

## Rozprawa o przyptywach i odpływach morza<sup>6</sup>

Do Najjaśniejszego i Najprzewielebniejszego  
Pana kardynała Orsiniego

<377><sup>7</sup> <sup>DW.1</sup> Zaszczyt jaki Wasza Najjaśniejsza i Najprzewielebniejsza Dostojność czyni mojej niegodnej osobie, prosząc mnie o przedstawienie na piśmie tego, co dziesięć dni temu przedstawiłem słownie zdecydowanie przewyższa wartość mojego dyskursu. Nie potrafię inaczej się odwdziaczyć jak tylko natychmiast przystępując do realizacji Waszej prośby, starając się w jak najzwęższej formie przedstawić zdumiewające zjawisko przyptywów i odpływów morza wraz z analizą jego przyczyn. <sup>DW.2</sup> A jest to kwestia tyle zawiła, co trudna, zwłaszcza

---

<sup>6</sup> Tłumaczenie opiera się na tekście rozprawy ustalonym przez Antonio Favarego w krytycznym wydaniu dzieł zebranych Galileusza: *Le Opere di Galileo Galilei: Edizione Nazionale*, 20 tomów (t. III dzieli się na dwie części o ciągłej numeracji stron), Tipografia di G. Barbèra, Firenze 1890–1909 (przedrukowane w latach: 1929–1939 pod redakcją Giorgia Abettiego, a następnie w latach 1964–1968 z okazji czterechsetnej rocznicy urodzin Galileusza). W niniejszym przekładzie używam przedruku z lat 1929–1939, przyjmując powszechnie stosowany sposób cytowania tej edycji dzieł Galileusza (skrót OG) poprzez wskazanie numeru tomu, numeru strony i po kropce numerów wierszy. *Rozprawa* znajduje się w tomie piątym: V, 377–395.

<sup>7</sup> Cyfry ujęte w nawias < > zawierają numerację stron według edycji OG. Cytowany numer znajduje się w górnym rogu strony, z której pochodzi tłumaczony fragment następujący po tym numerze. Litera i numery umieszczone jako apeksy odnoszą się do spisu kwestii poruszanych w rozprawie.

jeśli rozważyć, co na ten temat dotąd zostało napisane przez poważnych autorów. Osiągnięte przez nich wyniki nie zadowolają umysłów tych, którzy pragną zgłębić procesy przyrodnicze wnikając pod powierzchnię zjawisk. <sup>DW.3</sup> Bowiem umysł badacza znajduje zadowolenie, kiedy uda mu się wskazać rację będącą prawdziwą przyczyną danego zjawiska, a zarazem jednoznacznie i w sposób oczywisty wyjaśniającą wszystkie drobne szczegóły i aspekty towarzyszące danemu zjawisku. <sup>DW.4</sup> Nie można tego powiedzieć – jak to w mojej relacji słownej wykazałem – o dotychczas przedstawionych wyjaśnieniach przypliwów, proponowane przez różnych autorów. Pominę je tutaj milczeniem, ponieważ Wasza Najjaśniejsza i Najprzewielebniejsza Dostojność mogła <378> się przekonać o tym na podstawie moich słownych wyjaśnień, chociaż Wasza Dostojność nie bardzo się z nimi zgadzała. <sup>DW.5</sup> Przy tej okazji Wasza Dostojność zgodziła się, więcej – rozkazała, abym szersze rozpowszechnienie moich opinii w interesie wszystkich badaczy odłożył do publikacji mojego traktatu na temat systemu świata.

<sup>DL.1</sup> Doświadczenie uczy nas, że przypliwu i odpływy wód morskich nie są wynikiem nadymania się i kurczenia wody, podobnym do tego, który obserwuje się w przypadku wody umieszczonej w pobliżu źródła ciepła. Woda bowiem ogrzewając się ulega rozrzedzeniu i unosi się, natomiast kiedy ulega ochłodzeniu zagęszcza się i opada. <sup>DL.2</sup> W morzach zaś mamy do czynienia z prawdziwym ruchem lokalnym i, by tak to powiedzieć, postępującym, raz w kierunku jednego brzegu, potem zaś w stronę drugiego brzegu basenu morza, bez żadnej zmiany [fizycznych

cech] wody, mogącej być powodowaną inną przyczyną niż sam ruch lokalny. <sup>DI.3</sup> Argumentując w oparciu o doświadczenia zmysłowe (będące pewnym oparciem prawdziwej filozofii) dostrzeżemy, że istnieją różne sposoby wprawiania wody w ruch o charakterze lokalnym. Sposoby te poddamy szczegółowej analizie, aby zobaczyć, czy któryś z nich może być uznany za pierwszą i podstawową przyczynę przyptywów i odpływów morza. Powiedziałem przyczyną pierwszą, ponieważ kiedy poddamy analizie wielorakie zjawiska towarzyszące przyptywom i odpływom morza odkrywamy, że nie jest możliwe ich wyjaśnienie bez uwzględnienia wielu przyczyn drugorzędnych, czyli jak się to mówi towarzyszących, współdziałających z przyczyną pierwszą w powstawaniu obserwowanej różnorodności zjawisk towarzyszących przyptywom. Jednakże z jednej i niezłożonej przyczyny pierwszej nie może wynikać nic innego, jak tylko niezłożone i ściśle określone zjawisko. Będziemy zatem poszukiwać w naszych rozważaniach przyczyny pierwszej i uniwersalnej, to jest takiej, bez której nie mogłaby zaistnieć obserwowana regularność ruchów wód morskich. Powiadam regularność, pomimo tego, iż w różnych morzach obserwuje się zróżnicowane okresy przyptywów i odpływów morza.

<sup>DI.1</sup> Jedną z przyczyn ruchu wody jest nachylenie zbiornika i dna, w którym znajduje się płyn. Z tego to powodu strumyki wpadają do rzek, rzeki zaś do morza. Ponieważ jednak woda spływa zawsze w jednym kierunku, a wody nigdy nie poruszają się w kierunku przeciwnym, tego rodzaju przyczyna nie może <379> być uznana za tą, którą poszukujemy. Istotnie, nie może

ona zdać sprawy z okresowych ruchów w przeciwnych kierunkach, jak to się obserwuje w przypadku wód morskich.

<sup>DII.2</sup> Inny sposób wprowadzenia wody w ruchu to ruch otoczenia albo innego ciała zewnętrznego uderzającego o jej powierzchnię. Tak się dzieje w przypadku wiatru, popychającego wodę morza albo jeziora w kierunku, w którym dmie. Jednakże ten sposób poruszania wody nie jest tym, czego szukamy, albowiem ruch taki może być gwałtowny, lecz nieregularny, podczas gdy przyplawy i odpływy odznaczają się regularnym okresem. Ponadto zachodzą nawet podczas powietrza spokojnego, kiedy nie ma wiatrów. Więcej – zachowują swój kierunek nawet wtedy, kiedy wiatr dmie w przeciwnym kierunku do pływu.

