

Korespondenca med Richardom Bentleyem in Isaacom Newtonom (1691–1693)

Besedila je prevedel Arne Kušej. Strokovno redakcijo prevoda je opravil Matjaž Vesel, ki je napisal tudi večino opomb.

Uredniško poročilo

Korespondenca med Richardom Bentleyem in Isaacom Newtonom je prevedena po *The Correspondence of Isaac Newton*, uredili H. W. Turnbull et al., 7 zv. (Cambridge: Cambridge University Press, 1961), in sicer: »Newtonova navodila Bentleyju katere knjige naj bere, [...] (verjetno julija) poleti 1691«, 3:155–56; »Prvo pismo: Newton piše Bentleyju, 10. decembra 1692«, 3:233–36; »Drugo pismo: Newton piše Bentleyju, 17. januarja 1692/1693«, 3:238–40; »Tretje pismo: Newton piše Bentleyju, 11. februarja 1692/1693«, 3:244; »Četrto pismo: Bentley piše Newtonu, 18. februarja 1692/1693«, 3:246–52; »Peto pismo: Newton piše Bentleyju, 25. februarja 1692/1693«, 3:253–256.

Vse opombe v prevodu so uredniške. Pri pisanju opomb smo se – delno – opirali na opombe v sodobnih izdajah njunih pisem.

Dodatki v <koničastih oklepajih> so prevajalski in naj omogočijo lažje razumevanje besedila. Nekaj števil v [oglatih oklepajih] v »Četrtem pismu« je uredniških, vsi {zaviti oklepaji} v istem pismu pa so Bentleyevi.



¹ Prevod je nastal v okviru raziskovalnega programa P6-0014 »Pogoji in problemi sodobne filozofije«, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

Newtonova navodila Bentleyju katere knjige naj bere, da bo lahko razumel njegovo delo *Matematični principi filozofije narave*, (verjetno julija) poleti 1691

Po razumevanju² Evklidovih *Elementov*³ je treba doumeti elemente presekov stožca. V ta namen lahko preberete bodisi prvi del knjige Jana de Witta *Elementa Curvarum*⁴ bodisi de la Hireovo pozno razpravo o presekih stožca⁵ bodisi povzetek Apolonija dr. Barrowa.⁶

Za algebro najprej preberite Barthinov uvod,⁷ nato pa preglejte probleme, ki jih boste našli razpršene po komentarjih Descartesove *Geometrije* in drugih spisih o algebri Francisa Schootena.⁸ Ne mislim, da bi morali prebrati vse te komentar-

² Newtonova navodila Bentleyju, katere knjige naj bere, da bo lahko razumel njegove *Matematične principe filozofije narave* (*Principia mathematica philosophiae naturalis* [London: Joseph Streater, 1687]).

³ Evklid iz Aleksandrije. V Newtonovi knjižnici so se ohranile naslednje izdaje njegovih *Elementov: Elementorum: Libri XV. graece et latine* (Pariz: Apud H. de Marnef in G. Cavellat, 1573); *Elementorum: Libri XV. breviter demonstrati*, ur. Isaac Barrow (Cambridge: Impensis Guilielmi Nealand Bibliopola, 1655); *Elementorum: Libri XV. breviter demonstrati*, ur. Isaac Barrow (London: J. Redmayne, 1678); *Elementorum: Libri XV. breviter demonstrati*, ur. Isaac Barrow (London: Guil. Redmayne, 1711); *Elements of Geometry: The first VI. books*, prev. Thomas Rudd (London: Richard Tomlins & Robert Boydell, 1651).

⁴ Gl. Jan de Witt, »Elementa curvarum linearum«, v: René Descartes, *Geometria*, ur. Frans van Schooten, 3 zv. (Amsterdam: Elsevier, 1661).

⁵ Newton se sklicuje bodisi na Philippe de la Hire, *Nouveaux éléments des sections coniques: Les lieux géométriques; La construction, ou effections des équations* (Pariz: Pralard, 1679), bodisi na delo istega avtorja, *Sectiones conicæ in novem libros distributæ*, ur. Étienne Michallet (Pariz: Stephanum Michallet, 1685).

⁶ Gl. Isaac Barrow, ur., *Archimedes, Apollonius et Theodosius* (London: Guil. Godbid, 1675).

⁷ Gl. Erasmus Bartholinus, *Selecta geometrica* (København: Literis Georgii Gødiani, 1674).

⁸ Newton je imel v svoji knjižnici latinski prevod Descartesove *Geometrije: Geometria: Á Renato Des Cartes anno 1637 Gallicé edita; nunc autem com notis F. de Beaune, in linguam Latinam vers et commentariis illustrata*, ur. in prev. Frans van Schooten (Leiden: Ioannis Maire, 1649). V njegovi knjižnici se je ohranila tudi druga izdaja, ki je z istim naslovom izšla leta 1659 (ali mogoče do dve leti pozneje) v Amsterdamu. Ta izdaja je vsebovala dodatke treh van Schootenovih učencev, Jana de Witt, Johana Huddla in Hendricka van Heuraeta. Newton je na začetku pisma opozoril na prispevek Jana de Witt, *Elementa curvarum*. Van Schooten je Descartesu pomagal pripraviti ilustracije za prvo izdajo *Geometrije*, ki je izšla kot eden od treh esejev *Razprave o metodi*. V Leidnu je ustanovil šolo – njegovi učenci so bili tudi Christiaan Huygens, Henrik van Heuraet in Johannes Hudde –, ki je bila pomemben dejavnik hitrega širjenja kartezijske geometrije v 17. stoletju. Pod močnim

je, ampak le rešitve tistih problemov, s katerimi se boste srečali tu in tam. Lahko da boste naleteli na de Wittovo knjigo *Elementa curvarum* in Bartholinov uvod, ki sta zvezana skupaj z Descartesovo *Geometrijo* in Schootenovimi komentarji.⁹

Za astronomijo najprej preberite kratek opis kopernikanskega sistema na koncu Gassendijeve *Astronomije*,¹⁰ nato pa toliko Mercatorjeve *Astronomije*, kolikor jo zadeva prav ta sistem, ter dodatek o novih teleskopskih odkritjih na nebu.¹¹

To zadostuje za razumevanje moje knjige; če pa si lahko priskrbite še Huygensovo knjigo *Horologium oscillatorium*,¹² boste z njenim branjem veliko bolj pripravljeni.

Ob prvem prebiranju moje knjige je dovolj, če razumete propozicije z nekaterimi dokazi, ki so lažji od ostalih. Kajti ko boste razumeli lažje, vam bodo ti osvetlili pot k težjim. Ko preberete prvih šestdeset strani, preidite na tretjo knjigo, in ko boste spoznali njeno konstrukcijo, se lahko vrnete k tistim propozicijam, ki jih boste želeli razumeti; lahko pa preberete celotno knjigo po vrsti, če vam to ustreza.

Descartesovim vplivom je napisal *Recueil de calcul pour l'intelligence de la Geometrie de Monsr des Cartes*, kratko delo o simbolni algebri, ki je izšlo leta 1639. Leta 1646 je v Leidnu izšlo tudi njegovo delo *De organica conicarum sectionum in plano descriptione, tractatus*, ki je bilo kasneje ponatisnjeno v njegovi najpomembnejši knjigi *Exercitationes mathematicae libri quinque* (Leiden: Elsevirius, 1657). Delo vsebuje dodatek o verjetnostnem računu *De ratiocinis in ludo aleae*, ki ga je napisal Christiaan Huygens. Newton je imel to knjigo v svoji knjižnici.

⁹ Gl. prejšnjo opombo.

¹⁰ Gl. Pierre Gassendi, *Institutio astronomica, iuxta hypothesis tam veterum, quam Copernici, et Tychois: Dictata à Petro Gassendo ... Eivsdem oratio inauguralis iteratò edita* (Pariz: L. de Heuqueville, 1647).

¹¹ Gl. Nicolaus Mercator, *Institutionum Astronomicarum Libri Duo: De Motu Astrorum Communi Et Proprio, secundum hypotheses veterum & recentiorum praecipuas; [...] Cum tabulis Tychonianis solaribus, lunaribus, lunaesolaribus, et Rudolphinis solis* (London: Guilelmus Godbid, 1676).

¹² Gl. Christiaan Huygens, *Hologium Oscillatorium: Sive de Motu Pendulorum ad Horologia Aptato Demonstrationes Geometricae* (Pariz: F. Muguet, 1673).

