

Kauffeldt, Alfons

Otto von Guericke obrońcą układu Mikołaja Kopernika

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 13/3, 595-607

1968

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



OTTO VON GUERICKE OBRONCĄ UKŁADU MIKOŁAJA KOPERNIKA *

Układ Kopernika odegrał decydującą rolę w procesie kształtowania się nowego przyrodoznawstwa i przewyżczenia scholastyki. Walka o ten układ rozgorzała z całą zaciętością dopiero w pół wieku po ukazaniu się *De revolutionibus orbium coelestium*. Za jej początek można uznać wystąpienie Giordana Bruno¹. To on bowiem szeroko rozpowszechnił wieść o dziele Kopernika w Anglii, Francji i Niemczech, on wskazał daleko idące konsekwencje, do których doprowadza układ Kopernika. Bruno określił gwiazdy stałe jako słońca i środki układów planetarnych podobnych naszemu oraz wypowiedział tezę o nieskończoności świata. Tą tezą podał w wątpliwość nie tylko centralne położenie Ziemi, ale także stworzenie świata przez Boga.

Kościół katolicki do owych czasów nie aprobował co prawda układu heliocentrycznego, ale też nie interesował się nim szczególnie dopóty, dopóki dyskusja nad układem toczyła się w wąskim kręgu uczonych. Jednakże po wystąpieniu Bruna Kościół zajął wobec układu Kopernika stanowisko zdecydowanie wrogie i przedsięwziął środki, by go zwalczyć i zdławić. Giordano Bruno — po 8 latach więzienia, podczas których nieustannie próbowano go zmusić do odwołania poglądów — w 1600 r. w Rzymie został publicznie spalony na stosie. W 1616 r. Kościół umieścił dzieło Kopernika na indeksie. W 1633 r. wytoczył proces Galileuszowi za jego — tak doniosłe w skutkach — opowiedzenie się za układem heliocentrycznym.

Proces okazał się jednak bronią obosieczną, a wymuszone odstępstwo Galileusza — Pyrrusowym zwycięstwem Kościoła. Nieprzewidzianym efektem procesu stało się o wiele silniejsze niż przedtem zogniskowanie uwagi szerokiego ogółu na układzie świata, aż takimi środkami zwalczanym przez Kościół, a bronionym przez Galileusza i Keplera. Wszyscy chcieli oczywiście poznać argumenty, które przedstawiali Galileusz, Kepler i inni. Oddziaływałyby one na współczesnych z pewnością znacznie głębiej, gdyby ciągle jeszcze tylko, jak za czasów Kopernika, chodziło o alternatywę: układ Ptolemeusza czy układ Kopernika? Ale istniały już kolejne, kompromisowe układy geocentryczne, które utrzymać chciały centralne położenie i nieruchomość Ziemi, mimo że równocześnie w pewien sposób czyniły zadość krytyce, jakiej Kopernik poddał układ Ptolemeusza.

* Artykuł nadesłany przez A. Kauffeldta, profesora Wyższej Szkoły Technicznej im. O. von Guerickego w Magdeburgu, z jęz. niemieckiego przełożyła Maria Kolbuszewska. Artykuł ten ukazał się równocześnie w oryginale w „Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Otto von Guericke, Magdeburg”, R. 12, nr 1/1968.

¹ Pogląd taki podziela też E. Rybka; por. jego *Four Hundred Years of the Copernican Heritage*. Kraków 1964, np. ss. 153—154.

Największym uznaniem wśród takich kompromisowych układów cieszył się układ Tychona Brahego, choćby dlatego, że Brahe był znakomitym astronomem i miał ogromny autorytet. Układ świata Tychona Brahego — w którym, tak jak w układzie Ptolemeusza, Ziemia spoczywała, a Słońce i Księżyc ją okrążały, wszystkie zaś planety obiegały Słońce jako punkt środkowy i były przez nie prowadzone wokół Ziemi — usunął w cień układ Ptolemeusza. Potrafił także nieco przytłumić zainteresowanie układem Kopernika. Niepobawiony znaczenia był fakt, że Kopernik do swego układu musiał wprowadzić epicykle; wprawdzie Kepler, przyjmując eliptyczne tory planet, uczynił epicykle niepotrzebnymi i w konsekwencji układ Kopernika stał się jeszcze prostszy niż układ Tychona Brahego — ujęcie to jednak było mało znane. Układ Keplera wymagał zresztą porzucenia zakorzenionego wyobrażenia o idealnie kolistych, równomiernie przebywających torach ciał niebieskich.

Opisana sytuacja trwała jeszcze w połowie XVII w.; po Galileuszu i Keplerze za układem Kopernika nie opowiedział się — z takim naciskiem jak oni — żaden z ówczesnych wielkich badaczy przyrody, ani Kartezjusz, ani Huygens, ani Boyle czy inni. Tym bardziej zatem zasługuje na uwagę, że uczynił to sławny z innego zupełnie tytułu — Otto von Guericke.

Jest to fakt niemalże nieznan. Guerickego jako obrońcy układu Kopernika nie cytowano dotychczas w żadnej z publikacji traktujących o historii tego układu²; i nawet w pracach analizujących działalność Guerickego — ta jej strona nie była do tej pory ani oświetlana, ani podkreślana³.

Ale przeczytajmy w całości dzieło: Otto von Guericke, *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*⁴. Przecież chodzi w nim o świat i jego układ, jego budowę. Rozprawa dyskutuje wszystkie ówczesnie prezentowane układy świata. Ostatnie trzy z siedmiu ksiąg podają — według własnych słów Guerickego — poprawiony układ świata Kopernika. Także w pozostałej części dzieła Guericke opowiada się konsekwentnie za tym układem. Przedstawia go jako jedyny prawdziwy układ i sprowadza każdy z pozostałych znanych wtedy układów do absurdu. Wykorzystuje przy tym zarówno argumenty dawniejsze stosowane już wcześniej przez innych, jak i nowe, znalezione przez samego siebie, łącząc je z innymi nader zręcznie i przekonywająco. Tworzy w ten sposób tak zwarty system argumentów — na wzajem niezależnych, lecz jednak wzajemnie się uzupełniających i wspierających — jakiego nie dał nikt przed nim.

Na pierwszy rzut oka mogłoby zdawać się, że wobec tego tytuł dzieła, który mówi o nowych doświadczeniach z próżnią, nie ma nic wspólnego z treścią rozprawy. W rzeczywistości jest odwrotnie.

