

LA PERSONALIDAD CIENTIFICA Y LOS RELOJES DE ALFONSO X EL SABIO

POR

JOSE AUGUSTO SANCHEZ PEREZ

A los que estamos contagiados del virus de la investigación histórica, nos resulta grato recordar hechos pretéritos.

Por ello me viene a la memoria la célebre polémica que mantuvieron en el último cuarto del siglo XIX los señores Laverde Ruiz, Menéndez Pelayo y Echegaray.

Los dos primeros, defendían los fueros de la ciencia patria en todas sus ramas y, en cambio, Echegaray afirmó rotundamente en su discurso de la Academia de Ciencias de Madrid que «España es un pueblo que no puede tener historia científica, porque nunca ha tenido ciencia».



Menéndez Pelayo le replicó publicando en los años 1887-1889, su obra en tres tomos titulada La Ciencia española.

*Yo creo que éste y aquél juzgaron el problema con excesivo apasionamiento. ¡Ni tanto como Menéndez Pelayo, ni tan calvo como Eche-
garay!*

El hecho, para mi indiscutible, es que España tiene derecho a una historia científica, y que ésta comienza con dos excelentes figuras, con un santo y con un rey: con San Isidoro de Sevilla y D. Alfonso X el Sabio. Aquél con sus célebres Etimologías. Este, con sus cinco monumentales obras, amén de otras varias de menor volumen, pero no menos interesantes.



I

VIDA Y OBRA DEL REY SABIO

Era un martes 23 de noviembre de 1224, cuando nació Don Alfonso en Toledo.

Su padre, el rey Fernando el Santo, juzgó prudente alejar a su primogénito de las poco probables, pero posibles, sorpresas de la guerra contra los musulmanes, y tomó el acuerdo de que la crianza y la educación del infante se realizaran en los señoríos gallegos de Villaldemiro y Celada del Camino, bajo la vigilancia de su abuela Doña Berenguela, siendo nodriza Doña Urraca Pérez y siendo ayos del infante Don Garci Fernández, señor de Villaldemiro, y su esposa Doña Mayor Arias, señora de Celada.

Bajo la dirección de su ayo aprendió latín y romance castellano con toda perfección. Y por razón de ambiente aprendió el dialecto gallego.

No citan los historiadores los nombres de los preceptores y maestros que Don Alfonso debió tener en su infancia, pero se sabe que ya se había iniciado su vocación por la Literatura y la Música, cuando, a los trece años de edad, se incorporó a la vida de corte.

Entonces, se puso en contacto con los nobles, con las damas de palacio, con los sabios cristianos y con los sabios árabes y judíos que rendían vasallaje al rey Fernando el Santo.

La primitiva vocación por la Literatura y la Música, unida al recuerdo de su infancia, dió como resultado la colección de cantigas profanas (unas *de maldecir* y otras *de amigo*) y las magníficas *Cantigas de Santa*



María, relatando, en verso gallego, milagros de la Madre de Dios y loores a la Virgen.

Su trato con los nobles le hizo conocer las intrigas y ambiciones de que eran capaces.

Su amistad con las damas... pasó en alguna ocasión los límites de lo prudente.

Su contacto con los sabios cristianos le permitió ver nuevos horizontes. Así, cuando aquellos le entregaron las *Etimologías* de San Isidoro, las leyó con avidez y se entusiasmó tanto que mandó traducirlas al castellano.

Finalmente, sus relaciones con los sabios árabes y judíos le adiestraron en las ciencias y especialmente en la Astrología. Tanto en la parte noble y teórica, que hoy conocemos con el nombre de Astronomía, como en la parte supersticiosa, o Astrología judiciaria, cuyo fundamento es el influjo de los astros sobre el hombre y sobre los pueblos.

Don Alfonso no creía en brujas, ni en hechiceros, ni en agüeros, ni en augurios, pero aceptaba las influencias misteriosas de los astros.

* * *

En 1246, se concertó la boda de Don Alfonso con Doña Violante, hija del rey Don Jaime de Aragón.

En 1252, por muerte de su padre el santo rey Don Fernando, ocupó el trono Don Alfonso X.

Ante las diversas preocupaciones de gobierno, que no desatendió en toda su vida, pensó en la distribución de trabajo para llevar a cabo sus obras inmortales, y formó núcleos de historiadores en Sevilla, de jurisconsultos en Burgos y de astrónomos en Toledo.

Con los primeros elaboró la *Grande e General Estoria* y el *Libro de los Juegos*.

Con los segundos formó las célebres *Partidas*.

Y a sus astrónomos les ordenó:

1.ª La traducción del *Tetrabiblón* de Tolomeo con el comentario de Ali ben Riduan.

2.ª La de los *Cánones* de Albatenio.

3.ª La de la *Astrología* de Benabirijal.

4.ª La de la *Cosmografía* de Benalhaitam.

5.ª La del *Libro de las formas y de las imágenes que son en los cielos*, cuya primera parte es el *Lapidario* de Abolays.

6.ª La formación de los *Libros del saber de Astronomía*.

Esta última obra es un conjunto de traducciones de libros árabes y de observaciones y trabajos astronómicos realizados bajo la dirección de D. Alfonso en Toledo. El rey intervenía activamente en los trabajos, co-



rregía y modificaba la redacción castellana y escribía los prólogos de los libros, cuyo contenido pone de manifiesto la personalidad científica de Alfonso X el Sabio.

Los diversos *Libros del saber de Astronomía* contienen:

1.º Cuatro libros de las estrellas fijas. Se derivan de una obra de Abderrahman el Sufí y de los catálogos de Menelao y Tolomeo, traducidos en 1256, por Judah ben Mosés y Guillén Arremón Daspa.

