazódó mozgásfogalom is az arisztotelianus tanokkal való – helyenként implicit, másutt explicit – polémia alakul. Descartes itt például az Első Mozgató szükségét tagadja, azaz hogy a mozgások összességét aktívan fenn kellene tartani.

<sup>14</sup> Ezekről elegendő annyit tudnunk ezen a ponton, hogy határozatlanul sokan vannak és a szomszédosak érintkeznek egymással. Descartes tagadja az atomok, azaz oszthatatlanul kis részecskék létezését, így a részecskék (ahogy maga a tér) is tetszőlegesen továbboszthatók.

<sup>15</sup> A szétbontási képessége elsősorban nem is annyira a mozgások sebességében, hanem a mozgó részecskék nagyságában rejlik. Míg a levegő esetén a nagy részecskék lassúak (lásd lebegő porszemek), és csak az aprók gyorsak, addig a tűz esetén a nagyok is igen sebesekek, és így képesek lebontani a velük érintkező testeket. Mindeközben, ahogy rögvést látni fogjuk, összességében a tűz részecskéi a legkisebbek.

nagyobbakat és lassúbbakat, míg a harmadik, a föld a legnagyobbakat és leglomhábbakat (melyek szétválasztásához tehát a legnagyobb erő szükséges). A kozmoszban az első anyagot a Nap és a csillagok képviselik, a másodikat a köztük lévő a menny, míg a harmadikat a bolygók és az üstökösök. Az első a fény forrása, a második a közvetítő közege, a harmadik pedig a befogadója – ezzel visszakapcsolva az általános világleírást a fény természetének kérdéséhez.

Az elemtan újraértelmezése dacára Descartes egyetért a peripatetikus tanokkal abban, hogy nem engedi meg üres tér („vákuum”) létezését az anyag részei között, azaz úgy gondolja, hogy az anyag hézagmentesen kitölti a teret – ezt tárgyalja a negyedik fejezetben.<sup>16</sup> Ebből arra a központi jelentőségű belátására következett, hogy minden mozgás alapvetően körkörös, hiszen csak így képes minden elmozduló anyagrész pótlásra kerülni azonos mennyiségű, szintén mozgó anyagrészek által, üresség keletkezése nélkül. Ezt a tézist itt nem támasztja alá tüzetesen, hanem csak egy pár egyszerű megfigyelést hoz fel igazolásul, melyek – ahogy beismeri – nem bizonyítják minden kétségen túl azt a tézist, hogy nem létezik űr. Ezekben a passzusokban hangsúly inkább azon az állításon van, hogy létezniük kell megfigyelhetetlenül kis testeknek, hiszen csak így tudjuk megmagyarázni a jelenségek sokaságát, és így ezek a testek arra is alkalmasak, hogy maradéktalanul kitöltsék a teret.<sup>17</sup> A későbbi fejezetekben azonban jóval nagyobb szerepet kap a körkörös (értsd: önmagukba záródó) mozgásrendszerek elve, amely az ún. örvényelméletben fejeződik ki.

### A természet törvényei és a tisztán racionális megismerés

Az első öt, megalapozó jellegű fejezet után, ám mielőtt még hozzáfogna a tapasztalható jelenségek részletes magyarázatához, Descartes a 6. fejezetben egy sajátos taktikával keretezi a további kifejtést, amely a későbbi műveiben is visszaköszön:<sup>18</sup> a mű leírása nem a való világra vonatkozik, hanem egy olyan fiktív lehetséges világra, amelyet Isten egy, a descartes-i alapelveknek megfelelően viselkedő anyaggal töltene meg. Ha levezetjük az alapelvekből az anyag szükségszerű viselkedését, akkor azt látjuk, hogy az éppen azokat a jelenségeket eredményezi, amelyeket a való világban tapasztalhatunk. Az anyag viselkedését szabályozó elveket „természettörvényeknek” nevezi,<sup>19</sup> a fogalom használatának egyik legfontosabb úttörőjeként: ezek érvényesülése különbözteti meg a tökéletesen rendezett világot a káosztól.

Három híres mozgástörvényét a 7. fejezet ismerteti. Az első szerint az anyag részei ugyanabban az állapotban maradnak, mígnem más anyagrészekkel való ütközés ezen állapot megváltoztatására készítetni őket. Az „állapot”, amely jelenthet itt méretet, alakot, nyugalmat vagy mozgást, forradalmian új koncepció, különösen a mozgás tekintetében: míg a „mozgásállapot” fogalma a newtoniánus modern fizika alapvető eleme, addig az arisztotelaiánus paradigma szigorúan folyamatként tekintette a mozgást.<sup>20</sup> Ráadásul a mozgás és a nyugalom ugyanúgy állapotként tekintendő, melyek között nincs lényeges különbség – lásd ehhez majd

<sup>16</sup> Ez azt is maga után vonja, hogy a második és harmadik fajta anyagrészecskék között mindig kell lennie elsőeknek, amelyek betöltik a hézagokat. Ezt elsősorban nem a kis méretükkel érik el, hanem azzal a sajátosságukkal, hogy – szemben a másik két részecskefajtaival – nem rögzített az alakjuk, amely így mindig a rendelkezésre álló helyhez tud igazodni.

<sup>17</sup> A későbbi művekben Descartes azonosítja az anyagi szubsztanciát a térbeli kiterjedéssel, így metafizikai szükségszerűséggé válik, hogy a tér minden pontja anyagot tartalmazzon, lásd különösen a *Principia* II. részének 4-20. szakaszát (AT VIII, 42-52). Erre az álláspontra tömören utal a *Le Monde* 6. fejezetének végén is.

<sup>18</sup> Az *Értekezés a módszerről* 5. részében (AT VI, 42), illetve lásd még a *Principia* III. részének 44-47. szakaszait (AT VIII, 99-103).

<sup>19</sup> *Les lois de la Nature*, lásd AT XI, 34 *et passim*, különösen a 7. fejezetet lapszéli címét és első bekezdéseit (36-37), ahol a természettörvényeket az anyagi világ változásainak szabályaiként definiálja.

<sup>20</sup> Az arisztotelaiánus mozgásfelfogás elemei – mint pl. a mozgás definíciója (a potenciális aktuálissá változása), vagy a helyváltoztatástól eltérő mozgásformák – itt explicit kritika tárgyává válnak (AT XI, 39-40).



a mozgás karteziánus értelmezését a *Principiáiban*.<sup>21</sup> Végül igen lényeges az a kitétel, mely szerint a mozgásállapot megváltozása csakis külső hatásra történik: az anyag a maga belső kvalitásait tekintve tehetetlen.

A második törvény szerint egy anyagrész csak úgy veszíthet vagy nyerhet mozgást, ha ugyanannyi mozgást egy másik anyagrésznek érintkezés útján átad, illetve tőle elvesz. Ez a törvény képezi lokális alapját azoknak a korábbi megállapításoknak, melyek a Teremtés óta változatlan mértékben fennmaradó mozgásösszességre vonatkoztak, s egyúttal ez az egyik első megjelenési formája a későbbi fizikában oly fontossá váló megmaradási elveknek. Ugyanakkor a „mozgásmennyiség” fogalma nem kerül pontos meghatározásra, így ebben a formában a törvény sem matematikai formalizálást, sem mérési operacionalizálást nem tesz lehetővé.<sup>22</sup>

A harmadik törvény szerint az anyagrészek mozgása egyenes vonalban törekszik megvalósulni.<sup>23</sup> Míg a mai olvasó ezt készpénznek veszi, és hallgatólagosan összekapcsolja az első törvénnyel (melyek így együttesen megfelelnek Newton első törvényének), addig Descartes ezt független témának tekinti és némileg elkülönült módon tárgyalja.<sup>24</sup> Úgy véli, hogy az anyag tehetetlensége fogalmilag csupán a mozgás fennmaradását vonja maga után (külső hatás híján), de a mozgás irányára vonatkozóan önmagában nem ad támpontot. Galilei is kimondta már a tehetetlenség törvényének egy korábbi változatát, ám ő még – a kozmosz fő mozgásait szem előtt tartva – a szabályos körmozgást tartotta alapvetőnek.<sup>25</sup> Ráadásul Descartes felteszi, hogy a mozgás csakis körkörös rendszerekben valósulhat meg, ami nehezen összeegyeztethető az egyenesvonalúság geometriai intuíció által sugallt elsőrendűségével.<sup>26</sup>

<sup>21</sup> II/25-32, AT VIII, 53-58. Vesd össze még: III/25-29 (AT VIII, 89-92), ahol a kopernikanizmus problémája kapcsán tárgyalja a kérdéskört.