Jak pisze Guericke, w trakcie dociekań nad budową świata wstrząsnęła nim przede wszystkim niewyobrazalna rozciągłość wszechświata; ona to

² Por. np.: A. Kauffeldt, *Nikolaus Kopernikus*. Berlin 1954; E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*. Berlin—Göttingen—Heidelberg 1956; H. Baranowski, *Bibliografia Kopernikowska 1509—1955*. Warszawa 1958; G. P. Kuzniecowa, *Ewolucja kartiny mira*. Moskwa 1961; G. Harig, *Die Tat des Kopernikus*. Leipzig—Jena—Berlin 1964; E. Rybka, *op. cit.*

³ Por. np.: F. W. Hoffmann, *Otto von Guericke*. Magdeburg 1874; F. Danemann, *Otto von Guericke's neue „Magdeburgische“ Versuche über den leeren Raum*. W serii: *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften*, nr 59. Leipzig 1894; H. Schimank, *Otto von Guericke. Leben und Werk eines deutschen Ingenieurs*. „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“, 1929, t. 19.

⁴ Amstelodami, Apud Joannem Jansonium a Waesberge, Anno 1672. Dalej cytuję jako *Experimenta Nova*.

rozbudziła w nim nie dające spokoju pragnienie, by przekonać się, czym jest właściwie to, co rozprzestrzenia się pomiędzy ciałami niebieskimi:

„Gdy rozważałem to dłużej, natężając umysł nad budową świata, nie tylko napawały mnie lękiem ciężar i ogromne, nie do ogarnięcia rozumem odległości ciał niebieskich: przede wszystkim przejmowała mnie i pobudzała do nieustannych badań owa niezmierna, rozciągająca się między nimi bezkresna przestrzeń. Czymże bowiem ona jest, wszystko obejmująca i umiejscawiająca? Czy może jakąś ognistą materią kosmiczną, stałą (jak twierdzą arystotelicy) albo płynną (jak sądzą Kopernik i Tycho Brahe), albo jakimś przezroczystym piątym elementem? Albo może ową przestrzenią, której istnienia zawsze zaprzeczano, od wszelkiej materii prózną?”⁵

Doświadczenia, które Guericke przeprowadził, by zyskać poszukiwaną pewność — a które uczyniły go tak sławnym — dotyczyły więc badań nad wszechświatem i miały dowieść, że jest on próżny, wszechobecny i nieskończony. Guericke mu nie chodziło bynajmniej, tak jak Torricellemu, Pascalowi i Boyle'owi, o wąskie, szczegółowe zagadnienie, czy można wytworzyć próżnię i czy nie jest ona niezgodna z naturą. Dla Guerickego przestrzeń to samodzielna kategoria fizyczna, samoistnie, z istoty swej, próżna. Pogląd Guerickego na przestrzeń przeczył zarówno nauce Arystotelesa, jak rozpowszechnionej ówczesznie wśród nowszych badaczy przyrody i filozofów teorii Kartezjusza. Obaj myśliciele wyobrażali sobie świat bez miejsc pustych, wypełniony szczególną kosmiczną substancją czyli eterem; przestrzeń pozbawioną tworzącej ją substancji zwolennicy obu teorii uważali za nonsens.

W obliczu owych panujących podówczas wyobrażeń Guericke poszukiwał wszelkich możliwych argumentów i dowodów, które by potwierdzały jego koncepcję. Dlatego właśnie zainteresowały go pytania: jakiego rodzaju poglądy na przestrzeń leżą u podstaw różnych układów świata oraz jak różne układy dają się pogodzić z jego własnymi pojęciami o przestrzeni. Odpowiedzi na te pytania stały się dlań kryterium prawdziwości oraz aprobaty lub niemożności przyjęcia poszczególnych układów. W rezultacie Guericke stwierdził, że z jego pojęciem o przestrzeni da się pogodzić wyłącznie układ Kopernika; układ Kopernika stanowił zatem, z jego punktu widzenia, dowód prawdziwości jego wyobrażenia o przestrzeni. Toteż nic dziwnego, że Guericke szukał dalszych uzasadnień słuszności tego układu.

U Guerickego zagadnienie przestrzeni i zagadnienie prawdziwego układu świata są nierozdzielne i przenikają się nawzajem. Nie ma więc żadnej sprzeczności między tytułem a treścią cytowanego dzieła. Sam Guericke zresztą na karcie tytułowej wskazuje na daleko sięgającą problematykę: do rozprawy o nowych magdeburskich doświadczeniach z próżnią dołączają się bowiem rozważania „o wadze powietrza wokół Ziemi;

⁵ *Haec, cum diu consideraverim, et simul animum circa Mundi fabricam saepius exercuerim; me non solum tantae illae ingentes horum Mundanorum Corporum moles atque eorum immensae distantiae humano intellectui omnino imperviae, expavescere fecerunt: sed cum primis omnium, me vastum illud intermedium et sine fine Spatium attentum, tenuit perplexum, perpetuumque scrutandi desiderium indidit. Quid nempe illud sit? Cum tamen omnia contineat, locumque ad esse aut subsistere praebet; An forte ignea materia aliqua coelestis, solida (ut statuunt Aristotelici) vel fluida sit? (ut Copernicus et Ticho Brahaeus putant) seu quinta aliqua essentia limpida? vel Spatium ab omnia materia, vacuum scilicet illud semper negatum? Experimenta Nova, s. 54.*

o siłach kosmicznych i układzie planetarnym, jak też o gwiazdach stałych, oraz o przestrzeni owej ogromnej, położonej między i poza nimi”⁶.

Ale zatrzymajmy się przy argumentacji Guerickego za prawdziwością układu Kopernika. Ma ona znaczenie ogólniejsze.

Tak więc na przykład Guericke stawia żądanie, choć nie wyraża go wprost, aby te same pytania, które dotychczas zadawano zazwyczaj tylko w odniesieniu do układu Kopernika — zadano odnośnie do każdego bez wyjątku innego układu. Dla każdego układu należałoby jasno stwierdzić, co wiąże jego składniki, co je wprawia w ruch i w jaki sposób odbywa się ten ruch. Guericke postuluje zarazem, aby odpowiedzi na te czy inne pytania były zgodne z prawami rządzącymi ciałami na ziemi i — z rozsądkiem.

Takich żądań do tej pory nie wysuwano. Uderzyły one w najsłabsze punkty układów geocentrycznych, z których żaden nie dawał się w jakikolwiek sposób pogodzić lub wyjaśnić mechaniką ziemską. Przecież właśnie dlatego usiłowano w tych układach tłumaczyć ruchy ciał niebieskich przy pomocy założeń przypisujących własności *ad hoc* jakimś bądź substancjom kosmicznym lub „zatrudniano” osławione „inteligencje”, które miały troszczyć się o prawidłowość owych ruchów.