Prvo pismo: Newton piše Bentleyju, 10. decembra 1692

Cambridge, 10. decembra 1692

Častitemu dr. Richardu Bentleyju, v hiši worcesterskega škofa na ulici Parkstreet v Westminsteru

Gospod,

ko sem pisal razpravo o mojem sistemu,¹³ sem imel pred očmi takšne principe,¹⁴ ki bi pri razmišljujočih ljudeh lahko pripomogli k veri v božanstvo, in nič me ne more bolj razveseliti kot ugotovitev, da je koristna za ta namen. Če sem s tem javnosti naredil kakršnokoli uslugo, ta ni posledica ničesar drugega kot dela in potrpežljivega mišljenja.

Glede vašega prvega vprašanja mislim sledeče. Če bi bila materija našega Sonca in planetov ter vsa materija vesolja enakomerno razpršena po vseh nébesih¹⁵ in bi vsak delec posedoval svojo vrojeno gravitacijo¹⁶ proti vsem ostalim <delcem> ter bi bil ves prostor, po katerem je ta materija razpršena, le končen, bi materija z obrobja tega prostora zaradi svoje gravitacije težila k vsej materiji v notranjosti <tega prostora> in posledično padla v središče celotnega prostora ter tam tvorila eno veliko okroglo maso. Če pa bi bila materija enakomerno razpršena po neskončnem prostoru, se nikoli ne bi združila v eno maso, temveč bi se en del združil v eno, drugi pa v drugo maso, tako da bi na velikih medsebojnih razdaljah nastalo neskončno število velikih mas, razpršenih po vsem neskončnem prostoru. Ob predpostavki, da bi bila ta materija svetleče narave, bi tako lahko nastali Sonce in zvezde stalnice. Toda to, kako naj bi se materija razdelila na dve vrsti in kako naj bi tisti del <materije>, ki je primeren za sestavo svetlečega telesa, padel v eno maso in naredil Sonce, preostali del, ki je primeren za sestavo temnega¹⁷ telesa, pa se ne bi združil v eno veliko telo, tako kot v primeru svetleče

216

¹³ Tj. delo *Matematični principi filozofije narave (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)*.

¹⁴ Angl. *principles*. *Principle* lahko pomeni »načelo« ali »počelo«.

¹⁵ Angl. *heavens*.

¹⁶ Angl. *innate gravity*. Tudi: »vrojeno težkost«, »težo« ali »težnost«. Gl. tudi zadnji odstavek v »Drugo pismo: Newton piše Bentleyju, 17. januarja 1692/1693«, v tem prispevku, 224.

¹⁷ Angl. *opaque*. Tj. nesvetlečega telesa, telesa, ki ne svetijo z lastno svetlobo.

materije, ampak v mnogo majhnih teles, ali kako, če bi bilo Sonce sprva nesvetleče telo, kot so planeti, ali bi bili planeti svetla telesa, kot je Sonce, bi se samó to <Sonce> spremenilo v svetleče telo, medtem ko bi bili vsi oni <planeti> še naprej nesvetleči, ali pa bi bili vsi ti <planeti> spremenjeni v nesvetleča telesa, medtem ko bi ono <Sonce> ostalo nespremenjeno, se mi ne zdi razložljivo zgolj z naravnimi vzroki, temveč sem primoran <vzrok> pripisati načrtom in iznajdbi voljnega dejavnika.

Ista moč, najsibo naravna ali nadnaravna, ki je umestila Sonce v središče med šest primarnih planetov, je umestila Saturn v središče orbit njegovih petih sekundarnih planetov, Jupiter v središče njegovih štirih sekundarnih planetov in Zemljo v središče Lunine orbite. Če bi bil vzrok za to slep, brez zamisli ali načrta, bi bilo Sonce posledično iste vrste telo kot Saturn, Jupiter in Zemlja, torej brez svetlobe in toplote. Ne poznam drugega razloga za to, da je v našem sistemu samo eno telo, ki daje svetlobo in toploto vsem ostalim, kot istega, da se je ustvarjalcu¹⁸ tega sistema to zdelo primerno. In ne poznam drugega razloga za to, zakaj obstaja le eno telo te vrste, kot tistega, da je eno zadostovalo za ogrevanje in osvetljevanje vseh ostalih <teles našega sistema>. Kajti kartezijanska hipoteza o soncih, ki izgubljajo svojo svetlobo in se nato spremenijo v komete, kometi pa v planete, ne more imeti mesta v mojem sistemu in je očitno napačna, saj je gotovo, da se <kometi> vsakič, ko se nam prikažejo, spustijo v sistem naših planetov nižje od Jupitrove orbite, včasih tudi nižje od Venerine in Merkurjeve orbite, a nikoli ne ostanejo tam, temveč se vedno odmaknejo od Sonca z enakimi količinami gibanja,¹⁹ s katerimi so se mu približali.

Na vaše drugo vprašanje odgovarjam, da gibanja, ki jih imajo trenutno planeti, ne bi mogla vznikniti izključno zaradi nekega naravnega vzroka, ampak jih je <moral vanje> vtisniti umni dejavnik. Ker se kometi spuščajo v območje naših planetov in se tu gibljejo na različne načine, včasih v enaki smeri kot planeti, včasih v nasprotni smeri, včasih navzkrižno, v ravninah, nagnjenih na ravnino ekliptike, in pod različnimi koti, je jasno, da ne obstaja naravni vzrok, ki bi lahko določil, da bi se vsi planeti, tako primarni kot sekundarni, gibali na enak način in v isti ravnini, brez znatnih odstopanj.

¹⁸ Angl. *author*.

¹⁹ Angl. *degrees of motion*.

To je morala biti posledica načrta. Prav tako ne obstaja noben naravni vzrok, ki bi lahko planetom podelil te ustrezne stopnje hitrosti, ki so sorazmerne z njihovo oddaljenostjo od Sonca in drugih osrednjih teles ter so potrebne za njihovo gibanje v takšnih koncentričnih orbitah okoli teh <osrednjih> teles. Če bi bili planeti sorazmerno z njihovo oddaljenostjo od Sonca tako hitri kot kometi (kot bi bili, če bi bilo njihovo gibanje posledica njihove gravitacije, tako da bi materija ob prvem tvorjenju planetov padala z oddaljenih območij proti Soncu), se ne bi gibali v koncentričnih,²⁰ temveč po takšnih ekscentričnih²¹ orbitah, po kakršnih se gibljejo kometi. Če bi bili vsi planeti tako hitri kot Merkur, ali pa tako počasni kot Saturn oziroma njegovi sateliti, ali če bi bile njihove posamezne hitrosti veliko večje ali manjše, kot so <sedaj>, kar bi lahko bile v primeru, če bi nastale zaradi kateregakoli drugega vzroka, kot so njihove gravitacije, ali če bi bile pri enakih hitrostih razdalje od središč, okoli katerih se gibljejo, večje ali manjše, kot so, ali če bi bila količina materije v Soncu ali v Saturnu, Jupitru in Zemlji ter posledično njihova gravitacijska moč večja ali manjša, kot je, primarni planeti ne bi mogli krožiti okoli Sonca, sekundarni pa ne okoli Saturna, Jupitra in Zemlje v koncentričnih krogih, kot se <dejansko> gibljejo, temveč bi se gibali v hiperbolah, parabolah ali zelo ekscentričnih elipsah. Zato je bil za izdelavo tega sistema z vsemi njegovimi gibanji potreben vzrok, ki je razumel in primerjal količine materije v različnih telesih Sonca in planetov ter <različne> gravitacijske moči, ki iz tega izhajajo, različne razdalje primarnih planetov od Sonca in sekundarnih od Saturna, Jupitra in Zemlje, in <različne> hitrosti, s katerimi bi lahko ti planeti krožili okoli količin materije v osrednjih telesih. Primerjava in uravnavanje vsega tega pri tako velikem številu raznolikih teles dokazuje, da vzrok ni slep in naključen, temveč zelo večš mehanike in geometrije.

218

Na vaše tretje vprašanje odgovarjam, da si je mogoče predstavljati, kako Sonce s tem, ko najmočneje segreva tiste planete, ki so mu najbližje, povzroči, da so ti bolje prekuhani²² in zaradi prekuhavanja bolj zgoščeni kot drugi. Toda ko pomislim, da notranjost naše Zemlje, ki se nahaja pod njeno zgornjo skorjo, mnogo močneje segrevajo podzemne fermentacije mineralnih teles kot pa Sonce, ne

²⁰ Tj. sosrednih.

²¹ Tj. izsrednih.