<sup>DII.3</sup> Ruchy lokalne wody można też spowodować, kiedy porusza się pojemnik zawierający wodę. <sup>DII.3.1</sup> To zaś może zająć na dwa sposoby. Pierwszy z nich to podnoszenie na przemian jednego lub drugiego brzegu pojemnika zawierającego wodę. Przy takim ruchu libracyjnym woda zawarta w pojemniku spływa w stronę nachylnego brzegu, potem zaś powraca, poprzez całą długość naczynia, w przeciwnym kierunku. Taki ruch libracyjny nie może jednak mieć miejsca w naszym przypadku. Bo chociaż Ziemia wykonuje ruch libracyjny, to jednak ruch ten nie powoduje przepływania wody z jednej strony na drugą. Istotnie, w przypadku naczynia z wodą poddanego libracji, jeden, potem drugi brzeg naczynia podnosi się i opada, podnosząc i opuszczając środek ciężkości ciał ciężkich, dlatego też woda z powodu jej ciężaru przepływa z jednego miejsca na drugie. Jednakże w przypadku libracji Ziemi ruch tego rodzaju nie oznacza przy-

blizanie albo oddalanie się jakiegokolwiek części jej powierzchni od środka samej Ziemi, czyli w stronę punktu, w stronę którego poruszają się wszystkie ciała posiadające ciężar. Oprócz libracji, kuli ziemskiej można też przypisać nachylenie poprzeczne, to jest z północy na południe, natomiast przyptywy zawsze odbywają się w kierunku przeciwnym – ze wschodu na zachód. Na koniec zaś przypisuje się też Ziemi librację odbywającą się w okresie wielu tysięcy lat <380>, jednakże w przypadku przyptywów i odpływów morza chodzi o okresy zdecydowanie krótsze, bo rzędu kilku godzin.

<sup>DII.3.2</sup> Inny sposób wprawienia naczynia z wodą w ruch to jego poruszanie do przodu, bez nachylania jego brzegów. Chodzi tu o ruch, który raz jest ruchem przyśpieszonym, innym zaś razem hamowanym. W wyniku takich zmian woda, poza tym, że uczestniczy w ruchu pojemnika, posiada też inne rodzaje ruchu odbywające się nawet w kierunku przeciwnym. Weźmy wielki pojemnik z wodą, jak dla przykładu duża barka, podobna do tych, które są używane do przewożenia morzem wody słodkiej z rzek albo ze źródeł. Wpierw, kiedy naczynie zawierające wodę, to jest barka, nie porusza się, woda także nie porusza się. Kiedy jednak barka zaczyna się poruszać, nie powoli, lecz raczej szybko, woda zawarta w pojemniku, w odróżnieniu od innych części barki mocno przytwierdzonych do samej barki, jako nieprzytwierdzona do barki i będąc ciecżą, której nic nie zmusza do przejścia ruchu barki, pozostanie w tyle podnosząc się w kierunku rufy, i obniżając ze strony dzioba. Następnie, kiedy już osiągnie równowagę, podejmie ruch odpowiadający ruchowi

barki, która porusza się ruchem jednostajnym. Kiedy natomiast barka, aby się zatrzymać, albo kiedy z jakiegoś innego powodu musi gwałtownie zahamować, to nie dotyczy to wody, która nie zatrzyma się wraz z barką tracąc nabyty impet. Woda zachowując posiadany impet, jakby była oddzielona od pojemnika, popłynie w stronę dzioba podnosząc tam swój poziom, wylewając się za bżeg, obniżając jednocześnie swój poziom i odpływając od rufy. Zjawisko to jest tym wyraźniejsze, im gwałtowniejsze jest przejście ze spoczynku w stan ruchu i im gwałtowniejsze jest hamowanie, kiedy barka porusza się z określoną prędkością. Kiedy bowiem przejście dokonuje się powoli i stopniowo z bezruchu do stanu ruchu przyspieszonego albo przeciwnie, z takim samym hamowaniem przechodzi się ze stanu ruchu do stanu spoczynku, to wówczas niewielkie tylko zmiany dałoby się zaobserwować w przypadku wody zawartej w pojemniku, która powoli i z taką samą powolnością dostosowałaby się do ruchu pojemnika i do zachodzących zmian. <381>

<sup>DII.4</sup> Analizując, Najjaśniejszy Panie, dotąd przedstawione zjawiska i inne, tym podobne, towarzyszące dopiero co opisanym przyczynom ruchu, jestem skłonny uznać za przyczynę odpływów i przyływów morza ruch pojemnika, który go zawiera, tak że przypisując określony ruch kuli ziemskiej, temu właśnie ruchowi można by przypisać przyczynę ruchów morza. Tego rodzaju przyczyna, jeśliby nie potrafiła zdać sprawy z obserwowanych szczegółów towarzyszących przyplwom i odpływom, mogłaby być uznana za przyczynę niewystarczającą do wyjaśnienia dyskutowanego zjawiska. Natomiast jeśli

w oparciu o takie założenie daje się wyjaśnić te szczegóły, to wówczas byłoby to oznaką tego, że właśnie taka może być poszukiwana przyczyna, albo przynajmniej, że jest nią z prawdopodobieństwem większym niż inne, dotąd proponowane przyczyny.

<sup>DIII.1</sup> Przyjmijmy zatem *ex hypothesi* ruch Ziemi, przypisując jej wszystkie te ruchy, które wielu starożytnych autorów, a ostatnio niektórzy filozofowie, przypisało Ziemi, opierając się na obserwowanych zjawiskach. Zobaczmy w jaki sposób ten ruch daje się pogodzić z omawianym tutaj zjawiskiem. Wpierw jednak, dla większej jasności, wyliczmy ruchy przypisywane kuli ziemskiej.

<sup>DIII.1.1</sup> Pierwszy i największy to ruch roczny odbywający się wzdłuż ekliptyki, z zachodu na wschód, po orbicie lub kole, którego połowa średnicy odpowiada odległości od Ziemi do Słońca.

<sup>DIII.1.2</sup> Drugi ruch to obrót wokół własnej osi i wokół środka kuli ziemskiej, odbywający się w okresie 24 godzin, także w tym samym kierunku, to jest z zachodu na wschód. Ruch ten odbywa się wokół osi bardzo nachylonej w porównaniu z osią ruchu rocznego.

<sup>DIII.1.3</sup> Pominę trzeci ruch, jako niewiele albo nic nieznaczący dla omawianego tutaj zjawiska, z powodu jego wielkiej powolności w porównaniu z dwoma poprzednimi, znacznie szybszymi<sup>8</sup>. Istotnie, ruch obrotowy wokół własnej osi jest około trzysta sześćdziesiąt pięć razy szybszy od trzeciego ruchu, jeśli tak można go określić. Prędkość zaś dziennego ruchu,

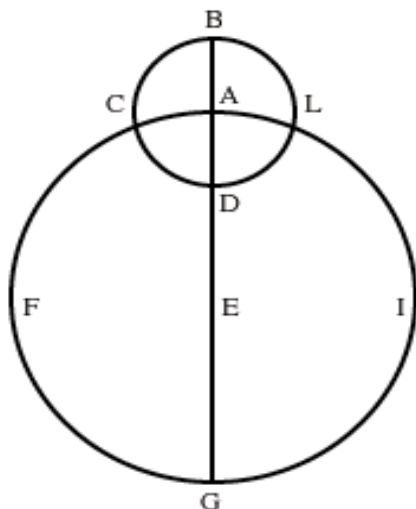
---

<sup>8</sup> Chodzi o ruch precesyjny.

wzięta nawet na równiku, jest trzy razy mniejszy od prędkości ruchu rocznego.

