
ESPEJOS, COLUMNAS Y DENTIFRICOS

AGUSTIN M. RELA

Programa Prociencia - CONICET

Cuando recibí la invitación de la asociación para colaborar con esta sección, mi corazón estalló de alegría, e inmediatamente di rienda suelta a mi imaginación, esperando verla galopar por los prados, como el fogoso corcel que, hartado de verse sujeto en el establo, rompe las ligaduras y corre impaciente a bañarse en las cristalinas aguas del río, y al prado, donde los demás caballos pacen, irguiendo orgulloso la cerviz, haciendo ondear las crines de su cuello y golpeando el suelo con sus ligeros pies.

Sin embargo, mi imaginación se limitó a morder la hierba, dar un breve paseo por las inmediaciones y seguirme mansamente, soportando con nobleza equina mis improperios y pedradas.

Es que no se me ocurre nada. No soy como Leopoldo, que apenas me ve, dice:

— Agustín, ¿por qué el espejo convierte la izquierda en derecha, y no el arriba en abajo?

Quedo completamente perplejo, y durante días me miro atentamente al espejo y lado lentamente la cabeza hasta dejarla en posición horizontal. Así permanezco, sumido en profundas consideraciones, hasta que mi esposa me dice:

— ¿Te sentís bien?

— Sólo una leve tortícolis —respondo con seriedad, mientras me enderezo y carraspeo para disimular. Giro el espejo móvil del botiquín hasta formar un diedro recto y observo, ahora sí, una imagen que no convierte el arriba en abajo ni tampoco la izquierda en derecha. La imagen me devuelve con frialdad mi ladina mirada; cuando la miro a su ojo derecho, ella me mira el izquierdo, solapadamente, no como la franca y abierta

mirada del espejo simple, que mira a cada uno de mis ojos como es debido.

Agrego un tercer espejo acostado, que forma ya un triedro rectángulo. Me veo reflejado en posición invertida, cabeza abajo. Me pregunto si ahora mi imagen me devolverá o no con franqueza mi mirada. Es difícil darse cuenta en circunstancias tan anómalas; usualmente no hablo con gente en posición antiparalela. Probablemente el agregado de un tercer espejo implique una inversión adicional producto de un número impar de reflexiones. Debo consultarlo a Eduardo.

— ¡Hola, Eduardo! ¿Conocés esa notable propiedad de los espejos triédricos rectángulos, que consiste en que un rayo de luz incidente es reflejado en dirección paralela y sentido opuesto, lo cual permite, entre otras ingeniosas aplicaciones, construir los llamados ojos de gato, que se ponen en las bicicletas, y además recibir de regreso un rayo de láser enviado a la Luna, y así detectar con asombrosa precisión insignificantes variaciones en la distancia?

— Sí —respondió el célebre epistemólogo.

— Pues bien: la imagen de un espejo de tales características, ¿está invertida, en el mismo sentido en que lo está la imagen de un espejo ordinario?

— Jamás pude saberlo. He de confesarte que cada vez que me afeito debo pensar cuidadosamente todos mis movimientos, y siempre me equivoco. Es que no acepto con la misma naturalidad que los demás el hecho de que cuando yo levanto mi mano izquierda, mi imagen haga lo propio con la derecha. Por eso uso barba.

— Pero el triedro, ¿invierte o no invierte? —in-sisto.

— Lo supe muchas veces —responde Eduardo— pero me olvido inmediatamente. Ese es uno de los inconvenientes de la filosofía analítica.

No tendré otro recurso que utilizar algunas de las ingeniosas paradojas de mi amigo y colega Luis Granate. Leía Granate a sus alumnos algunos pasajes de los Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, de Galileo, en los que el célebre físico italiano señalaba que existe una fuerza que mantiene unidas a dos superficies en estrecho contacto, a la que llamó *la fuerza del vacío*. Hoy sabemos que esa fuerza no es otra cosa que la presión atmosférica, que efectivamente mantiene unidos dos vidrios muy planos, o una columna de piedra fragmentada, si se ajustan entre sí muy exactamente ambos trozos. Transcurrido un cierto tiempo, entra aire en la junta y los trozos se separan.

La cuestión que planteaba Granate es:

Para calcular la fuerza que soporta un cuerpo sometido a esfuerzos de tracción, ¿es necesario sumar la fuerza atmosférica a la fuerza que intrínsecamente puede soportar el propio material?

En otras palabras, ¿depende de la presión atmosférica la tensión de rotura de un material?

No es fácil responder directamente a esta cuestión. Todos aceptamos que una vez fracturada, la columna se sostiene con una fuerza igual a la atmosférica, y es necesario hacer esa fuerza para separar los pedazos, en el supuesto de que el propio peso del fragmento inferior no alcance. Pero siempre se discute mucho acerca de si esa fuerza aparece o no *antes* de la rotura, y se hacen multitud de consideraciones sobre si la rotura comienza en el centro o en la periferia, o sea formando o no cavidad.

