

Este libro inició la ciencia moderna. Cerca de un siglo antes, Copérnico había propuesto una nueva ordenación del cosmos en la que la Tierra giraba en torno al sol; pero aunque los astrónomos usaron sus teorías y cálculos, prácticamente nadie creyó en el movimiento terrestre. GALILEO GALILEI sacó el problema del campo limitado de la astronomía y lo planteó en el terreno general de la filosofía de la naturaleza. La evidencia, de sentido común, de que pisamos un suelo firme e inmóvil se basaba en una visión aristotélica de la física. EL DIÁLOGO SOBRE LOS DOS MÁXIMOS SISTEMAS DEL MUNDO PTOLEMAICO Y COPERNICANO se propuso cambiar la vieja visión física y filosófica, transformar el sentido común y la mentalidad que ahora consideramos pre-moderna. Por eso este libro es a la vez de ciencia física y astronomía, y de epistemología, lógica y filosofía y de la cultura. ANTONIO BELTRÁN, traductor e introductor de la obra, acompaña al lector con notas que ayudan a comprender la profunda transformación intelectual que supuso el libro, escrito en forma de diálogo para poder ofrecer la dialéctica entre la vieja y la nueva visión de la naturaleza.

ISBN 84-206-9412-6



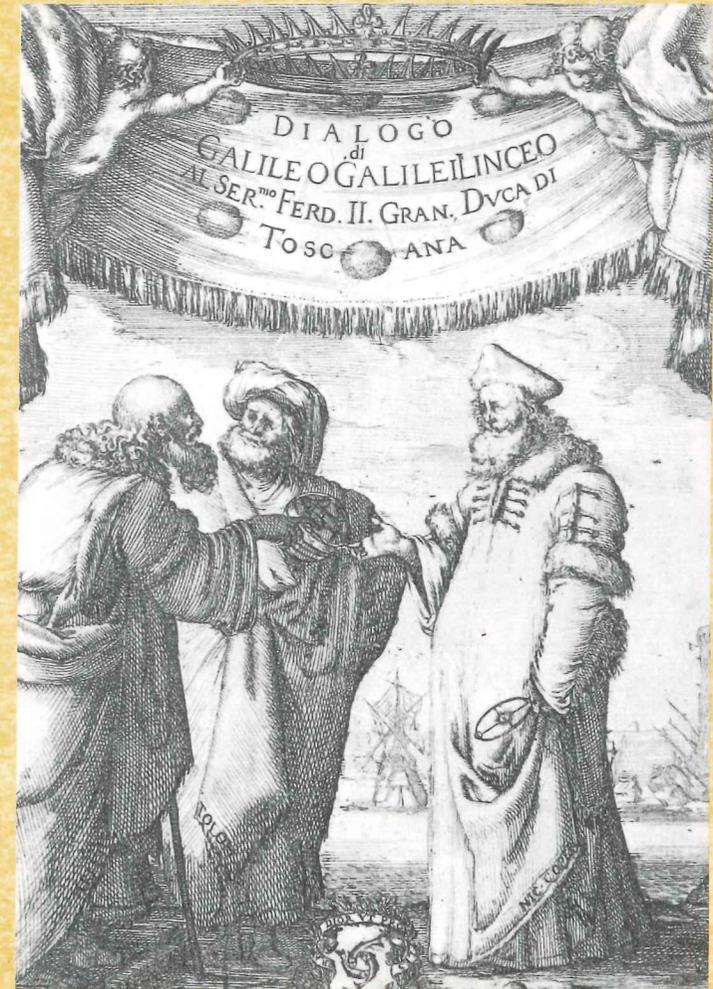
9 788420 694122

Galileo Galilei

Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano



Galileo Galilei



Diálogo sobre
los dos máximos sistemas
del mundo ptolemaico
y copernicano

Alianza Editorial

rra durante mucho tiempo en el aire, y vagar por él revoloteando de un modo totalmente desordenado, no acabo de entender cómo entre tan gran mezcla de movimientos no se confunde y extravía el primer movimiento común, y de qué modo, al haber sido despojados de él, lo pueden compensar e igualarlo con el vuelo, y seguir a las torres y a los árboles que con tan apresurada carrera huyen hacia levante. Digo tan apresurada porque en el círculo máximo del globo es de poco menos de mil millas por hora, y no creo que las golondrinas vuelen ni a cincuenta.