Jeden z argumentów za układem Kopernika, a przeciw układowi Ptolemeusza, Guericke wyprowadził bezpośrednio ze swego wyobrażenia o przestrzeni. Przestrzeń była dla niego m.in. absolutnym kontinuum. Toteż nie istniała w niej żadna dyferencjacja miejsca ani żadne rozróżnianie: ani góry, ani dołu; ani w lewo, ani w prawo; ani bliżej, ani dalej itp. W szczególności nie było w tak pojętej przestrzeni żadnego punktu wyróżnionego, a tym samym — żadnego środka świata, żadnych środków epicykli, w ogóle żadnych punktów centralnych i punktów ekscentrycznych. Ponieważ wobec tego nie do przyjęcia były również środki wirów eteru, Guericke zaatakował tym samym argumentem także teorię wirów Kartezjusza i jego zwolenników.

Przeciw uznawaniu jakichś wyróżnionych punktów w przestrzeni Guericke wystąpił i od innej strony. Zwrócił uwagę, że sam punkt, i tylko punkt, w ogóle nie jest w stanie wywierać jakiegokolwiek działania na ciała. Byłoby po prostu absurdem przypisywać punktowi, jak choćby punktowi środkowemu wszechświata w układzie Ptolemeusza, siłę mogącą oddziaływać aż po najdalsze gwiazdy stałe. Oddziaływać na ciała mogą jedynie inne ciała, stwierdził Guericke. Powołał się przy tym na szeroko rozpowszechnione przekonanie — choć wyraził je w ogólniejszej formie, unikając ciasnej, mechanistycznej interpretacji — że ciała oddziaływają na siebie tylko przez bezpośredni kontakt. Uzupełnił i sprecyzował tę myśl dodając, że jedno ciało działa na drugie tym silniej, im jest większe.

W konsekwencji Guericke dochodził do konkluzji, że wyłącznie Słońce może być centrum naszego układu planetarnego i utrzymywać planety w ruchu na ich torach, ono bowiem jest w naszym układzie ciałem największym (był to już wówczas fakt znany i udowodniony). Analogicznie Ziemia znajduje się w centrum toru Księżyca, a Jowisz w centrum torów swoich — dopiero co odkrytych — księżyców. Przecież sam Galileusz, który je odkrył, porównał Jowisza z jego księżycami do Układu Słonecznego

⁶ Pełny tytuł dzieła brzmi: *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio Quibus accesserunt simul certa quaedam De Aeris Pondere circa Terram; de Virtutibus Mundanis et Systemate Mundi Planetario sicut et de Stellis Fixis, ac Spatio illo Immenso, quo tam intra quam extra eas funditur.*

w zmniejszeniu i wskazał jako naoczny dowód prawdziwości układu Kopernika. Guericke poszedł dalej niż Galileusz, biorąc pod uwagę masy ciał niebieskich i odpowiadając sobie na jedno z własnych pytań: dlaczego właśnie Słońce, Ziemia i Jowisz muszą być środkami swoich układów. Odpowiedź implikowała sformułowaną przez Guerickego tezę, że w całym wszechświecie w każdym układzie gwiazdnym środek stanowi zawsze gwiazda największa i o największej masie, okrążana przez planety, zupełnie tak samo jak Słońce w Układzie Słonecznym. Gwiazdy stałe i słońca są środkami układów planetarnych, których składników nie możemy dostrzec wskutek ich nikłych rozmiarów i znikomej siły światła.

Guericke podważył także niektóre inne poglądy, milcząc o przyjmowane do tej pory za udowodnione. Tak więc zaprzeczył zdecydowanie, by siła ciężkości była dążeniem do jakiegokolwiek punktu lub obszaru czy też w ogóle charakterystyczną własnością ciał lub substancji. Jest ona raczej względną własnością rzeczy, wywołaną oddziaływaniem jednych ciał na drugie. Guericke rozróżnił pewną liczbę takich oddziaływań, mających charakter materialny lub niematerialny. Nazwał je *virtutes* — co najlepiej tłumaczyć jako „siły”, rozumiejąc przy tym „siły” w sensie bardziej ogólnym, niż pojęcie sił stosowane w fizyce; przez *virtus* Guerickego trzeba pojmować także „zdolność”, „zdatność” „możność”.

Siłę ciężkości wywołuje, według Guerickego, siła zachowawcza (*virtus conservativa*) Ziemi, Słońca lub innych ciał niebieskich, która ma charakter niematerialny. Guericke wymienia też siły kosmiczne (*virtutes mundanae*), które wiąże z ciałami kosmicznymi. Warto zauważyć, że nie ogranicza ich występowania ściśle do owych ciał, lecz stwierdza, iż mogą emanować je także fragmenty Ziemi: „Nazywamy je [*virtutes mundanae*] siłami kosmicznymi, ponieważ są szczególnie właściwe ciałom kosmicznym, to jest planetom, jak i Ziemi oraz Słońcu itd. (następnie również częściom Ziemi)”⁷. Guericke uzależnia jednak również ciężkość ciała, a dokładniej: wielkość ciężkości, od masy tego ciała, któremu ciężkość nadała siła zachowawcza jakiegoś ciała kosmicznego. Wypadkowa ciężkości zależy zatem, według Guerickego, zarówno od masy poszczególnego ciała, jak od masy ciała kosmicznego, przy czym: „Im więcej jakieś ciało ma materii, a więc: im jest większe, tym bardziej może poddać się działającej nań sile”⁸.

Guericke dał w ten sposób ważne jakościowo sformułowanie późniejszego Newtonowskiego prawa ciężenia powszechnego. Przybliżył się do tego prawa jeszcze bardziej stwierdzając, że wszystkie siły, a więc także siła zachowawcza (*virtus conservativa*), działać mogą z dala od ciała kosmicznego, od którego pochodzą: „Do istoty tych sił należy, że mogą działać na odległość”⁹. Działanie to jednak maleje z przyrostem odległości. Jest to konsekwencja przekonania, któremu Guericke daje wyraz w całym dziele, że materia i wszystko co bierze od niej początek, jest skończone. Dlatego i siły pochodzące od ciał kosmicznych nie mogą sięgać w nieskończoność, lecz tylko do pewnej skończonej, określonej odległości, poza którą zanikają. Każda siła ma oznaczoną granicę swojego działania w przestrzeni.