2.º Un libro de Costa ben Luca, traducido en 1259, por Judah ben Mosés y Juan Daspa.

3.º Dos libros sobre la esfera armilar, de Azarquiel, traducidos por Isaac ben Sid.

3.º Dos libros del astrolabio redondo en que no se consigna autor ni traductor, pero en el prólogo hace Don Alfonso alusiones y referencias a Tolomeo.

5.º Un libro del instrumento *atazir*, compuesto por Isaac ben Sid.

6.º Dos libros de la lámina universal de Alí ben Jalat, traducidos por Isaac ben Sid.

7.º El libro de la *asacea* de Azarquiel, traducido por Fernando de Toledo.

8.º Dos libros sobre las láminas de los siete planetas, de Benassamh y de Azarquiel.

9.º Un libro del cuadrante, compuesto por Isaac ben Sid.

Y 10.º Los libros de los relojes.

Estos libros son precisamente el núcleo de este trabajo.

Los mandó componer Alfonso X para las prácticas astronómicas, porque el reloj es un aparato auxiliar de imprescindible necesidad.

Los libros son cinco y se refieren a otros tantos relojes.



II

LA PREOCUPACION POR MEDIR EL TIEMPO

De las primeras observaciones acerca del movimiento de los astros, surgió la idea de medir el tiempo. Está muy generalizada la leyenda de que un pacienzudo pastor del Extremo Oriente tuvo la idea de ir señalando sobre el terreno la sombra del vértice de un monolito, proyectada desde la salida del sol hasta su ocaso, y que así se construyó el primer cuadrante solar. Esta es la leyenda acerca del origen de los relojes solares.

En el Museo de Berlín existe un reloj egipcio que se supone fué construído en el siglo XIX, antes de J. C.

Se compone de un listón horizontal colocado perpendicularmente a otro listón también horizontal que se halla en un plano inferior.

El fundamento de este reloj, que puede considerarse como el más primitivo, consiste en que si el listón superior se coloca en la dirección Este-Oeste, irá marcando con su sombra en el listón inferior líneas de sombra desde la salida del sol a mediodía, repitiéndose en el mismo sitio las sombras desde el mediodía hasta la puesta de sol.

El travesaño superior del reloj egipcio se substituyó después por una varilla, estilo o gnomon vertical, y el travesaño inferior por una placa horizontal sobre la que la sombra de la punta del estilo va marcando las diferentes horas del día durante la carrera diurna del sol.

Estos primitivos relojes recibieron la denominación de cuadrantes solares.



La posición de la placa con respecto al horizonte del lugar o con respecto al Ecuador, dió origen a diversas clases de cuadrantes, que se denominaron ecuatoriales, horizontales y verticales.

El estudio acerca de la formación de la sombra de un gnomon, estaba ya muy adelantado en tiempo de Alfonso X el Sabio, pero no era perfecto. Llegaban a saber que si el gnomon es paralelo al eje de la Tierra y el plano de proyección, perpendicular a dicho eje, se evitaba el inconveniente de la variación constante de la altura meridiana del sol.

La importancia del conocimiento de la hora hizo pensar a los matemáticos egipcios en otro sistema que sirviera de noche y en los días nublados. Por esta razón, hacia el siglo IV, antes de J. C. se inventaron las clepsidras o relojes de agua y sus similares de arena.

En los primitivos relojes de agua egipcios sale el agua gota a gota de un depósito y va a parar a otro depósito donde un flotador hace que ascienda un vástago. Las horas pueden conocerse por la altura del referido vástago o por una aguja que gira, después de haber convertido en circular el movimiento ascensional rectilíneo.

Después, se inventaron los relojes de combustión, fundados en el continuo desgaste de una vela que arde o en la continua disminución del aceite que alimenta una lámpara. Un reloj de esta clase es el que Alfonso el Sabio denominó *reloj de la candela*.

Siglos más tarde, griegos, romanos y árabes, aguzaron el ingenio para introducir algunos sencillos mecanismos en sus relojes.

De todo esto tenía noticia y referencias el Rey Sabio y ordenó a dos de sus astrónomos que le escribieran los libros de los relojes, para incluirlos en los *Libros del saber de Astronomía* y que le construyeran relojes análogos a los ya existentes o que inventaran ellos mismos.



III

RELOJ DE LA PIEDRA DE LA SOMBRA

El primer reloj alfonsino es un cuadrante solar que se le denomina *reloj de la piedra de la sombra*. Se lo encomendó al astrónomo judío Rabiçag, que es el varias veces citado Isaac ben Sid.

Dice el rey Don Alfonso, en el prólogo del libro referente a este reloj, que, en vista de que no se conocía ningún libro que indicase la construcción y uso de este cuadrante, mandó al astrónomo Rabiçag que escribiera uno del modo más cumplido.

Para la construcción del reloj, indica que la primera operación consiste en escoger una piedra plana rectangular, cuya anchura sea los dos tercios de su largo.

