

TESIS DE GRADO

TITULO : BASES PARA UNA ALTERNATIVA METODOLOGICA EN-
CAMINADA A ELIMINAR LAS FALLAS SISTEMATICAS
DETECTADAS EN LAS PRECONCEPCIONES ACERCA DE
LAS FUERZAS DE INERCIA

AUTOR : ANTONIO BENAVIDES HERNANDEZ

CODIGO : 84550

DIRECTOR : DINO SEGURA ROBAYO. Universidad Distrital

JURADOS : ALVARO RAMIREZ QUEVEDO. Universidad Pedagó-
gica Nacional
EDUARDO ZALAMEA GODOY. Universidad Nacional

TEMATICA : Didáctica de la Física

FECHA DE
SUSTENCAC. : 20 de Diciembre de 1985

RESUMEN

Considerando que la clase de Física ha de ser una instancia de reconstrucción conceptual que debe adelantar el estudiante con la ayuda del maestro; que quien aprende debe desempeñar el papel principal en el proceso y que quien enseña debe ser guía de vivencias científicas habilmente preparadas y presentadas para que el estudiante reemplace de una manera dinámica su "saber cerrado y estático" por formas evolucionadas de interpretación de la realidad, entonces, la investigación de las formas explicativas que posee el estudiante antes de la clase en lo referente al tema que se tratará en ella debe constituir el punto de partida de toda alternativa didáctica consecuente con tales consideraciones.

Particularmente nos interesamos por los modos de explicación que, con anterioridad a un curso de Mecánica poseen las personas acerca del movimiento de los cuerpos ubicados en sistemas de referencia acelerados. Al respecto, conjeturamos: que quienes aún no han cursado la Dinámica del Grado X de formación básica explican tales movimientos utilizando algo que no existe, LAS FUERZAS DE INERCIA; que para ellos estas fuerzas pueden SENTIRSE, PALPARSE y UTILIZARSE como se utilizan las fuerzas naturales; y, finalmente que esta concepción constituye un obstáculo de consideración para que un alumno, no importa su nivel, logre consolidar el aprendizaje de las Leyes de Newton. Un obstáculo que impide la asimilación del modelo newtoniano.

Para contrastar las diferentes facetas de nuestra conjetura adelantamos en la ciudad de Pasto un trabajo de campo variado e intenso, consistente en entrevistas, encuestas y discusiones en grupo con personas de diferente edad, sexo, nivel académico y procedencia geográfica. Se aprovechó para ello: a) La realización de un curso de capacitación ofrecido en la Universidad de Nariño a 30 profesores de Física de diferentes colegios del Departamento; b) La visita que realizaron los alumnos de VI curso de la normal Nacional San Carlos de La Unión (Nariño) a las dependencias universitarias; c) La colaboración de varios Colegios de la ciudad de Pasto, de varios semestres de las especialidades de Física y de Matemáticas, como también la colaboración de vecinos y familiares.

Con montajes experimentales apropiados se solicitó a 700 personas aproximadamente que opinaran sobre: a) Sus experiencias como pasajeros de vehículos que frenan, aceleran o toman curvas; sobre el estado de reposo o de movimiento de cajas, esferas o péndulos colocados estratégicamente sobre plataformas linealmente aceleradas o sobre discos en rotación; b) Las fuerzas aplicadas sobre tales cuerpos, como también sobre satélites y péndulos.

Al analizar la información obtenida encontramos que las explicaciones preteóricas (formas de interpretación anteriores a la clase) presentan las siguientes características:

1. Cuando un vehículo frena, acelera o toma una curva

las personas y las cosas que se transportan en él "Se van para adelante, para atrás o hacia afuera (según el caso) porque algo o alguien las empuja para allá; en otras palabras, porque sobre ellas se aplican fuerzas que pueden sentirse o palpase. "Al frenar hay una fuerza que me lleva hacia adelante", dice la generalidad de los entrevistados; "Uno se quiere quedar pero el bus le hace fuerza hacia adelante"; "Al frenar las esferas reciben un fuerte sacudón que las mueve hacia adelante", etc. En síntesis: LAS FUERZAS QUE LA DINAMICA CLASICA DENOMINA INERCIALES DENTRO DE LAS PRECONCEPCIONES TIENEN LA PARTICULARIDAD DE SER REALES.