<sup>DMII.2.1</sup> Żeby ułatwić zrozumienie kwestii, niech okrąg orbity ziemskiej (*orbe magno*) oznaczają litery AFG, zaś E jej środek. Kuli ziemskiej odpowiada okrąg BCDL; Ziemia obraca się wokół punktu A. Ruch roczny odbywa się od punktu A do F, zataczając swoim środkiem okrąg AFGI w okresie około trzysetu sześćdziesięciu pięciu dni. Jednocześnie <382> dokonuje się obrót Ziemi wokół własnej osi w kierunku BCD. Załóżmy, że każdy z tych ruchów sam w sobie odbywa się z tą samą prędkością i jest jednostajny, to znaczy, że środek Ziemi A w tych samych okresach czasu zakreśla zawsze takie same łuki na okręgu AFG, i podobnie punkt B, i każdy inny, należący do okręgu BCDL także w równych odstępach czasu zakreśla równe odległości. W tej sytuacji musimy stwierdzić, że każdy z tych ruchów, to jest roczny ruch środka Ziemi na orbicie AFG i dzienny ruch po okręgu BCDL wokół własnego środka A, są – wzięte z osobna – ruchami odbywającymi się ze stałą i zawsze jednakową prędkością. Jednakże ich nałożenie powoduje, że ruch punktów na powierzchni Ziemi nie jest jednostajny. W konsekwencji różne punkty jej powierzchni w różnych momentach dnia poruszają się z różną prędkością. Oto powody tego stanu rzeczy.





<sup>DIII.2.2</sup> Zauważmy wpierw, że podczas gdy okrąg BCDL obraca się wokół własnego środka w kierunku BCD, można na nim dostrzec ruchy między sobą przeciwne. Punkty okręgu w otoczeniu C schodzą na dół, podczas gdy te, przeciwne, wokół L wznoszą się. Punkty w otoczeniu B poruszają się na lewo, podczas gdy te, wokół D – na prawo. Tak więc podczas całkowitego obrotu B porusza się wpierw na lewo i potem na dół, natomiast C schodzi na dół a potem porusza się na prawo, i tak aż do momentu, w którym D zaczyna się poruszać na prawo i potem wznosić. Punkt L zaś wpierw się wznosi i potem powoli idzie na lewo w kierunku punktu B. Jeśli teraz owe ruchy poszczególnych punktów powierzchni Ziemi złożymy z ruchem rocznym po okręgu AFG, to wówczas wypadkowy ruch części położonych wyżej, to jest w otoczeniu punktu B, będzie

odbywał się z wielką szybkością, albowiem będzie on sumą ruchu rocznego po okręgu AF i ruchu własnego B, które to dwa ruchy <383> mają ten sam kierunek, to jest w lewo. Przeciwnie, ruch wypadkowy niższych części w otoczeniu punktu D jest zawsze spowolniony, ponieważ ruch własny punktów w otoczeniu D, który jest bardzo szybki i odbywa się na prawo, jest hamowany poprzez ruch roczny odbywający się po okręgu AF, lecz na lewo. Z kolei ruch wypadkowy będący złożeniem dwóch ruchów – rocznego i dziennego tych miejsc na Ziemi, które znajdują się w otoczeniu punktów C i L jest praktycznie równy ruchowi rocznemu, ponieważ kierunek obiegu po kole BCDL, nie mając składowej w punktach C i L ani na lewo, ani na prawo, lecz tylko w dół i do góry, nie ulega zmianie z powodu dodania albo odjęcia prędkości ruchu po łuku AF.

<sup>DIII.2.3</sup> Ufam, że powyższe rozumowanie pokazuje jak to się dzieje, że każdy punkt kuli ziemskiej, chociaż uczestniczy w dwóch ruchach jednostajnych, to jednak w okresie dwudziestu czterech godzin raz porusza się bardzo szybko, potem ulega zahamowaniu, dwa razy zaś osiąga wartości pośrednie. Wszystko to zaś jest wynikiem złożenia dwóch ruchów jednostajnych – rocznego i dziennego.

Jak dotąd zatem uzyskaliśmy taki wynik: jakikolwiek zbiornik wodny – morze, staw czy jezioro, ciągle się poruszają, lecz ich ruch nie jest jednostajny, albowiem w pewnych porach dnia jest silnie hamowany, w innych zaś silnie przyspieszany. Z tego to powodu woda wypełniająca te zbiorniki, jako substancja płynna i niebędąca sztywno przytwierdzona do tych

zbiorników, musi przepływać w ich wnętrzu, z jednej strony na drugą. To właśnie w tym należy upatrywać zasadniczej, pierwszej przyczyny omawianego zjawiska, bez której zjawisko to nie miałoby miejsca. <sup>DIV.1</sup> Należy teraz rozważyć szczegółowo liczne i różnorodne efekty towarzyszące zjawisku. Są one dostrzegalne we wszystkich morzach i różnych zbiornikach wodnych. Trzeba będzie określić przyczyny tych efektów, dlatego też rozważymy pewne zjawiska zachodzące przy tych ruchach mas wodnych – ruchach wywołanych przyśpieszeniem i zahamowaniem zawierającego je zbiornika.

<sup>DIV.1.1</sup> Po pierwsze – za każdym razem, kiedy woda z powodu silnego zahamowania albo też silnego przyśpieszenia zawierającego ją zbiornika zaczyna się poruszać w tę, albo w tamtą stronę, podnosząc się, albo opadając z jednej lub z drugiej strony, nie pozostaje zawsze w takim samym stanie, lecz z powodu własnego ciężaru i naturalnej skłonności do libracji <384> i osiągnięcia tego samego poziomu, powróci z wielką prędkością do tyłu dążąc do stanu równowagi w każdej swej części. Posiadając zaś ciężar woda nie tylko że zacznie się poruszać w kierunku konfiguracji odpowiadającej równowadze, lecz powodowana własnym impetem, przekroczy ten stan, osiągając poziom wyższy tam, gdzie wcześniej poziom był niższy. Ale i tutaj się nie zatrzyma, lecz powróci do tyłu, i tak powtórzy ten ruch wielokrotnie przelewając się do przodu i do tyłu, pokazując jak bardzo nie chce wytracić uzyskanej prędkości przechodząc do stanu spoczynku. Stan równowagi woda osiągnie dopiero po długim okresie wytracania prędkości. W podobny sposób

zachowuje się wahadło zawieszona na nici, kiedy zostanie wyprowadzone ze stanu spoczynku – powraca ono do stanu spoczynku, ale dopiero po długim okresie wahań z jednego położenia ekstremalnego do drugiego.

<sup>DIV.1.2</sup> Drugie zjawisko sprowadza się do tego, że powyższe ruchy periodyczne w jedną i drugą stronę odbywają się z większą lub mniejszą częstotliwością, to jest w okresie wymagającym mniej lub więcej czasu, zależnie od różnych długości zbiorników zawierających wodę, to jest podług większej lub mniejszej odległości dzielącej brzegi zbiornika. W konsekwencji w przypadku zbiorników krótszych falowanie jest częstsze, zaś będzie ono rzadsze w przypadku zbiorników dłuższych. Dokładnie tak samo jak w przypadku wahadła. Istotnie, wahadła dłuższe wykazują mniejszą częstotliwość wahań, podczas gdy wahadła krótsze – większą.

<sup>DIV.1.3</sup> Z kolei należy wspomnieć trzecie zjawisko warte odnotowania. Chodzi o okoliczność, iż nie tylko większa lub mniejsza długość zbiornika powoduje różny okres falowania wody w jego wnętrzu, lecz także mniejsza lub większa jego głębokość, czyli mniejsza lub większa wysokość wody. Dlatego też woda znajdująca się w zbiornikach o tych samych długościach, lecz o nierównych głębokościach wykazuje różne okresy falowania – w zbiorniku głębszym okres falowania jest krótszy, zaś w zbiornikach płytszych okres ten jest dłuższy.