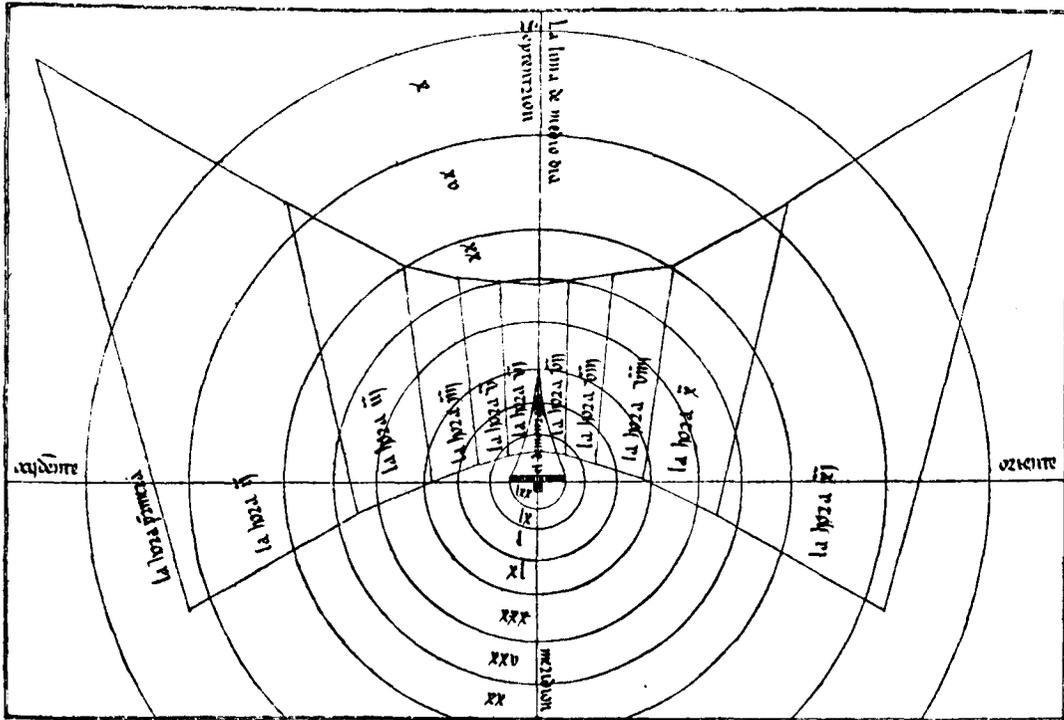
En este tablero se trazan dos líneas perpendiculares: una que pase por los puntos medios de los lados mayores, otra, que pase por el punto situado a un tercio de la línea que se acaba de trazar. Estas dos líneas marcan los puntos cardinales meridión, septentrión, oriente y occidente.

Se dibuja después, haciendo centro en el encuentro de las perpendiculares, una circunferencia y se divide cada cuadrante en noventa partes, numerándolas desde 0 (en la línea Este-Oeste) a 90 (en la línea Norte-Sur).

Una vez hecho esto, se señala en la piedra las sombras que producen la cabeza de Capricornio y la cabeza de Cáncer en cada una de las horas del día. Así se obtienen los puntos que corresponden a las alturas mínimas y máximas del sol durante los solsticios.



A continuación, se unen todos los puntos antes señalados y resulta de este modo lo que se denomina horas temporales.



Falta señalar en la piedra los círculos de las alturas: para ello se acude a una tabla de declinación del sol. De ella se deduce la altura de la cabeza de Aries en la localidad de que se trate (Don Alfonso lo hizo para Toledo). Después, haciendo centro en el del círculo ya trazado, se van grabando con un compás circunferencias concéntricas correspondientes a los grados 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, con lo que queda construída la piedra.

Solamente falta colocar el gnomon, o «demostrador» que es un pivote cónico que encaja en un agujero que hay que hacer en la piedra en el centro de los círculos.



IV

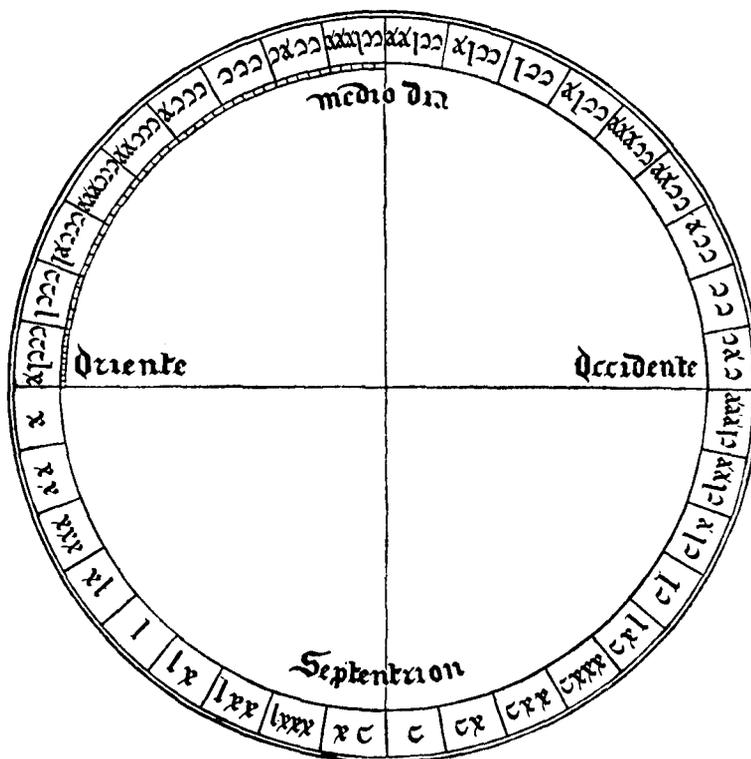
RELOJ DEL PALACIO DE LAS HORAS

Este es el quinto y último de los relojes de Don Alfonso en sus *Libros del saber de Astronomía*, pero en realidad se trata de otro reloj de sol y por esta razón lo colocamos en segundo lugar.

También se debe su descripción al astrónomo judío Rabiçag.

Es un reloj monumental que consiste en un edificio que es una torre cilíndrica con cúpula de media naranja. Respecto a sus dimensiones da idea el hecho de que en su interior pueden estar seis u ocho personas de tertulia.

En el suelo, entarimado, se señalan los cuatro puntos cardinales y se ponen los nombres opuestos, porque aluden a la orientación de la sombra.



En la mitad de la cúpula que está bañada por el sol durante el día, se marcan doce semihusos, con el vértice común en la cúspide.