²² Angl. *concocted*. Izraz izvira iz latinskega glagola *concoquere*, ki dobesedno pomeni skupaj (*con-*) skuhati ali segreti (*coquō*). Baileyjev angleški etimološki slovar iz leta 1730 opredeli *concoction* kot »skupno vretje« (*a boiling together*). Gl. Nathaniel Bailey, *Dictionarium Britannicum* (London: T. Cox, 1730).

vidim razloga, zakaj se ne bi notranja dela Jupitra in Saturna segrevala, predelovala in zgoščevala zaradi enakih fermentacij kot naša Zemlja in zakaj različna gostota <materije v planetih> ne bi mogla imeti nekega drugega vzroka kot pa različne oddaljenosti planetov od Sonca. Če upoštevamo, da planeta Jupiter in Saturn nista le redkejša, temveč tudi neprimerljivo večja od ostalih planetov, da vsebujeta veliko večjo količino materije in da imata okoli sebe mnogo satelitov, je moje prepričanje potrjeno. Te značilnosti zagotovo niso vzniknile kot posledice tega, da sta tako zelo oddaljena od Sonca, ampak so nasprotno razlog, da ju je Stvarnik postavil na tako veliki razdalji. Kajti, kot sem ugotovil na podlagi nekaterih nedavnih opazovanj gospoda Flamsteeda,²³ planeta zaradi svojih gravitacijskih moči zelo razvidno vplivata na gibanje drug drugega. Če bi bila postavljena veliko bližje Soncu in drug drugemu, bi z enakimi <gravitacijskimi> močmi povzročila precejšnje motnje v celotnem sistemu.

Na vaše četrto vprašanje odgovarjam, da bi po mojem mnenju naklon Zemljine osi v hipotezi o vrtincih²⁴ lahko pripisali stanju Zemljinega vrtinca, preden so ga zajeli sosednji vrtinci in preden se je Zemlja spremenila iz sonca v komet. Toda naklon Zemljine osi bi se moral stalno zmanjševati v skladu z gibanjem Zemljinega vrtinca, katerega os ima veliko manjši naklon glede na ravnino ekliptike, kot je to razvidno iz gibanja Lune, ki jo nosi v njem.²⁵ Tudi če bi Sonce s svojimi žarki lahko premikalo planete, ne vidim, kako bi s tem lahko vplivalo na njihova dnevna gibanja.

Nazadnje odgovarjam, da v naklonu Zemljine osi ne vidim nič posebnega, kar bi dokazovalo božanstvo, razen če boste naklon predstavili kot iznajdbo za ustvarjanje zime in poletja ter za to, da je Zemlja primerna za bivanje tudi v bližini <Zemljinih> tečajev, in za to, da dnevni obrati Sonca in planetov, ki bi težko nastali zaradi kateregakoli povsem mehanskega vzroka, skupaj z na enak način določ-

²³ Gl. pismo Johna Flamsteeda Isaacu Newtonu, 24. februarja 1691/1692, v: *The Correspondence of Isaac Newton*, ur. H. W. Turnbull (Cambridge: Cambridge University Press, 1959–78), 3:199–203.

²⁴ Gre za Descartesovo teorijo vrtincev nebesne materije, s katero je pojasnjeval številne nebesne pojave. Dopisovanje med Huygensom in Leibnizem jeseni leta 1692 priča o tem, da je bila ta še vedno aktualna tudi v Newtonovi dobi, saj je noben od njiju ni zavrgel, temveč sta jo skušala razumeti v luči Newtonove teorije gravitacije in rezultatov, ki so sledili iz nje.

²⁵ Luno po Descartesu nosi oz. premika vrtinec, ki je tudi vzrok gibanja Zemlje.

nimi letnimi in mesečnimi gibanji, tvorijo tisto harmonijo v sistemu, ki je bila, kot sem razložil zgoraj, posledica izbire in ne naključja.

Obstaja še en argument za božanstvo, ki je po mojem mnenju zelo močan. Toda dokler principi, na katerih je utemeljen, niso bolje sprejeti, se mi zdi pametneje, da ga pustimo ob strani.

Vaš ponižni služabnik,
Isaac Newton

Drugo pismo: Newton piše Bentleyju, 17. januarja 1692/1693

Cambridge, 17. januarja 1692/1693

Za Gospoda Bentleyja, v palači v Worcestru

Gospod,

strinjam se z vami,²⁶ da bi v primeru, če bi se materija, enakomerno razpršena po končnem vesolju, ki ni okrogle oblike, sesedla v trdno maso, ta masa prevzela²⁷ obliko celotnega vesolja, a le ob predpostavki, da ne bi bila mehka, kot je bil stari kaos, temveč od začetka tako trda in trdna, da ne bi mogla podleči pritiskanju teže njenih izbočenih delov. Toda s pomočjo potresov, ki bi razrahljali dele te trdne <mase>, bi se lahko izbočeni deli zaradi svoje teže včasih pogreznili, s tem pa bi se masa postopoma približala okrogli obliki.

Razlog, zakaj bi se materija, ki je enakomerno razpršena po končnem prostoru, zbrala na sredini, pojmuje enako kot jaz. Vendar to, da bi bil osrednji delec tako natančno postavljen na sredino, da bi ga <telesa in telesca> vedno enako privlačila z vseh strani in bi zato ostal brez gibanja, se mi zdi enako neverjetna predpostavka, kot da bi trdili, da je najostrejša igla pristala pokončno na svoji konici na površini zrcala. Kajti če matematično središče osrednjega delca ni natanko v samem matematičnem središču privlačne moči celotne mase, potem <telesa in telesca> ne bodo enako privlačila tega delca z vseh strani.

Še težje pa je predpostaviti, da bi bili vsi delci v neskončnem prostoru tako natančno razporejeni med seboj, da bi mirovali v popolnem ravnovesju. Po mo-

²⁶ Newton odgovarja na vprašanje, ki mu ga je zastavil Bentley v svojem drugem pismu, ki ga je Newtonu poslal v obdobju med prvim Newtonovim pismom iz 10. decembra 1692 in pričujočim pismom. Na to lahko sklepamo na podlagi zadnjega odstavka v »Tretje pismo: Newton piše Bentleyju, 11. februarja 1692/1693«, v tem prispevku, 225.

²⁷ *Angl. affect.* Gl. Isaac Newton, *Opticks: Or, a treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light* (London: William Innys, 1730), 31. vprašanje, 395: »Kapljice vsake tekočine privzamejo okroglo obliko zaradi medsebojne privlačnosti njihovih delov, tako kot obla Zemlje in morja privzame okroglo obliko zaradi vzajemne privlačnosti njenih delov« (*The Drops of every fluid affect a round Figure, by the mutual Attraction of their Parts, as the Globe of the Earth and Sea affects a round Figure by the mutual Attraction of its Parts by Gravity*).

jem mnenju je to tako neverjetno, kot da bi točno na konico postavili ne le eno iglo, ampak neskončno število igel (tj. tolikšno število igel, kolikor je delcev v neskončnem prostoru). Vseeno pa priznam, da bi bilo to mogoče vsaj z božjo močjo; in če bi bili delci enkrat tako postavljeni, se strinjam z vami, da bi večno vztrajali v tem nepremičnem položaju, če jih ista moč ne bi spravila v novo gibanje. Ko sem rekel, da bi se materija, enakomerno razporejena po vsem vesolju, zaradi svoje gravitacije zbrala v eno ali več velikih mas, sem torej imel v mislih materijo, ki ne miruje v natančnem <ali popolnem> ravnovesju.

V naslednjem odstavku vašega pisma argumentirate, da je vsak delec materije v neskončnem prostoru na vseh straneh obkrožen z neskončno količino materije, da ga ta posledično enako privlači z vseh strani in da mora zato biti v ravnovesju, saj so vse neskončnosti enake. Vendar ste posumili, da je v tem argumentu paralogizem;²⁸ tudi sam mislim, da je paralogizem v stališču, da so vsa neskončna števila enaka. Večina ljudi obravnava neskončnosti na zgolj nedoločen način in tako pravijo, da so vse neskončnosti enake, čeprav bi bilo pravilneje reči, da niso niti enake niti neenake in da med njimi ni nobene gotove razlike ali razmerja. V tem smislu torej ni mogoče sklepati o enakosti, razmerjih ali razlikah med <neskončnimi> stvarmi; in tisti, ki to poskušajo storiti, običajno zapadejo v paralogizme. Tako ljudje tudi nasprotujejo neskončni deljivosti količine, češ da če lahko en palec²⁹ razdelimo na neskončno število delov, bo vsota teh delov en palec, in če lahko en čevelj³⁰ razdelimo na neskončno število delov, mora biti vsota teh delov en čevelj, in ker so torej vsa neskončna števila enaka, morajo biti te vsote enake, torej en palec enak enemu čevlju.