Sobre este aspecto el grupo post-teórico (denominamos así a quienes ya han cursado la Dinámica) se manifiesta mayoritariamente con respuestas de la forma: "Siento un impulso hacia adelante por la ley de la Inercia"; "Me voy hacia adelante porque me empujan las fuerzas de Inercia"; "Las esferas aceleran hacia adelante porque ella originan fuerzas"; "Tengo una tendencia a caer por las fuerzas inerciales"; "Me voy hacia adelante por la ley de la inercia y tambien por el movimiento de acción-reacción"; "En las curvas aparece la fuerza centrífuga que lanza los objetos hacia afuera", etc. Estas respuestas revelan dos aspectos fundamentales: a) La asimilación deficiente de las Leyes de Newton y b) La supervivencia de formas explicativas preteóricas erróneas al lado de explicaciones teóricas deficientemente asimiladas que da como resultante una preteoría deformada (Segura 1980), "que no es solamente la preteoría vestida con un lenguaje aprendido en clase, sino una maraña de errores que forma un todo sistemático pero internamente insostenible".

Docentes de la Física, después de discutir ampliamente sobre los mismos interrogantes manifestaron: "La plataforma acelerada constituye un sistema de referencia no inercial; en éstos no se aplican las leyes de Newton, porque allí se hacen presentes las fuerzas de Inercia"; "Durante la frenada aparece una fuerza debida a la ley de la Inercia"; "Durante la frenada el movimiento de un péndulo es oscilatorio por cuanto las fuerzas aplicadas a la masa pendular son el peso y la fuerza de inercia $F'v$ ". Sin lugar a dudas, estas respuestas reflejan una si -

tuación que debe ser motivo de preocupación para los maestros y para los maestros de aquellos maestros.

2. El movimiento circular de un cuerpo (péndulo atado a la cara inferior de un disco en rotación; esferas, bloques situados sobre un disco en rotación, etc.) se debe, según los preteóricos, a la acción de una fuerza que continuamente lo empuja hacia afuera. "Sobre la esfera se aplica una fuerza que lo mantiene alejado del centro". "El cuerpo se aleja del centro por el viento que tiene el disco al rotar ; si está más alejado del centro se sale más porque allí recibe más viento" (6 años). "El péndulo como que se quiere desorbitar por la ley centrífuga; si el cuerpo es más pesado y está más alejado del centro la fuerza centrífuga es mayor" (15 años). En síntesis, dentro de la preteoría el movimiento circular se explica por la fuerza centrífuga.

A su vez los postteóricos opinan generalmente que : "Los péndulos tratan de salirse del círculo porque existe una fuerza que los saca, ésta es la centrífuga". "Los diferentes cuerpos colocados sobre un disco en rotación se salen de él por la fuerza centrífuga; si la velocidad angular del disco es baja y algunos cuerpos no salen de él, éllo se debe a que la fuerza centrífuga no adquiere el valor necesario para sacarlos". Uno de ellos manifiesta que no salen porque el peso se equilibra con la fuerza centrífuga. Estas respuestas revelan que las ^{explicaciones} ~~respuestas~~ preteóricas siguen vigentes en tales personas; el curso o los cursos de Física recibidos por ellas no cambiaron sus formas erróneas de interpretar el movimiento circular.