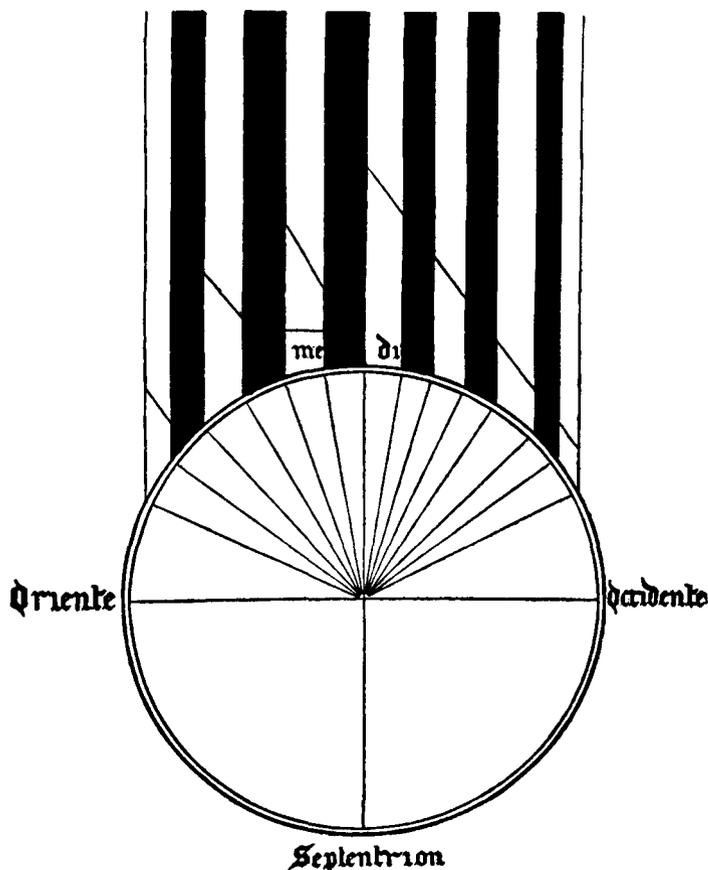
En el semicilindro interior, opuesto, se señalan doce fajas verticales.

Con arreglo a los datos de las coordenadas correspondientes al lugar en que se haya emplazado, y después de calcular, o de ver en unas tablas, la altura del sol en los solsticios, se abren trece ventanillas pequeñas en la cúpula, de modo que la luz del sol se proyecte siempre en la pared interior, es decir, que en verano no llegue al suelo.

A cada hora de las comprendidas desde la seis de la mañana a las seis de la tarde le corresponde una ventana en la cúpula y una faja en la pared.

El grueso de la cúpula del palacio y la disposición de las ventanas o troneras es tal que cuando el sol entra por la ventanilla de las diez, por ejemplo, deja de entrar por la de las nueve, y mientras está entrando por la ventanilla de las diez, no entra por la de las once.

Poniendo en las fajas de la pared los números correspondientes a las horas, la faja iluminada indicará la hora del día.



V

RELOJ DE AGUA

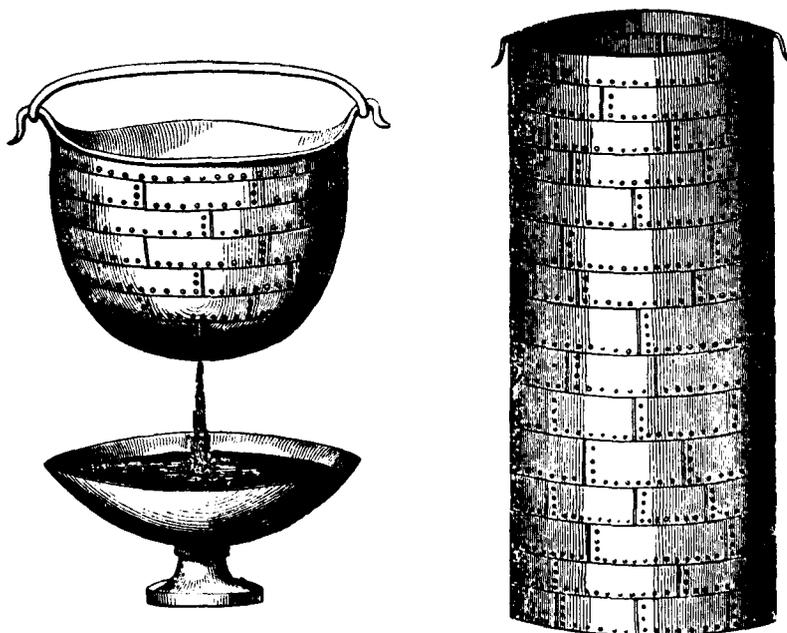
La clepsidra o *reloj de agua* es el segundo de los relojes alfonsinos. El libro correspondiente también fué escrito por Rabiçag y en el prólogo dice Alfonso el Sabio que es muy útil este reloj cuando no se ven el sol o las estrellas. Dice también, con respecto a los relojes de agua, que existen libros de autores antiguos acerca de su construcción, pero que los relojes hasta entonces conocidos son imperfectos, porque la salida de agua no es constante, a causa de que horadaban el depósito en el fondo. Manifiesta por último que la construcción descrita por Rabiçag es original y subsana los errores de las clepsidras griegas y romanas.

El ingenio de Rabiçag comienza por obtener el peso en agua de una hora de tiempo. Para ello, en una caldera semiesférica se hace en el centro del fondo un agujero «en que quepa una aguja, ni muy gorda, ni muy delgada». Se llena la caldera de agua, teniendo obstruído el agujero, se prepara un recipiente donde se recoja el agua. Se fija, con un astrolabio, la posición del cielo. Se deja libre el agujero para que salga el agua. Se va rellenando la caldera a medida que el agua va saliendo, con objeto de que la salida del líquido sea constante. Cuando con el astrolabio se ve que el cielo ha girado 15 grados, se cierra el orificio. El agua recogida en el recipiente inferior nos dará el peso de una hora.