<sup>DIV.1.4</sup> Czwarte zjawisko jest nałożeniem dwóch okoliczności, które można zauważyć w przypadku falowania wody w zbiorniku. Pierwsza z nich to unoszenie się wody z jednej

strony, z drugiej zaś strony zbiornika jej opadanie. Druga okoliczność to ruch powstający w wyniku horyzontalnego przepływania wody do przodu i do <385> tyłu. Oba te ruchy różnie się manifestują, zależnie od położenia punktu w zbiorniku. O ile bowiem woda w częściach zewnętrznych zbiornika podwyższa się i opada w największym stopniu, o tyle woda znajdująca się pośrodku zbiornika wykazuje największy ruch do przodu i do tyłu. W innych miejscach zbiornika w miarę przesuwania się do zewnętrznych brzegów zbiornika woda unosi się i opada proporcjonalnie do odległości od brzegów. I odwrotnie – ruch horyzontalny jest najwydatniejszy w środku zbiornika, zaś zerowy przy brzegach, o ile woda unosząc się nie przelewa się przez brzeg wypływając ze zbiornika. Tam jednak, gdzie brzeg wystarczy do zatrzymania wody, ta ostatnia unosi się tylko i opada. Tak więc w środku woda przyptywa do tyłu i do przodu, i to samo dokonuje się proporcjonalnie w innych częściach zbiornika, gdzie ruch ten jest silniejszy lub słabszy zależnie od większej lub mniejszej odległości od środka.

<sup>DIV.1.5</sup> Piąte zjawisko musimy rozważyć szczególnie dokładnie, ponieważ jest prawie niemożliwe, albo przynajmniej bardzo trudne, do przedstawienia za pomocą doświadczenia. A oto zjawisko, o którym mowa. W wielkich zbiornikach, jak dla przykładu w barkach poruszających się raz wolniej, raz szybciej, przyśpieszenie i hamowanie ma zawsze tę samą wartość w całym zbiorniku, to jest w każdej jego części. Dlatego też kiedy dla przykładu barka silnie hamuje swój ruch, to wówczas nie jest tak, że część przednia hamuje mocniej, zaś tylna mniej –

obie te części hamują w tym samym stopniu. To samo można powiedzieć, jeśli chodzi o przyśpieszenie. Na barce przyśpieszającej z jakiegoś powodu, tak część przednia, jak i tylna ulegają przyśpieszeniu w tym samym stopniu – tak samo więc przyśpieszają dziób i rufa. Dzieje się tak z tego powodu, że zbiornik jest wykonany z substancji sztywnej i twardej, która nie jest ani elastyczna, ani płynna. W bardzo dużych zbiornikach, a takimi są koryta mórz, które nie są niczym innym, jak tylko zagłębieniami w powierzchni kuli ziemskiej, woda na przeciwstawnych jego brzegach nie w ten sam sposób i nie w tym samym stopniu zwiększa albo zmniejsza prędkość swego ruchu. Zdarza się tutaj bowiem tak, że z jednej strony, <386> z powodu złożenia dwóch ruchów, dziennego i rocznego, prędkość wody ulega silnemu zmniejszeniu, z drugiej zaś strony trwa jeszcze efekt jej przyśpieszania z powodu złożenia tych ruchów. Ażeby łatwiej to pojąć powróćmy do poprzedniego rysunku. Otóż na tym rysunku, jeśli weźmiemy pod uwagę odcinek morza o długości dla przykładu jednej czwartej średnicy koła, czyli o długości odpowiadającej łukowi BC, ponieważ punkty należące do otoczenia punktu B, jak to już zostało powiedziane, poruszają się z wielką prędkością z powodu złożenia dwóch ruchów, rocznego i dziennego, w tym samym kierunku się odbywających. Jednakże punkty w otoczeniu C podlegają hamowaniu [z powodu złożenia dwóch ruchów Ziemi] nie uczestnicząc w dziennym ruchu obrotowym, a zatem jeśli przyjmiemy odcinek morski odpowiadający łukowi BC, to już na tym przykładzie widać, jak jego brzegi, w tym samym momencie, poruszają się z różnymi

prędkościami. Jeszcze większa różnica w prędkości odpowiada odcinkowi morza o długości równej połowie okręgu, czyli łukowi BCD. Koniec B porusza się tutaj bardzo szybko, podczas gdy D bardzo powoli, zaś w otoczeniu C ruch jest pośredni. W miarę skracania odcinków morza, efekt ten jest coraz słabszy, jednakże w pewnych godzinach dnia różne części morza poruszają się z różną prędkością. W konsekwencji jeśli sytuacja odpowiada pierwszemu przypadkowi, to wówczas dostrzegamy przyśpieszenie i hamowanie w takim samym stopniu przekazywane przez zbiornik, co powoduje, że woda w zbiorniku przepływa do tyłu i do przodu. Co jednak nastąpi, jeśli zbiornik jest tak położony, że różne części wody są różnie przyśpieszane i hamowane? Nie możemy powiedzieć nic innego jak tylko to, że trudno znaleźć bardziej zdumiewające przyczyny poruszania się wody. <sup>DIV.1.6</sup> I chociaż może się zdawać, że nie jest możliwe zaobserwowanie tego efektu w maszynach czy w sztucznych zbiornikach, to jednak nie jest to całkowicie niemożliwie. Konstruuje ostatnio odpowiednią maszynę [do zilustrowania tego efektu]. Kiedy będzie gotowa, poinformuję o tym<sup>9</sup>. Maszyna ta powinna umożliwić dostrzeżenie zdumiewających efektów tego rodzaju złożenia ruchów. Jeśli zaś chodzi o niniejszy temat <387> to

---

<sup>9</sup> Egidio Festa pisze, że Pierre Souffrin podjął uwieczoną sukcesem próbę odtworzenia tego rodzaju maszyny projektowanej przez Galileusza (zob. E. Festa, *Galileo. La lotta per la scienza*, Laterza Festa, Roma–Bari 2007, s. 199–200 i cytowaną tam literaturę). Na ten temat zob. też T. Sierotowicz, *O położeniu plam słonecznych*, dz. cyt., s. 165–180.

niech wystarczy to, co jak dotąd każdy na podstawie własnej wyobraźni pojąć może.

<sup>DIV.2</sup>Przejdźmy teraz do analizy zjawisk, które obserwuje się w przypadku przyływów i odpływów wód. <sup>DIV.2.1</sup>Wpierw należy zaznaczyć, że nie będziemy mieć żadnych trudności z wodami jezior, stawów i nawet małych mórz, ponieważ tam nie obserwuje się zjawiska przyływów i odpływów. Dzieje się tak z dwóch wzajemnie powiązanych przyczyn. <sup>DIV.2.1.1</sup>Po pierwsze z powodu małych rozmiarów zbiornika. W ciągu dnia kiedy woda nabiera różnych prędkości, prędkość odpowiadająca różnym jego częściom jest prawie ta sama. W konsekwencji jego części wschodnie i zachodnie, prawie w tym samym momencie ulegają przyśpieszeniu i spowolnieniu. Nadto, tego rodzaju zmiany zachodzą *sensim et per gradus*, to jest nie poprzez gwałtowne zahamowanie i spowolnienie, w konsekwencji zbiornik i każda jego część jest w takim samym stopniu i powoli przyśpieszana albo spowalniana. Z tej jednostajności zmian wynika, że także i woda wypełniająca zbiornik, bez opóźnień i oporu podlega takiemu samemu procesowi, dlatego też podnosi się i opada, i przepływa w jedną i drugą stronę w znikomym stopniu. <sup>DIV.2.1.2</sup>Druga przyczyna to libracja wody wynikająca z impetu ruchu zbiornika, która to libracja posiada, jak wiadomo, w małych zbiornikach wielką częstotliwość. Ponieważ ruchy Ziemi są przyczyną ruchu wody, częstotliwość zmian wynosi dwanaście godzin, albowiem tylko jeden raz w ciągu dnia następuje przyśpieszenie i hamowanie z powodu złożenia ruchów zbiornika. Na tę pierwszą przyczynę nakłada się z kolei druga



