

Investigación en el Aula: La Física de Superman

Jairo Bautista Meza*

Resumen

Como ejemplo de investigación en el aula, se observó bajo la óptica de la física la película Superman II. Se analizaron varias escenas, se explican los resultados, se proponen otras escenas para trabajo de los estudiantes y se presenta la conclusión.

1. Errores de Película

Revisando películas taquilleras, de las llamadas superproducciones por su alta inversión en dólares, ganadoras inclusive de Premios Oscar, se encuentra que presentan errores espectaculares: errores de película. Algunos ejemplos:

- *Corazón Valiente*: el verdugo de Wallace aparece con zapatillas deportivas con suelas de hule. Un anciano sufre la amputación de un brazo y dos escenas después, lo tiene de nuevo.
- *Lo que el viento se llevó*: si se tuviera en cuenta el contexto de los hechos, el embarazo de Melania Wilkes duró 21 meses.



* Físico Universidad Nacional. Estudios de Magister en Óptica. Diplomado Didáctica Universitaria Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999. Docente Medio Tiempo Universidad Militar Nueva Granada. Director Departamento de Física Universidad Incca de Colombia.

- *Drácula*: un espejo no cumple las leyes del vampirismo y lo refleja.
- *Apolo 13*: uno de los personajes escoge el disco Let it be de The Beatles, que no fue publicado sino hasta un mes después del histórico lanzamiento de la nave.
- *Titanic*: aparecen delfines moradores únicamente del Océano Pacífico, cuando el barco sólo navegó en el Océano Atlántico norte.

Estos gazapos, son pecados veniales, comparados con los mortales, escenificados en películas de superhéroes como Superman.

2. El mundo real y el de ciencia-ficción

El punto de partida consiste en reconocer que existe un distanciamiento entre lo teórico científico y lo práctico cotidiano. Pero existe un mayor distanciamiento entre lo anterior del mundo real, y lo presentado en ciencia ficción.

Existe una inmensa barrera entre lo real y lo ficticio, entre el mundo aparentemente palpable de las fábulas y la veracidad de las leyes naturales, las cuales recuerdan diariamente que el abismo entre la ignorancia y el conocimiento sigue siendo grande aun en los albores de un nuevo milenio, donde los avances tecnológicos

y científicos ocurren a la par de los sofismas informativos, especulativos y sensacionalistas.

La Física es una ciencia que se rige por un método riguroso, el cual se basa en la observación, la medición y el análisis, incorporando elementos como la formulación de hipótesis y la verificación. La Física, como ciencia, surge desde el año 1650 con los trabajos de Galileo y guarda actualmente una estrecha relación con otras ciencias y la Ingeniería en los llamados campos inter y transdisciplinarios.

La Ciencia se constituye en un camino fiable e indispensable para el análisis objetivo de la realidad. La Ciencia es un conjunto de conocimientos verificables y razonados que se fundamentan en estudios e investigaciones orientados hacia el descubrimiento de la naturaleza y sus fenómenos. La Ciencia puede mostrar la diferencia que existe entre lo falso y lo verdadero, entre la incoherencia de la ciencia ficción y la realidad.

Existen dos clases de ciencia-ficción. Una, la ciencia-ficción científica, donde se presentan resultados futuristas pero que se prevé será el resultado de la ciencia actual. Por ejemplo, en los años 60's, ciencia-ficción eran los resultados de la alta tecnología que vivimos: Láseres, CD, fax, Internet, comunicación celular y satelital, para citar solo pocos ejemplos.

La otra, la ciencia-ficción no científica, como la de muchas películas, encuentra terreno abonado para presentar sus imá-

genes sin ningún fundamento científico, pero que al receptor le gustan por su espectacularidad y/o belleza de efectos, creando en él el concepto de entender las cosas. Queda en manos de los medios de comunicación la información que puede ser no científica, pero que en el receptor si crea la sensación de científicismo. Los medios de comunicación pregonan por ejemplo en los láseres, propiedades que no las tienen: el rayo de destrucción total.

Con el trabajo a realizar se pretende identificar, analizar y entender algunas incoherencias de las leyes de la Física que diariamente se presentan en los medios masivos de comunicación. En este caso se hará relación a la película Superman II, a partir de la cual se logra este objetivo. Aprovechando que existe una motivación grande del público en general para ver estas películas, se les puede explicar los errores físicos en los que se incurre en la película y enseñarles los conceptos acertados de la ciencia.