Tras esta operación preliminar se prepara un depósito cilíndrico, de altura doble que el diámetro de la base, cuya capacidad sea un poco



mayor que la necesaria para contener el agua que se recogió en una hora. Este depósito lo denomina *tinaja*.



La originalidad de esta clepsidra de Rabiçag consiste en convertir la tinaja en sifón que regularice la salida del agua.

He aquí una descripción esquemática de este reloj:

El agua se encuentra en el depósito general o *fuenta*: pasa por un orificio a la *tinaja*, recorre el sifón y pasa por otro orificio a la *pila*. Sale de la *pila* por un tercer orificio, cae en el embudo y va por una tubería al *recibidor*.

El recibidor es un depósito en el que existe un *flotador* o levador. A medida que va entrando el agua, va ascendiendo el flotador y con éste una placa o tablero, denominada *la semejanza*, donde se encuentran dibujadas las horas, los signos del Zodíaco y algunas otras referencias astronómicas.

El recibidor puede vaciarse a voluntad por un orificio de salida, llamado *salidera*, que vierte el agua en otro depósito al que se le dá el nombre de *vaciador*.

Al abrir el primer orificio, se llenan la tinaja y la pila, y el agua se marcha por la salidera, pero al cerrar ésta comienza a funcionar el reloj.



VI

EL RELOJ DE LA CANDELA

Dice Don Alfonso en el prólogo que supo —no refiere dónde, ni de quién— que existía un reloj denominado *de la candela* y que ordenó a su judío Samuel el Levi, de Toledo, que hiciera un libro explicando el reloj de la candela.

Como vamos a ver, este reloj es muy ingenioso y muy sencillo.

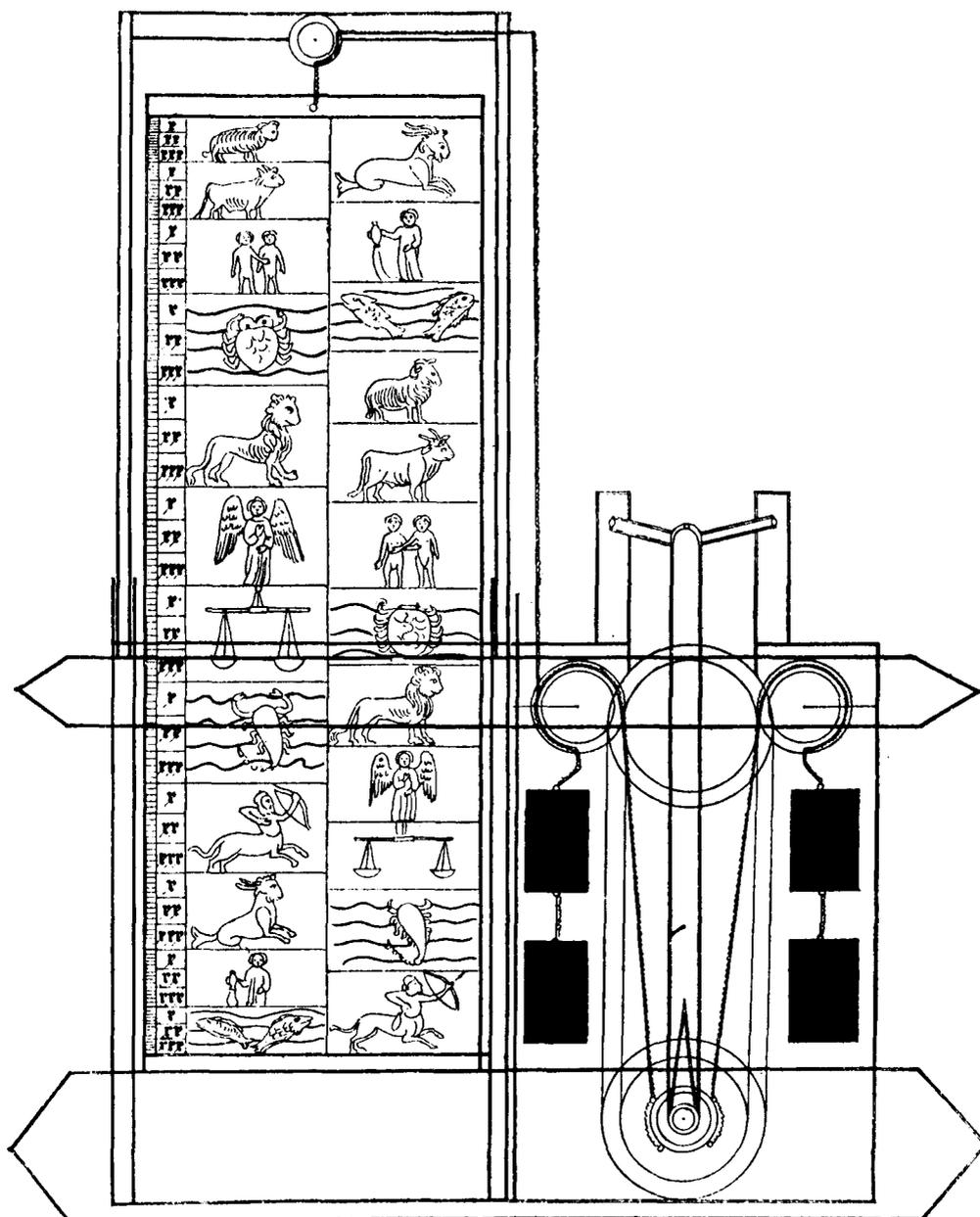
Se construye una vela de cera con pabilo o mecha de algodón, de modo que pueda permanecer ardiendo desde la puesta hasta la salida del sol.