przyczyna zależąca od ciężkości wody, która stara się zająć położenie równowagi, i zależnie od długości zbiornika ma okres przepływów równy jednej, dwóm, trzem, itp. godzinom. Ruch spowodowany pierwszą przyczyną jest w przypadku małych zbiorników niewielki, dlatego też ta druga przyczyna anuluje efekty pierwszej i sprawia, że są całkowicie niezauważalne. Innymi słowy sytuacja jest taka, że ruch spowodowany pierwszą przyczyną, mający okres 12 godzin, nie zdąży się udzielić całej masie wody, a już działa druga przyczyna przeciwstawiając <388> się pierwszej. W efekcie woda pod wpływem własnego ciężaru, i zależnie od długości oraz głębokości zbiornika, ulega wibracjom w okresie 1, 2, 3, 4, itd. godzin. Ruch ten zakłóca i anuluje ruch spowodowany pierwszą przyczyną, tak że ten ostatni ruch nigdy nie osiąga maksymalnej, a nawet i połowy, swej intensywności. Z powodu takiej właśnie opozycji ulega całkowitej, albo prawie całkowitej, redukcji zjawisko przyptywów i odpływów. Pomijam tutaj drugorzędny wpływ powietrza, które poruszając także powierzchnię wody, utrudniłby rozpoznanie niewielkich ruchów podnoszenia się i opadania wody na szerokość palca, albo nawet mniejszą, która może rzeczywiście mieć miejsce w zbiornikach wody nie dłuższych niż jeden albo dwa stopnie [łuku koła].

<sup>DIV.2.2</sup> Następnie odpowiem na wątpliwości dotyczące tego, że przyczyna pierwsza przyptywów i odpływów winna powodować ruch wody w okresie 12 godzin, odpowiadającym okresowi powtarzania się maksymalnej wartości prędkości ruchu i minimalnej prędkości ruchu. Jednakże przyptywy i odpływy

obserwuje się w okresie sześciu godzin. <sup>DIV.2.2.1</sup> Odpowiem na to zauważając, że po pierwsze, ustalanie efektywnego okresu pływów nie można oprzeć tylko na ich przyczynie pierwszej. Istotnie, należy tu uwzględnić także i drugorzędną ich przyczynę, którą jest – jak to już zauważyliśmy – natura wody sprawiająca, że unosząc się z jednej strony zbiornika, powodowana własnym ciężarem spływa dążąc do położenia równowagi, co powoduje wiele przepływów z jednej strony na drugą, mniej lub bardziej częstych, zależnie od większej lub mniejszej długości zbiornika i większej lub mniejszej głębokości wody. <sup>DIV.2.2.2</sup> Pisałem też wyżej o przyczynie drugorzędnej, bowiem zwykle obserwowany okres równy około sześciu godzinom nie jest ani okresem naturalnym, ani zasadniczym okresem pływów, lecz jest tylko okresem najczęściej obserwowanym i opisanym przez badaczy. Jest to bowiem okres pływów Morza Śródziemnego, na którego brzegach zamieszkiwała znakomita większość badaczy starożytnych i współczesnych. Długość zbiornika Morza Śródziemnego powoduje, że falowanie odbywa się z okresem właśnie sześciu godzin, podczas gdy w zbiornikach morskich od wschodnich brzegów Oceanu Atlantyckiego, aż po Indie Zachodnie, tego rodzaju okres sięga około dwunastu godzin. Podobnie, w Lizbonie znajdującej się <389> u zachodnich brzegów Hiszpanii obserwuje się, że morze, sięgające aż po Amerykę i Zatokę Meksykańską, wykazuje okres pływów dwukrotnie dłuższy od Morza Śródziemnego, rozciągającego się od Gibraltaru, aż po plaże Syrii, co – w pierwszym przypadku – odpowiada 120 stopniom, zaś w drugim około 56 stopniom. Tak więc teza, że okres przy-

ptywów i odpływów wynosi sześć godzin jest opinią mogącą wprowadzić w błąd, co też się stało w przypadku licznych pisarzy, snujących na ten temat wiele fantazji.

<sup>DIV.2.2.3</sup> Na tej podstawie nie będzie trudna analiza przyczyn tak wielu nieregularności w obserwowanych okresach pływów mniejszych mórz, jak morze Propontydy i Hellespontu<sup>10</sup>. W niektórych z nich okres ten wynosi trzy godziny, w innych dwie, w innych jeszcze cztery, itp. Różnice te bardzo niepokoiły badaczy przyrody, którzy ignorując prawdziwe przyczyny tego fenomenu uciekali się do próżnych chimer, takich jak ruch Księżyca i do innych, temu podobnych fantazji, ponieważ nigdy nie przyszło im na myśl to, że może tu chodzić o różne długości i głębokości mórz. To właśnie długość i głębokość, jak to już zostało powiedziane, mają istotny wpływ na długość okresu pomiędzy przyptywem i odpływem wody, tak że kiedy już mamy pewne informacje co do obserwowanej długości tego okresu i co do jego wartości w przypadku innych mórz, to wówczas na podstawie argumentu wiążącego okresy falowania z długością i głębokością zbiorników, łatwo i bez trudności można rozwiązać tego rodzaju trudności. Zwłaszcza jeśli powiązać tego rodzaju drugorzędne przyczyny z przyczyną pierwszą i uniwersalną jaką jest ruch Ziemi.

<sup>DIV.2.2.4</sup> Na czwartym miejscu łatwo znajdziemy powody, dla których w przypadku pewnych mórz, chociaż są one długie, jak dla przykładu Morze Czerwone, prawie nie obserwuje

---

<sup>10</sup> Chodzi, odpowiednio, o morze Marmara i cieśninę Dardanele.

się przyływów i odpływów. Dzieje się tak z tego powodu, że morza te nie rozciągają się ze wschodu na zachód, tak jak wieje scirocco i mistral. Jak wiadomo ruch Ziemi odbywa się z zachodu na wschód i ruchy mas wody następują zawsze w kierunku prostopadłym do południków, a nie w kierunku równoległym do nich. Dlatego też na morzach, które rozciągają się poprzecznie względem kierunku od bieguna do bieguna, i są wąskie, nie ma powodu dla którego mogłyby zaistnieć przyływy i odpływy. Jediną możliwością jest wpływ innego morza, które będąc połączone z poprzednim komunikuje mu swoje ruchy przyływów i odpływów.

<sup>DIV.2.2.5</sup> Na piątym miejscu łatwo też będzie pojąć motywy, dla <390> których przyływy i odpływy są najsilniejsze jeśli chodzi o podnoszenie i opadanie wody na brzegach zatok, a najmniejsze w środku zbiornika. Istotnie, jak przekonuje o tym doświadczenie i jak pisaliśmy o tym wcześniej, woda falując prawie nie podnosi się w środku zawierającego ją zbiornika, zaś najbardziej podnosi się i opada na jego brzegach. Dlatego też na brzegach Morza Adriatyckiego, w okolicach Wenecji, pomiędzy przyływem i odpływem istnieje różnica poziomów rzędu trzech łokci<sup>11</sup>, lecz w innych miejscach Morza Śródziemnego odległych od brzegu, odpowiednia różnica poziomów jest zaniedbywalna, jak to ma miejsce na Korsyce i Sardynii, lub też na plażach Rzymu i Livorno, gdzie różnica ta nie przekracza połowy łokcia.