SALV. Si los pájaros tuvieran que seguir la carrera de los árboles con la ayuda de su alas, estarían frescos. Y si fuesen privados de la rotación universal quedarían tan atrás y su vuelo hacia poniente parecería tan violento a quien pudiese verlo, que superaría con mucho el de una flecha. Pero creo que nosotros no podríamos percibirlos, por lo mismo que no se ven las balas de artillería cuando, lanzadas por la furia del fuego, corren por el aire. Pero lo cierto es que el movimiento propio de los pájaros, quiero decir de su volar, no tiene nada que ver con el movimiento universal, al que no aporta ni ayuda ni estorbo. Lo que mantiene inalterado dicho movimiento en los pájaros, es el mismo aire por el cual vagan que, siguiendo naturalmente la rotación de la Tierra, del mismo modo que lleva consigo las nubes, así también llega consigo los pájaros y cualquier otra cosa que esté en él⁵⁶. Así pues, respecto a seguir a la Tierra, los pájaros no tienen nada de qué preocuparse, y por lo que a esto respecta podrían estar siempre dormidos.

SAGR. Comprendo sin ninguna dificultad que el aire pueda llevar consigo las nubes, como materias que, por su ligereza, son facilísimas de mover y están como despojadas de cualquier otra inclinación contraria, más aun siendo materias que también participan de las condiciones y propiedades terrenas. Pero que el aire pueda restituírsele a los pájaros que, por ser animados, pueden moverse con movimiento contrario al diurno, después de interrumpirlo, me parece un poco durillo; máxime porque son cuerpos sólidos y graves, y, como se ha dicho más arriba, vemos que las piedras y otros cuerpos graves se mantienen contumaces contra el ímpetu del aire y si acaso se dejan superar, nunca adquieren tanta velocidad como el viento que los lleva.

SALV. Sr. Sagredo, no demos, tan poca fuerza al aire movido, que cuando se mueve rápidamente es capaz de mover y llevar naves bien cargadas, arrasar bosques y derrumbar torres. Y no por ello puede decirse que en estas acciones tan violentas su movimiento sea ni mucho menos tan veloz como el de la rotación diurna.

⁵⁶ Si nos atuvieramos únicamente a esta intervención de Salviati, podría pensarse que Galileo no parece creer necesario ningún mecanismo de arrastre para el aire, como hacía páginas atrás (véase nota 36 de esta jornada) —y como he dicho insistirá en ello en la jornada cuarta—, sino que lo supone, digamos, «terrestre» y, en consecuencia, dotado naturalmente del movimiento diurno. Pero en mi opinión esto no es así como puede advertirse si se lee toda la argumentación. En primer lugar, resulta significativo que Galileo, en el diálogo que mantiene con Simplicio a continuación (un inciso interrumpido por Sagredo con la exigencia de que vuelvan a los pájaros), crea pertinente hablar del «viento» y de la «fuerza del aire» para empujar y llevar consigo distintas cosas. Porque es obvio, según la argumentación del propio Galileo, que los pájaros no siguen el movimiento terrestre porque el aire los empuje y, por tanto, la cuestión no es pertinente para el argumento. En mi opinión está claro que Galileo tenía dificultades para diferenciar «viento» y «aire» en el sentido de «atmósfera» y que, en todo caso, el problema del movimiento diurno del aire le planteaba más problemas que el de los objetos «terrestres». Y creo que el hecho de que considere el caso de los pájaros como el caso más difícilmente resoluble de este argumento se debe no tanto a que «éstos sean seres animados», sino a su relación con el aire, a que su medio es el aéreo. Véase la nota 58 a continuación, y la Introducción, pp. 51 y ss.