<sup>22</sup> A magyarázatokból úgy tűnik, hogy a mozgásmennyiséget a test nagysága és sebessége együttesen határozzák meg. Ugyanakkor a szakirodalom konszenzust mutat egyrészt abban, hogy a nagyságot nem „tömegként” kell érteni (amely fogalom még nem létezett), hanem talán inkább térfogatként (hiszen Descartes mechanikus filozófiájában csak ezzel jellemezhetünk egy testet, más tulajdonsága – a mozgáson kívül – nincs), másrészt pedig abban, hogy a sebességet csak nagysággal jellemezhetjük, nem pedig iránnyal. Lásd ehhez a következő törvényt.

<sup>23</sup> A törekvés itt csak képletes kifejezés, és nem vonja maga után, hogy az anyag aktív tulajdonsággal bírma (vagyis ne volna teljességgel tehetetlen). Ezt hangsúlyozza majd a 13. fejezet elején is (AT XI, 84).

<sup>24</sup> Korábban, a 2. fejezetben explicite ki is jelenti, hogy „ha figyelembe vesszük a mozgató hatást, valamint azt a hatást, amelyik eldönti, hogy a mozgás milyen irányba történjék, ezek teljességgel különböző dolgok, és egymás nélkül létezhetnek” (AT XI, 8-9). A *Principia* vonatkozó passzusában (II/39-40; AT VIII, 63-65) aztán már megszűnik e törvény sajátos státusza, olyannyira, hogy felcseréli az utolsó két törvény sorrendjét (tehát ez ott a második törvény, a mozgásmennyiség megmaradása pedig a harmadik).

<sup>25</sup> Pontosabban a mozgás megmaradását a horizontális, azaz a gömbnek tekintett Föld (vagy más égitest) felszínével párhuzamos mozgáskomponensre mondta ki (lásd elsősorban a napfoltokról írott művét: *Galilei* 1985: 134-135).

<sup>26</sup> Erre a látszólagos ellentmondásra Descartes már a törvény szövegezésében is utal („annak ellenére” formában, lásd AT XI, 44). Egyébként érdemes megemlíteni az elsőbbrendűség mellett felhozott azon *a priori* érvét, amely szerint az egyenes mozgás egyszerűbb más mozgásformáknál annyiban, hogy egyetlen pillanat definiálja, nem pedig több (AT XI, 45). Ha a mozgásra vektorként tekintünk, vagyis mindenkor nagysággal és irányultsággal rendelkező mennyiségre, akkor a mozgásvektor extrapolációja minden pillanatban geometriai egyenest határoz meg, és nem pedig görbét. Leginkább talán ezt az intuíciót fejezi ki Descartes érve, annak ellenére, hogy a fizikai nézeteinek egyik gyakori kritikájaként szokás megfogalmazni, hogy a mozgás vektoriális felfogása még hiányzik nála (lásd pl. Barbour 1989: 429).

Bár három<sup>27</sup> törvénye magyarázatához hivatkozik tapasztalati példákra és közismert jelenségekre,<sup>28</sup> eme hivatkozások az illusztráció, nem pedig az igazolás célját szolgálják. A tapasztalathoz való viszony tekintetében megvilágító erejű az a passzus, melyet a második törvény kifejtésénél olvashatunk: miután kénytelen beismerni, hogy a tapasztalat helyenként – vagy akár gyakran – rá tűnik cáfolni erre az elvre (bár ezt – joggal – csak hamis látszatnak véli), ezt így védi ki: „Ám még ha mindaz, amit érzékeink valaha tapasztaltak a valódi világban, nyilvánvalóan ellentmondani látszana is e két törvénynek, a hozzájuk elvezető érvelés olyan erős, hogy kénytelen vagyok kötelességemnek érezni érvényesülésüket abban az új világban, amelyet leírok Önöknek” (AT XI, 43).

Első megközelítésben úgy tűnik tehát, hogy – mai fogalmakat használva – Descartes fizikája teljes egészében racionális, és egyáltalán nem empirikus. A fiktív univerzumra vonatkozó gondolat kísérlete több rétegű. Egyrészt a természettörvényekből le fogja vezetni az anyag szükségszerű viselkedését, amely – láss csodát! – megegyezik a való világban tapasztalható jelenségekkel, ezzel visszamenőleg igazolva a törvények helyes megfogalmazását. Ám az sem volna nagy baj, ha egyes részletek nem stimmelnének, hiszen fiktív univerzumában a való világ tapasztalata képtelen érvényes döntőbíró lenni.<sup>29</sup> Másrészt maguk a természettörvények is szigorú dedukció eredményei, forrásuk a tiszta belátás, amely Isten változatlanságára és örökké azonos hatására vonatkozik. Mivel a világ ésszerű (hiszen a Teremtő is az), nem is működhetne másképpen, mint amit Descartes feltár: minden lehetséges világ alapvetően ugyanúgy szerveződne, mint a miénk, mert a természettörvények és a belőlük következő jelenségek egyaránt *a priori* szükségszerűséggel bírnak.<sup>30</sup>

Mindamellet fontos megjegyezni, hogy a descartes-i tudomány tisztán racionalista képe egyike azoknak a mítoszoknak, amelyeket a modernebb Descartes-kutatás árnyalni próbál.<sup>31</sup> Elvégre azon felül, hogy a szerző lépten-nyomon hivatkozik empirikus jelenségekre a műveiben, maga is rengeteget kísérletezett, illetve empirikus adatokat gyűjtött (például az anatómia, fiziológia, fizika, metallurgia vagy a meteorológia területén), és ezek a tapasztalatok nyilvánvalóan fontos szerepet töltek be tudományos nézeteinek alakulásában. Ugyanakkor ezeket a – gyakran pontatlan – adatokat sokszor figyelmen kívül hagyta az

<sup>27</sup> A fejezet végén megjegyzi, hogy sok további törvényt kifejthetne még, melyek az ütközéseket szabályozzák, ám ettől eltekint. Ezt a feladatot majd a *Principiá*-ban fogja elvégezni (II/46-52, AT VIII, 68-70), bár a három alaptörvény ott is eltérő státuszt élvez az ütközési törvényekhez képest. Ugyanakkor felmerül a gyanú, hogy a törvényeken kívül egyéb elveket is követ az anyagi világ, pl. az Occam borotvájának azt a változatát, amelyre majd a 13. fejezetben utal (AT XI, 89), miszerint „ha a Természet sok úton eljuthat ugyanahhoz az okozathoz, akkor mindig hibátlanul a legrövidebbet követi” – igaz, ezt itt a harmadik törvénye következményeként említi.

<sup>28</sup> Főleg a harmadik törvény esetén, ahol az egyenes vonalú törekvés ellenére megvalósuló körkörös mozgást a centrifugális erőket megnyilvánító jelenségek elemzésével illusztrálja. Mai szemmel nézve azonban feltűnik, hogy körmozgás esetén a természetes törekvésként adódó egyenes vonalú mozgás iránya nem egyértelmű: részint érintőirányúnak, részint pedig sugárirányúnak gondolja (melyet a centrifugális erő érzete sugall), lásd ehhez a 13. fejezetet (AT XI, 85-86).

<sup>29</sup> Ez a szélsőségesen racionalista (*versus* empirista) felfogás motiválja az olyan elmarasztaló ítéleteket, mint pl. amit Simonyi Károlytól idéztünk egy korábbi jegyzetünkben. Ugyanakkor tegyük hozzá, hogy a mechanika későbbi történetének számos epizódja hasonló módon, tisztán racionális belátásokra épül, akár a newtoni elmélet magjára gondolunk, akár az Eulertól Lagrange-ig és Laplace-ig (és azon túl) ívelő égi mechanikára. Ennek fényében Descartes racionális programja jogosultsággal bír, számos kritika ellenére.

<sup>30</sup> A természettörvény karteziánus koncepcióját leginkább az *Értekezés a módszerről* 5. részének elején olvasható, körülményes meghatározás foglalja össze: „felfedeztem néhány törvényt is, amelyeket Isten olyanképpen állapított meg a természetben, amelyeknek olyan fogalmait véste lelkünkbe, hogy kellő megfontolás után nem tarthatjuk kétségesnek pontos érvényesülésüket mindabban, ami van vagy történik a világban” (AT VI, 41; magyar kiadás 190).