Superman es un personaje cuyos poderes han ido evolucionando con el tiempo. Un resumen es el siguiente. En 1938 aparece el número de la revista Action Comics, con la creación de Joe Shuster y Jerry Siegel: Superman. Este personaje resultó un éxito inmediato, ya que los personajes de esa época eran Tarzán, la Sombra, Buck Rogers, el Príncipe Valiente, Dick Tracy y otros detectives. Entre todos estos aventureros, Superman y sus poderes sobrehumanos captaron la atención de un público deseoso de imaginar otra realidad.

Como es nativo de Kriptón, un planeta con un sol rojo, bajo el sol amarillo de la tierra, sus células actúan como baterías solares. Absorben energía y le dan poderes sobrehumanos. Posee una fuerza que aunque no es infinita, no se ha podido medir. Su cuerpo es virtualmente indestructible. Los órganos de los sentidos, le permiten oír sonidos tan tenues, que son imperceptibles para el oído humano. Su visión telescópica le permite enfocar objetos muy lejanos. Puede ver objetos con detalles como los muestra el microscopio electrónico. Su visión de rayos X lo habilita para ver a través de objetos sólidos, aunque ciertos materiales densos como el plomo, le obstaculizan esta habilidad. Puede generar calor, que se manifiesta con un resplandor en sus ojos, conocido como visión de calor.

Se mueve, piensa y luego reacciona en millonésimas de segundo. Puede desafiar la gravedad y volar a voluntad. Las células de su cuerpo generan un campo de fuerza que se extiende a más de 1 cm de su cuerpo, por lo que cualquier material en el interior de este campo, es prácticamente indestructible. Por eso su traje no se daña, a pesar de que su capa se destruye con facilidad. Es vulnerable a la Kriptonita, una sustancia de su planeta nativo con la que puede morir en cuestión de minutos. También es vulnerable a la magia y a los poderes síquicos de algunos seres.

Para sobrevivir en el mundo de las historietas, Superman evolucionó. El progreso más dramático fue la idea del vuelo. En su primera aparición, podía saltar 230 m;

pero sólo saltando se podía despegar del suelo. Casi al mismo tiempo unas pocas historietas comenzaron a sugerir que el héroe podía elevarse como un pájaro. Por esa época se había establecido que Superman podía moverse más rápido que la velocidad de la luz.

Nada, excepto las esquiras de una gran explosión podían penetrar su piel. En 1939, aún tenía que ser cuidadoso de las bombas, las cuales podían derribarlo y probablemente hasta matarlo. Los gases venenosos también lo ponían en algo de problemas, y las más poderosas descargas de electricidad, podían aturdirlo.

En 1946 fue mostrado desafiando no una, sino dos explosiones atómicas. La invención de la bomba de hidrógeno no molestó tampoco a Superman. Su fuerza e invulnerabilidad se incrementaron con el tiempo, hasta que en 1951 pudo arrojar un rascacielos al espacio, y unos años más tarde, pudo emprender el viaje a los planetas.

La vida de Superman transcurrió sin sobresaltos hasta 1977, en que se comienza a promocionar la superproducción fílmica *Superman: The Movie*, que lo volvió a restablecer como un mito contemporáneo de primera clase. La película batió todos los récords de recaudación gracias a la campaña publicitaria basada en las actuaciones de Marlon Brando, Glenn Ford y Christopher Reeve como Clark y Superman.

En 1981 llegó *Superman II*, luego en 1983 *Superman III*.

3. La película: *Superman II*

El tipo de programa que se empleó procede de emisiones de televisión comercial y vídeo alquilado en centros comerciales. A los estudiantes de Física se les presentó la película y su trabajo consistió en estudiar las escenas que posteriormente deberían explicar, usando los conceptos de física, siguiendo inicialmente las instrucciones dadas en clase. Con el anterior trabajo, se editó un vídeo donde se presentan las escenas de la película y a continuación la explicación de lo ocurrido, con argumentaciones científicas usando las leyes físicas¹.