SIMP. He aquí, pues, que el aire movido podrá también continuar el movimiento de los proyectiles, conforme a la doctrina de Aristóteles. Ya me parecía a mí extraño que él pudiese haber errado en este punto.

SALV. Podría, sin duda, si fuese capaz de continuarlo por sí mismo. Pero, al igual que una vez que ha cesado el viento ni las naves avanzan ni los árboles son arrancados, así también al no continuar el movimiento del aire después de que la piedra ha salido de la mano y el brazo se ha detenido, hace falta que lo que hace mover el proyectil sea algo distinto del aire.

SIMP. ¿Cómo que cesa el movimiento de la nave una vez que ha cesado el viento? Más bien se ve que parado el viento, e incluso arriadas la velas, el bajel sigue desplazándose millas enteras.

SALV. Pero eso va contra vos, Sr. Simplicio, porque detenido el aire, que al chocar con las velas llevaba el navío, de todos modos éste continúa su curso sin la ayuda del medio.

SIMP. Se podría decir que el agua era el medio que llevaba la nave y la mantenía en movimiento.

211 SALV. Se podría decir ciertamente, para decir todo lo contrario de la verdad. Porque la verdad es que el agua, con su gran resistencia a ser abierta por el cuerpo del bajel, se le opone con gran frémito y no le deja alcanzar la mayor parte de la velocidad que el viento le conferiría, si no existiese el obstáculo del agua. Vos, Sr. Simplicio, no debéis haber pensado nunca en la furia con la que el agua se arrastra contra la barca mientras ésta, impulsada velozmente por los remos o el viento, se desplaza por el agua estancada. Porque si os hubieseis fijado en dicho efecto, no se os ocurriría ahora la idea de plantear tal simpleza. Ya empiezo a darme cuenta de que hasta ahora habéis sido uno de esos que para entender cómo suceden estas cosas y enterarse de los efectos de la naturaleza no suben a las embarcaciones ni van junto a las ballestas y cañones, sino que se retiran al estudio a hojear los índices y repertorios para ver si Aristóteles ha dicho algo al respecto, a asegurarse de que han captado el verdadero sentido del texto, y ya no desean otra cosa y estiman que no se pueda saber más.

SAGR. Gran felicidad, digna de ser envidiada. Porque si el saber es naturalmente deseado por todos y si tanto da ser como aparentar que se es, esas personas gozan de un grandísimo bien y pueden persuadirse a sí mismos de que lo entienden y saben todo, a expensas de aquellos que conociendo que no saben lo que no saben y, en consecuencia, viendo que no saben ni siquiera una pequeñísima parte de lo puede saberse, se matan con las vigias, las reflexiones y se mortifican con experiencias y observaciones.

Pero, por favor, volvamos a nuestros pájaros, a propósito de los cuales vos habíais dicho que el aire movido con grandísima velocidad les podía devolver la parte del movimiento diurno que entre las piruetas de sus vuelos pudieran haber perdido. A lo que yo contesto que no parece que el aire movido pueda conferir a un cuerpo sólido y grave tanta velocidad como tiene él mismo. Y puesto que la velocidad del aire es como la de la Tierra, no parecía que el aire fuese suficiente para compensar el daño de la pérdida en el vuelo de los pájaros.

SALV. Vuestro razonamiento es en apariencia muy probable y el dudar al respecto no es de ingenios vulgares. No obstante, dejada de lado la apariencia,

Gran felicidad, digna de ser envidiada, la de aquellos que creen saberlo todo.

creo que en realidad no tiene ni un pelo más de fuerza que los otros ya considerados y resueltos.