Esta vela se monta sobre un soporte o plataforma entre carriles.

El soporte va colgado de dos cuerdas que pasan sobre dos tambores, y a los extremos de las cuerdas hay unos pesos que equilibran la vela. A uno de los tambores va unido el cabo de otra cuerda, que pasando por otra polea, sostiene un tablero donde van marcadas las horas de la noche.

Cuando se enciende la vela, va subiendo el soporte, van bajando los contrapesos y van girando las poleas. Al girar esta última, se arrolla la cuerda, va subiendo el tablero, y se ve la hora que marca. Algunos tableros indican al mismo tiempo la situación de las constelaciones del Zodíaco.





VII

RELOJ DE MERCURIO

El último de los relojes alfonsinos es el célebre reloj de mercurio.

Lo denomina Don Alfonso *reloj de mercurio vivo*, porque con este último nombre se designaba en el siglo XIII al mercurio.

Refiere el Rey Sabio que encargó a Rabiçag la redacción del libro del reloj del mercurio, en cuyo mecanismo, dice, se aplica lo que respecto al levantamiento de peso dijo en su libro Irán el filósofo.

Nadie sabe quién es este Irán, pero sospecha el investigador Sartón que pueda referirse a Herón de Alejandría.

Es tan extraordinariamente curioso, sencillo y original, este reloj, que merece la pena presentar el texto casi íntegro, modernizando algo el castellano antiguo para su más fácil comprensión.

Prólogo

Aquí comienza el prólogo del libro del reloj de mercurio. Del reloj de agua, ya hemos hablado de cómo se hace y cómo han de maniobrar con él. Ahora queremos presentar cómo se debe hacer el reloj de mercurio y cómo deben manejarlo. Para ello nos el Rey Don Alfonso mandamos al citado Rabiçag que hiciese un libro describiendo cómo se puede hacer este reloj, según el arte (de Mecánica) del libro de Irán el filósofo,



en que habla de cómo se pueden levantar pesos (mediante poleas) y se lo mandamos hacer con arreglo a estas instrucciones:

1.º Que explique cómo se puede hacer una rueda que se mueva por sí misma, durante un día y una noche, una vuelta completa, ni más ni menos, del mismo modo que se mueve el noveno cielo, que es el que produce el día y la noche.

2.º Que por el movimiento de esta rueda, se mueva una red de astrolabio sobre lámina calculada y dibujada para un lugar determinado. (Los cálculos están hechos para Toledo, donde el Rey tenía su observatorio y sus astrónomos). Dicha red ha de estar montada de tal manera que se aprecien con ella el ascendente y los doce signos del Zodíaco, la altura del Sol y de cualquier estrella y las horas que van transcurridas. Todo esto ha de poder realizarse a cualquier hora del día o de la noche, sin que haya necesidad de tocar ni manipular con la red, que se ha de mover por sí sola.

Todo lo que acaba de decirse con respecto a un astrolabio sobre lámina, puede hacerse, si se quiere, con una esfera celeste.

Y 3.º Que tenga este reloj unas campanillas que toquen automáticamente a las horas que se desee.

Este libro contiene seis capítulos. Los cinco primeros tratan de la construcción de este instrumento, y el sexto, del modo de usarlo.

Los títulos de los capítulos son los siguientes:

Cap. I.—De cómo deben hacer la armadura de la caja o canal del mercurio.

Cap. II. De cómo se debe seccionar y en cuántas partes.

Cap. III. De cómo se debe acoplar la canal, la caja de mercurio o madre y el disco del movimiento.

Cap. IV. De cómo se debe colocar y mover la red en el astrolabio sobre la lámina hecha para una latitud determinada.

Cap. V. De cómo se debe hacer la rueda con las campanillas.

Cap. VI. De cómo se debe montar y manejar este reloj.

Capítulo I

De cómo se debe hacer la armadura de la caja o canal del mercurio

Toma una tabla fuerte, por ejemplo, de nogal o de azufaifo; haz de ella varias talas delgadas y alísala bien para que corra o resbale fácilmente el mercurio en la rueda. Haz cuatro brazos que tengan la longitud que quieras y una anchura proporcionada a su longitud, y haz aberturas cuadradas en los extremos de cada uno de ellos, juntándolos después dos a dos, dejando un espacio de cuatro dedos entre un brazo y otros. Ensámblalos con rebajos a modo de cruz, lo mismo que se hace en las no-



rias con que suben el agua. Pon entre cada dos brazos (de los más separados) otros nuevos brazos análogos y clava (las maderas) con clavos de modo que quede bien fuerte. Pon las tablas delgadas que hiciste al principio entre cada dos brazos hasta que quede completa y fuerte. Las tablas han de quedar bien juntas una con otra, de modo que no se pueda salir el mercurio cuando ande por dentro. Y suéldala con cera y resina, como se sueldan las embarcaciones.

Capítulo II

De cómo se debe seccionar la canal y en cuántas partes

Esta canal la has de partir en cuantas partes quisieres, según sea el tamaño de la caja. (En la figura aparece dividida en doce). Cada una de las divisiones ha de tener un pequeño orificio por donde pase el mercurio de un departamento a otro. Cada uno de los tabiques ha de ser lo necesariamente fuerte para que pueda resistir el peso del mercurio. La canal se debe cubrir con cuero caballar o asnal y engrudo de queso, del mismo modo que se cubren los escudos para que sean más fuertes. A lo que va construído lo llamaremos la *madre*.