— Lo ideal sería hacer el experimento de someter a esfuerzos de tracción a varias probetas del mismo material, a presiones ambientales diferentes —pensé.

Como no tenía forma de hacerlo con los medios a mi alcance, busqué una sustancia de muy escasa resistencia a la tracción. ¡El dentífrico! Esa pasta es muy escasamente resistente, apenas se sostiene a sí misma en pequeños fragmentos. Por tanto, si es cierto que su resis-

tencia está aumentada por la presión atmosférica, podré colgar una columna de 5 metros de largo, hecha de dentífrico, pues su densidad no creo que supere los 2 Kg/dm^3 , y la sección no interviene, pues a menor sección, también hay menor peso, y en la misma proporción.

Tomé el tubo de dentífrico, y lo exprimí lentamente sobre el lavabo, observando que los trozos extruidos se fragmentaban en longitudes no mayores que algunos decímetros.

— ¿Qué pasa? ¿No te gusta ese dentífrico?

—me preguntó mi esposa, mientras miraba con atención y asombro.

— Nada de eso —la tranquilicé— sólo estoy poniendo a prueba unos axiomas de la física renacentista.

Realmente no entendía dónde estaba el error del razonamiento de Galileo. Le preguntaré a Luis Granate, y publicaré su respuesta en el próximo número.

En el número anterior nos preguntábamos hacia dónde se acelera un globo inflado con helio cuando se lo coloca en el interior de un coche que tiene todas sus ventanillas cerradas y frena.

La respuesta es: hacia atrás, aunque los demás objetos sueltos experimenten una aceleración hacia adelante, respecto del coche, como es habitual observar en las frenadas.

Este resultado suele despertar dudas: ¿Cómo es posible que se acelere el globo hacia atrás, si su masa es positiva, aunque esté inflado con un gas liviano?

Los tratamientos didácticos más felices, según diversas experiencias, son los que incluyen experimentos, entre ellos el de colocar un vaso con agua en un plato de tocadiscos, con un corcho sumergido con la ayuda de una tuerca y un hilo. El corcho se “centrifuga” en dirección contraria a la que correspondería a un péndulo.

Los diversos grados de perplejidad que introduce esta cuestión obedecen a que nuestra intuición no está acostumbrada a considerar al aire como un cuerpo, que también tiene masa. Cuando el coche frena, *todos* los cuerpos sueltos se aceleran hacia adelante, y el aire también es un cuerpo suelto. La fuerza inercial que actúa sobre el aire es más intensa que la que actúa sobre el helio, porque es más denso, entonces el aire desplaza al globo, que no tie-

ne más remedio que permitirle el paso, y en consecuencia inclinarse hacia atrás, si estaba inicialmente en reposo.

Este efecto de inercia del aire es claramente apreciable si estamos sentados en el último asiento de un ómnibus, con la ventanilla abierta. Cuando el vehículo está detenido, no entra viento —ni sale— por la ventanilla. Cuando arranca, *sale* aire, lo que se hace notorio al acercar un papel a la abertura. Cuando el coche está en marcha, corre una brisa moderada, probablemente debida a efectos aerodinámicos. Pero cuando el ómnibus frena, el aire de su interior prosigue su viaje, sale por las ventanillas delanteras, y deja lugar para que entre aire de afuera por las ventanillas de atrás.

La segunda cuestión que planteábamos en el número anterior es si todos los cuerpos sólo *caen* con la misma aceleración, en términos locales, o si también suben con la misma aceleración.

La respuesta, obviamente, es afirmativa. No obstante, es tan frecuente decir *caen* que nuestros alumnos terminan creyendo, por omisión nuestra, que cuando los cuerpos son lanzados hacia arriba su aceleración es diferente a cuando bajan. Constituye un verdadero mérito didáctico lograr que incorporen la idea de que el vector aceleración de un cuerpo que se encuentra libre y sin rozamiento en un campo gravitatorio paralelo y uniforme, es constante y está siempre dirigido hacia abajo, no importa que el cuerpo baje, suba, se desplace horizontalmente o esté instantáneamente en reposo.

He recibido comentarios sobre la paradoja de los bisabuelos, también publicada en el número 2. Recordemos que nos preguntábamos cómo era posible que, si tenemos o tuvimos dos padres, cuatro abuelos, ocho bisabuelos, dieciséis tatarabuelos, y así indefinidamente, y en consecuencia hace apenas un milenio habría varios cuatrillones de parientes, en los registros históricos no figurase tamaña cantidad de gente.

Efectivamente, en el razonamiento que se exponía hay no uno, sino varios errores. Algunos de ellos eran solamente numéricos, y puestos exprofeso sólo para distinguir entre la gente verdaderamente perpleja, que revisaba los

cálculos una y otra vez, y, lógicamente, hallaba los errores, y aquellos lectores indolentes, pasivos, indiferentes por completo a los enigmas de nuestro apasionante universo, que apenas esbozaron un “¡Pero mirá vos!”, y pasaron inmediatamente a otra cosa, arrollando la revista y bostezando descaradamente.