SAGR. No hay duda alguna de que, si no es concluyente necesariamente, su eficacia sólo puede ser absolutamente nula, porque si la conclusión es necesariamente de un determinado modo no se puede aducir razón que valga desde la parte contraria.

SALV. Creo que el que vos tengáis mayor dificultad en ésta que en las otras objeciones depende de que los pájaros son seres animados y, por ello, pueden usar fuerza a su placer contra el movimiento primario ingénito en las cosas terrenas. Por ejemplo, cuando están vivos, les vemos volar incluso hacia arriba, movimiento que, en cuanto graves les es imposible. De ahí que una vez muertos sólo pueden caer hacia abajo. Por eso estimáis que los argumentos pertinentes para toda clase de proyectiles mencionados más arriba, no lo son en el caso de los pájaros. Eso es cierto, Sr. Sagredo, y precisamente porque es verdad no vemos que estos proyectiles hagan lo que hacen los pájaros. Puesto que si vos desde lo alto de una torre dejarais caer un pájaro muerto y uno vivo, el muerto haría lo mismo que hace una piedra, es decir seguiría en primer lugar el movimiento general diurno, y además el movimiento hacia abajo, porque es un grave. Pero si el pájaro dejado caer estuviera vivo, ¿quién le impide que, aunque el movimiento diurno permanezca siempre en él, se lance aleteando hacia la parte del horizonte que le plazca? Ese nuevo movimiento, siendo propio de él y no participado por nosotros, debe sernos perceptible. Y si con su vuelo se hubiera movido hacia occidente, ¿quién iba a impedir que con otro tanto batir de alas no vuelva sobre la torre? Porque, en fin, el emprender el vuelo hacia poniente no consistió sino en restar del movimiento diurno, que tiene, v.g., diez grados de velocidad, un sólo grado, por lo que mientras volaba le quedaban nueve. Y si se hubiese posado en Tierra, se le devolvían los diez comunes, a los cuales volando hacia levante podía añadir uno, y con los once volver sobre la torre. En definitiva, si lo consideramos bien y lo pensamos más a fondo, los efectos del volar de los pájaros no difieren en nada de los proyectiles hacia todas las partes del mundo, excepto en que estos son movidos por un proyector externo y aquellos por un principio interno.

Y aquí, para dejar clara definitivamente la nulidad de todas las experiencias aducidas, me parece que es el lugar y el momento adecuado de mostrar el modo de experimentarlas todas facilísimamente. Encerraos con algún amigo en la mayor estancia que esté bajo cubierta de algún gran navío, y meted en ella moscas, mariposas y animalillos voladores parecidos. Haya también un recipiente grande de agua con pececillos dentro. Además manténgase en alto un cubo, que gota a gota vaya dejando caer el agua en otro recipiente de boca estrecha, situado debajo. Cuando la nave está quieta, observad atentamente que los animalillos volantes se mueven en todas las direcciones de la estancia con igual velocidad. Veréis que los peces nadan indistintamente hacia todos los lados. Las gotas que caen entrarán todas en la vasija situada debajo. Y vos, a un tirar algo al amigo, si las distancias son iguales no tendréis que lanzarla con más fuerza hacia una parte que hacia otra, si las distancias son iguales. Y si saltáis, como suele decirse, con los pies juntos, os desplazareis igual espacio con independencia de la dirección. Una vez que hayáis observado diligentemente

Se resuelve el argumento tomado del volar de los pájaros contra el movimiento de la Tierra.

Experiencia que, por sí sola, basta para mostrar la nulidad de todas las esgrimidas contra el movimiento de la Tierra.