Capítulo III

De cómo se debe acoplar la caja del mercurio o madre y el disco del movimiento

Has de llenar de mercurio la mitad de la caja o madre. Tomarás nota del peso del mercurio y del diámetro de la caja. Pongamos por ejemplo que el peso del mercurio es 10 libras y el diámetro del círculo de la madre es dos palmos, y queremos mover la rueda con peso de dos libras. Pues toma un tablero y señala en él un círculo que tenga por diámetro diez palmos y sierra en círculo el tablero poniéndole el nombre de círculo movedor o del movimiento.

Señala desde el centro del tablero otro círculo del mismo diámetro de la madre y coloca la caja de mercurio sobre él afirmándola con clavos fuertes de modo que se mantenga bien y aguante el peso del mercurio. Toma luego un pedazo de plomo que pese dos libras y cuélgalo del costado del círculo mayor que serraste, al que denominaste círculo movedor, con una cuerda recia que dé dos o tres vueltas antes de que cuelgue el peso de plomo. Deja el plomo colgante y moverá la rueda.

Si añadieras al plomo un cuarto de libra se movería el círculo con movimiento más ligero. Y moviéndose el círculo del movimiento se mueve



la caja de mercurio y va saliendo el mercurio de un cajetín a otro por los agujeros pequeños que hay, conservándose siempre el mercurio en la porción inferior de la madre. Y así van moviéndose despacio los círculos hasta que se desarrolla toda la cuerda. Y si quisieres mover la rueda con el peso de una libra, haz el diámetro del círculo movedor, del que va colgada la cuerda, de veinte palmos, es decir, en tal forma que se tenga la proporción:

Diámetro de la caja *es al* diámetro del círculo del movimiento *como* el peso del plomo *es al* peso del mercurio. Y añadirás un poco más de plomo para que se mueva más ligeramente. Todo esto lo hallarás probado, como lo demostró Irán el filósofo en su libro, en que habla de cómo se pueden alzar ligeramente cosas pesadas.

Capítulo IV

De cómo se debe colocar y mover la red en el astrolabio sobre la lámina hecha para una latitud determinada

Cuelga el plomo del círculo del movimiento, deja mover la rueda y observa cuántas vueltas dá en un día y una noche. Si diera una vuelta completa, exactamente, eso es lo que se desea, pero si diera más de una vuelta, por ejemplo, si diera seis vueltas, puesto que lo que quieres es que se mueva la red una vuelta nada más, señala un círculo del tamaño que quieras en la cara libre del círculo movedor, divide este círculo en cualquier número de partes, haz aparte en otra tabla un círculo igual al señalado, divídelo en el mismo número de partes y perfora las partes marcadas de los dos círculos iguales.

Después haz un círculo en la segunda tabla, donde te mandé hacer el círculo segundo, de modo que su diámetro sea cuatro dedos mayor que el primero.

Haz ahora pértigas de encina, bien fuertes y mételas una en cada uno de los agujeros que hiciste en los dos círculos iguales, con lo que resultará una rueda semejante a la que en árábigo llaman aceña. Horada los centros de los dos círculos con un agujero cuadrado y mete en ellos una pértiga cuadrada.

Después haz un círculo, que llamarás igualador, cuyo diámetro sea seis veces el diámetro de la aceña. Divide este círculo en partes que sean iguales a las de la aceña, poniendo las señales de las partes en el canto del círculo. Perfora estas señales con un taladro gordo y mete en cada agujero una estaca de encina.

Haz a este círculo una pértiga de encina bien fuerte; adelgaza una punta de la pértiga para que entre por el agujero de la lámina del astro-



labio y de la red, de modo que cuando se mueva la pértiga se mueva la red y quede fija la lámina del astrolabio.

Montarás la pértiga (o eje) del círculo movedor sobre dos pedazos de madera de encina, de modo que se mueva fácilmente.

Después montarás la pértiga del círculo igualador sobre otros dos pedazos de madera (cojinetes), de tal manera que las estacas del círculo igualador entren entre las pértigas de la aceña.

(En resumen, y diciéndolo brevemente en lenguaje actual, se hace un engranaje convirtiendo el círculo del movimiento en rueda dentada (la aceña), que al engranar con una nueva rueda dentada (la de las estaquillas) de diámetro seis veces mayor, dará una sola vuelta en lugar de las seis vueltas que puso por ejemplo).

De este modo, cuando cuelgues el peso del círculo del movimiento, se moverá éste, y la aceña que está con él. Y el movimiento de la aceña hará girar al círculo igualador, en tal forma que cuando el círculo movedor dé seis vueltas, el igualador dá una sola vuelta, en el tiempo deseado, que es un día y una noche.

Si después de hecho ésto, tampoco diera la vuelta exacta por hacerlo en un poco más, o un poco menos, que un día y una noche, podrás sincronizar fácilmente aumentando o disminuyendo el peso del círculo movedor.

Todo estriba en la sutileza y habilidad del maestro que hubiere de hacer esta obra.