Zmotnost sklepa kaže na napako v premisah, napaka v premisah pa je v stališču, da so vse neskončnosti enake. Zato obstaja drugačen način obravnave neskončnosti, ki ga uporabljajo matematiki. Ti jo obravnavajo z določenimi zamejitvami in omejitvami, na podlagi katerih lahko neskončnostim pripišemo določene medsebojne razlike in razmerja. Dr. Wallis obravnava neskončnosti na ta način v svoji knjigi *Arithmetica Infinitorum*,³¹ v kateri z različnimi razmerji med

²⁸ Tj. napaka v sklepanju.

²⁹ Angl. *inch*.

³⁰ Angl. *foot*.

³¹ Gl. John Wallis, *Arithmetica Infinitorum, sive Nova Methodus Inquirendi in Curvilinearum Quadraturam* (Oxford: L. Lichfeld, 1656).

neskončnimi vsotami ugotovi različna razmerja med neskončnimi velikostmi.³² Matematiki v splošnem dopuščajo tovrsten način argumentacije, ki pa ne bi bila veljavna, če bi bile vse neskončnosti enake. V skladu s takim načinom obravnavanja neskončnosti bi vam matematik povedal, da je v enem čevlju, čeprav je v enem palcu neskončno število neskončno majhnih delov, v njem dvanajstkrat več tovrstnih delov, tj. neskončno število tovrstnih delov v enem čevlju ni enako, temveč je dvanajstkrat večje od neskončnega števila teh delov v enem palcu.³³ Tako vam bo matematik povedal, da če bi telo stalo v ravnovesju med katerikoli dvema enakima in nasprotujočima si neskončnima privlačnima silama in če bi katerikoli od teh sil dodali novo končno privlačno silo, bi ta nova <sila>, najsi še tako majhna, porušila ravnovesje in spravila telo v enako gibanje, v kakršno bi ga sicer spravila, če bi bili ti dve nasprotujoči si enaki sili le končni ali celo nični, tako da v tem primeru obe enaki neskončnosti postaneta neenaki z dodatkom končne sile h katerikoli od njiju. Na ta način moramo računati, da bi iz obravnav neskončnosti vedno izpeljali resnične sklepe.

Na zadnji del vašega pisma odgovarjam, prvič, da če bi bila Zemlja (brez Lune) umeščena kamorkoli, kjer bi imela središče v *Orbis Magnus*,³⁴ in bi tam mirovala brez kakršnekoli gravitacije ali projekcije, nato pa bila naenkrat napolnjena tako z gravitacijsko energijo, usmerjeno proti Soncu, kot tudi s prečnim impulzom ustrezne količine, ki bi jo premikal naravnost po tangenti na *Orbis Magnus*, bi po mojem mnenju spoj tega privlaka in projekcije povzročil kroženje Zemlje okoli Sonca. Toda prečni impulz bi moral biti ustrezne količine, kajti če bi bil prevelik ali premajhen, bi povzročil gibanje Zemlje po neki drugi črti. Drugič, ne poznam nobene sile v naravi, ki bi lahko povzročila to prečno gibanje brez posredovanja božje roke. Blondel nam nekje v svoji knjigi o bombah pove,³⁵ da Platon trdi, da je gibanje planetov takšno, kot da bi jih vse ustvaril Bog v nekem območju, ki je bilo zelo oddaljeno od našega sistema in jih od tam pustil padati proti Soncu, takoj, ko so prispeli do svojih orbit, pa se je njihovo padajoče gi-

³² Angl. *magnitudes*.

³³ En čevlj meri dvanajst palcev.

³⁴ Tj. v središču Zemljine orbite okoli Sonca.

³⁵ Gl. François Blondel, *L'Art de Jetter les Bombes* (Pariz: Nicolas Langlois, 1683). Galileo Galilei pripisuje takšno trditev Platonu. Gl. Galileo Galilei, *Systema cosmicum* (Strasbourg: Elzevier, 1635), 12; Galileo Galilei, *Dialog o dveh glavnih sistemih sveta*, prev. Mojca Mihelič (Ljubljana: Založba ZRC, 2009), 27. Gl. tudi »Četrto pismo: Bentley piše Newtonu, 18. februarja 1692/1693«, v tem prispevku, 234.

banje obrnilo vstran in se spremenilo v stransko gibanje. In to drži, če predpostavimo, da je bila gravitacijska moč Sonca v tistem trenutku, ko so vsi planeti prispeli do svojih orbit, dvojna. A potem je tu potrebna tudi božja moč, in sicer v dveh ozirih: za to, da se spuščajoča gibanja padajočih planetov spremenijo v stranska gibanja, in za to, da se hkrati podvoji privlačna moč Sonca. Gravitacija torej lahko spravi planete v gibanje, vendar pa jih brez božje moči nikoli ne bi mogla spraviti v takšno krožno gibanje, kot ga imajo okoli Sonca. In tako sem zaradi tega in tudi drugih razlogov primoran pripisati ustroj tega sistema umnemu dejavniku.

Včasih govorite o gravitaciji, kot da je za materijo bistvena in ji je inherentna.³⁶ Prosim, ne pripisujte mi tega pojmovanja, saj se ne želim pretvarjati, da vem, kaj je vzrok gravitacije, in bi za razmislek o tem potreboval več časa. Skrbi me, da se vam bo to, kar sem povedal o neskončnostih, zdelo nejasno; vendar je dovolj, če razumete, da neskončnosti, kadar jih obravnavamo absolutno, brez kakršnihkoli zamejitev ali omejitev, niso niti enake niti neenake, niti nimajo kakršnegakoli določenega medsebojnega razmerja, in da je zato princip, da so vsa neskončna števila enaka, nezanesljiv.

Gospod,
sem vaš ponižni služabnik,
Isaac Newton

³⁶ Gl. tudi »Prvo pismo: Newton piše Bentleyju, 10. decembra 1692«, v tem prispevku, 216, in zadnji odstavek v »Tretje pismo«, 225.

Tretje pismo: Newton piše Bentleyju, 11. februarja 1692/1693

Cambridge, 11. februarja 1693

Gospodu Bentleyju, v palači v Worcestru

Gospod,

ker je hipoteza o izpeljavi ustroja sveta iz materije, ki je enakomerno razporejena po nebu, na podlagi mehaničnih načel neskladna z mojim sistemom, sem o njej razmišljal zelo malo, preden so me nanjo opozorila vaša pisma.³⁷ Zato bom o tem napisal še eno ali dve vrstici, če še ni prepozno, da bi vam tako koristil.

V svojem prejšnjem pismu sem pojasnil, da dnevnih vrtenj planetov ni mogoče izpeljati iz gravitacije, ampak je za njihov nastanek potrebna božja roka, da jih vtisne [planetom]. Čeprav gravitacija lahko podeli planetom gibanje spuščanja proti Soncu, bodisi gibanje premega spuščanja bodisi spuščanja z majhnim naklonom, so stranska gibanja, s katerimi se planeti vrtijo vsak po svoji orbiti, zahtevala božjo roko, ki jih je vtisnila v skladu s položajem tangent na njihovih orbitah. Zdaj bi dodal,³⁸ da hipoteza, da je bila materija sprva enakomerno razporejena po nebu, po mojem mnenju implicira božanstvo, saj ni skladna s hipotezo o vrojeni gravitaciji, če ne predpostavimo nadnaravne moči, ki bi ju uskladila. Kajti če bi obstajala vrojena gravitacija, ne bi bilo mogoče, da bi se sedaj materija Zemlje ter <materija> vseh planetov in zvezd brez nadnaravne moči dvignila iz <planetov in zvezd> in se enakomerno razporedila po vsem nebu. Zagotovo pa se to, kar se ne more zgoditi brez nadnaravne moči v prihodnosti, tudi ni moglo zgoditi nikoli prej brez iste moči. Spraševali ste,³⁹ ali ne bi materija, enakomerno razporejena po končnem prostoru, ki ni okrogle oblike, s padanjem proti osrednjemu telesu povzročila, da bi bilo to telo enake oblike kot ves prostor, in odgovoril sem, da to drži. Toda v mojem odgovoru je treba predpostaviti, da se materija spušča naravnost navzdol k temu telesu in da to telo nima dnevnega vrtenja.

225

³⁷ Gl. »Prvo pismo«, 216.

³⁸ Nadaljevanje odgovora na Bentleyjevo prvo vprašanje, gl. »Prvo pismo«, 216–17.

³⁹ Gl. tudi »Drugo pismo«, 221.