---

<sup>11</sup> We Florencji podstawową jednostką długości był łokieć florentyński (wł.: *braccio fiorentino*). Łokieć ten mierzył około 0,583 m.

<sup>DIV.2.2.6</sup> Po szóste, nie tracąc z oczu tego, co zostało wyżej powiedziane i co doświadczenia pokazują, bez trudności znajdziemy powody dla których w wielkich morzach, chociaż podnoszenie i opadanie wody jest w nich niewielkie w częściach odległych od brzegu, to jednak prądy morskie płynące na wschód albo na zachód są bardzo silne. Wynika to z samej natury falowania wody, która im mniej się podnosi i opada w środkowej części zbiornika, tym silniejszy tworzy strumień przepływający w jedną i drugą stronę, w odróżnieniu do tego, co ma miejsca przy brzegach. Nadto, biorąc pod uwagę to, że ta sama ilość przepływającej wody, kiedy ma pokonać rozległą przestrzeń, porusza się z niewielką prędkością, mając potem przyplnąć przez obszar o niewielkiej objętości, z konieczności płynie tam z wielkim impetem. Na tej podstawie łatwo pojąć, dlaczego obserwuje się silne bardzo prądy wody płynące w cieśninie oddzielającej Sycylię od Kalabrii. Woda wypełniająca wschodnie obszary Morza Śródziemnego ograniczone przez wyspę i Zatokę Jońską może spokojnie przepływać na zachód. Jednak w cieśninie pomiędzy Scyllą i Harybdą wytwarza bardzo silny prąd. To samo, a nawet w jeszcze większym stopniu, ma miejsce między Afryką i Madagaskarem, gdzie wody Ocenów Atlantyckiego i Indyjskiego, przepływające przez tę cieśninę, są zamknięte w niewielkim kanale, pomiędzy brzegami wyspy i Afryki. Silne i potężne muszą też być prądy w Cieśninie Magellana, łączącej Ocean Atlantycki z Pacyfikiem.

<sup>DIV.2.2.7</sup> Na siódmym miejscu pragnąc wyjaśnić przyczyny innych, mniej częstych i mniej oczywistych zjawisk, które w tym

kontekście są obserwowane, rozważmy dwie <391> podstawowe przyczyny przyptywów i odpływów, łącząc je potem razem. <sup>DIV.2.2.7.1</sup> Pierwsza z tych przyczyn, prostsza, to określone przyśpieszenie i spowolnienie miejsc na Ziemi, zależne od złożenia dwóch jej ruchów, rocznego i dziennego. Ich zmiana w czasie ma ściśle określony przebieg, od największej wartości, do najmniejszej, przechodząc od jednej do drugiej w okresie 24 godzin. <sup>DIV.2.2.7.2</sup> Druga przyczyna zależy od ciężaru wody, która poruszona przez pierwszą przyczynę, stara się powrócić do pozycji równowagi poprzez liczne falowania, które nie mają jednego określonego okresu zależnego w tym przypadku od długości i głębokości zbiorników morskich. Z tego powodu różne morza, zawsze poddane działaniu przyczyny drugiej, spływają i przepływają w okresie jednej, dwóch, czterech, sześciu, ośmiu, dziesięciu, itp. godzin. <sup>DIV.2.2.7.3</sup> Kiedy rozważymy złożenie pierwszej przyczyny, powodującej przyptywy z jednej strony zbiornika na drugą w stałym okresie równym dwunastu godzinom z przyczyną drugą, mającą okres, powiedzmy, pięciu godzin, to wówczas w niektórych miejscach przyczyny te będą działały w tej samej fazie, dając impuls w tym samym kierunku. W tych miejscach, czyli, by tak powiedzieć, kiedy działają one zgodnie, przyptyw staje się silny. Innym zaś razem może się zdarzyć, że impuls powodowany pierwszą przyczyną jest przeciwny temu, który jest powodowany przez przyczynę drugą. Wówczas wpływ jednej przyczyny jest pomniejszany przez wpływ drugiej i działające impulsy oraz wynikające stąd ruchy wody ulegają osłabieniu i następuje to, co potocznie okre-

śla się jako *mar di fele*, zmęczone morze. Innym jeszcze razem, kiedy dwie przyczyny nie przeciwstawiają się sobie, ani też nie odpowiadają sobie całkowicie, to wówczas obraz przyptywów i odpływów będzie całkiem inny. Może się też zdarzyć, że w dwóch morzach, bardzo dużych i wzajemnie połączonych poprzez wąski kanał, kiedy w jednym z nich działające przyczyny powodują przyptyw, w drugim działa przyczyna powodująca ruch przeciwny. W takim przypadku, w kanale łączącym morza, woda burzy się wykonując ruchy <392> wzajemnie odwrotne i tworząc niebezpieczne wiry oraz pianę, co potwierdzają liczne obserwacje i relacje. Takie niezgodne ruchy, zależne nie tylko od różnych pozycji i długości zbiorników morskich, lecz bardziej jeszcze od nierównych głębokości mórz połączonych, mają charakter wysoce nieregularny, tak w czasie, jak i w przestrzeni, i są niemożliwe do obserwacji. Z tego powodu zjawiska te bardzo niepokoją marynarzy, a kiedy je już spotykają, nie widzą jednocześnie wiatru czy innych poważnych zmian w stanie atmosfery mogących wyjaśnić zaistnienie tego rodzaju zjawiska. Perturbacje powietrza winny być brane poważnie pod uwagę w przypadku innych efektów związanych z pływami, tak że trzeba je uznać za trzecią przyczynę o charakterze przypadkowym, która w silnym stopniu może wpływać na efekty powodowane przez działanie pierwszej i innych, silniej wpływających przyczyn. Nie ulega wątpliwości, że silnie wiejące wiatry, dla przykładu ze wschodu, zatrzymują wody, uniemożliwiając odpływy. A jeśli wieją w momentach odpowiadających drugiemu, i potem trzeciemu powrotowi przyptywu, i w jego kierunku, to

powiększą go, dlatego też jeśli wiatr wieje przez kilka dni, to wówczas wzmocnienie przyływu może spowodować niezwykajny wylew wód.

<sup>DIV.2.2.8</sup> Musimy jeszcze (a jest to ósmy problem) uwzględnić inną jeszcze przyczynę ruchu, zależną od wielkich mas wód rzecznych, które wpływają do niezbyt wielkich mórz. W tej sytuacji w kanałach i cieśninach komunikujących z tymi morzami, woda przepływa zawsze w tym samym kierunku, jak to ma miejsce w przypadku Bosforu pod Konstantynopolem, gdzie wody Morza Czarnego spływają w kierunku Propontydy. W samym Morzu Czarnym, z powodu jego niewielkich rozmiarów, przyczyny odpływów i przyływów nie działają nazbyt efektywnie. Wpadają do tego morza liczne i wielkie rzeki, jak Dunaj, Dniepr, a do Morza Azowskiego Don i inne rzeki. Nic zatem dziwnego, że taka ilość wody wpadając do morza i przepływając przez wąską cieśninę sprawia, że ruch wody jest znaczny i zawsze w kierunku południowym. Nadto trzeba tutaj zauważyć, że tego rodzaju kanał czy też może lepiej cieśnina, chociaż bardzo wąska, nie ulega takim samym perturbacjom jak Cieśnina Sycylijska. Istotnie, Morze Czarne ulega wpływom tramontany, zaś Propontyda i Morze Egejskie wraz z przyległym Morzem Śródziemnym, chociaż mają znaczne rozmiary, rozciągają się na południe. Jednakże morza rozciągające się w kierunku tramontany na południe, nie podlegają <393> przyływowi i odpływom. Ponieważ Cieśnina Sycylijska znajduje się pomiędzy częściami Morza Śródziemnego rozciągającymi się od wschodu do zachodu, to jest według kierunku przyływów



i odpływów, ruch wody jest tam gwałtowny, i tak samo wielki jak pomiędzy kolumnami Herkulesa, w Cieśninie Gibraltarskiej, która nie jest bardzo otwarta. Zaś tego rodzaju ruchy są przerażająco wielkie w Cieśninie Magellana.