Pedagógicamente hablando, un vídeo además de transmitir información, ha de servir para proporcionar instrumentos tendientes a la organización del conocimiento y al desarrollo de destrezas. Las destrezas, se pueden transferir a otros ámbitos del conocimiento, de la cultura o de las situaciones vividas. Los videos así editados son altamente motivadores porque transmiten emociones, afectos, que a menudo las palabras no logran expresar con la misma precisión. Es difícil que a alguien no le guste ver una película de las anteriormente citadas, y seguramente para el estudiante en general, más llamativas que por ejemplo las de la serie COS-

1 *Superman y la Física*. Vídeo VHS. 33 min. Investigación y Desarrollo: Jairo Bautista Meza. Departamento de Medios Audiovisuales. Universidad de La Salle. Agosto de 1999.

MOS. Cosmos, vídeo científico de excelencia editado en varios capítulos que por lo general al estudiante no se le hace llamativo porque habla de un mundo real, con una alta densidad de información².

A continuación se narran brevemente algunas escenas de la película, se hacen planteamientos y argumentaciones científicas para mostrar los errores cometidos desde el punto de vista de la física.

Los títulos son propuestos por el autor de este artículo, tratando de reflejar en él lo principal de cada escena. Pueden ser contradictorios, mostrando que de las contradicciones (educación Problémica), se aprende.

Un viaje más allá de la luna

En París, unos bandidos se apoderan de la torre Eiffel y mientras instalan en el ascensor una bomba atómica, amenazan con hacerla explotar si no son atendidos sus requerimientos. La bomba está en capacidad de destruir en forma directa toda la ciudad y sus alrededores, sin contar con los efectos devastadores de los próximos días. La policía local intenta aislar la bomba, manipulando los controles del ascensor tan pronto los bandidos en cualquier instante salgan de él. Cuando se presenta la oportunidad, el ascensor es liberado y se mueve en caída libre, llevando consigo a Luisa. Pero se activa el dispositivo que hará estallar la bomba dentro de 60 s.

El ascensor cae con rozamiento durante 34 s, hasta cuando Superman detiene abruptamente su caída. Se demora un tiempo hablando con su amor e inicia el viaje al espacio. Faltan cuatro segundos para que explote la bomba. Un simple cálculo:

$$v = \frac{\text{distancia tierra - luna}}{\text{tiempo}} = \frac{3,84 \times 10^8 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 96000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

La velocidad de la luz en el vacío, es aproximadamente 300 000 km./s. Superman debe viajar mínimo al 32% la velocidad de la luz. Es una velocidad relativista, imposible de alcanzar por una masa conformada por Superman, la bomba y el ascensor.

Si llegara a viajar al 32% de la velocidad de la luz, el tiempo para Superman seguirán siendo los 4 s. Para la gente en la tierra, el tiempo es un poco mayor. Si viaja más allá de la luna, a los planetas, como se concluye de escenas posteriores, debe viajar a una velocidad cercana o mayor que la de la luz, contradiciendo totalmente las leyes de la física. Por ejemplo, si llega a las cercanías de Marte, y suponiendo que este planeta está alineado con la tierra y el sol, viajará a una velocidad de:

$$v = \frac{8,84 \times 10^{10}}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 22\,000\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

2 COSMOS. Sagan, C. Edited by James Lathan. 1980 Community Television of Southern. California-KCET

Superman, el ascensor y la bomba se convertirán en un hueco negro, dejando de existir en este mundo. En esta escena, se ha violado el principio clásico de relatividad de Einstein: la velocidad de la luz es un invariante relativista y, es la máxima alcanzable. Tampoco se ha considerado el rozamiento de los cuerpos con las capas atmosféricas. Se produce calentamiento que quemaría la capa de Superman y fundiría la estructura del ascensor. Evidentemente, al constructor del ascensor no se le ocurrió darle el recubrimiento especial para aguantar el sobrecalentamiento. ¿Qué es un invariante relativista?

Los sonidos del silencio

Superman ha llegado al espacio, más allá de la Luna. No se convirtió en hueco negro, porque no superó la velocidad de la luz. Tampoco viajó a una velocidad relativista, luego su masa, volumen y densidad de masa no cambiaron.

Es inminente la explosión y lanza el ascensor lejos de él. ¿Qué tan lejos, para que no lo afecte la explosión de la bomba atómica? Ocurre la explosión de la bomba.