To je vse, kar sem želel dodati mojima prejšnjima pismoma.
Vaš najponižnejši služabnik,
Isaac Newton

Četrto pismo: Bentley piše Newtonu, 18. februarja 1692/1693

18. februarja 1693

Spoštovani gospod,

ker sem razumel, da lahko objavo mojih pridig zavlečem brez kakršnekoli škode za knjigarnarja, sem jih zadržal pri sebi in jih bom zadržal še malo dlje. Čeprav je bilo v njih še nekaj zadev, pri katerih bi se odrekel precejšnji vsoti za vaše mnenje, si vendarle nisem več upal prekinjati vaših plemenitih misli z vprašanji neznanca. Toda vaša nepričakovana in prostovoljna naklonjenost v zadnjem pismu me spodbuja, da vas prosim, da pregledate izvleček in oris moje prve neobjavljene pridige⁴⁰ in me seznanite s tem, kar v njej ni v skladu z resnico in vašo hipotezo. Zelo bi me pomirilo, če bi mi tako ustregli dokler so razprave še v mojih rokah.

V 6. pridigi sem dokazal, da sedanji sistem sveta ne bi mogel biti večen, tako da bi bila (kot menijo ateisti) materija večna in bi bilo nekoč vse kaos oziroma bi bila vsa materija enakomerno ali skoraj enakomerno razpršena po svetnih prostorih.⁴¹

Zato v 7. pridigi nadalje pokažem, da se materija v tovrstnem kaosu ne bi mogla naravno združiti v ta ali temu podoben sistem. V ta namen moramo preučiti nekaj sistematičnih pojavov obstoječega sveta, tj. da:

(1) vsa telesa okoli naše Zemlje gravitirajo, tudi tista, ki so v primerjavi z drugimi <telesi> in na ravni svojih naravnih elementov najlažja.

(2) Gravitacija ali teža teles, ki so na enakih razdaljah od središča, je sorazmerna s količino materije <v telesih>.

(3) Gravitacija ni značilna le za zemeljska telesa, temveč je skupna vsem planetom in Soncu. Pravzaprav tudi celotna telesa planetov in Sonca gravitirajo drug proti drugemu. Preprosto povedano, »vsata telesa gravitirajo proti vsem. Ta uni-

⁴⁰ Gre za Benteleyevo sedmo pridigo.

⁴¹ Angl. *mundane spaces*.

verzalna gravitacija ali privlačnost je τὸ φαινόμενον⁴² ali dejstvo, za dokazovanje katerega vas moram napotiti na ... <Newton> dejansko ni želel določiti vzroka in izvora te gravitacije. Toda v nadaljevanju te razprave boste opazili, da sta <vzrok in izvor> onstran vsakega mehanizma ali moči nežive materije in da morata izhajati iz višjega principa ter božje energije in vtisa⁴³.« {To sem na dolgo napisal zato, da ocenite, ali sem dovolj obziren glede tega, kako vključujem vaše ime v dotično razpravo.}⁴⁴

(4) Če je gravitacija sorazmerna s količino materije, potem moramo nujno priznati obstoj vakuuma.

(5) Poleg tega moramo oceniti, kakšno je razmerje med <količino> praznega prostora in trdne mase v našem sistemu. Rafinirano zlato (ki je tudi samo porozno, ker je topno v živem srebru in zlatotopki in ker je skoraj povsem nemogoče, da bi bile oblike njegovih korpuskul prilagojene za popolni stik) in navadna voda sta v razmerju 19 : 1, voda in navadni zrak pa v razmerju 850 : 1; torej sta zlato in zrak v razmerju 16.150 : 1, [količina] praznega prostora v teksturi⁴⁵ navadnega zraka pa je tako 16.150-krat večja od [količine] trdne mase. In ker ima zrak elastično težnjo po razširjanju, prostor, ki ga zaseda, pa je vzajemno odvisen od njegovega zgoščevanja, velja, da čim višje je [zrak], tem manj zgoščen in redkejši je, in da na višini nekaj milj vsebuje približno milijon delov praznega prostora v razmerju do enega realnega [dela] telesa. Na višini enega Zemljinega polmera (kot je izračunal ...) pa je tako redek, da bi krogla našega navadnega zraka (ki že vsebuje 16.150 delov praznega prostora), razširjena v skladu z redkostjo tega območja, bila večja kot celotna krogla Saturna, ki je več milijonkrat večja od celotne Zemljine krogle. Še višje od tega se redčenje postopoma povečuje *in immensum*,⁴⁶ tako da lahko celotno notranjost firmamenta,⁴⁷ z izjemo Sonca, planetov in njihovih atmosfer, obravnavamo kot eno samo praznino.

⁴² Tj. pojav.

⁴³ Angl. *impression*.

⁴⁴ Vsi zaviti oklepaji tu in v nadaljevanju pisma so Bentleyjevi.

⁴⁵ Angl. *texture*. Tudi: »zgradbi«.

⁴⁶ Tj. »neizmerno«.

⁴⁷ Tj. nebesnega svoda ali oboka, ki v tradicionalni filozofiji narave in astronomije zamejuje vesolje.

(6) *Esto hypothesis*,⁴⁸ da je vsaka zvezda stalnica takšna kot Sonce, tako da bo razmerje med praznim prostorom in materijo, ki ga odkrijemo v vrtincu našega Sonca, skoraj enako kot v preostalem svetnem prostoru. {Vem, kaj pravi Kepler v *Epitome Astronomiae* na str. 36,⁴⁹ zato moram vprašati, ali je ta hipoteza dopustna.} Dovolite torej, da je Zemeljska krogla v celoti trdna in gosta ter da je vsa materija našega Sonca, planetov, atmosfer in etra približno 50.000-krat večja od mase Zemlje. Astronomi bodo potrdili, da je naša ocena dovolj primerna. *Orbis Magnus* (ki je širok 7.000 zemeljskih premerov) je 343.000.000.000-krat večji od celotne Zemlje in zato 6.860.000-krat večji od vse materije našega sistema. Toda po nauku o paralaksi (v kopernikanski hipotezi) ne moremo kar tako dopustiti, da bi bil premer firmamenta manjši kot vsota 100.000 premerov *Orbis Magnus*, tako da mora biti celotna notranjost firmamenta (v 3 plic. prop.) 1.000.000.000.000.000-krat večja od *Orbis Magnus* in zato (če to pomnožimo s 6.860.000) 6.860.000.000.000.000.000-krat večja od vse materije našega sistema. Če bi bila vsa ta materija enakomerno razpršena znotraj firmamenta, bi imelo torej vsako telo okoli sebe kroglo praznega prostora, ki je 68600...-krat večja od njegovih lastnih dimenzij, premer krogle pa bi bil več kot 19.000.000-krat daljši od premera korpuskule (če predpostavimo, da je korpuskula kroglasta). Poleg tega bi zaradi krogel drugih enakih korpuskul okoli vsake korpuskule prazen prostor okoli nje postal dvakrat obsežnejši kot je bil, saj bi imel premer, ki bi bil sestavljen iz premera lastne krogle in dveh polmerov krogel, ki pripadajo sosednjima dvema korpuskulama. Tako bi imel vsak atom okoli sebe prazen prostor, ki je 8+68600...-krat večji od atoma, in bi bil (če bi bil okrogel) na razdalji od katerekoli druge [sosednje] korpuskule, ki je 19.000.000-krat večja od nje-gove lastne velikosti. Pod enako predpostavko enakomerne razpršitve na celotni površini prazne krogle okoli vsakega atoma (katere premer je 38.000.000-krat daljši od premera atomov) ne more biti več kot 12 atomov, ki so enako oddaljeni od osrednjega <atoma> in od drug drugega (tako kot je to pri središču in kotih ikozaedra), tako da je nazadnje vsak atom ne le toliko milijonov milijonkrat oddaljen od kateregakoli drugega atoma, ampak je, v primeru, da ga premaknemo in poženemo po tej razdalji (brez privlačnosti ali gravitacije), še toliko več milijonmilijonkrat bolj verjetno, da ne zadene in trči v enega od teh 12 atomov. Razmerje med to praznino in materijo v našem firmamentu lahko velja tudi za vse druge svetne prostore zunaj njega. {Mero *Orbis Magnus* – 7.000 zemeljskih

⁴⁸ Tj. naj velja hipoteza.

⁴⁹ Gl. Johannes Kepler, *Epitome astronomiae Copernicanae* (Linz: Johannes Plancus, 1618), 36.

premerov – in firmamenta – 100.000 premerov *Orbis Magnus* – sem prevzel od Andreasa Tacqueta,⁵⁰ pri čemer gre za zaokrožena števila. Če jih nadomestite z ustrežnejšimi, se lahko izračun hitro spremeni.}

Zavedam se, da bi bilo treba polmerom vrtincev naslednjih zvezd stalnic pripisati polovico premera firmamenta, tako da bi morali prostor vrtinca našega Sonca zmanjšati v razmerju 8 : 1. Ker pa je polmer firmamenta morda večji, kot smo domnevali, menimo, da to zmanjšanje ni vredno obravnave.