<sup>31</sup> Lásd pl. Clarke (1982), Ranea (2000), Larmore (1980).

elméleteiben, amennyiben azok ellentmondtak a racionális belátásoknak. Ez a feszültség máig nyugtalanító rejtély maradt a Descartes-kutatásokban.<sup>32</sup> Mindenesetre függetlenül attól, hogy milyen empirikus vagy kísérleti eljárást, illetve módszertant alkalmazott Descartes a gyakorlatban, az tagadhatatlan, hogy természetfilozófiai művei központi jelentőségű passzusaiban a tisztán racionális megismerés mellett tört lándzsát, és az utókor zöme is ezzel összhangban értelmezte a munkásságát.

### Kozmológia és fizikai optika

Az ezt követő fejezetek (8-12) az addig lefektetett alapokra építkezve az égi és földi jelenségek magyarázatával foglalkoznak, melyeket a szerző egy általánosított heliocentrikus sémában értelmez. A Teremtés után viszonylag homogén volt az anyagi világ, és a kezdetben beléhelyezett mozgások kialakították a körkörösén zárt elmozdulás-láncolatokat. Ezekben az örvényekben a szakadatlan ütközések lekerekítették a második típusú részecskéket, és a letöredezett élekből és sarkokból lettek a köztes helyeket rugalmasan kitöltő első típusú részecskék, melyek az örvények középpontja felé sodródtak (lévén a legkönnyebbek és így a legkevésbé „kifelé törekvők”), és ott gömb alakú testekké álltak össze: ezekből lettek a csillagok és a Nap (8. fejezet). A csillagok száma határtalan, összhangban azzal, hogy Descartes a teret is határtalannak gondolja.<sup>33</sup> A legnagyobb részecskék (harmadik fajta anyag) ellenben kifelé vándoroltak, és ott bolygókká és üstökösökké álltak össze (9. fejezet). Ezeket a folyékony második anyag hordozza körbe a pályájukon. A bolygók körpályái<sup>34</sup> állandók (az örvények anyagának rétegződése miatt), ám az üstökösök olyan hevesen mozognak, hogy örvényről örvényre vándorolnak.

A könnyebb és nehezebb anyagok törekvéseinek egyenlőtlensége miatt, egy komplikált mechanizmusnak köszönhetően a bolygók teste is forgásba kezd, és mivel magukkal sodorják a környezetük közegét, alárendelt örvények jönnek létre a fő örvényeken belül, ami magyarázatot ad a holdak viselkedésére (10. fejezet). Ugyanezek a mellékörvények felelősek a bolygókon, pl. a Földön tapasztalható nehézkedésért is, ugyanis a harmadik típusú, nehéz anyag itt különös módon nem kifelé törekszik, mint a fő örvény esetén, hanem a középpont felé, aminek indoklása a szerző nem kevés erőfeszítésébe kerül (11. fejezet). Végezetül ugyanez a séma ad magyarázatot az árapály jelenségére is, amely a víztömegek<sup>35</sup> ovális alakjának következménye, melyet Hold teste okozta örvény-aszimmetriából vezet le (12. fejezet).

Ezekben a fejezetekben (is) a dedukció mindvégig tisztán kvalitatív, és korántsem annyira meggyőző, mint amit a fiktív világra vonatkozó gondolkísérlet alapján várnánk. Ahelyett, hogy az alapelvekből szigorú logikával bomlana ki a jelenségek szükségszerű rendje, mint ahogy Descartes ígéri, számtalan ad hoc és

<sup>32</sup> Sakellariadis (1982a) például feltételezi, hogy a stratégia háttérében egy implicit módszer állt: az adatok csak egy teljes, átfogó elméletet képesek tesztelni, hiszen általa tudjuk eldönteni, hogy relevánsak-e (ugyanis ha az elmélet nem mindenre kiterjedő, akkor rengeteg tényezőt nem tud figyelembe venni). Így az adatok összessége informatív, de az egyedi tapasztalat önmagában nem az – ezért is kell sok adatot összegyűjteni.

<sup>33</sup> A határtalansághoz lásd a *Principia* III. részének 1. szakaszát, a csillagok határtalan számához pedig a 23. szakaszt (AT VIII, 80 és 87-89).

<sup>34</sup> Tudomásunk szerint nincs arra utaló jel, hogy Descartes ismerte volna Kepler bolygómozgás-törvényeit, mivel soha nem utalt rájuk – bár a *Le Monde* modern angol fordítója megjegyzi, hogy 1628-ban hallhatott róluuk Isaac Beeckmantól (Gaukroger 1998, 42 n71).

<sup>35</sup> Descartes nem sok gondot fordít arra, hogy bevezesse a víz fogalmát. Elemtanában a klasszikus négy elem részben megfeleltethető a részecskék fajtáinak, ám az utóbbiból csupán három van (első = tűz, második = levegő, harmadik = szilárd). A „folyadékok” (értsd: folyékony, ám nehéz tárgyak) ugyanabból a részecskékből vannak, mint a szilárd testek, de ezek a részecskék itt egymáshoz képest mozgékonyabbak – v.ö. egy korábbi jegyzetünkkel a szilárdság és folyékonyság fokozati koncepciójáról.



kontraintuitív lépésre van szükség ahhoz, hogy a magyarázat eljusson az ismert jelenségekhez, melyeket a kifejtés is gyakran előre leszögez mint végcélt, és az érvelés menetét az ezzel való egyezés kívánalmának rendeli alá. Egy kiragadott példát említve: Descartes tisztában van azzal, hogy a heliocentrikus elméletben az egyes bolygók keringési sebességei a Naptól távolodva csökkennek, ugyanakkor úgy tudja (tévesen), hogy a még távolabbi üstökösök sebessége viszont már nagyobb. Ennek magyarázatához kissé erőltetett módon arra hivatkozik (AT XI, 54), hogy az örvények forgási sebessége kifelé haladva egy ideig egyre csökken, ahogy a központi csillag gyors forgásának agitáló hatásától távolodunk, ám egy idő után megint csak növekszik, mert itt már a szomszédos örvények okozta agitációk felerősödnek. Ez a magyarázat szinte teljességgel ad hoc és kényszeredetten illeszkedik a vélt jelenségekhez, miközben ellentmond az örvénylő mozgásra vonatkozó alapvető intuíciónak.<sup>36</sup>

A befejezetlenül maradt értekezés utolsó fejezetei (13-15) visszatérnek a mű vezértémájához, a fényhez. A 13. fejezet tartalmazza az egyik leghosszabb és legrészletesebb gondolatmenetet a karteziánus részecskeketan keretei között, annak indoklását, hogy a csillagok testétől a fény miért sugárirányban törekszik távolodni. A probléma abból származik, hogy ha az örvény anyaga kering, akkor a részecskék bármely pillanatban érintő irányba törekszenek (amely törekvésüket a külsőbb anyag nyomása – mely végső soron a szomszédos örvények nyomásából ered – folyton meghíúsít és körmozgássá torzít), nem pedig a középponttól egyenesen távolodó irányba. A részecskeszintre lemenő indoklásból nemcsak azt sikerül kihoznia, hogy az első anyag részeinek mozgása radiális (ugyanis erre szorítja ki őket a nehezebb részek befelé törekvése), hanem azt is, hogy a részecskénél megjelenik egyfajta remegés, amely „meglehetősen illik is a fényhez” (AT XI, 95). Ezek után (14. fejezet) Descartes azt igyekszik megmutatni, hogy a fény ismert tulajdonságai (felsorolásában 12) összhangban állnak a fent ismertetett modellel. A fény szerinte egyenes vonalban („sugarak”, *les rayons de la Lumiere*, AT XI, 98), végtelenül gyorsan<sup>37</sup> és végtelenül messzire terjed, összegyűjthető, szétszórható, megtörhető, visszaverhető, felerősíthető és gyengíthető az útjába kerülő anyag tulajdonságainak megfelelően.<sup>38</sup> Végül az utolsó, hirtelen félbeszakadó fejezetben (15.) amellet érvel, hogy a fény ismertetett tulajdonságai alapján fiktív univerzumának megfigyelője éppen ugyanazokat a jelenségeket fogja észlelni, mint amelyek a valódi világban számunkra tapasztalhatók. Az égbolt képét elsősorban azok az örvények közti határfelületek alakítják ki, melyeken az átlépő fény megtörik: ezek