212

todas estas cosas aunque no haya ninguna duda de que mientras el bajel está parado tienen que suceder así, haced mover la nave con la velocidad que sea. Veréis que (con tal que el movimiento sea uniforme y no fluctuante hacia aquí y hacia allá) no observaréis el más mínimo cambio en ninguno de los efectos mencionados y que, a partir de ellos, no podréis determinar si la nave avanza o está quieta. Al saltar, os desplazareis en el entablado los mismos espacios que antes y no se dará el caso de que, porque la nave se mueva velocísimamente, daréis mayores saltos hacia popa que hacia proa aunque en el tiempo que estáis en el aire el entablado que está debajo de vos se desplace hacia la parte contraria a vuestro salto. Y al lanzar alguna cosa al compañero, no necesitaréis tirarla con más fuerza para que le llegue, si él está hacia la proa y vos hacia la popa, que si estuvieseis al revés. Las gotas caerán como antes en el vaso inferior, sin que ni siquiera una caiga hacia popa por más que, mientras la gota está en el aire, la nave se desplace muchos palmos. Los peces en su agua no requerirán mayor esfuerzo para nadar hacia la parte delantera del recipiente que hacia la posterior, sino que llegarán con igual facilidad a la comida puesta sobre cualquier lugar del borde del recipiente. Finalmente, las mariposas y las moscas continuarán su vuelo indistintamente hacia cualquier lado, y en ningún caso sucederá que se queden hacia la pared⁵⁷ que mira a popa como si estuvieran fatigadas de seguir la veloz carrera de la nave, de la que habrán estado separadas por mucho tiempo, al mantenerse en el aire. Y si quemáis una lágrima de incienso se formará un poco de humo que se verá ascender y mantenerse en lo alto como una nubecilla totalmente indiferente al movimiento hacia uno u otro lado. La causa de la total correspondencia de estos efectos es que el movimiento de la nave es común a todas las cosas contenidas en ésta incluyendo el aire, porque por eso dije yo que se estuviese bajo cubierta.

Puesto que si se estuviese sobre ésta, al aire libre que no sigue el curso de la nave, se verían diferencias más o menos notables en algunos de los efectos mencionados. No hay duda de que el humo quedaría atrás, como el aire mismo. Igualmente las moscas y las mariposas, obstaculizadas por el aire, no podrían seguir el movimiento de la nave si se separasen de ésta por un espacio considerable. Pero si se mantuvieran próximas, puesto que la nave, por estar construida con anfractuosidades lleva consigo el aire próximo, seguirían la nave sin dificultad o fatiga. Quizás por esta misma razón vemos que, cuando las caballerías corren, las moscas importunas y los tábanos siguen a los caballos volando ahora en ésta ahora en aquella parte de su cuerpo. Pero por lo que hace a las gotas que caen la diferencia sería poca, y en los saltos y en los proyectiles graves totalmente imperceptible⁵⁸.

214

213

⁵⁷ Recojo aquí la corrección de Sosio que, a partir del original de 1632, reproduce *parete*, es decir «pared» y no *parte*, o sea «parte», como ha transcrito Favaro. No deja de ser interesante ver mencionada la «pared» que empuja el aire, como veremos en la nota siguiente.

⁵⁸ Como decíamos, este argumento muestra que Galileo, a pesar de que en determinado momento diga explícitamente que el movimiento es común a todos los objetos «incluso al aire», concede a éste cierta excepcionalidad. La prueba está en que, en realidad, de nuevo recurre a un elemento que *empuje mecánicamente al aire*. El propio Galileo nos dice que si el movimiento del aire en el caso del camarote es común con el de los demás objetos *es porque está bajo cubierta, encerrado*. Es decir, lo que sucede es que la pared de popa de éste *empuja* el aire. Este no se comporta como cualquiera de los otros objetos. La comunidad del movimiento de los distintos objetos con el de la nave depende de que ésta se lo ha participado *de una vez por todas*. El aire, en cambio, necesita ser empujado *en todo momento*, porque de lo contrario se escapa, se queda atrás. La prueba ésta en

SAGR. Aunque al navegar no se me ha ocurrido hacer estas observaciones aposta, estoy más que seguro de que sucederán de la manera contada. En confirmación de esto, me acuerdo de que más de cien veces me ha ocurrido preguntar, entando en mi camarote, si la nave avanzaba o estaba parada y a veces habiendo fantaseado al respecto, he creído que estaba avanzando hacia un lado, cuando el movimiento era el contrario. Por tanto yo, con lo dicho hasta aquí, me doy por satisfecho y he entendido perfectamente que todas las experiencias aducidas para probar más bien la negación que la afirmación de la rotación de la Tierra no tienen ningún valor.