<sup>DV.1</sup> I to już wszystko, Najjaśniejszy Panie, co rozmawiając z Wami proponowałem jako przyczyny ruchów morza. Myśli te zdawały się także stwierdzać zadowalającą zgodność ruchu Ziemi z przyptywami i odpływami, uznając ten pierwszy za przyczynę (*cagione*) tych drugich, te ostatnie zaś jako ślad i argument (*indizio ed argomento*) na rzecz tego pierwszego. W mojej przedmowie zdarzyło mi się powiedzieć, że ruch [Ziemi], na który wskazują różne cechy ruchu ciał niebieskich, zyskuje dodatkowe potwierdzenie w ruchach innych żywiołów, takich jak woda i powietrze. Myślę zatem, że nie będzie od rzeczy, jeśli raz jeszcze przypomnę krótko to, co dotyczy argumentu opartego na ruch powietrza.

<sup>DV.2</sup> Powietrze, jako ciało bez formy i niebędące mocno przytwierdzone do Ziemi nie musi, jak się zdaje, podlegać jej ruchowi, o ile szorstkość i nierówność powierzchni ziemskiej nie porywa za sobą powietrza bezpośrednio do niej przylegającego. Jak się zdaje warstwa ta nie przewyższa wysokości gór; ta część powietrza nie powinna się opierać ruchowi Ziemi, bowiem jest ona pełna waporów, dymu i wyziewów. Chodzi tu zatem o materię złożoną ze wszystkich żywiołów i w konsekwencji, ze swej natury, podatną na te same ruchy co ruchy ziemskie. Tam jednak, gdzie nie ma przyczyn ruchu powietrza, czyli tam, gdzie powierzchnia kuli ziemskiej jest płaska, i gdzie w powietrzu

brak mieszaniny wyziewów ziemskich, tam też zaniknęłaby przyczyna, dla której powietrze powinno całkowicie być posłuszne porywaniu przez ruch obrotowy Ziemi. Dlatego też w tych miejscach, podczas gdy Ziemia obraca się na wschód, winno się odczuwać ciągły powiew wiejący ze wschodu na zachód, i ten <394> powiew winien być mocniejszy tam, gdzie ruch obrotowy Ziemi jest szybszy. Winno to zatem mieć miejsce w punktach odległych od bieguna i bliskich równikowi, gdzie prędkość dziennego ruchu obrotowego jest największa. Jak się zdaje *de facto* doświadczenie znakomicie potwierdza ten filozoficzny dyskurs, albowiem na otwartych morzach i w sporej odległości od brzegu, w strefach gorących, włącznie ze strefą tropikalną, czuje się ciągły powiew ze wschodu, odznaczający się wielką stabilnością tak, że statki dzięki temu wiatrowi szybko płyną w stronę Indii Zachodnich, stamtąd zaś, wypływając z brzegów meksykańskich, wypływają na Pacyfik, w stronę Indii dla nas wschodnich, a dla nich zachodnich. Tam zaś nawigacja, na wschód, staje się trudna i niepewna, i nie może się odbywać po tych samych drogach. Trzeba płynąć blisko brzegu, aby napotkać wiatry, by tak to ująć, przypadkowe i okazjonalne, powodowane przez inne przyczyny, które my, mieszkańcy ziemi stałej, doskonale znamy. Przyczyny te są różne i liczne, ale ich wymienianie nie jest tutaj konieczne. Owe przypadkowe wiatry dmą we wszystkich kierunkach, burząc morza wąskie i znajdujące się w środku lądu, służąc do nawigacji po tych morzach. W przypadku mórz dalekich od równika i otoczonych szorstką powierzchnią Ziemi owe przypadkowe wiatry całkowicie skry-

wają pierwotny wiatr, który byłby zauważalny, jeśliby wiatry przypadkowe nie istniały. Na tych wodach nawigacja odbywa się z taką samą łatwością tak na wschód, jak i na zachód, jeśliby jednak ktoś zwrócił na to szczególną uwagę to odkryłby, że w ogólności nawigacja w kierunku zachodnim jest zwykle łatwiejsza i krótsza. Wiadomo mi, że w Wenecji kupcy trzymający dokładne rejestry dni wyjazdu i powrotu statków z Aleksandrii i z Syrii, i kontrolujący je za okres jednego lub dwóch lat stwierdzają, iż czas podróży powrotnej okazuje się być o około 25% krótszy od czasu podróży w tamtą stronę. Jest to oczywistym znakiem, że wiatry wschodnie przeważają nad wiatrami zachodnimi. Tak więc wokół powierzchni kuli ziemskiej, zwłaszcza w okolicach równika, gdzie powierzchnia jest gładka, podobna do powierzchni wody, dmie wiatr wschodni, co jak się zdaje pozostaje w zgodzie z tezą o ruchu Ziemi <395> nie mniej, niż pozostaje z nią w zgodzie to, co zostało powiedziane na temat przyptywów i odpływów morza, zwłaszcza jeśli przypomnieć bzdury dotychczas na ten temat sformułowane przez różnych autorów, pragnących wyjaśnić te zjawiska.

<sup>DZ.1</sup>Wiele aspektów mógłbym jeszcze przedstawić, jeślibym chciał zająć się drobniejszymi szczegółami, wiele też takich szczegółów możnaby się doliczyć, jeśliby istniała dostateczna liczba wiarygodnych obserwacji dokonanych przez ludzi w różnych punktach Ziemi. W oparciu o nie, i na podstawie przyjętej hipotezy, moglibyśmy w sposób rozstrzygający zdecydować w tak trudnej kwestii. W niniejszym tekście dałem tylko ogólny zarys tej tak trudnej kwestii mając na celu pobudzenie

badaczy przyrody do pogłębienia refleksji na temat nowej hipotezy. Czy nie chodzi tu o próżny wymysł, który niczym sen daje wrażenie prawdy pozostając fałszywym – osąd w tej kwestii pragnę pozostawić kompetentnym czytelnikom.

<sup>DZ.2</sup> Na koniec ostatni wniosek i pieczęć tej mojej krótkiej rozprawy. Otóż jeśliby przedstawiona hipoteza, potwierdzana wyżej tylko na podstawie racji filozoficznych i obserwacji astronomicznych, okazała się na podstawie dokładniejszych ustaleń błędna i fałszywa, to wówczas należałoby nie tylko poddać w wątpliwość to, co napisałem, lecz także uznać to za próżne i niestosowne. Jeśli zaś chodzi o poruszane tutaj kwestie, to pozostaje mieć nadzieję, że ci, którzy wykażą ich błędność, zaproponują własne, prawdziwe racje. W przeciwnym razie nie pozostaje nic innego, jak tylko uznać, że chodzi tu o kwestie, których znajomość Bóg pragnie wymazać z ludzkiego umysłu i w końcu, co chyba jest najlepszym rozwiązaniem, wycofać się z prób bezowocnego rozwiązywania tej kwestii wymagającej wiele czasu, który może być poświęcony bardziej owocnym badaniom i zajęciom. Co powiedziawszy całuję rąbek Waszych szat i pokornie polecam się Waszej łaskawości.