<sup>36</sup> Egy másik példa: Ha egy kiterjedt testet örvény hordoz, akkor a befelé (vagyis az örvény középpontja felé) eső részeit kissé gyorsabb közeg hordozza, mint a kifelé eső részeit, és ennek hatására azt várjuk, hogy a test forogni kezd a tengelye körül a keringéssel ellentétes irányban. Csakhogy a bolygók többsége az ún. direkt, azaz a keringésükkel megegyező irányban forog. (Ezt Descartes csupán a Föld esetén tudhatta, hiszen a bolygók tengelyforgása csak később vált megfigyelhetővé távcső segítségével, ám a Jupiter-holdak keringési iránya már ismert volt, jelezve az ottani „mellékörvény” direkt irányú fogását.) Ezért ahelyett, hogy a rendszeréből logikusan következő magyarázatot használhatná, és a forgások irányát ugyanazzal a mechanizmussal tudná indokolni, mint a keringési sebességek különbségeit, Descartes-nak egy körmönfont és meglehetősen erőltetett levezetéshez kell folyamodnia (AT XI, 65-69), amelyet nyilvánvalóan a magyarázandó jelenség kényszere szült, nem pedig az alapelvekből kiinduló tiszta dedukció.

<sup>37</sup> Bár meglepő lehet, hogy a részecskeketan képviselője végtelen gyors terjedést tulajdonít a fénynek (azaz apró testeknek), ám ez annyira fontos volt Descartes számára, hogy egy Beeckmannak írt levelében (1634. augusztus 22, lásd AT I, 307-308) azt állította, hogy amennyiben kiderülne, hogy a fény véges sebességgel terjed, akkor elmélete hamisnak bizonyulna, és be kellene vallania, hogy semmit sem tud a filozófiáról. A Beeckmannal ez ügyben folytatott vitájáról lásd Sakellariadis (1982b), 1-12.

<sup>38</sup> Ezeket a témákat, főleg a fénytörést részletesebben tárgyalja a *La Dioptrique* c. művében, amely az *Értekezés a módszerről* egyik függelékeként jelent meg (Párizs, 1637; lásd AT VI, 79-228). Magyarul Descartes (2016). Lásd még ez utóbbi kötet utószavát: Schmal (2016).

szabják meg a csillagok látszó fényességét<sup>39</sup> és helyzetét<sup>40</sup>, melyekben változások is bekövetkezhetnek a felületek lassú vagy gyorsabb átalakulásai következtében;<sup>41</sup> ezek mozgásai miatt tűnik remegni a csillagok fénye; valamint ezek hozzák létre a ködösebb objektumokat (pl. Tejút), ahol több csillag együttes fénye olvad egybe.

Az anyag harmadik fajtája olyan nagy részecskékből áll, hogy azok ellenállnak a fény részecskéinek és visszaverik őket – ezért fényesek a bolygók (beleértve a holdjaikat) és az üstökösök. Descartes magyarázatából úgy tűnik, hogy a napfény gyengülése nem a távolság négyzetével arányos, ahogy az geometriailag következne, hanem az örvény sajátos viszonyai határozzák meg.<sup>42</sup> A visszaverődő fény „pislogását” a bolygók forgása okozza, az üstökösök elkent alakja pedig – ahogy azt igen hosszasan, a mű utolsó oldalain indokolja (AT XI, 112-118) – annak következménye, hogy egy szomszédos örvényben található üstökösről visszaverődő fény a Nap körüli örvény felszínén megtörik, és elnyúlt képet hoz létre, mindíg a Naptól elfelé mutató irányban.<sup>43</sup>

### A továbbfejlesztett rendszer a *Principiában*

A *Le Monde* közlésének elvetését követően Descartes megjelentette első két kötetét, az *Értekezés a módszerről* 1637-ben (egybefűzve az amúgy tőle független *Geometriával*, *Dioptrikával* és *Meteorológiával*), valamint az *Elmélkedéseket* 1641-ben. Ezeket az elsősorban módszertani és ismeretelméleti témákat tárgyaló műveket a mai köztudat Descartes legfontosabb írásaiként tartja számon, miközben maga Descartes inkább csak tisztázó előkészületekként szánta őket ahhoz, ami főművének tekintett: a *Principiához*. Ebben a szakmai közönségnek (azaz egyetemi közegnek), tehát latin<sup>44</sup> nyelven írt művében részletesebben is kifejtette azokat a természetfilozófiai gondolatokat, amelyeket a *Le Monde* tartalmazott.<sup>45</sup> Bár az alapvető elvek többnyire változatlanok maradtak, érdemes kiemelni néhány lényegesebb különbséget.

A *Principia* egyik újdonsága a részletes metafizikai alapozásban áll. Az I. rész zöme ismeretelméleti alapvetés, amely tartalmában nagyon hasonló a három évvel korábban megjelent *Elmélkedésekhez*, ám a *Le Monde*-ből szinte teljesen hiányzik a téma. A II. rész hosszasan érvel amellett, hogy az anyag azonos a kiterjedéssel, és ezáltal a vákuum létezése lehetetlen (4-9, 16-19. szakasz), s eközben tárgyalja a tér (10-15), az anyag (22-23, 34-35) és a mozgás (24-33, 36) természetét. Ezek után kifejti a mozgástörvényeket (37-42), melyeket itt 7 további, a testek ütközéseire vonatkozó szabállyal egészít ki (45-53). A II. részt az anyag

<sup>39</sup> Ugyanis felerősíthetik vagy gyengíthetik a rajtuk megtörő fénysugár intenzitását.

<sup>40</sup> A fénytörések miatt a csillagok többnyire nem abban az irányban helyezkednek el tőlünk, mint amerre a képüket megfigyelhetjük. Sőt, Descartes szerint egy adott csillagot akár több képe is reprezentálhat az égbolton, ugyanis különböző utakon is eljuthat a fény tőle a Földre, a határfelületek fénytöréseinek megfelelően.

<sup>41</sup> Így új csillagok is feltűnhetnek (vagy eltűnhetnek) hirtelen – utalás az 1572-es és 1604-es fényes (szuper)novákra. A *Principiá*-ban a csillagok változása, esetleg fel- és eltűnése már fizikai, nem pedig pusztán optikai folyamatként kerül értelmezésre (III/104, 111-112).

<sup>42</sup> Hangsúlyozza, hogy a fény nem aktív ágens, hanem – az anyag más részeihez hasonlóan – teljesen passzív. Terjedésének oka nem a saját természete, hanem anyagának sajátos mozgása a környezetében.

<sup>43</sup> Ez azonban a fénytörés egy speciális fajtáját igényelné, amely egyéb körülmények között nem megfigyelhető, és amelyre ismét csak részecskeszintű magyarázatot kíván nyújtani. A fennmaradt szöveg e magyarázat közben szakad félbe.

<sup>44</sup> A mű hamar, már 1647-ben megjelent francia fordításban, melyet a szerző ellenőrzött és helyenként átfogalmazott, pontosított az eredetihez képest: *Principes de la philosophie*. Lásd AT IX-2.

<sup>45</sup> Jóval részletesebben: az Adam–Tannery féle összkiadásban a *Principia* 329 oldalt foglal el, míg a *La Lumière* 118-at. Csak maga a III. rész, a kozmológia kifejtése 123 oldalt vesz igénybe (AT VIII, 80-202).

állapotainak (folyékonyság, szilárdság) részletes tárgyalásával fejezi be (54-63), hogy aztán a III. részben rátérhessen az örvényelmélet és a kozmológia kifejtésére, valamint a IV. részben a földi jelenségek tárgyalására. A II. rész egésze (64 szakasz) tehát tematikailag nagyjából megfelel a *Le Monde* első négy fejezetének, kiegészítve a hetedikkel.