(1) Namen vsega tega je pokazati to, kar je (če sprejmemo premise) očitno že na prvi pogled: da ob predpostavki takšnega kaosa nobena količina skupnega gibanja (brez privlačnosti) ne bi mogla povzročiti, da bi se ti raztreseni atomi zbrali v velike mase in se gibali, kot se gibljejo v našem sistemu, saj krožnega gibanja ni mogoče proizvesti po naravni poti, razen če obstaja ali gravitacija ali pa pomanjkanje prostora.

(2) Kar zadeva gravitacijo, je nemogoče, da bi ta bila bistvena za materijo ali sovečna z njo ali da bi jo <materija> pridobila. Ni bistvena za materijo ali sovečna z njo, kajti če bi lahko naš sistem oblikovala gravitacija, bi tudi sam bil večni, kar je v nasprotju z domnevo našega ateista in s tistim, kar smo dokazali v naši prejšnji <točki>. Naj namreč <ateisti> določijo katerikoli trenutek, ko se naj bi materija iz kaosa povezala v naš sistem; v tem primeru morajo trditi, da je pred tem časom materija večno gravitirala, ne da bi se medsebojno povezala, kar je absurdno. {Gospod, poudarjam, da je vaša vljudna pripomba v vašem zadnjem pismu,⁵¹ da je kaos neskladen s hipotezo o inherentni gravitaciji, vključena v ta moj odstavek.} In še: nepojmljivo je, da bi neživa groba materija (brez božjega vtisa) delovala na drugo materijo in vplivala nanjo brez medsebojnega stika, kakor bi morala, če bi bila gravitacija zanjo bistvena ali njej inherentna.

230

(3) Toda tako kot gravitacija ne more biti bistvena za materijo, tako je materija tudi ne more nikoli pridobiti. To je samoumevno, če je gravitacija resnična privlačnost. Če gravitacija ne bi bila resnična privlačnost, se materija ne bi mogla vzpostaviti iz kaosa v sistem, kakršen je naš (gl. 1. odstavek). Tudi sedaj, po nastanku našega sistema, gravitacije ni mogoče razložiti drugače kot s privlačno-

⁵⁰ Gl. Andreas Tacquet, *Opera mathematica* (Antwerpen: I. Meursius, 1669).

⁵¹ Gl. »Tretje pismo«, 225.

stjo. Kot ste pokazali, ne gre za magnetizem. Ne gre niti za učinek vrtnčastega gibanja, ker je <gravitacija> sorazmerna s količino materije. Kajti če bi bila Zemlja votla, ne bi bila teža teles (zaradi vrtncev) v zraku nič manjša, kot če bi bila <Zemlja> do sredice trdna; če bi bil ves prostor Sonca zgolj praznina, ne bi bilo teženje proti Soncu nič manjše, kot če bi bilo <Sonce> gosto telo. A spet: vrtnčasto gibanje brez predhodne gravitacije predpostavlja in zahteva bodisi absolutno polnost bodisi vsaj gosto sestavo eterične materije, kar je v nasprotju s tem, kar je bilo dokazano prej in kar je razvidno iz gibanja kometov. Poleg tega, kot ste pokazali, <vrtnčasto gibanje brez predhodne gravitacije> nasprotuje pojavom počasnejšega gibanja planetov v afeliju⁵² namesto v periheliju⁵³ ter seskvilateralnemu razmerju⁵⁴ med periodičnimi gibanji in njihovimi orbitami. Skratka: če gravitacija ni privlačnost, jo morata povzročiti impulz in stik; toda v skladu s pojavi, ki jih preučuje vaša hipoteza, to ne more biti odgovor na univerzalno privlačnost v vseh razmerah, tako pri stranskem gibanju <planetov> kot tudi pri <njihovem> padajočem <gibanju> itd.

{Gospod, po mojem pojmovanju je univerzalno gravitacijo v vašem nauku tako nemogoče rešiti mehansko, da sem bil močno presenečen, ko sem videl, da me svarite pred tem, da bi vam pripisal to <prepričanje>, saj se ne pretvarjate, da poznate vzrok <gravitacije>. Kar zadeva inherentno gravitacijo, lahko vidite, da je <njen zagovor> povsem v nasprotju z mojim namenom in argumentacijo. Če sem uporabil to besedo, sem to naredil le zavoľo jedrnatosti. Vendar pa si želim, da presodite to, kar sem tukaj podal v ta namen. Malo sem pregledal Huygensovo knjigo *De la Pesanteur*,⁵⁵ ko je ta na novo izšla, in se dobro spomnim, da je ni mogoče uskladiti z vašim naukom. Prebral sem tudi Varignonovo knjigo,⁵⁶ ki ne

⁵² Tj. odsončju.

⁵³ Tj. prisončju.

⁵⁴ Tj. v razmerju ena in pol proti ena.

⁵⁵ Gl. Christiaan Huygens, *Traite de la lumiere. OÙ sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la reflexion, & dans la refraction. Et particulièrement dans l'etrange refraction du cristal d'Islande, par C. H. D. Z. Avec un Discours de la cause de la pesanteur* (Leiden: Pierre Vander Aa, 1690). *Discours de la cause de la pesanteur* vsebuje mehanično razlago gravitacije, temelječo na Descartesovi teoriji vrtncev.

⁵⁶ Gl. Pierre Varignon, *Nouvelles conjectures sur la pesanteur* (Pariz: Jean Boudot, 1690). Varignon je težo telesa, umeščenega blizu zemljine površine razumel kot rezultanto sil delcev v obdajajočem zraku, ki naletavajo (*batter*) na telo z vseh smeri in se gibljejo z veliko hitrostjo (to je lastnost, ki vzpostavlja tekočnost zraka). Niti fine materije (*materia subtilis*), tj. niti zraka (*colonnes d'air*), ki dosežejo telo z vseh smeri zagotovijo komponente sile

le da ne more pojasniti univerzalne gravitacije, temveč jo poleg tega begajo najbolj običajni pojavi. <Varignon> razpotegne dolge niti *materie subtilis*⁵⁷ od vrha Zemljinega vrtinca do Zemlje; vsa telesa, ki so v spodnji polovici, se spuščajo, ker je zgornji del niti daljši, vsa, ki so v zgornji polovici, pa se vzpenjajo zaradi nasprotnega razloga. Toda na sredini med njimi je precej velik prostor ravnovesja, ki je ravnodušen tako do vzpenjanja kot do spuščanja in ki ga imenuje *espace de repose*.⁵⁸ V njem se krožno giblje Luna, ne da bi se pri tem vzpenjala ali spuščala. Naj bo. Zato je v Sončevem vrtincu ves prostor med Merkurjem in Saturnom *espace de repose*, to je mala razdalja za ravnovesje, ki je veliko daljša kot cela polovica niti od Merkurja do telesa Sonca.}

(4) Čeprav bi lahko domnevali, da je gravitacija bistvena za materijo, ali da je vzniknila v materiji, ko je bila ta razpršena v kaosu, pa vseeno nikoli ne bi mogla naravno oblikovati sistema, kot je naš.

([4.]1) Kajti ker je materija končna in ker razsežnost ni materija, mora biti vsota svetne materije sestavljena iz posameznih delov, ki so razdeljeni in razmejeni z vakuumom. Vendar ti deli ne morejo biti pozitivno neskončni, tako kot ne more obstajati dejansko in pozitivno neskončna aritmetična vsota, saj gre za protislovje v izrazih. Lahko rečemo, da imajo vsa telesa neskončno število točk, tako da obstajajo neskončne vsote. V tem primeru so celo vsa števila neskončna, saj vsebujejo neskončno število deležev;⁵⁹ in tudi sami deleži so neskončni. Toda tovrstne točke⁶⁰ niso količine,⁶¹ tako da gre za primer povsem druge vrste. Ali lahko pozitivna vsota vsebuje neskončno število enic, dvojic ali neskončnih *danih* deležev? Ali lahko vsebuje neskončno število deležev⁶² in količin, kot so atomi, o katerih govoriva? Pravim torej, da če je materija končna, se mora nahajati v končnem prostoru. Toda v primeru enakomerne razpršenosti bi se vsa materija zaradi univerzalne gravitacije nato zbrala v eni masi v središču prostora, in tudi če bi bila <materija> še tako zelo neenakomerno razpršena, bi se še vedno zbra-

(tiste, ki so enake dolžine zagotavljajo enako silo). Učinek daljših niti od zgoraj in manjših od spodaj ustvari navzdol usmerjeno rezultantno silo imenovano teža ali težkost.