Queda ahora la objeción fundada en la observación experimental de que una rotación veloz tiene la facultad de despedir y dispersar las materias adheridas al artefacto que gira. Por esta causa parecía a muchos, incluyendo a Ptolomeo, que si la Tierra girase sobre sí misma con tanta velocidad, las piedras y los animales tendrían que ser lanzados hacia las estrellas, y que no había argamasa tan tenaz para mantener los edificios unidos a sus cimientos y evitar que también éstos sufrieran un estrago semejante.

SALV. Antes de entrar en el esclarecimiento de esta objeción, no puedo dejar de decir lo que he observado mil veces, no sin reírme, que se les ocurre a casi todas las personas la primera vez que oyen lo de que la Tierra se mueve. La creían tan fija e inmóvil que no sólo no habían dudado nunca de tal quietud, sino que habían creído firmemente que todas las demás personas habían estimado como ellos que había sido creada inmóvil y que así se había mantenido en todos los siglos pasados. Imbuidos firmemente de esta idea se asombran al oír que alguien le atribuye movimiento, casi como si, después de haberla considerado inmóvil, neciamente pensase que ésta se hubiera puesto en movimiento en el momento en que Pitágoras o quienquiera que fuese el primero que dijo que se movía, y no antes. Ahora bien, que tan tontísima idea (me refiero al creer que los que admiten el movimiento de la Tierra han creído que primero estaba quieta desde su creación hasta el tiempo de Pitágoras, y la consideran móvil sólo después de que Pitágoras la estimó tal) halle lugar en la mentes de los hombres del vulgo y de escaso juicio no me asombra, pero que los aristotélicos y los ptolemaicos también hayan incurrido en esa puerilidad realmente me parece de un simplismo bastante extraño e inexcusable.

SAGR. Así pues, Sr. Salviati, vos creéis que Ptolomeo pensaba que tenía que defender la inmovilidad de la Tierra, disputando contra personas que, admitiendo que ésta había estado quieta hasta el tiempo de Pitágoras, afirmaron que sólo a partir de entonces, cuando Pitágoras le atribuyó el movimiento, se había vuelto móvil?

SALV. Si consideramos la manera que tiene de refutar sus afirmaciones sólo se puede creer eso. Su refutación se basa en la demolición de los edificios,

Estupidez de algunos que estiman que la Tierra se ha empezado a mover cuando Pitágoras empezó a decir que se movía.

Parece que Aristóteles y Ptolomeo refutan la movilidad de la Tierra en contra de quienes baxan creído que, habiendo estado largo tiempo quieta, empezó a moverse en tiempo de Pitágoras.

lo que acontece con los elementos del exterior. Es decir, en la cubierta todos los objetos terrestres siguen comportándose igual, pero el aire tiene que estar próximo a la nave para poder ser empujado por las irregularidades de ésta, obviamente. Podría decirse que el aire que rodea la nave en el caso expuesto y la atmósfera terrestre no son exactamente análogos. Posiblemente sea así, pero eso es un «defecto» del argumento de Galileo, no una excusa: de nuevo habría confundido *aire* o viento y atmósfera, en un ejemplo inadecuado. Posteriormente, en la cuarta jornada, nos dirá que las montañas, es decir el equivalente de anfractuosidades de la nave, son las que empujan el aire haciéndolo girar con la Tierra. Después de lo que acabamos de leer parece claro que los pájaros que volaran muy alto podrían quedarse atrás, porque no podrían luchar contra el aire que no participaría del movimiento diurno. Respecto al aire véase Introducción, pp. XLVIII y ss.