A megalapozás egyik, azóta sokat tárgyalt és kritizált része a mozgás fogalmának újraértelmezése. Descartes elveti a tér képzetének abszolutista felfogását, azaz hogy a mozgást a tér egészéhez kellene mérni („belső hely”) – annak ellenére, hogy a róla elnevezett koordináta-rendszer a későbbi fizikában éppen ezt a szerepet tölti be.<sup>46</sup> Mivel egy test helye csakis a szomszédos testek viszonylatában értelmezhető („külső hely”), melyekkel alkotott érintkezési felülete jelöli ki a kiterjedését, ezért a mozgás is csak ezekhez képest definiálható: „a mozgás az anyag valamely részének vagy valamely testnek az átvitele a vele közvetlenül érintkező testek szomszédságából, amelyeket nyugalomban lévőnek tekintünk, néhány más testnek a szomszédságába” (AT VIII, 53; magyar kiadás 86). Ennek segítségével fog előrukkolni a III. részben (28-29. szakasz) a Föld mozgásának duplafenekű tárgyalásával: a hagyományos (térhez viszonyított) mozgásfelfogás szerint a Föld számos mozgást (keringés, forgás) végez, míg a dolgok valódi természete szerint mozdulatlanul nyugalomban van a környezetét jelentő örvényrészekhez képest.

Tudván, hogy Descartes a Galilei-perben hozott ítélet miatt lépett vissza a *Le Monde* publikálásától,<sup>47</sup> könnyen adódik a közkeletű feltételezés, hogy a fenti gondolatmenet egy trükk, amellyel a szerző kopernikanizmusát kívánta immúnissá tenni az egyházi kritikával szemben. Ebből következőleg vagy ettől függetlenül kétségtelen, hogy a koncepció a részleteit tekintve problematikus, ugyanis látszólag ellentmond a mű számos egyéb szöveghelyének: míg a definíció a mozgás relativitásának elvét sugallja, összhangban a mozgás első szabályával, amely a mozgást és a nyugalmat egyenértékű állapotként kezeli, addig a II. rész 44. szakaszában a mozgás és a nyugalom ellentétes fogalmakként kerülnek kifejtésre,<sup>48</sup> és az ütközési szabályokban technikailag is megjelenik egy különbségtétel a közeledő és a megközelített, ütköző és ütközést elszennedő test között, melyek nem felcserélhetők egymással.<sup>49</sup> Ezért gyakori az az értékelés, hogy bár Descartes ezen koncepciója egy fontos lépés a fizika relativitási elveinek történetében, ám maga a szerző még nem volt képes ezt teljes általánosságában megragadni.<sup>50</sup>

<sup>46</sup> A *Le Monde*-ban még nincs nyoma ennek az újraértelmezésnek: úgy tűnik, hogy ott még a tér hagyományos, bár csak intuitív és explikálatlan fogalmát használja. Ezt támaszthatja alá a fentebb ismertetett, fiktív univerzumra vonatkozó gondolat kísérletének leírása is (AT VIII, 32), amely szerint Isten a mi világunktól eltávolodva megáll egy adott helyen és ott anyagot teremt, mintha tehát a tér elsődleges volna az anyaghoz képest – bár tegyük hozzá, hogy ez a leírás metaforikus, sőt némileg ironikus.

<sup>47</sup> Ezt maga Descartes is elismeri, például egy Marin Mersenne-nek 1633. novemberében küldött levelében (AT I, 270-272), ám csak privát diskurzusban. Publikus módon, pl. az *Értekezés a módszerről* 5. részében csak arra utal, hogy a művet „bizonyos megfontolásokból” nem adhatja közre (AT VI, 41; magyar kiadás 190.)

<sup>48</sup> A szakasz címe: „A mozgás nem egy másik mozgással, hanem a nyugalommal ellentétes...” (AT VIII, 67; magyar kiadás 100). Vesd össze még a II/37. szakasz utolsó mondatával (AT VIII, 63; magyar kiadás 95).

<sup>49</sup> Ráadásul Descartes két test közeledéséről beszél, ám szigorú elvei alapján nem értelmezhető két test relatív mozgása mindaddig, amíg nem érintkeznek egymással (lásd II/28. rész).

<sup>50</sup> Lásd pl. Barbour (1989: 440-450). Hasonló megfontolások miatt a *Stanford Encyclopedia of Philosophy* szócikke Descartes fizikájáról (<https://plato.stanford.edu/entries/descartes-physics/>) relacionális mozgásfelfogást tulajdonít a szerzőnek, szemben a valóban relatív mozgásfogalommal. Ugyancsak megjegyzendő, hogy a newtoni fizikában csak az egyenes vonalú mozgás tekinthető relatívnak, a forgás nem, így a Föld forgása nem „védehető ki” azzal, hogy a forgó örvényhez képest nyugalmi állapotnak kívánjuk tekinteni.

Ennél is gyakrabban képezik kritika tárgyát az ütközési szabályok, melyek felsorolásától itt eltekintünk.<sup>51</sup> Ezek a harmadik mozgástörvény következményeiként kerülnek kifejtésre, melynek megfogalmazása ebben a műben speciálisabb, mint a *Le Monde*-ban.<sup>52</sup> Ezek a szabályok helyenként ellentmondanak mind egymásnak (lásd az imént említett problémát), mind pedig a testek ütközésével kapcsolatos elemi tapasztalatainknak, s emellett összemoszák a rugalmas és a rugalmatlan ütközések eseteit. Feltehető, hogy legfőképpen ezek a szabályok, pontosabban ezek kritikái képezik a forrását a köztudatban élő „Descartes rossz tudós” felfogásnak. Bár vannak kutatók (pl. Blackwell 1966 vagy Hübner 1976), akik arra figyelmeztetnek, hogy a szabályok triviálisan hibás látszata annak következménye, hogy a modern fizikai fogalmainkkal próbáljuk értelmezni őket,<sup>53</sup> összességében úgy tűnik, hogy ez a probléma ezidáig nem talált megnyugtató feloldásra vagy magyarázatra a szakirodalomban.

A mű harmadik része terjedelmesen ismerteti Descartes csillagászati nézeteit és azok magyarázatát a természetfilozófiai elmélete alapján. A kiindulás egy általános csillagászati bevezetés, amely foglalkozik az égitestek távolságainak arányaival (5-8. szakasz), fényességük okaival (9-13), mozgásaikkal és ezek modelljeivel (14-19). Ezt követi az örvényelmélet alapjainak lefektetése, mind a Nap és a csillagok világitása, anyaga és környezete tekintetében (21-24), mind a bolygók mozgásai és jelenségei kapcsán (25-41). Ide ékelődik be a fiktív univerzum gondolat kísérlete (43-47), amelyet aztán a III. rész végéig a részecsketan és az örvényelmélet részleteinek ismertetése követ: részecskék fajtái és viselkedése (48-54), általános mechanizmusok az örvényekben (55-64), az örvények tulajdonságai (65-71), a Nap működése (72-85), ismét részecsketan (86-93), a napfoltok természete (94-99) és a csillagok felszínének változásai, valamint csillagkeletkezés és -megszűnés (100-120), szilárdság (121-125), üstökösök és állócsillagok (126-139), bolygómozgások (140-148), a holdak mozgása és a bolygók forgása (149-156).

A felvázolt kép nagy vonalakban megegyezik a *Le Monde* kozmológiájával, ám itt jóval több a figyelembe vett jelenség és részletesebb a magyarázatrendszer. A legfőbb újdonság talán a napfoltok<sup>54</sup> terjedelmes értelmezése a részecsketan keretei között, és ennek összekapcsolása a csillagok változásainak és fejlődésének magyarázatával. Mindazonáltal – a szerző igyekezete ellenére – a magyarázatok sokszor hasonlóan mesterkéltnek és erőltetettnek tetszenek, mint a korábbi műben, hiszen mindennemű ismert jelenséget meg kell tudni indokolni az okok és elvek ugyanazon szűk csoportjával. Természetesen a szerző sikeresnek ítéli az erőfeszítést, ugyanis a III. rész végén ezt írja: „úgy vélem, egyáltalán nincs semmi olyan megfigyelt jelenség a távoli egekben, melyet itt ne magyaráztam volna meg kellőképpen” (AT VIII, 202). A földi jelenségekről szóló IV. rész egyfajta természetrajznak is tűnhet a témák sokfélesége miatt, ám lényeges különbség a természetrajz műfajához képest, hogy ez a szöveg mindvégig a szokásos oksági dedukcióra törekszik, s így a kifejtés nagyjából szisztematikus. Kiinduló témája a Föld keletkezése és felépítése (2-44), benne a súly természetére (24-27), valamint a fény és a hő mibenlétére (28-31) vonatkozó

<sup>51</sup> AT VIII, 67-70; magyar kiadás 100-105. Matematikai értelmezésükért lásd Tannery jegyzetét („Sur les règles du choc des corps d’après Descartes”): AT IX, 327-330.