⁵⁷ Tj. fine materije.

⁵⁸ Tj. prostor mirovanja.

⁵⁹ Angl. *fractions*.

⁶⁰ V originalu lat. *puncta*.

⁶¹ V originalu lat. *quanta*.

⁶² V originalu lat. *quota*.

la v eni masi, čeprav ne v središču svetnega prostora, temveč v središču skupne gravitacije.

([4.]2) Še več, tudi če domnevamo, da se je <materija> nekoč sestavila, bi se v končnem sistemu tudi potem – tudi zdaj – vsa združila skupaj. Dopuščam možnost, da se ne bi vsa združila skupaj, če bi bil ves svet le eno sonce in planeti, ki se gibljejo okoli njega. Toda z večjim številom zvezd stalnic, ki se ne gibljejo druga okoli druge, bi se vse <zvezde stalnice> s svojimi sistemi planetov zbrale v skupnem središču navadne gravitacije, če obstoječega sveta ne bi vzdrževala božja moč.

{Gospod, v končnem svetu, v katerem obstajajo *zunanje* zvezde stalnice, se to vsekakor zdi nujno. Toda če predpostavimo neskončni prostor, vas moram prositi za vaše mnenje. Privzemam vaše stališče, da je v primeru materije, ki je razpršena po neskončnem prostoru, tako težko ohraniti stalno ravnovesje neskončnega števila delcev, kot je težko postaviti neskončno število igel na njihove konice na površini neskončnega zrcala. Če namesto na delce pomislim na zvezde stalnice ali na velike fiksne mase nesvetleče materije, ali ni prav tako težko, da bi takšne neskončne mase v neskončnem prostoru ohranjale ravnovesje in se ne zbrale skupaj? Torej velja, da se naš sistem ne bi mogel ohraniti brez moči Boga, tudi če bi bil neskončen.}

([4.]3) Še več. Tudi če bi v stanju kaosa v materiji vzniknila gravitacija, planeti ne bi mogli pridobiti svojih stranskih gibanj okoli Sonca itd. Če bi [planeti] nastali na istih orbitah, po katerih se trenutno gibljejo, se nikoli ne bi mogli začeti gibati krožno. Etrska materija tega ne bi mogla vtisniti, saj je pretanka in ravnodušna do vzhoda in zahoda, kot je razvidno iz [gibanja] kometov. Gravitacija ne bi mogla delovati na ta način niti pri spuščanju [planetov]. Zato domnevamo, da so planeti nastali v nekih višjih predelih in se najprej spustili proti Soncu, s čimer so pridobili svoje hitrosti. A ti bi se še naprej spuščali proti Soncu, če jim, nasproti tistemu ogromnemu vzgibu,⁶³ s katerim morajo padati tako velika telesa, neka božja moč ne bi dala prečnega gibanja. Tako je v vseh pogledih treba uvesti Boga.

⁶³ Angl. *impetus*.

{Kar se tiče tega, kar navajate iz Blondela,⁶⁴ sem isto prebral v delu Honoréja Fabrija *Astronomia physica*⁶⁵ in v Galilejevem sistemu, str. 10 in 17,⁶⁶ ki dodaja, da lahko po hitrosti Saturna izračunamo, na kakšni razdalji od Sonca je nastal, in sicer glede na stopnje pospeška, ki jih je sam razbral iz napredovanja lihih števil (vendar se je zagotovo motil, ker ni vedel tistega, kar ste kasneje sami pokazali, da se namreč hitrost spuščanja in tudi teža teles zmanjšuje, medtem ko se kvadrat razdalje veča) in da *quam proxime* obstaja takšno razmerje med razdaljami in hitrostmi vseh planetov, kot da bi vsi padali z iste višine. (Toda zdi se, da vi to zavračate,⁶⁷ češ da se mora gravitacija Sonca podvojiti v trenutku, ko [planeti] dosežejo svoje orbite.) Priznam, da nisem mogel uporabiti Galilejevega in Fabrijevega odlomka, ker nisem znal izračunati <razdalje>. O tem sem zato govoril le na splošno, kot je razvidno zgoraj, ker sem vedel, da morajo obstajati določene višine, od koder bi lahko vsak od spuščajočih se <planetov> pridobil svoje sedanje hitrosti. Toda priznam, da če bi lahko razumel to zadevo, ne bi le okraševala te razprave, temveč bi močno izboljšala argumente v prid božji moči. Menim namreč, da je bolj nemogoče, da bi vsi <planeti> naravno nastali na isti razdalji, kot če bi nastali na različnih razdaljah, in [menim], da bil bi čudež vseh čudežev, da bi, če bi [planeti] naravno nastali v takih časovnih razmikih, vsi dosegli svoje orbite v istem trenutku. Če sem prav razumel vašo trditev o podvojitvi privlačnosti Sonca, bi to bilo nujno, kajti če bi Merkur padel prvi in [prvi] dosegel svojo orbito, bi se privlačnost Sonca podvojila, nakar bi se padci nadaljnjih planetov sorazmerno pospešili. To bi porušilo privzeto razmerje med Merkurjevo in njihovo hitrostjo.}

Spoštovani gospod, to je vsebina prejšnje pridige,⁶⁸ naslednja pa je argument za božjo dobroto, ki izhaja iz superiornosti našega sistema nad tistim, kar je bilo nujno po naravni vzročnosti. Upam, da ne bom več imel potrebe, da vas obremenjujem s temi zadevami. Toda gospod, medtem ko to pišem, sem od svojega knjigarja prejel pismo, v katerem me poziva v tiskarno. Dovolite mi, da vas za vaše naslednje pismo prosim za nekaj kratkih namigov glede tega, kaj odobravate in česa ne. Kajti odločil sem se, da bom počakal na vaš odgovor, pa naj bo <knjigar>

⁶⁴ Gl. »Drugo pismo«, 223–24.

⁶⁵ Gl. Honoré Fabri, *Physica, id est, scientia rerum corporearum: Tomus secundus; Continens Tractatum tertium & quartum* (Lyon: Laurentius Annison, 1670).

⁶⁶ Gl. Galilei, *Systema cosmicum*.

⁶⁷ Gl. »Drugo pismo«, 224.

⁶⁸ Tj. sedme, tedaj še neobjavljene pridige oz. predavanja, ki ga je povzel.

še tako glasen. Gospod, iskreno vas prosim, da mi oprostite, ker vas obremenjujem s temi zadevami in ker bom moral povečati vaše breme s še eno drznostjo, saj vas prosim, da mi dovolite, da vam podarim svojih osem skromnih razprav, ko bosta ti zadnji dve javno objavljeni.

Gospod, sem vaš najhvaležnejši in najponižnejši služabnik,
Richard Bentley

Peto pismo: Newton piše Bentleyju, 25. februarja 1692/1693

Cambridge, 25. februarja 1692/1693

Za Gospoda Bentleyja, v palači v Worcestru

Gospod,

ker si želite hiter odgovor, bom na vaše pismo odgovoril kar se da na kratko. Kar se tiče šestih stališč, ki ste jih navedli na začetku pisma,⁶⁹ se z vami strinjam. Vaša predpostavka, da je *Orbis Magnus* širok 7.000 premerov Zemlje, pomeni, da je mera horizontalne paralakse Sonca pol [kotne] minute. Flamsteed⁷⁰ in Cassini sta nedavno ugotovila, da je približno 10'',⁷¹ kar pomeni, da mora biti *Orbis Magnus* širok 21.000 ali bolj zaokroženo 20.000 premerov Zemlje. Obe domnevi sta zadovoljivi, tako da da ni vredno spreminjati vaših števil.

V naslednjem delu vašega pisma navajate štiri druga stališča, ki temeljijo na prvih šestih. Prvo od teh štirih se zdi zelo očitno, če predpostavimo tako splošno pojmovanje privlačnosti, da z njo razumemo vsako silo, s katero si oddaljena telesa prizadevajo priti skupaj brez mehanskega vzgiba.⁷²

Drugo [stališče] se ne zdi tako jasno; lahko namreč trdimo, da so pred sedanjimi svetovi morda obstajali drugi sistemi svetov, pred njimi spet drugi, in tako naprej do vse pretekle večnosti, in da je posledično gravitacija lahko soodvisna od materije in ima od vse večnosti enak učinek kot zdaj, razen če ste kje dokazali, da stari sistemi ne morejo postopoma preiti v nove ali da ta sistem ni nastal iz iztekajoče se materije prejšnjih razpadlih sistemov, temveč iz kaosa materije, ki je enakomerno razpršena po vsem prostoru; kajti mislim, da ste rekli, da je bilo

236

⁶⁹ Gl. »Četrto pismo«, 227–30.