⁷ *Dicuntur ideo Virtutes Mundanae, quia praecipue de Corporibus Mundanis, Planetis scilicet, ut et Tellure ac Sole etc. (deinde etiam de partibus Telluris) intelligendae sunt. Experimenta Nova, s. 125.*

⁸ *Quo plus corpus aliquod habet materia, id est, quo solidius est, eo plus virtutis potest recipere. Experimenta Nova, s. 126.*

⁹ *Harum Virtutum natura simul est, agere in distans. Tamże.*

Ów zasięg działania nazywa Guericke sferą działania siły, *sphaera activitatis virtutis* (w przytoczonym pojęciu tkwi wiele z tego, co później nazwano „polem”; oczywiście Guericke był daleko jeszcze od takiej interpretacji).

Guericke dochodzi z kolei do bardzo interesujących wniosków. Odległości między ciałami kosmicznymi są tak olbrzymie — stwierdza najpierw jasno i zdecydowanie — że w proporcji do nich sfery działania sił kosmicznych związanych z tymi ciałami są znikome. A to znaczy, że w przestrzeni między ciałami niebieskimi, względnie zakresami ich oddziaływania, nie ma nie tylko żadnych wpływów materialnych, ale i niematerialnych. Zatem w przestrzeni kosmicznej jakiegokolwiek ciała, jakakolwiek materia nie mają ciężkości. Tak więc i gwiazdy czy ich układy nie mają ciężkości: nie wymagając żadnego znikąd podtrzymania, mogą swobodnie unosić się w przestrzeni. Planety i księżyce są utrzymywane przez siłę zachowawczą (*virtus conservativa*) odpowiedniego centralnego ciała niebieskiego, żadna inna podpora jest im już niepotrzebna.

Tę zasadniczą myśl Guericke odnosi również do gwiazd stałych. Nawet najbliższa nam, którą może jest Syriusz, oddalona jest od Układu Słonecznego tak bardzo, że nie dochodzi do nas żadne jej działanie, i odwrotnie, działanie Słońca nie dosięga Syriusza. Jeszcze jednym krokiem w tym samym kierunku rozumowania jest twierdzenie Guerickego, że w ogóle gwiazdy stałe są oddalone jedna od drugiej co najmniej tak, jak Syriusz od Słońca. Nie mogą być zatem wszystkie przypisywane jednej tzw. sferze ani zaliczane do Układu Słonecznego. Świat najprawdopodobniej składa się z nieprzebranej ilości takich wysepek, jak nasz Układ Słoneczny, unoszących się wolno w przestrzeni, niezależnie od siebie i od wszelkich obcych wpływów.

Guericke powołał się tu między innymi na fakt znany od czasu wynalezienia i zastosowania lunety: gwiazdy stałe nawet w najsilniejszych lunetach widać tylko jako punkty pozbawione możliwych do zaobserwowania wymiarów; są zatem dostrzegalne pod takim minimalnym kątem, że muszą być oddalone o wiele bardziej niż dotychczas przypuszczano (jeszcze Tychoński Brahemu zdawało się, że gwiazdy stałe widać jako małe tarcze).

Jeżeli jednak gwiazdy stałe są oddalone rzeczywiście tak bardzo, i do tego jeszcze różnie, argumentował dalej Guericke, to absurdem byłoby przyjąć, że wszystkie okrążają Ziemię w tym samym czasie 24 godzin. Guericke obliczył przykładowo, że gwiazda o paralaksie równej 1" musiałaby wtedy przebiegać 200 000 mil niemieckich (1 mila niemiecka = 7,5 km) na sekundę (byłaby to, jak dziś wiemy, około 5-krotna prędkość światła!). A przecież istnieją i dalsze gwiazdy, których prędkości, przy takim założeniu, musiałyby być jeszcze bardziej szalone. Pozostaje więc tylko zgodzić się na jedną konkluzję: że to Ziemia obraca się w ciągu 24 godzin wokół swojej osi, obiegi zaś gwiazd są ruchami pozornymi. To jedno jedynie wystarczy zarazem, żeby wyjaśnić współbieżność gwiazd tak różnie oddalonych.

Pragniemy przypomnieć i podkreślić, że nie istniały wówczas żadne bezpośrednie dowody obrotu Ziemi, olbrzymiej odległości gwiazd stałych czy obiegu Ziemi wokół Słońca (dopiero w XIX w. po raz pierwszy Bessel wymierzył paralaksę gwiazdy stałej, a Foucault dowiódł obrotu Ziemi przy pomocy paryskiego doświadczenia z wahadłem). Toteż taktyka Guerickego polegała na tym, żeby, z jednej strony, dawać nowe, pośrednie dowody

prawdziwości układu Kopernika, lecz z drugiej strony — wymagać dowodów bezpośrednich od układów innych; w jednym i drugim zakresie starał się wykorzystywać nie podważane, niezaprzeczone fakty i robił to — jak mogliśmy zorientować się z podanych wyżej przykładów — nadzwyczaj zręcznie i z powodzeniem. Prócz tego Guericke, widząc możliwość rozstrzygnięcia jakichś wypadków wątpliwych bądź zdobycia dodatkowych przesłanek, przeprowadzał specjalne doświadczenia.

Tak więc argumenty, którymi Guericke szermował przeciw istnieniu jakiegoś punktu środka świata, odnosi on zarazem do Ziemi. W skali Układu Słonecznego glob nasz jest tym, czym ziarno piasku w skali kuli ziemskiej, w stosunku zaś do świata gwiazd stałych przedstawić ją sobie trzeba jako atom czy po prostu punkt.

Guericke rozważa następnie ruchy planet: co by można o nich sądzić i co mówią na ten temat ustalone fakty. W układzie Ptolemeusza 24-godzinny obrót planet miał być powodowany przez *primum mobile* — „pierwszego sprawcę ruchu”, indywidualne zaś ruchy planet — przez „drugiego sprawcę ruchu”, i to przeciwbieżnego w stosunku do pierwszego. Owym pierwszym i drugim sprawcą były w tym układzie dwie sfery skrajne, wszelki ruch nadawany planetom rozchodził się zatem od zewnątrz do wewnątrz, od obwodu do centrum układu. Guericke postawił pytanie: w jaki sposób planetom mogłyby udzielać się równocześnie dwa ruchy wręcz przeciwne sobie i jaki byłby powód, że indywidualne ruchy danej planety odbywają się tym prędzej, im bardziej planeta jest oddalona od „drugiego sprawcy ruchu”, jednakże najbardziej oddalone odeń ciało, Ziemia, na odwrót, trwać ma w całkowitym bezruchu? Wszystko to przeczy zarówno zdrowemu sensowi, jak doświadczeniu. W zgodzie natomiast ze zdrowym sensem i doświadczeniem pozostaje ocena obiegu wszystkich planet, Ziemi nie wyłączając, wtedy, kiedy przyjąć, że ruch im nadaje — od wewnątrz układu — wspólne dla wszystkich centrum, a więc Słońce: każda z planet (wśród nich Ziemia) ma tym większy czas obiegu, im większa jest jej odległość od centrum. Okresowości planet były znane i nie kwestionowane od starożytności. Dzięki rozważaniom Guerickego stały się dowodem, który jednoznacznie przemawiał za układem Kopernika, przeciw zaś wszystkim układom geocentrycznym.