<sup>52</sup> Ott második mozgástörvény. Itteni megfogalmazása: „ha egy mozgó test egy nálánál erősebb másik testtel találkozik, akkor nem veszít semmit a mozgásából, de ha egy általa mozgásba hozható gyengébbel találkozik, akkor annyit veszít a mozgásából, amennyit átad neki (AT VIII, 65; magyar kiadás 97). A mozgásmegmaradás elvére itt csak az utolsó mondatrész utal, de nem mondja ki olyan általánosan, mint a *Le Monde*.

<sup>53</sup> Hiszen Descartes mozgásmennyisége nem azonos az impulzus newtoni fogalmával, ahogy a test nagysága sem azonos a tömegével, valamint a későbbtől eltérő tér- és időfelfogás húzódik meg a háttérben.

<sup>54</sup> Ezek létezése Galilei nyomán vált közismertté (1613/1985), bár valódi felfedezőjük kiléte vitatott (lásd Kutrovácz-Susztavassányi 2019, 109 n75).



fejtegetésekkel. Ezt követi a levegő (45-47), a víz és a tengerek (48-56) tárgyalása, majd a Föld belsejének és a kémiai elemek mibenlétének jellemzése (57-63), a földfelszín és további anyagfajták vizsgálata (64-76), s végül egy rövid magyarázat a vulkánkitörésekre és a földrengésekre (77-79). Ezután alaposan feltárja a tűz és az égés természetét (80-123), átvezetve ezt az üveg elemzésére (124-132). A IV. rész legterjedelmesebb tematikus egysége a mágnes és a vas tárgyalása (133-187), a lezáró szakaszok pedig leginkább az érzékelés és a részecskeketan kapcsolatáról szólnak (189-204). Ahogy a 199. szakasz címe kijelenti, Descartes itt is úgy véli, semmiféle jelenséget nem hagyott figyelmen kívül (AT VIII, 323). Ugyanakkor a 188. szakaszban megjegyzi (AT VIII, 315), hogy két további részt tervezett még írni, egyet az élőlényekről, a másikat az emberről, ám ezek kidolgozására eleddig nem volt ideje.<sup>55</sup>

### Descartes tudományának öröksége

Descartes természetfilozófiai rendszere forradalmi újításokat vezetett be. Minden megfigyelhető jelenséget az anyag relatív mozgásaival kívánt magyarázni, és ennek érdekében újragondolta a mozgás fogalmát. Felfogása még ellentmondásokkal terhelt, de az egyik legfontosabb lépést jelentette a newtoni mechanika relativitási elvének kialakulásában. Ugyancsak újraértelmezte az anyagi test fogalmát, melyet teljesen lecsupaszítva a kiterjedéssel azonosított. Bár a redukció kissé eltúlzottnak bizonyult (lásd a tömeg fogalmának hiányát, amely nem feleltethető meg egyszerűen a kiterjedésnek), abban mindenképpen sikeres volt, hogy az anyag mindennemű minőségei helyett egy olyan attribútumot tett felelőssé a jelenségekért, amely kvantitatíve megragadható – csakúgy, mint a mozgás. Ezzel utat nyitott a természettudomány átfogó matematizálása felé:<sup>56</sup> ha a természet nem más, mint térbeli kiterjedések mozgásainak rendszere, akkor ez a világ alapvetően matematikai szerkezetű, és a fizika matematikává válhat.

A vákuum hiánya miatt minden test<sup>57</sup> folyamatos kölcsönhatásban van a szomszédjaival, és csak azokkal, így aztán Descartes mechanisztikus rendszerében a távolhatás fogalma értelmezhetetlen. Ezeket a kölcsönhatásokat a természet törvényei határozzák meg – abban, hogy ez a fogalom elterjedt a fizikában, Descartes meghatározó szerepet játszott (lásd pl. Zilsel 1942). Első két mozgástörvénye (a *Principia* sorrendjében) kimondja, hogy egy test külső hatás híján megtartja egyenes vonalú mozgását – ennek első általános megfogalmazása szintén Descartes érdeme, beleértve a mozgásállapot fogalmát.<sup>58</sup> A harmadik

<sup>55</sup> Azon területek közül, melyeket Descartes alaposan ismert és kutatott, a publikált műből feltűnően hiányzik az optikai jelenségek részletesebb vizsgálata, illetve a fizioológiai és anatómiai ismeretek tárgyalása. Az előbbi ugyan zömében már leköszölte a korábban említett értekezésekben, ám az utóbbival kapcsolatos nézetei – eltekintve az *Értekezés a módszerről* 5. részétől, mely főként a vérkeringés mechanisztikus magyarázatát kínálja – életében nem jelentek meg. Ide tartozik két befejezetlen kézirat, a *La Description du corps humain* (AT XI, 223-292), amely a bevezetőnk elején említett *Traité de l'Homme* továbbdolgozása, valamint az *Anatomica quaedam ex M<sup>to</sup> Cartesii* (AT XI, 549-634).

<sup>56</sup> Bár ebben a folyamatban sokan jelentős szerepet játszottak, legalább Keplertől és Galileitől egészen Newtonig, Descartes filozófiai koncepciója – egyik elsőként – a természeti világ olyan fogalmával állt elő, amelyik az anyagot (szinte) kizárólag a matematikában kifejeződő tulajdonságokkal jellemzi.

<sup>57</sup> Testnek a mindent kitöltő anyag egy olyan régióját nevezhetjük, amelynek részei éppen változatlan konfigurációt alkotnak, szemben a környezettel, amely hozzájuk képest mozog (*Principia* II/10; AT VIII, 45). Ez persze egyrészt azt jelenti, hogy az intuitíve különbözőnek tekintett, ám egymáshoz képest mozdulatlanul érintkező testeket egyetlen testnek kell gondolnunk (pl. az asztal és a rajta fekvő könyv), másrészt azt, hogy például az emberi „test” nem egyetlen test, hiszen számos mozgás jelenik meg benne. Mivel azonban szinte minden anyagrészben megjelennek a mozgások, a test fogalmát is relatívnak kell tekintenünk.

<sup>58</sup> Persze tegyük hozzá, ez az elv valójában jobban értelmezhető a newtoni fizikában, amely megengedi a vákuum létét, mint a descartes-iban, amely szerint mindig van érintkezés, azaz külső hatás. Ezért fogalmaztunk úgy, hogy ez a törvény kölcsönhatásokra vonatkozik: a testek egyfajta ellenállást tanúsítanak, ha ezen állapotuk megváltoztatására készítetik őket, és



törvény azt fejezi ki, hogy mozgás soha nem keletkezik és nem múlik el, csupán átvevődik egy másik testtől vagy átadódik neki – ismét egy fontos belátás, amely a későbbi, a mozgás mennyiségének pontosabb meghatározására épülő precíz megmaradási törvények kimondását készíti elő. És bár a belőle levezetett ütközési szabályok problematikusak, alapját képezik mind a későbbi, használhatóbb megfelelőiknek, mind pedig annak a modern fizikában alaposan kiaknázott módszertani elvnek, mely szerint az anyagi rendszerek viselkedését az őket alkotó részecskék kölcsönhatásai, illetve ezek törvényei határozzák meg. Mindezek a konceptuális elemek tehát rendkívül fontos nívókat jelentenek a tudomány fejlődésében.

Az alapelvek sikere Descartes szándéka szerint az örvényelméletben csúcsosodik ki. Bár a mai olvasó könnyen félresöpörheti ezt az elméletet amiatt, hogy elvégre a Naprendszer nem egy közegörvény alkotja, tehát az sem a bolygók keringéséért, sem egyéb jelenségekért nem lehet felelős, ám ezzel figyelmen kívül hagyjuk az elmélet fő erényét, a fenomenologikus sikerességét. Nemcsak arra ad intuitíve érthető magyarázatot, hogy miért keringenek a bolygók a Nap körül,<sup>59</sup> hanem arra is, hogy a Naptól egyre távolibbak miért keringenek lassabban, valamint hogy miért mozognak nagyjából egy síkban – ez utóbbi kérdésre még Newton elmélete sem kínál választ.<sup>60</sup> Elvégre ha ránézünk a Naprendszerre, akkor a bolygók mozgásai valóban egy örvényt tűnnek kirajzolni, és ezt az intuíciót Descartes elmélete kitűnően megragadja.<sup>61</sup> Bár a további részletek, az egyéb jelenségekre adott magyarázatok már kevésbé intuitívak, nem becsülhetjük alá az örvényelmélet kvalitatív magyarázó erejét, ami által érthetőbbé válik a világ. Feltehető, hogy ezért ragaszkodott Descartes Copernicus elméletéhez, hiszen az örvényelmélet olybá tűnik, mintha éppen a heliocentrikus kozmosz magyarázatára volna kitalálva, és amennyiben azt elveszük belőle, akkor legsikeresebb komponensétől fosztjuk meg a rendszert.