Capítulo V

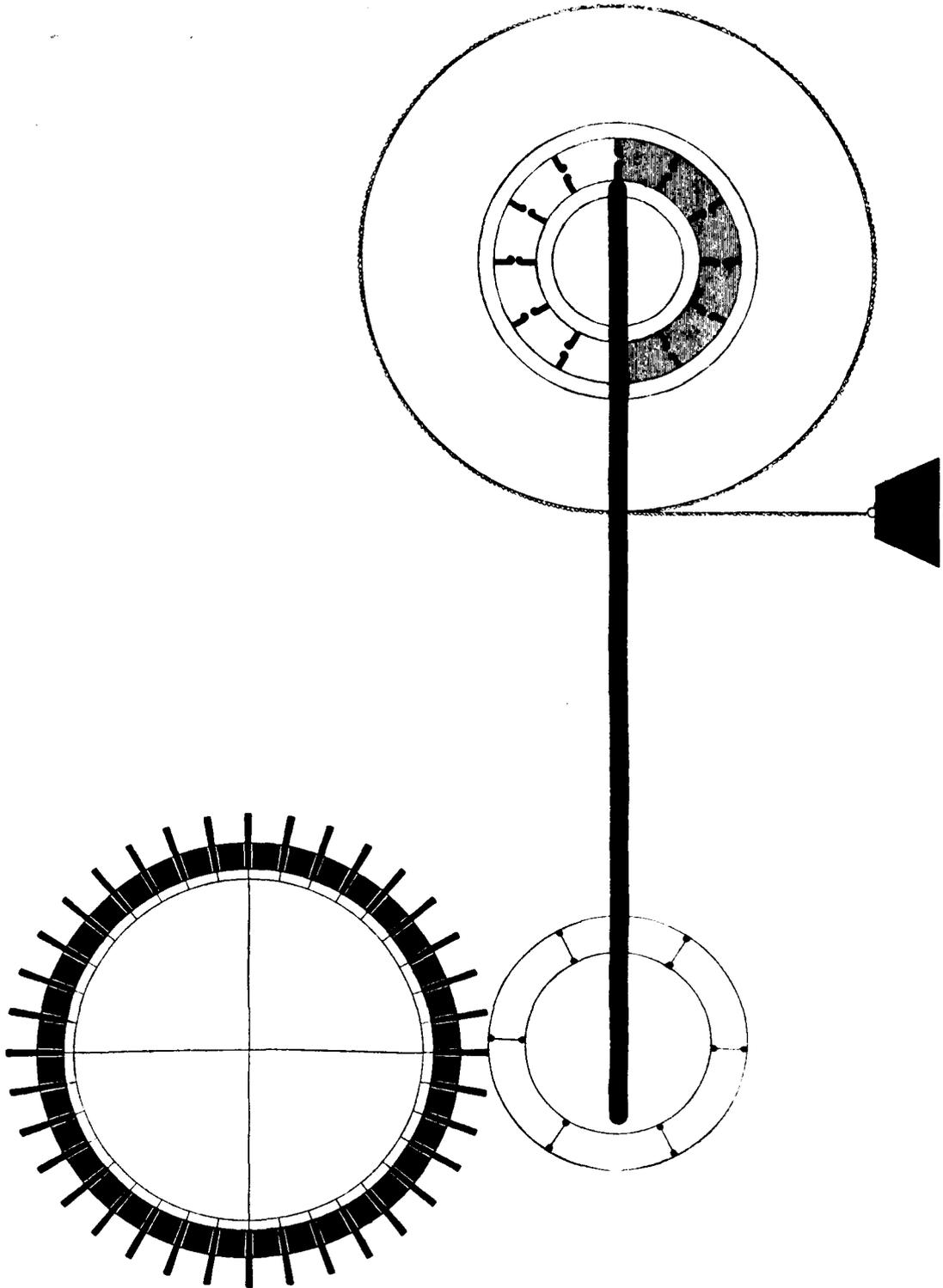
De cómo se debe hacer la rueda de las campanillas

Cuando quisieres hacer esta rueda, pon las campanillas en su campario con las pértigas con que se tiran y pon sendas cuerdas en los cabos de cada una de las pértigas. Después ata en el extremo de cada cuerda una pértiga, que tenga un extremo clavado en algún madero, como se clava la cabeza del compás, de modo que se pueda mover como se mueve el compás. Y cuando tiraren los cabos de estas pértigas que no están clavados, se tiran las cuerdas y tañen las campanillas.

Haz, pues, una aceña y ármala de manera que todos los extremos de las pértigas bajas queden trabados entre las pértigas de la aceña, y al moverse la aceña trabarás las pértigas de las campanillas dejando una y tomando otra, y por el movimiento de estas pértigas tocarán las campanillas.

Pon a esta nueva aceña su eje y su peso correspondiente, de modo que combinada con las estacas del círculo del movimiento al soltarse el extremo de la pértiga, se suelte la aceña de las campanillas y toquen





éstas, hasta que el cabo de la pértiga siguiente trabe la aceña y paren de tocar las campanillas.

Si quisieres que tocaren cada hora, pondrás 24 estacas, una a cada hora, pero puede hacerse si se quiere cada dos, cada tres o cada media hora, compartiendo menos o más estacas en el círculo a cuantas horas quisieres.

Capítulo VI

De cómo se debe montar y manejar este reloj

Te quiero mostrar en este capítulo sexto cómo debes colocar la lámina y cómo debes manejar este reloj.

Comienza por hacer una pared de tablas y pon detrás de la pared todas las ruedas sobredichas armadas como te dije. Clava la lámina del astrolabio en la cara de la pared de tablas y saca el eje del círculo igualador por el agujero de la lámina del astrolabio y haz una señal en la red en el círculo de los signos del Zodíaco, en el grado do esté el Sol aquel día y suelta el reloj cuando salga el Sol y pon el grado de Sol en el horizonte y aprieta la pértiga del eje con la red y deja el reloj correr. Y se moverá la red sobre la lámina del astrolabio, poco a poco todo el día y la señal que hiciste en el grado del Sol te mostrará la altura del Sol en cada momento.

El grado que caiga sobre el horizonte en cada instante, será el ascendente a dicha hora y así mismo podrás saber lo que se halla en el meridiano, o en el occidente, la altura de cada una de las estrellas fijas, las horas pasadas y el grado del Sol durante la noche. Es decir, que podrás conocer cuanto puede el hombre saber del astrolabio sin mover la red.

Aquí se acaba el libro del argent vivo.