Problem ruchu planet Guericke stawia również w odniesieniu do układu Tycho Brahego. W układzie tym część planet miała krążyć dookoła Słońca, wprawiana przez nie w ruch za pośrednictwem jakiegoś „fluidu” czy „eterycznego powietrza”. Mogłoby tak dziać się, lecz wyłącznie wtedy, wysunął zastrzeżenie Guericke, kiedy by (jeżeli trzymać się panujących poglądów) całe eteryczne powietrze, znajdujące się między Słońcem i planetami, zostało porwane w ruch i w nim uczestniczyło. Ale przecież wówczas i Ziemia musiałaby zostać porwana przez wirujące eteryczne powietrze, zupełnie tak samo, jak inne planety: Ziemia bowiem, jak każda planeta, w stosunku do tego ruchu eteru byłaby ciałem ekscentrycznym; ciało centralne, środek, stanowi ona wszak w układzie Tycho Brahego tylko względem Słońca. Oto słowa Guerickego:

„[...] nasuwa się pytanie, w jaki sposób w takim, obiegającym Ziemię, układzie mogłoby występować ruch, jeżeli by nie poruszała się cała lekka materia czy substancja, którą Tycho zwie powietrzem eterycznym, ale też jak Ziemia zostałaby odizolowana od zbliżających się do niej cząsteczek owej materii. Gdy wiruje bowiem układ planetarny (dla którego Ziemia jest środkiem jedynie względem Słońca), to w coraz innym położeniu znaj-

duje się także glob ziemski, przez samego Tychona umieszczony poza środkiem tego układu”¹⁰.

Guericke mówi dalej dobitnie, że wręcz o rozbracie z prostym rozsądkiem świadczy twierdzenie, jakoby tak niezwykle układ okrążyć miał Ziemię w 24 godziny: „[...] sprzeciwia się rozsądkowi i rozumowi, aby ów olbrzymi układ, złożony ze Słońca i 5 planet, mógł obracać się, i to w krótkim czasie 24 godzin, wokół Ziemi, prześlizgując się na domiar jeszcze przez materię (choćby nawet była płynna i jak najrzadsza)”¹¹.

W obydwu zarzutach przeciw układowi Tychona Brahego tkwiły oczywiście zarazem argumenty na rzecz tezy, reprezentowanej przez Guerickego w całej książce, mianowicie że przestrzeń jest próżna. Z wypowiedzi tych bowiem wynikała konieczność uznania, że to, czym ciała niebieskie oddziałują nawzajem na siebie, jest niematerialne oraz musi odznaczać się zdolnością rozprzestrzeniania się w próżni. Był to, jak na owe czasy, postulat bardzo śmiały, który współczesnym wydawał się bez sensu. Toteż Guericke starał się bądź przez odpowiednie eksperymenty, bądź przez konstatowanie dalszych faktów upewnić się, czy jego założenia są słuszne.

W rozróżnieniu „materialnej” i „niematerialnej” przyrody Guericke ściśle oparł się na danych, które wynikały z jego eksperymentów. Już w pierwszych eksperymentach stwierdził, że drewniane pojemniki doświadczone przepuszczają powietrze a nawet wodę; metal i szkło natomiast, które następnie zastosował, są w obu wypadkach nieprzepuszczalne; szkło jednak przepuszcza światło, szmery, magnetyzm i inne siły (*virtutes*) „niematerialne”. Tak więc Guericke nazwał po prostu niematerialnym, w swoim rozumieniu, wszystko to, co może przeniknąć przez szkło, a materialnym to, co przez szkło przeniknąć nie może.

Z kolei Guericke odkrył możliwość udowodnienia, że powietrzna powłoka Ziemi — w jego nomenklaturze: jedna z sił materialnych — sięga w przestrzeń tylko do pewnej, względnie nikłej odległości. Wykorzystał tu obserwację poczynioną podczas innych doświadczeń, która początkowo stanowiła dlań męczącą łamigłówkę.

Otóż jedno z doświadczeń Guerickego z próżnią polegało na tym, że do szklanych naczyń, w których wytworzono próżnię, wpuszczał wodę, by sprawdzić, w jakiej mierze woda je wypełni. Zaobserwował, że naczynia nigdy nie wypełniały się zupełnie, lecz zawsze zostawał w nich pęcherzyk powietrza wielkości orzecha laskowego czy ziarna grochu. Systematycznie badając to zjawisko drogą doświadczeń odbywających się w określonym porządku, Guericke bezwzględnie stwierdził, że powietrze zauważane w naczyniach nie przedostawało się tam z zewnątrz wskutek jakiejś nie szczelności, lecz musiało tworzyć się już w samych naczyniach podczas doświadczenia. Doszedł więc do przekonania, że powietrze to musi być

¹⁰ *Tertio oritur Quaestio, quomodo possit fieri translatio Planetarii istius Systematis, in quo simul ipsa Terra comprehensa, quin tota levis ista materia seu substantia interjacens, quam Tycho auram aetheream vocat, simul rapiatur, et Terra separetur a partibus istius materiae sibi contiguis? Dum enim Planeticum hoc systema (in quo Terra non medium locum; sed tantum ratione Solis medium tenet) circumvolveretur in eo et cum eo simul Terrenus globus extra centrum hujus Systematis, ab ipso Tychone constitutus. Experimenta Nova, ss. 18—19.*

¹¹ *Secundo, est contra mentem et intellectum, quod ingens tale Systema Solis et quinque Planetarum possit procedere, et tam brevi 24 horarum spatio, Terram circumcurrere: imo adhuc materiam aliquam (etiamsi fluidam et limpidissimam) pertransire. Experimenta Nova, s. 18.*

produktem ścianek naczyń i zawartej w naczyniach wody. Kontrola i dalsze obserwacje potwierdziły przytoczoną hipotezę.