W Rzymie, w ogrodzie Villa de' Medici,  
8 stycznia 1616 roku

## Indeks tematyczny

### **DW – wstęp do *Discorso sopra il flusso e refluxo del mare***

DW.1 - kontekst powstania *Discorso sopra il flusso e refluxo del mare*: pisemne przedstawienie argumentów wyłożonych podczas dyskusji, na prośbę kardynała Orsiniego.

DW.2 – trudność zagadnienia i braki dotychczasowych wyjaśnień.

DW.3 – ideał wyjaśnienia: ustalenie prawdziwej przyczyny i jednoznaczne oraz oczywiste zdanie sprawy z wszystkich aspektów zjawiska.

DW.4 – nie spełniają tego wymagania obecnie znane wyjaśnienia przyprawów morza.

DW.5 – szersza prezentacja argumentu zostaje odłożona do publikacji dzieła na temat systemu świata

### **DI - wstępne ustalenia i cel poszukiwań**

DI.1 – przyprawy nie są wynikiem rozszerzania się ogrzewanej wody.

DI.2 – realność ruchu lokalnego wody morskiej.

DI.3 – rozróżnienie na przyczyny: główną (pierwszą) i drugorzędną. Sformułowanie celu poszukiwań: ustalenie przyczyny pierwszej zjawiska przyprawów.

### **DII – o przyczynach ruchu lokalnego wody**

DII.1 – nachylenie zbiornika.

DII.2 – ruch otoczenia uderzającego o powierzchnię wody.

DII.3 – ruch pojemnika zawierającego wodę.

DII.3.1 – podnoszenie i opuszczanie krańców zbiornika. Nie może to jednak mieć miejsca w przypadku Ziemi.

[DIV.2.2.3] – oddziaływanie Księżyca.

DII.3.2 – poruszanie zbiornika ruchem przyspieszonym (np. barka przewożąca wodę).

DII.4 – według Galileusza przyczyna DII.3.2 może być uznana za przyczynę pierwszą i główną przyptywów i odpływów morza. Należy zatem zbadać, czy przyczyna ta wyjaśnia także inne szczegóły pływów morza. Jeśli tak, to istotnie będzie ją można uznać za przyczynę główną zjawiska, a co najmniej za przyczynę prawdopodobniejszą od innych proponowanych wyjaśnień.

### **DIII – Galileusza teoria pływów**

DIII.1 – przyjmijmy jako hipotezę, że Ziemia się porusza.

DIII.1.1 – roczny ruch Ziemi.

DIII.1.2 – dzienny ruch Ziemi.

DIII.1.3 – trzeci ruch Ziemi (precesja) i przyczyny jego pominięcia w proponowanej teorii.

DIII.2.1 – geometryczny model zjawiska. Opis modelu.

DIII.2.2 – wyjaśnienie mechanizmu nakładania się ruchów rocznego i dziennego Ziemi.

DIII.2.3 – podsumowanie: złożenie ruchów rocznego i dziennego prowadzi do sytuacji, w której zbiorniki zawierające wodę (morza, jeziora) są w pewnych momentach dniach przyspieszane, w innych zaś hamowane. Taka jest właśnie główna przyczyna przyptywów i odpływów morza według Galileusza.

## **DIV – Szczegóły zjawiska przyptywów i odpływów morza w świetle teorii Galileusza**

DIV.1 – różne efekty towarzyszące przemieszczaniu się wody w zbiornikach poruszających się ruchem przyspieszonym.

DIV.1.1 – ruch mas wody od jednego krańca zbiornika do drugiego.

DIV.1.2 – długość zbiornika a częstotliwość ruchu masy wody.

DIV.1.3 – głębokość zbiornika a częstotliwość ruchu masy wody.

DIV.1.4 – horyzontalny ruch wody w zbiorniku w różnych jego częściach.

DIV.1.5 – sytuacja zachodząca w bardzo dużych zbiornikach, czyli tam gdzie jedna część zbiornika ulega silnemu zahamowaniu, druga zaś jest jeszcze poddana przyspieszeniu.

DIV.1.6 – o mechanicznym modelu zjawiska opisanego w DIV.1.5.

DIV.2– różne obserwowane efekty towarzyszące przemieszczaniu się wody w zbiornikach naturalnych (jeziora, morza).

DIV.2.1 – dlaczego w jeziorach, stawach i małych morzach nie ma przyptywów i odpływów.

DIV.2.1.1 – pierwsza przyczyna: mała głębokość.

DIV.2.1.2 – druga przyczyna: wielka częstotliwość ruchu wody z jednego krańca na drugi.

DIV.2.2 – odpowiedź na zarzut stawiany teorii dotyczący okresu przyptywów i odpływów morza – winien on wynosić 6 godzin.

DIV.2.2.1 – konieczność uwzględnienia przyczyn drugorzędnych (przyczyna pierwsza prowadzi do okresu równego 12 godzin). Galileusz uznaje za drugorzędną przyczynę naturę wody (jej ciężar i dążenie do równowagi).

DIV.2.2.2 – zróżnicowanie okresów przyptywów w przypadku różnych mórz.

DIV.2.2.3 – nieregularności okresu w przypadku mniejszych mórz.

DIV.2.2.4 – o braku przyptywów w przypadku np. Morza Czerwonego.

DIV.2.2.5 – powody, dla których przyptywy są najsilniejsze na brzegach zatok, a nie w środku.

DIV.2.2.6 – dlaczego w wielkich morzach, w których unoszenie i opadanie wody nie jest duże, tworzą się silne prądy morskie.

DIV.2.2.7 – raz jeszcze o dwóch przyczynach przyptywów oraz o efektach ich złożenia.

DIV.2.2.7.1 – złożenie ruchów rocznego i dziennego.

DIV.2.2.7.2 – woda, posiadająca swój ciężar, dąży do położenia równowagi.

DIV.2.2.7.3 – złożenie przyczyn DIV.2.2.7.1 i 2 oraz ich efekty.

DIV.2.2.8 – ruch wody powodowany wielkimi rzekami wpływającymi do niewielkich mórz.

### **DV – ruch Ziemi jako przyczyn przyptywów oraz uwzględnienie wpływu powietrza**

DV.1 – podsumowanie dotychczasowych rozważań: ruch Ziemi może być uznany za przyczynę pierwszą przyptywów i odpływów, z kolei te ostatnie są poszlakami i argumentami prowadzącymi do tej przyczyny. Uwagi na temat ruchu Ziemi i ruchu powietrza.

DV.2 – ruch powietrza a ruch Ziemi. Także i ruch powietrza (wiatry) potwierdzają ruch Ziemi.



**DZ - zakończenie**

DZ.1 – konieczność dokonania wielu obserwacji, które potem powinny być skonfrontowane z proponowaną przez Galileusza teorią.

DZ.2 – Galileusz wyraża nadzieję, że w przypadku wykazania błędności jego teorii zostanie zaproponowana inna, alternatywna teoria. Pozdrowienia końcowe.