Descartes kozmológiájának egy további előremutató eleme a határtalan univerzum gondolata, amelyben a csillagok egymástól roppant távolságban helyezkednek el, és – a közjük tartozó Naphoz hasonlóan – bolygórendszereknek adnak otthont. Ez a vízió leginkább talán Giordano Brunótól ered (1584, V. rész, magyar kiadás 191-233), és annak ellenére, hogy aztán még nagyon sokáig nem sikerült igazolni, a newtoni kozmológia is elfogadta: abban viszont, hogy a XVII. század második felében széles körben elterjedt, Descartes szerepe megint csak alapvetőnek bizonyult.<sup>62</sup> Descartes – csakúgy, mint Newton – ugyan még tartózkodott attól, hogy az idegen „világokon” létező élet kérdését felvesse (Dick 1982: 106-112), hiszen ez teológiai szempontból még a kopernikanizmusnál is jóval problémásabb elgondolásnak számított, ám

---

ebben az ellenállásban nyilvánul meg a törvényekben kifejezett törekvésük. Ha nem volnának velük érintkező testek, akkor nem is beszélhetnénk a mozgásukról.

<sup>59</sup> Ez a kérdés a szféraelmélet elvetése után és a gravitációs elmélet megjelenése előtt választ igényel.

<sup>60</sup> Lásd Erdei-Kutrovácz-Vassányi (2019: 105), ahol Newton az isteni gondviselés nyomát látja ebben a jelenségben. Vesd össze még a Richard Bentley-vel folytatott levelezéssel: Newton (1756).

<sup>61</sup> Ezt az örvényszerű mozgást már Johannes Kepler is felismerte, aki a Naptól kiáradó és forgó erőhatást az 1609-ben megjelent *Astronomia nova* 38. fejezetben indirekt módon, a mű bevezetőjében pedig kimondottan egy örvényhez hasonlítja (Kepler 1953: 25 és 255). Ehhez lásd Aiton (1957: 249-250).

<sup>62</sup> Ezt az eszmét szinte senki nem osztotta Brunóval a XVI. század utolsó és a XVII. század első évtizedeinek jeles csillagászai körében. Descartes nyomán vált általánosan elterjedtté a végtelen univerzum gondolata a század második felében. Koyré (1957: 104) szerint Descartes főként azért tételezte a világot végtelennek, mert a térbeli kiterjedést tekintette a fizikai létezők lényegi meghatározottságának, és így a fizikai teret – csakúgy, mint a matematikai teret – lezárhatatlannak, határolhatatlannak gondolta (ehhez lásd a *Principia* II. részének 21. szakaszát). Bár Descartes-nál a valódi, aktuális végtelen (ami csakis Isten attribútuma) szemben áll a tér határtalanságával, azaz potenciális végtelenségével (I. rész, 27. szakasz), Koyré amellet érvel, hogy ez a megkülönböztetés nehezen értelmezhető az alaposabb elemzés fényében (uo., 106-124), és ezt így látták a kortársak is (pl. Henry More).

néhányan azok közül, akik átvették kozmológiájának alapjait, mint például Fontenelle (1686) vagy Huygens (1698), már nyitottak voltak erre a lehetőségre. Azt viszont feltételezte, hogy a csillagok világa dinamikusan változik, vagyis hogy a csillagok keletkeznek, fejlődnek és aztán megszűnnek létezni.

Az örvényelmélet egyik fő hiányossága ugyanakkor éppen a kvalitatív jellegében áll: feltűnően hiányzik belőle a matematikai kifejtés. Ez már magukra a törvényekre is érvényes: mind a *Le Monde*, mind a *Principia* tisztán szöveges tudományt tartalmaz (ábrákkal kiegészítve), azaz nincsenek benne képletek, formális levezetések és számítások. Mindez két szempontból is különösen meglepő: egyrészt amiatt, hogy Descartes kora – sőt talán az egész évszázad – egyik legkitűnőbb matematikusa volt, tehát egyértelműen nem a kompetencia hiányáról van szó, másrészt pedig azért, mert – mint láthattuk – metafizikai alapelvei szerint a testek fizikailag releváns jellemzői teljes egészében matematizálhatók.<sup>63</sup>

Mindazonáltal hibás ebből arra következtetnünk, hogy Descartes idegenkedett a matematika használatától a tudományban. Egyfelől az optikai értekezései komplex matematikai érveléseket tartalmaznak. Másfelől a *Szabályok az értelem vezetésére* c. korai (1628), ám életében publikálatlan művében<sup>64</sup> felsorolja a megismerés szabályait, s ezek a matematikai gondolkodás mintáját követik, amit számos technikai példával illusztrál.<sup>65</sup> Harmadrészt kiterjedt levelezésében is bőségesen találhatunk példát arra, hogy fizikai problémákat matematikai módszerekkel vizsgál.<sup>66</sup> Hogy mégis miért maradtak főbb fizikai szövegei tisztán kvalitatívak, az – utólag, a követők sikertelen próbálkozásai, valamint Newton részletes kritikái felől visszatekintve – talán annak tudható be, hogy az elmélet ebben a formában nem alkalmas arra, hogy a vizsgált jelenségek kielégítő matematikai tárgyalását nyújtsa.

Newton tehát főművében, a már címében is Descartes-tal polemizáló *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687)<sup>67</sup> oldalain hosszasan bírálja elődjét, megmutatva, hogy a karteziánus elvek matematizálása – newtoni keretek között értelmezve – lehetetlen: a rendszer nem volna stabil, valamint sem egészében, sem részleteiben nem felelne meg a megfigyelt jelenségeknek.<sup>68</sup> Newton kritikája döntő szerepet játszott a későbbi tudomány Descartes-ra irányuló megítélésében, amely döntően negatív. Mindazonáltal, ahogy láttuk, a newtoni „szintézis” ténylegesen sok elemet magában foglal antitéziséből, a descartes-i fizikából, hallgatólagosan átörökítve azokat a modern tudományba. Másrészt, bár Newton mechanikája fokozatosan kiszorította az örvényelméletet a XVIII. század első felében, az azt sikerre vivő intuíció később új alakot öltött az ún. ködelméletekben: még ha nem is örvény mozgatja a Naprendszer égitesteit, azok egy örvénylő anyagködből alakultak ki, megőrizve annak általános struktúráját.<sup>69</sup> Vagyis összességében Descartes sokkal sikeresebb fizikus volt, mint sokan állítják.

## Irodalom

Adam, C – Tannery, P., szerk. (1897-1913): *René Descartes, Œuvres*. Tomes I-XII. Paris: Vrin.

<sup>63</sup> A *Principia* II. része utolsó (64.) szakaszának címe: „Nem fogadok el olyan fizikai alapelveket, amelyek nincsenek elfogadva a matematikában is, hogy mindent demonstráció útján bizonyíthassak, amit csak belőlük következtettek, s ezek az alapelvek azért elegendőek, mivel a természet valamennyi jelenségét megmagyarázhatjuk általuk.” (AT VIII, 78; magyar kiadás 114)

<sup>64</sup> *Regulæ ad Directionem Ingenii*. A kritikai kiadásban AT X, 349-469. Magyarul: *Válogatott filozófiai művek*, 97-163.

<sup>65</sup> Descartes „matematikai fizikájának” rekonstruálásakor nagyban támaszkodik erre a műre Gaukroger (1980b).

<sup>66</sup> Fizikájának ezt a „rejtett”, jórészt ismeretlen aspektusát tárja fel Garber (2000).

<sup>67</sup> A cím hangsúlyozza, hogy a természetfilozófia alapelvei bizonyos matematikai jellegűek.