Wówczas Guericke sformułował uogólniający wniosek: wszystkie ciała wydzielają powietrze albo „woń” (odor); również powietrze otaczające Ziemię ma źródło w niej samej i wydostaje się z niej identycznie, jak porcja powietrza wydobywająca się ze ścianek naczynia, gdy w naczyniu powstaje próżnia. A zatem, wnioskował dalej Guericke, okalające nas powietrze — które ma ściśle ziemską genezę i wypływa z Ziemi — tworzy łącznie z Ziemią jedno ciało, czyli powietrze nie wykonywa żadnego względnego ruchu w stosunku do Ziemi, lecz zawsze porusza się razem z nią, dokładnie jak ona. Tak Guericke nowym sposobem obalił stary argument przeciwników układu heliocentrycznego, że obroty Ziemi, gdyby istniały, musiałyby wyrzucić w przestrzeń jak z procy i zmieść z powierzchni Ziemi wszystko, co nie tkwi organicznie i na stałe w globie.

Lecz Guericke mu chodziło tu jeszcze o coś innego. Zgodnie z jego teorią powietrze, dzięki sile zachowawczej Ziemi (*virtus conservativa*), ma ciężkość; udowodnił ten fakt doświadczeniami, które w swoim czasie budziły sensację. Z kolei, powołując się na eksperymenty Pascala oraz jego szwagra Periera na Puy de Dôme, wykazujące zmniejszanie się ciśnienia powietrza wraz z wysokością, a także na własne doświadczenia, na podstawie których stwierdził dostrzegalny spadek ciśnienia powietrza na poziomie szczytu wież kościelnych, Guericke wystąpił z nowym wnioskiem, że skoro już tak nisko nad Ziemią konstatuje się tego rodzaju zmiany, to znaczy, że powłoka powietrzna Ziemi może mieć grubość sięgającą najwyżej do 10—20 mil. Tam zaś, gdzie kończy się powłoka powierzchni Ziemi, kończy się wszystko co materialne i zaczyna się próżnia.

I podobnie, jak założył tak olbrzymie odległości między gwiazdami stałymi, że nie mogą one wywierać na siebie nawzajem żadnego wpływu, Guericke przyjął za ogólną zasadę, iż powłoki powietrza czy „woni” planet, księżyców, słońc i gwiazd nigdy nie rozciągają się do ich niebieskich sąsiadów, gdyż inaczej musiałyby powodować wzajemne zakłócenia, a tego nie zaobserwowano.

Nowe fakty, do których odwołał się Guericke, były więc następujące: powietrze ma ciężar; ciśnienie powietrza już na względnie małych wysokościach znacznie maleje; ciała albo ciecze stykające się z próżnią wydzielają „powietrze”; nie dostrzega się jakiegokolwiek interferencji z ośrodkiem eterycznym lub z atmosferami sąsiadujących ze sobą planet. Dzięki teoretycznej interpretacji Guerickego wymienione fakty stały się argumentami jego tezy, że przestrzeń wszechświata jest próżna, a równocześnie dawały poparcie nauce Kopernika.

Dalszych ogniw do tego łańcucha dowodów dostarczyły doświadczenia Guerickego z kulą siarkową. Miała ona stanowić — tak jak „Terrella”, magnetytowa kula Williama Gilberta — model Ziemi. Guericke chciał przy jej pomocy pogładowo przedstawić niematerialne siły Ziemi. Pociągając kulę suchą dłonią, elektryzował ją i pokazywał, że kula przyciąga puszek (działanie *virtus conservativa*, siły zachowawczej), potem go odpycha (*virtus expulsiva*, siła odrzucająca), następnie utrzymuje unoszący się puszek w określonej odległości od siebie (w tzw. *sphaera activitatis*, sferze aktywności), pozwalając mu swobodnie poruszać się w granicach tej odległości, przy czym puszek zwraca się do kuli zawsze tą samą stroną, jak Księżyc do Ziemi (*virtus vertens*, siła obracająca).

Poczynione przy okazji doświadczeń z kulą i puszką spostrzeżenie, że działanie elektryczne daje się przenieść dalej za pośrednictwem nici

lnianej, wykorzystał Guericke jako rozstrzygający argument przeciw teorii Niccola Cabeo, według której puszek jest popychany z powrotem w stronę kuli przez rodzaj eterycznego wiatru. Manipulując kulą, zaobserwował jeszcze inne zjawiska — np. błysk jak przy roztlukiwaniu głowy cukru i cichy trzask — które dokładnie opisał. Obracająca się kula siarkowa Guerickego stała się później praktycznie pierwszą maszyną elektrostatyczną i oddała wielkie usługi w badaniach nad elektrycznością. Sam Guericke jednak nie zajmował się dalej odkrytymi przez siebie nowymi zjawiskami; nie miał również zamiaru dochodzić przy pomocy kuli siarkowej istoty elektryczności, choć ją odróżniał, za Gilbertem, od magnetyzmu. Chciał tylko, jak mówiliśmy, demonstrować siły niematerialne i zebrać dalsze argumenty przemawiające za prawdziwością układu Kopernika. Tak więc postęp, który doświadczenia Guerickego wniosły obiektywnie do wiedzy o elektryczności, był wynikiem walki o ten układ.

Z kolei Guericke przeprowadził eksperymenty z innymi obracającymi się modelami, które miały imitować ruchy planet. Między innymi kazał sporządzić obracalną kulę szklaną, wypełnioną wodą, w której umieszczono puste kule różnych wielkości, tak wytarowane przy pomocy szrutu, że unosiły się w wodzie jak gdyby w stanie nieważkości. Gdy Guericke wprawiał ten model w dostatecznie szybkie obroty, dostrzegał, że wszystkie kule zostawały porwane w ruch i wirowały wokół wspólnego środka, oraz że każda z kul biegła po torze o innej średnicy, zależnie od swojej wielkości, wszystkie jednak — w tym samym kierunku i nieomal w tej samej płaszczyźnie; żadna kula — podkreślał Guericke z naciskiem — nie porusza się dokładnie we wspólnej dla wszystkich płaszczyźnie równikowej, lecz w stałej fluktuacji raz ponad nią, raz pod nią. Na modelu swoim zatem Guericke obserwował zjawiska, które występują w ruchu planet i objaśniał je jako skutek obrotów planet wokół Słońca.