Los errores numéricos eran los siguientes: No es $1,0624 \times 10^{24}$ el número de antepasados hace 1000 años, sino sólo $1,0995 \times 10^{12}$ (de todos modos, igual son muchos). La época en que no había en todo el universo material suficiente como para armar a la parentela de Leopoldo Varela, aun suponiendo que cada antepasado constase sólo de un átomo, era el año 4663 antes de Cristo.

El error principal no es numérico, sino conceptual. Al hacer los cálculos en progresión geométrica estamos contando más de una vez al mismo pariente. Efectivamente, es muy probable que varias generaciones hacia el pasado, las ramas de nuestro árbol genealógico se crucen, en vez de ramificarse separadamente, y así, por ejemplo, nuestro tatarabuelo paterno-paterno-paterno sea exactamente la misma persona que nuestro tatarabuelo materno-paterno-paterno-paterno.

En otras palabras, un antepasado nuestro tiene descendientes, y después de varias generaciones algunos de esos descendientes son parientes tan lejanos, que pueden ser perfectos desconocidos entre sí, y en consecuencia, si son de diferente sexo, tener descendencia. Cualquiera de sus hijos, al hacer su árbol genealógico, procurará tener presente que algunos antepasados de su madre, también lo son de su padre.

La respuesta es, entonces, que los ilustres antepasados de Leopoldo Varela han cometido cruza, y quizás él mismo la esté cometiendo en este preciso instante.

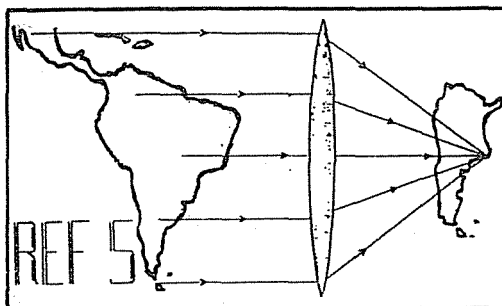
Julio 1986

REFERENCIAS

- LANGE, V.: *Paradojas y sofismas físicos*. Mir, Moscú, 1978.
HOMERO: *La Iliada*. Ediciones Ibéricas, Madrid, 1965.

**SOCIACION DE PROFESORES DE FISICA
E LA ARGENTINA (A.P.F.A.)**

**ENTRO LATINOAMERICANO DE FISICA
(L.A.F.)**



**5a. REUNION NACIONAL DE EDUCACION EN LA FISICA
REF-5**

4a. REUNION LATINOAMERICANA DE EDUCACION EN FISICA

MAR DEL PLATA / 21 al 25 de setiembre de 1987

OBJETIVOS DE REF-5

- Promover el intercambio de experiencias e informacion en lo referente a objetivos, métodos de enseñanza y evaluación.
- Promover la realización y presentación de trabajos que constituyan desarrollos e investigación originales en el área de la enseñanza de la física.
- Brindar a los docentes la posibilidad de actualizar y profundizar su formación profesional.
- Promover la discusión permanente sobre la educación científica que se imparte en el país, con miras a diseñar acciones tendientes a su mejoramiento.
- Difundir las novedades en metodología, en equipos y en otros medios auxiliares de la enseñanza.
- Posibilitar la interacción con especialistas de primer nivel en Física para considerar diversos temas de frontera.

TALLERES

Durante 4 días se desarrollarán temas de educación en la física a través de tareas grupales, mesas redondas, conferencias, etc.

Cada taller estará a cargo de un especialista, que junto con un equipo de profesionales coordinarán las actividades.

La lista de los temas a tratar y sus coordinadores serán publicadas en nuestro próximo boletín de marzo/87.

La inclusión en los talleres se hará por estricto orden de inscripción.

ACTIVIDADES ACADEMICAS

- * **Presentación de trabajos** a cargo de los relatores.
- * **Reuniones de discusión** de los trabajos.
- * **Talleres de actualización** para docentes de Física de los niveles primario, secundario, terciario y universitario básico.
- * **Conferencias generales** a cargo de especialistas.
- * **Mesas redondas** integradas por relevantes especialistas argentinos y extranjeros.
- * **Exhibiciones** de material científico y didáctico.
- * **Elaboración de recomendaciones** para mejorar la enseñanza de la Física en el país.

INSCRIPCION

Asistentes y/o participantes en taller:
del 3/11/86 al 31/7/87.

Relatores: del 3/11/86 al 30/4/87.

Plazo para enviar trabajos: 30/6/87

Solicite la ficha de inscripción a la Profesora Silvia Calderón.

C.C. 22 - Suc. 13 (b)
1413 - Capital Federal

COMITE EJECUTIVO DE APFA

Lic. Leonor C. de Cudmani
Lic. Ana Figueroa de Lewin
Lic. Julia Salinas de Sandoval