<sup>68</sup> Lásd Erdei-Kutrovácz-Vassányi (2019) fordított szövegét és annak jegyzeteit. Newton kritikáját összefoglalja pl. Snow (1924).

<sup>69</sup> Lásd pl. Wright (1750), Kant (1755), Lambert (1761).

- Aiton, E.J. (1957): *The Vortex Theory of the Planetary Motions—I*. Annals of Science 13. 249-264. <https://doi.org/10.1080/00033795700200131>
- Arthur, R. (2007): *Beeckman, Descartes and the Force of Motion*. Journal of the History of Philosophy 45. 1-28. <https://doi.org/10.1353/hph.2007.0001>
- Barbour, J.B. (1989): *The Discovery of Dynamics: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and the Structure of Dynamical Theories*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Berkel, van K. (2000): *Descartes' debt to Beeckman: inspiration, cooperation, conflict*. In Gaukroger-Schuster-Sutton (2000), 46-59.
- Blackwell, R.J. (1966): *Descartes' Laws of Motion*. Isis 57/2. 220-234. <https://doi.org/10.1086/350115>
- Boros G. (2010): *Descartes és a korai felvilágosodás*. Budapest, Áron Kiadó.
- Boyle, R. (1666): *The origine of formes and qualities, according to the corpuscular philosophy, illustrated by considerations and experiments*. Oxford.
- Bruno, G. (1584): *De l'universo, infinito e mondi*. Velence/London. Magyarul: *A végtelenről, a világegyetemről és a világokról*. Bukarest, Kriterion, 1990. Ford. Szemere Samu.
- Clarke, D.M. (1982): *Descartes' Philosophy of Science*. Manchester, Manchester University Press.
- Damasio, A.R. (1994): *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York, Putnam Publishing. Magyarul: *Descartes tévedése*. Budapest, AduPrint, 1996. Ford. Pléh Csaba.
- Descartes, R. (1637): *Discours de la méthode, Pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences*. Leiden. Magyarul: *Válogatott filozófiai művek*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1980. Ford. Szemere Samu.
- Descartes, R. (1641): *Meditationes de Prima Philosophia, in qua Dei existentia et animæ immortalitas demonstratur*. Párizs. Magyarul *Elmélkedések az első filozófiáról*. Budapest, Atlantisz, 1994. Ford. Boros Gábor.
- Descartes, R. (1644): *Principia Philosophiæ*. Amszterdam. Magyarul (részleges fordítás): *A filozófia alapelvei*. Budapest, Osiris, 1996. Ford. Dékány András.
- Descartes, R. (1664): *Le Monde de M<sup>r</sup> Descartes, ou te traité de la lumière*. Párizs, 1664. Gaukroger, S., ed. (1998): *Descartes: The World and Other Writings*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Descartes, R. (2016): *Dioptrika*. Budapest: Gondolat. Ford. Schmal Dániel, Kékedi Bálint, Tóth Zita Veronika.
- Dick, S. J. (1982): *The Plurality of Worlds. Origins of the Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Erdei I. – Kutrovácz G. – Vassányi M. (2019): *Isaac Newton: Általános Magyarázat – Forrásközlés bevezető tanulmánnyal*. In Olay Cs., Schmal D. (szerk.): *Értelem és érzelem az európai gondolkodásban: Tanulmányok a 60 éves Boros Gábor tiszteletére*. Károli Gáspár Református Egyetem és L'Harmattan Kiadó. 99-112.
- Fontenelle, B. (1686): *Entretiens sur la pluralité des mondes*. Párizs. Magyarul *Beszélgetések a világok sokaságáról*, Helikon, 2005.

- Galilei, G. (1895): *Le opere di Galileo Galilei*, Vol. V. Firenze, Tip. di G. Barbèra.
- Galilei, G. (1896): *Le opere di Galileo Galilei*, Vol. VI. Firenze, Tip. di G. Barbèra.
- Garber, D. (2000): *A different Descartes: Descartes and the programme for a mathematical physics in his correspondence*. In In Gaukroger-Schuster-Sutton (2000), 113-130.
- Gaukroger, S., ed. (1980a): *Descartes. Philosophy, Mathematics and Physics*. Sussex, The Harvester Press.
- Gaukroger, S. (1980b): *Descartes' project for a mathematical physics*. In Gaukroger (1980a), 97-140.
- Gaukroger, S. (1995): *Descartes. An Intellectual Biography*. Oxford, Clarendon Press.
- Gaukroger, S., ed. (1998): *Descartes: The World and Other Writings*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Gaukroger, S. (2002): *Descartes' System of Natural Philosophy*. Cambridge, Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511606229>
- Gaukroger, S. – Schuster, J. – Sutton, J., eds. (2000): *Descartes' Natural Philosophy*. London, Routledge.
- Huygens, C. (1690). *Traité de la Lumière*. Leiden.
- Huygens, C. (1698) *Κοσμοθεωρος, sive de Terris caelestibus, earumque ornatu...* Hága.
- Hübner, K. (1976): *Descartes' rules of impact and their criticism*. In R.S. Cohen, P.K. Feyerabend, M.W. Wartofsky (eds.): *Essays in memory of Imre Lakatos*. Dordrecht, Reidel. 299-310.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-010-1451-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-010-1451-9_19)
- Kant., I. (1755): *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. Königsberg und Leipzig, Johann Friederich Petersen.
- Kepler, J. (1953): *Gesammelte Werke*. München. Band V.
- Koyré, A. (1957): *From the Closed World to the Infinite Universe*. New York, Harper.
- Kuhn, T.S. (1957): *The Copernican Revolution. Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- Kutrovátz G. – Suszta L. – Vassányi M. (2019): *Galilei Csillaghírnöke mint óvatos kiállítás az új világrénd mellett. Forrásközlés bevezető tanulmánnyal*. Világtörténet 9/1. 93-131.
- Lambert, J.H. (1761): *Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues*, Augsburg, Eberhard Klett's Wittib.
- Larmore, C. (1980): *Descartes' Empirical Epistemology*. In Gaukroger (1980a), 6-22.
- Locke, J (1690): *An Essay Concerning Humane Understanding*. London, Eliz. Holt.  
<https://doi.org/10.1093/oseo/instance.00018020>
- Miller, V.R. – Miller, R.P, transl. (1982): *René Descartes: Principles of Philosophy*. Dordrecht: Kluwer.  
<https://doi.org/10.1007/978-94-009-7888-1>
- Newton, I. (1687): *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. London.  
<https://doi.org/10.5479/sil.52126.39088015628399>

- Newton, I. (1756). *Four letters from Sir Isaac Newton to doctor Bentley, containing some arguments in proof of a deity*. London. Magyarul *A világ rendszeréről és egyéb írások*. Budapest, Magyar Helikon, 1977. Ford. Fehér Márta. 309-335.
- Ranea, A.G. (2000): *A 'science for honnêtes hommes': La Recherche de la Vérité and the deconstruction of experimental knowledge*. In Gaukroger-Schuster-Sutton (2000), 313-329.
- Rollin, B.E. (2011): *Putting the Horse before Descartes. My Life's Work on Behalf of Animals*. Philadelphia, Temple University Press.
- Sakellariadis, S. (1982a): *Descartes's Use of Empirical Data to Test Hypotheses*. *Isis* 73, 68-76.  
<https://doi.org/10.1086/352909>
- Sakellariadis, S. (1982b): *Descartes' Experimental Proof of the Infinite Velocity of Light and Huygens' Rejoinder*. *Archive for History of Exact Sciences* 26/1, 1-12.
- Schmal D. (2016): *A Dioptrika helye a descartes-i filozófiában*. In *Descartes* (2016), 109–119.
- Simonyi K. (1986): *A fizika kultúrtörténete*. 3. kiadás. Budapest, Gondolat.
- Snow, A.J. (1924): *Newton's objections to Descartes's astronomy*. *Monist* 34/4, 543-557.  
<https://doi.org/10.5840/monist192434426>
- Wright, T. (1750): *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe, Founded upon the Laws of Nature*, London.
- Zilsel, E. (1942): *The Genesis of the Concept of Physical Law*. *Philosophical Review* 51, 267-270.  
<https://doi.org/10.2307/2180906>

### **Köszönetnyilvánítás**

Ez úton is szeretnék köszönetet mondani Vassányi Miklósnak hasznos megjegyzéseiért és az eme tanulmány kereteit nyújtó közös munkáért.