Siłę dowodzenia i tego doświadczenia, i tego z kulą siarkową, należy mierzyć jedynie miarą ówczesną, nigdy zaś — naszą. Można by przeoczyć także istotę rzeczy, gdyby oceniać je tylko według stopnia prawdziwości. Po pierwsze bowiem, nie były to doświadczenia pojedyncze, oderwane, lecz stanowiły części składowe całego łańcucha czy raczej całej sieci dowodów; po drugie — były całkowicie wystarczające dla wniosków, które wyciągnął z nich Guericke. Ale niezależnie od tego, wartość opisanych doświadczeń oraz wszystkich innych wywodów Guerickego polegała na tym, że przeniosły walkę o układ Kopernika na zupełnie nową, dla jego ostatecznego zwycięstwa dużo korzystniejszą płaszczyznę. Guericke przekonująco dowiódł, że wszechświat w istocie jest próżny. Od tej pory za prawdziwy układ świata mógł więc uchodzić tylko taki układ, który byłby do pogodzenia z istnieniem kosmicznej próżni. Guericke wskazał zarazem, że prawa rządzące ruchem, spójnością i strukturą materii ziemskiej mogą z powodzeniem służyć wyjaśnieniu ruchu planet i budowy Układu Słonecznego. Tym samym wobec wszystkich ówczesnie reprezentowanych układów świata został postawiony nieodparty postulat mechanicznego lub fizycznego uzasadnienia przyjętych przez nie ruchów i struktur. Żadne układy jednak nie spełniły tego warunku, poza Kopernikowskim. Gdy Newton teorią powszechnej grawitacji dał takie uzasadnienie układowi Kopernika — czyniąc zadość obu postulatom sformułowanym przez Guerickego — było to zwycięstwo ostateczne tego układu.

Guericke, stawiając, rozważając i aktualizując pytanie o prawdziwy układ świata na płaszczyźnie określonej wymienionymi warunkami, stworzył, obok Galileusza i Keplera, dalszą istotną przesłankę odkrycia

prawa ciężenia przez Newtona. Oczywiście nie umniejsza to dzieła Newtona, a tylko dodaje mu perspektywę; tego rodzaju epokowego odkrycia, jak prawo ciężenia, nawet geniusz dokonywa bowiem tylko wtedy, kiedy istnieją już pewne konieczne dlań przesłanki.

Wszystko zaś, czego dokonali w tym zakresie Galileusz, Kepler, Guericke, którego, jak starałem się dowieść, trzeba również tu cytować, Newton czy inni — wzięło początek z nowego, heliocentrycznego układu świata, stworzonego przez Kopernika.

ОТТО ФОН ГЕРИКЕ ТОЖЕ ЗАЩИЩАЛ СИСТЕМУ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА

Борьба за систему Коперника сыграла важнейшую роль в деле формирования идей естествознания нового времени. В то время как Джордано Бруно, Кеплер и Галилей решительно и эффективно поддерживали учение Коперника, то после суда инквизиции над Галилеем никто из знаменитых ученых естествоиспытателей того времени не сделал этого с такой же силой, как они. А ведь такая необходимость существовала, ибо после Коперника возникли новые, компромиссные теории, которые, с одной стороны, по-прежнему оставляли Землю в центре Вселенной, а с другой — в известной степени разделяли аргументы Коперника против системы Птолемея. Большим признанием пользовалась, например, система знаменитого астронома-наблюдателя Тихо Браге, которая стала вытеснять не только систему Птолемея, но также учение Коперника.

В такой ситуации выдвинул аргументы в пользу идей Коперника Отто фон Герике. Он подверг резкой критике все известные тогда геоцентрические системы и по-новому, с помощью убедительных доводов доказал истинность теории Коперника. Этот факт не был до сих пор замечен исследователями.

Исследуя проблему пространства, которая была главным предметом его научного интереса, Отто фон Герике пришлось рассмотреть также системы мироздания, а поэтому он занимался параллельно обоими вопросами. Он доказывал, что Вселенная между небесными телами представляет собой вакуум. Эту теорию он применял в качестве критерия истинности либо неправильности исследуемой системы.

По Герике, пространство является абсолютным континуумом, в котором никакая точка не выделяется, а стало быть не может быть центра Вселенной. Согласно взглядам Герике, сама точка не может никоим образом воздействовать на тело. Это могут делать только небесные тела, причем тем сильнее, чем они больше. Поэтому Земля, хотя она и является небесным телом, не может быть центром Вселенной; ее можно считать лишь атомом или точкой Вселенной. Отсюда центром своей системы всегда являются наибольшие небесные тела, Солнце для планетной системы, Земля и Юпитер — для своих лун, а постоянные звезды — для своих планетных систем.

Поскольку пространство является вакуумом, то Солнце и другие небесные тела действуют на своих спутников бестелесно, с помощью нематериальных сил (*virtutes incorporae*), на расстоянии через пространство, приводя их в движение и сохраняя их на своих орбитах. Действие этих сил уменьшается по мере того как увеличивается расстояние от небесного тела, являющегося источником этих сил, и, наконец, совсем исчезает на каком-то конечном расстоянии. Стало быть, за пределами сфер действия сил Вселенная не только является пустым пространством, но притом она лишена движущих сил, а тело, находящееся в этом пространстве, не имеет силы тяжести, ибо эта сила не является ни движением к какой-либо определенной точке, ни свойством тел, а вызвана в них консервативными силами (*virtutes conservativae*).

Сфера действия Солнца не доходит до ближайшей к нему постоянной звезды и, наоборот, сфера действия этой звезды не доходит ни до Солнца, ни до другой постоянной звезды. Поэтому звезды находятся на различном расстоянии от Земли и было бы абсурдом считать, что несмотря на это они движутся вокруг Земли в одинаковое время. Скорее можно пред-

полагать, что Земля вращается вокруг своей оси, вызывая таким образом кажущееся движение звезд.

Герике занялся также исследованием источников движения в отдельных системах. Если первичные источники движения расположены извне, как в системе Птолемея, то становится непонятным, каким образом обратные движения первого и второго источника движения могут одновременно передаваться планетам и почему движение может ускоряться по мере того, как растет расстояние между планетой и вторым источником движения. В системе Тихо Браге нельзя понять, почему Солнце при помощи флюида может приводить в движение планеты и вести их с собой вокруг Земли, оставляя при этом недвижимой Землю, стоящую в центре этого вращения. Однако если источник движения расположен в центре системы, как например Солнце, то тогда все движение становится очевидным и понятным.