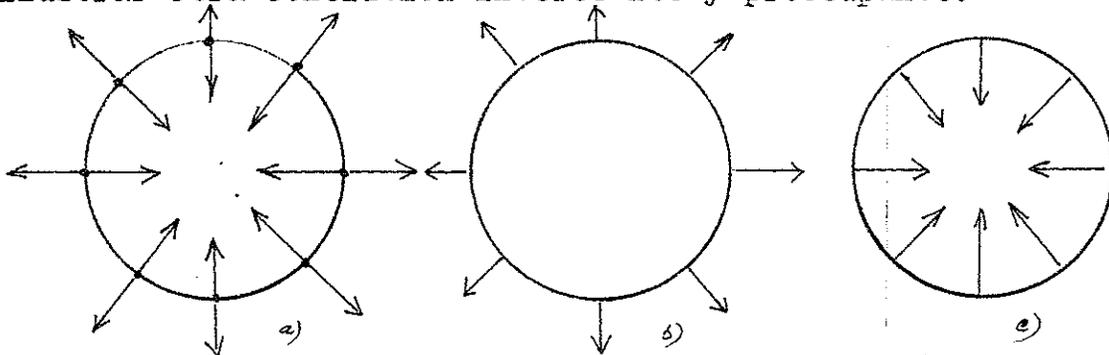
Cuando se preguntó acerca de las fuerzas aplicadas a un satélite de la tierra, sin tener en cuenta la resistencia de la atmósfera, la atracción de la luna y de los demás cuerpos celestes, la respuesta casi unánime de estudiantes universitarios fué: "La fuerza Gravitatoria y la Fuerza Centrífuga; porque si actuara únicamente la primera el satélite caería a tierra"; otros manifestaron "Es la única manera mecánica (sin utilizar retromotores) de mantener al satélite en órbita. "La tierra ejerce una fuerza centripeta sobre el satélite, entonces, éste tendrá otra fuerza que la contrarresta, esta es la centrífuga".

A la misma pregunta grupos de docentes participantes en el curso de capacitación al que hicimos referencia, señalaron que sobre el satélite se aplica la Fuerza Centrípetra (de naturaleza gravitatoria) y la Fuerza Centrífuga (por la tercera ley de Newton) según ellos, la segunda fuerza es necesaria para garantizar la estabilidad del satélite en su órbita. Un número considerable afirma que la relación

$$GMm/r^2 = mv^2/r$$

es una ecuación de equilibrio entre las fuerzas mencionadas. Argumentan enfáticamente que de existir únicamente la primera el satélite irremediablemente caería sobre la tierra.

"La primera hace que el satélite gire sobre su propio eje y la centrífuga hace que aquel no cambie de rumbo". El diagrama de fuerzas que opera para ellos es el que aparece en la figura a, que al compararlo con el de la preteoría figura b y con el de la teoría Newtoniana, figura c, permite ilustrar otra conclusión interesante y preocupante:



Las personas que así responden equilibran para sí formas preteóricas equivocadas con formas teóricas que lastimosamente no han logrado asimilar con claridad. Esta preteoría deformada, paradójicamente, reporta a los docentes tranquilidad interna y externa: están en paz consigo mismo y con una ciencia que no han asimilado plenamente y que lastimosamente están enseñando.

Esta maraña de inconsistencias también es patrimonio de algunos autores tanto en el nivel básico como en el superior; transcribimos como muestra la siguiente: "La condición para que el electrón sea mecánicamente estable es:

$$Ze^2/r^2 = mv^2/r$$

donde el miembro de la izquierda es la fuerza de Coulomb y el de la derecha, la fuerza centrífuga necesaria para mantenerlo en su órbita (Eisberg R. Fundamentos de Física Moderna, Editorial Limusa 1978).

Habiendo establecido de manera categórica el carácter real que la mayoría de las personas, tanto antes, como durante y después del bachillerato, e incluso de la Universidad, dá a las fuerzas ficticias y demostrado que tales preconcepciones constituyen un impermeabilizante muy serio para la asimilación de la mecánica, antes de sugerir algo señalamos que no es contraproducente, de acuerdo a una visión moderna de la Didáctica, la existencia de explicaciones espontáneas, inconscientes y erróneas (como en el presente caso); lo contraproducente es creer ingenuamente que con el discurso pedagógico convencional se puede lograr que los estudiantes asimilen la teoría Física válida. Hecha esta aclaración, antes que proponer una alternativa metodológica que como fórmula mágica resuelva el problema aquí planteado, sugerimos simplemente una serie de actividades que apuntan hacia la asimilación del contenido de las Leyes de Newton, previa destrucción de las formas ingenuas y erróneas de interpretación que poseen las personas. En síntesis sugerimos que conociendo las formas explicativas espontáneas de los alumnos debendearse situaciones didácticas que, por una parte, conduzcan a que dichas explicaciones entren en conflicto con el comportamiento del mundo real y, por otra, lo pongan en situación de aceptar y de elaborar la teoría de los científicos.

.....

Bucario