y en el lanzamiento de las piedras, de los animales y de los hombres mismos hacia el cielo. Y puesto que tal ruina y lanzamiento no puede darse de animales y edificios que antes no estuvieran en la Tierra, y dado que en la Tierra no pueden colocarse hombres y fabricarse edificios más que cuando ésta estuviera quieta, de ahí, pues, resulta manifiesto que Ptolomeo procede contra los que habiendo concebido durante algún tiempo la quietud de la Tierra, es decir mientras los animales, las piedras y los constructores pudieron permanecer en ella y fabricar los palacios y las ciudades, después la hacen impetuosamente móvil, para ruina y destrucción de los edificios y de los animales, etc. Puesto que si hubiese propuesto disputar contra los que hubieran atribuido a la Tierra tal rotación desde su primera creación, lo habría refutado diciendo que si la Tierra se hubiese movido siempre, nunca se habría podido colocar en ella ni fieras, ni hombres, ni piedras y mucho menos construir edificios y fundar ciudades etc.

SAGR. No acabo de entender este desatino aristotélico y ptolemaico.

SALV. O bien Ptolomeo argumenta contra los que han considerado la Tierra siempre inmóvil, o bien contra quien ha estimado que esta había estado quieta durante algún tiempo y después se ha puesto en movimiento. Si es contra los primeros, tenía que decir: «la Tierra no se ha movido siempre, porque nunca habrían existido hombres, ni animales ni edificios en la Tierra, pues la rotación terrestre no les habría permitido permanecer en ella». Pero dado que en su argumento dice: «la Tierra no se mueve, porque las fieras, los hombres, los edificios, ya puestos en la Tierra, se precipitarían», supone que la Tierra ya se ha encontrado en tal estado alguna vez, es decir que ha permitido a hombres y fieras permanecer en ella y contruir. Lo que se deduce consecuentemente es que en algún momento ha estado quieta, es decir, apta para la estancia de animales y la fabricación de edificios. ¿Entendéis ahora lo que he querido decir?

SIMP. Lo entiendo y no lo entiendo. Pero eso poco importa para el mérito de la causa, y un errorcillo cometido inadvertidamente por Ptolomeo no es suficiente para mover la Tierra si está inmóvil. Pero dejémonos de bromas y vayamos al meollo del argumentación que me parece insoluble.

SALV. Pues yo, Sr. Simplicio, todavía quiero atar y apretar más ese nudo, mostrando de modo aun más manifiesto que es cierto que los cuerpos graves que se hacen girar velozmente en torno a un centro fijo, adquieren ímpetu de moverse alejándose de dicho centro, incluso aun cuando tengan la propensión de ir naturalmente hacia éste. Atese al extremo de una cuerda un cubo pequeño, en cuyo interior haya agua y, aguantando firmemente el otro extremo, formando un semidiámetro con la cuerda y el brazo, y haciendo de centro la articulación del hombro hágase girar el cubo velozmente, de modo que describa la circunferencia de un círculo. Tanto si este es paralelo al horizonte, como si le es perpendicular, o inclinado de cualquier modo, siempre sucederá que el agua no caerá fuera del cubo; al contrario quien lo gira sentirá en todo momento que la cuerda tira y hace fuerza para alejarse más del hombro. Y si en el centro del fondo del cubo se hiciera un agujero, se vería que el agua chorrea fuera tanto hacia el cielo, como lateralmente, como hacia tierra. Y, si en lugar de agua se meten piedrecillas, girando del mismo modo se sentirá que hacen la misma fuerza contra la cuerda. Y, finalmente, se ve que los niños tiran las piedras a gran distancia haciendo girar un

La rotación veloz tiene la facultad de expulsar y disipar.