На основании своих наблюдений во время экспериментальных исследований Герике пришел к заключению, что воздух вышел из недр Земли и что он составляет с ней единое тело, а поскольку давление воздуха значительно уменьшается уже на небольшой высоте, то он может находиться в пространстве на расстоянии не более 10—20 миль от Земли. На больших расстояниях нет ни воздуха, ни вообще никакой субстанции, там царит вакуум. Таким образом Герике обосновал эту идею также с помощью других аргументов. Бестелесность сил (*virtutes*) и их способность действовать на расстоянии он доказал при помощи эксперимента с вращающимся шаром из серы.

При этом он привел неопровержимые и общепризнанные факты, а благодаря своему толкованию сделал из них аргументы в пользу теории вакуума, а также в пользу системы Коперника. Поставив вопрос о структуре и движении небесных тел солнечной системы, он затронул болезненное место всех геоцентрических систем мира. В то же время он проложил путь закону всеобщего тяготения Ньютона, как это сделали в ином аспекте Галилей и Кеплер. Впоследствии Ньютон, как этого ожидал Герике, доказал истинность системы Коперника и таким образом навсегда решил спор между двумя системами мира.

OTTO VON GUERICKE IST EIN VERFECHTER DES KOPERNIKANISCHEN SYSTEMS GEWESEN

Der Kampf um das Kopernikanische System hat bei der Herausbildung der neueren Naturforschung eine entscheidende Rolle gespielt. Während sich Giordano Bruno, Kepler und Galilei sehr entschieden und mit Erfolg für dieses System eingesetzt haben, ist nach dem Prozess gegen Galilei keiner der grossen Naturforscher dieser Zeit mit derselben Entschiedenheit für dieses System eingetreten. Das wäre aber immer noch notwendig gewesen, weil inzwischen Kompromiss-systeme entworfen worden waren, die die Erde weiterhin im Weltmittelpunkt belassen, aber der Kopernikanischen Kritik am Ptolemäischen System doch irgendwie Rechnung trugen. Dazu gehörte das System des bedeutenden Astronomen Tycho Brahe.

In dieser Situation hat Otto von Guericke in den Kampf eingegriffen. Er hat alle damals vertretenen geozentrischen Systeme *ad absurdum* geführt und die Wahrheit des Kopernikanischen Systems auf eine neue und überzeugende Art erwiesen. Darauf ist bisher nicht hingewiesen worden.

Guericke ist über das Raumproblem, das sein zentrales Problem war, zur Erörterung der Weltsysteme veranlasst worden und hat beide Probleme gemeinsam behandelt. Er hat die These vertreten, dass das Weltall zwischen den Gestirnen leer sei und hat dies als Kriterium für Wahrheit oder Unhaltbarkeit eines Welt-systems benutzt.

Nach Guericke stellt der Raum ein absolutes Kontinuum dar, in dem es keinen vor anderen ausgezeichneten Punkt geben könne, also auch keinen Weltmittelpunkt oder dergleichen. Es sei ferner ein blosser Punkt nicht imstande,

irgendwelche Wirkungen auf Körper auszuüben. Dazu seien nur Körper in der Lage und diese um so stärker, je grösser sie seien. Deshalb könne auch die Erde, obwohl ein Körper, nicht Weltmittelpunkt sein, weil sie dem Weltall gegenüber nur wie ein Atom oder ein Punkt zu erachten sei.

Es müssten daher immer die grössten Himmelskörper das Zentrum ihres Systems sein. Da der Raum leer sei, wirkten die Sonne und die anderen Gestirne auf eine unkörperliche Weise, durch *virtutes incorporae*, über den Raum hinweg jeweils auf ihre Satelliten, bewegten sie und hielten sie auf ihren Bahnen. Die Stärke der Wirkung dieser *virtutes* nehme aber mit dem Abstand ab und verschwände in einer gewissen endlichen Entfernung ganz. Also sei das Weltall jenseits dieser Wirkungssphären nicht nur leer, sondern auch frei von Kräften und ein Körper habe dort keine Schwere, denn diese werde durch die *virtus conservativa* in ihnen jeweils hervorgerufen.

Die Wirkungssphäre der Sonne reiche nicht bis zum nächsten Fixtern, noch dessen bis zur Sonne oder bis zu einem anderen Fixtern. Diese seien deshalb verschieden weit von uns entfernt, und es sei absurd anzunehmen, dass sie sich trotzdem alle genau in derselben Zeit um die Erde bewegten, vielmehr drehe diese sich um sich selbst und rufe dadurch die scheinbare Bewegung der Sterne hervor.

Sodann untersucht Guericke die Quelle der Bewegungen in den einzelnen Systemen. Wenn die ersten Bewegungen aussen angeordnet seien wie im Ptolemäischen System, dann sei nicht zu verstehen, wie die entgegengesetzten Bewegungen des ersten und des zweiten Bewegers gleichzeitig auf die Planeten übertragen werden könnten und wieso die Bewegung umso schneller erfolgen könne, je weiter der Planet vom zweiten Beweger entfernt sei. Beim System von Tycho Brahe sei unverständlich, wie die Sonne mittels eines Fluidums wohl die Planeten bewegen und mit um die Erde führen, aber die inmitten dieses Stroms befindliche Erde unbewegt lassen könne. Wenn aber der Beweger sich im Zentrum des Systems befinde wie die Sonne, dann erfolgten alle Bewegungen so, wie man es erwarten müsse.

Sodann hat Guericke aus seinen Beobachtungen bei seinen Versuchen geschlossen, dass die Luft aus der Erde gekommen sei, mit ihr einen Körper bilde und sich nur einige zehn oder zwanzig Meilen in den Raum erstrecken könne. Noch weiter entfernt gebe es keinen Stoff, sondern dort sei der leere Raum, den er somit auf noch andere Art erwiesen hatte. Die Unkörperlichkeit der *virtutes* und ihr Fernwirkungsvermögen hat er mit den Versuchen mit der Schwefelkugel veranschaulicht.

Bei all dem hat Guericke immer wieder Fakten, die als solche allgemein bekannt und nicht umstritten waren, ins Spiel gebracht und sie durch seine Deutung zu Argumenten für den leeren Raum und für das Kopernikanische System gemacht. Indem er nach einer Erklärung für die Struktur unseres Sonnensystem verlangt hat, hat er alle geozentrischen Systeme in ihrem schwächsten Punkt angegriffen. Zugleich hat er der Aufstellung der Lehre von der allgemeinen Gravitation durch Newton vorgearbeitet, Newton hat dann die von Guericke geforderte Erklärung für das Kopernikanische System gegeben und den Kampf endgültig entschieden.

In Zukunft sollte Guericke als einer derjenigen genannt werden, die dem Kopernikanischen System zum Siege verholfen haben.