⁷⁰ Gl. John Flamsteed, »Observationes jovis ad duas fixas transeuntis, derbiæ anglorum habitæ mensibus Febr. & martii A. 1672 st. veteri«, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 7, št. 82 (april 1672): 5118, kjer je o opazovanjih Marsa zapisal: »I had the good hap to measure his distances from two Stars the same night; whereby I find, that his Parallax was very small; certainly not 30 seconds: So that I believe, the Suns Parallax is not more than 10 seconds.«

⁷¹ Tj. 10 kotnih sekund.

⁷² Angl. *impulse*.

nekaj takega predmet vaše šeste pridige. Rast novih sistemov iz starih, brez posredovanja božje moči, se mi zdi očitno absurdna.

Zadnji člen drugega stališča mi je zelo všeč. Nepojmljivo je, da bi neživa groba materija delovala na drugo materijo in nanjo vplivala brez medsebojnega stika (brez posredovanja nečesa drugega, kar ni materialno), kot bi moralo biti, če bi bila gravitacija v Epikurjevem smislu [materiji] vrojena in bistvena zanjo.⁷³ To je eden od razlogov, zakaj sem si želel, da mi ne bi pripisali prepričanja o inherentni gravitaciji. Da bi bila gravitacija notranja, inherentna in bistvena za materijo, tako da bi lahko eno telo delovalo na drugo na daljavo v vakuumu, brez posredovanja česa drugega, s čimer in prek česar bi se delovanje in sila prenašala z enega <telesa> na drugo, je zame tako velik absurd, da ne verjamem, da mu lahko nasede katerikoli človek, ki je sposoben filozofskega mišljenja. Gravitacijo mora povzročati dejavnik, ki nenehno deluje v skladu z določenimi zakoni; toda to, ali je ta dejavnik materialen ali nematerialen, sem pustil presoji svojih bralcev.

Četrto trditev, da svet ni mogel nastati samo zaradi inherentne gravitacije, dokazujete s tremi argumenti. Zdi se, da je vaš prvi argument *petitio principii*,⁷⁴ kajti medtem ko so mnogi antični filozofi in drugi, tako teisti kot ateisti, dopuščali, da lahko obstajajo nepreštevni ali neskončni svetovi in kosi materije, vi to zanikate na način, da [argument] predstavljate kot absurden, češ da bi skladno z njim pozitivno obstajala neskončna vsota ali število, kar je protislovje *in terminis*;⁷⁵ toda ne dokažete, da gre pri tem za absurd. Prav tako ne dokažete, da je to, kar ljudje mislijo z neskončno vsoto ali številom, protislovje v naravi, kajti protislovje *in terminis* pomeni zgolj neprimernost izražanja. Stvari, ki jih ljudje razumejo z neprimernimi in protislovnimi izrazi, lahko včasih resnično obstajajo v naravi, brez kakršnegakoli protislovja. Srebrni črnilnik, papirnata svetilka, železni brusni kamen: to so absurdni izrazi, vendar na ta način imenovane stvari v naravi resnično obstajajo. Če bi kdo trdil, da sta število in seštevek v pravem pomenu prešteta in sešteta, medtem ko neskončne in nepreštevne stvari nimajo števila oziroma so, kot običajno rečemo, nepreštevne in neseštevne, in se zato ne smejo imenovati število ali seštevek, se bo izražal na dovolj primeren način in bojim se, da bo vaš argument proti njemu izgubil svojo moč. Če pa kdo uporabi

⁷³ Gl. zadnji odstavek v »Drugo pismo«, 224.

⁷⁴ Angl. *a begging of the question at issue*. Tj. krožen argument.

⁷⁵ Tj. protislovje v izrazih.

besedi število in seštevek v širšem pomenu, tako da z njima razume tudi stvari, ki so v pravem pomenu brez števila in seštevka (kot se zdi, da to počnete vi, ko dopuščate neskončno število točk na črti), bi mu zlahka dopustili uporabo protislovnih izrazov »neštevno število« ali »nepreštevni seštevek«, ne da bi iz tega sklepali o kakršnikoli absurdnosti v stvareh, ki jih s temi besedami mislite. Toda če ste s tem ali katerimkoli drugim argumentom dokazali končnost univerzuma, sledi, da bi vsa materija padala od obrobja [končnega univerzuma] in se zbirala v sredini. Tudi če bi se materija pri padanju lahko strnila v številne okrogle mase, podobne telesom planetov, te pa bi z medsebojno privlačnostjo pridobile naklon v padcu, zaradi katerega bi lahko padle ne na veliko osrednje telo, temveč poleg njega, in se zbrale okoli njega, nato pa se spet dvignile po istih korakih in z isto količino gibanja in hitrosti, s katero so se prej spustile, podobno kot kometi krožijo okoli Sonca, [materija] ne bi mogla nikoli pridobiti krožnega gibanja v koncentričnih orbitah okoli Sonca zgolj zaradi gravitacije.

In tudi če bi bila materija sprva razdeljena na več sistemov in bi bil vsak sistem s pomočjo božje moči urejen tako kot naš, bi se zunanji sistemi spuščali proti najbolj osrednjemu [sistemu], tako da ta ustroj stvari ne bi mogel večno vztrajati brez božje moči, ki jo ohranja, kar je vaš drugi argument. Z vašim tretjim [argumentom] se povsem strinjam.

Kar se tiče Platonovega pasusa, trdim, da ni skupnega mesta, od koder bi lahko vsi planeti, če bi jih pustili padati in bi se ti spuščali z enakomernimi in enakimi gravitacijami (kot predpostavlja Galileo), ob prihodu na svoje orbite pridobili svoje različne hitrosti, s katerimi krožijo zdaj. Če predpostavimo, da je gravitacija vseh planetov proti Soncu takšna, kot je v resnici, in da so gibanja planetov obrnjena navzgor, se bo vsak planet dvignil na dvakratno višino od Sonca. Saturn se bo dvigoval, dokler ne bo dvakrat višje od Sonca kot sedaj in nič višje; Jupiter se bo spet dvignil tako visoko kot sedaj, to je malo nad Saturnovo orbito; Merkur se bo dvignil dvakrat višje kot je sedaj, to je do Venerine orbite, in tako naprej. Potem pa bodo planeti s padanjem iz mest, na katera so se povzpeli, spet prispeli nazaj na svoje orbite z enakimi hitrostmi kot tistimi, ki so jih imeli na začetku in s katerimi sedaj krožijo.

Toda če se takoj, ko se gibanje, s katerim krožijo, obrne navzgor, gravitacijska moč Sonca, zaradi katere je njihov vzpon nenehno upočasnen, zmanjša za polovico, se bodo [planeti] nato nenehno vzpenjali in bodo vsi na vseh enakih

razdaljah od Sonca enako hitri. Ko bo Merkur prišel v orbito Venere, bo enako hiter kot Venera; ko on in Venera prideta v orbito Zemlje, bosta enako hitra kot Zemlja; in enako velja za ostale [planete]. Če se začnejo vsi hkrati vzpenjati in se vzpenjajo po isti črti, se bodo med vzpenjanjem vedno bolj medsebojno približevali, njihova gibanja pa se bodo nenehno bližala izenačenju in bodo na koncu postala počasnejša od vseh predstavljenih gibanj. Predpostavimo torej, da bi se [planeti] vzpenjali, dokler se ne bi drug drugega skoraj dotikali in bi bila njihova gibanja nepredstavljivo majhna ter da bi se njihova gibanja v istem trenutku spet obrnila nazaj ali – kar je skoraj enako – da bi jim v tem trenutku le odvzeli gibanje in jih pustili, da padejo; v tem primeru bi vsi hkrati prispeli na svoje orbite s takšno hitrostjo, kakršno so jo je imeli na začetku; in če bi se njihova gibanja nato obrnila v stran, hkrati pa bi se podvojila gravitacijska moč Sonca, zato da bi bila dovolj močna, da <planete> zadrži na njihovih orbitah, bi <planeti> krožili po <orbitah> tako kot pred vzponom. Če pa se gravitacijska moč Sonca ne bi podvojila, bi se [planeti] v parabolah oddaljili od svojih orbit v najvišje predele neba. Te stvari izhajajo iz mojih *Matematičnih principov filozofije narave*, 1. knjiga, propozicije 33, 34, 36, 37.

Najlepše se vam zahvaljujem za vaše imenitno darilo in za ostalo.
Vaš najponižnejši služabnik,
Isaac Newton