Otro error de película: la explosión se escucha. La explosión se siente porque a Superman le llegará la radiación α , β y γ . La intensidad de la radiación estará dada por el vector de Poynting

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} = \vec{E} \times \vec{B}$$

La explosión con la energía radiada (ondas electromagnéticas, más radiactividad)

llega a Superman. Ni siquiera su capa se quema. Para escuchar la explosión, se deben detectar ondas sonoras.

El espacio extraterrestre es vacío. El sonido no se propaga en el vacío y por lo tanto, la explosión se siente, pero no se escucha. El sonido es una onda mecánica y la expresión para la velocidad de propagación, sin tener en cuenta la temperatura del espacio interestelar (4° K) es:

$$V = \left(\frac{\chi P_0}{\rho_0} \right)^{1/2}$$

donde χ es una relación de las capacidades caloríficas, P_0 la presión y ρ_0 la densidad del medio.

Se ha violado un resultado teórico y experimental de la física sobre la propagación de las ondas. Las ondas mecánicas, el sonido, necesitan de un medio elástico e inercial para propagarse.

Montando en globo

Lex Luthor y su secuaz, van a escapar de la prisión usando un globo. La asistente desde el globo deja caer una escalerilla y por ella Luthor sube a la canastilla. Cuando el otro bandido intenta subir por la escalera, cada vez que se apoya en un peldaño hace bajar al globo.

¿Puede el hombre, bajar el globo?

Consideraciones: El globo es esférico de radio 5m, lleno de hidrógeno cuya densidad es de $0,090 \text{ kg/m}^3$ en tanto que la densidad del aire es $1,293 \text{ kg/m}^3$. El globo

puede estar hecho de plástico flexible de densidad 900 kg/m^3 y su espesor de 0,1 cm.

¿Cuánta carga puede levantar el globo? Se debe calcular la fuerza ascensional que debe ser mayor que el peso a levantar. El empuje o peso del aire desplazado se calcula multiplicando la densidad del aire por el volumen del globo por la aceleración de la gravedad.

$$\text{Peso aire} = 1,293 (4/3) \pi (5)^3 9,8 \text{ N} = 6\,634 \text{ N}$$

El peso del Hidrógeno contenido dentro del globo, usando también la anterior fórmula:

$$W_H = 0,090 (4/3) \pi (5)^3 9,8 \text{ N} = 461 \text{ N}$$

$$\text{El peso del globo} = 4\pi r^2 \rho d g = 4\pi(5)^2 900 \times 1 \times 10^{-4} (9,8) \text{ N} = 277 \text{ N}$$

$$\text{La fuerza neta será: } F_N = [6\,634 - (461 + 277)] \text{ N} = 5\,896 \text{ N}$$

La carga neta a levantar es 601 kg. Esto quiere decir que llevando a la pilota, la canastilla y a Lex Lutor, que pesan por ejemplo 151 kg, el secuaz para bajar el globo debe pesar más de 450 kg. (¡no es una persona normal!). Si el globo se llena con helio, el hombre debe pesar más de 392 kg. En esta escena, no se ha considerado el principio de Arquímedes.

Detenido por suaves brazos de acero

Superman aparece salvando a un niño de morir estrellado contra las piedras en la

base de las cataratas del Niágara. Superman (Clark Kent) por unos instantes se percata del accidente. Luego cambia de vestido, apareciendo con el uniforme oficial de superhéroe, vuela rápidamente en dirección vertical hacia abajo, rebasa al que cae y pocos metros antes de llegar al piso se detiene y ahí espera a que el niño lo alcance en su caída. Pronto, el niño que caía llega hasta Superman quien lo atrapa entre sus suaves brazos de acero, deteniéndole instantáneamente en su caída.

De acuerdo con la escena, desde el momento en que se inició la caída hasta el instante en que Superman atrapa al niño, han pasado 29 segundos. Para que esto suceda, Superman debe ser muy fuerte para soportar el impacto. El argumento es, que lo es.

¿Pero que le puede suceder al niño? Este es un problema de colisión inelástica entre una masa que cae (la del niño) con la velocidad final de caída, contra la masa de Superman que en el mejor de los casos tiene velocidad cero.

Algunos cálculos: Si el niño descendió en caída libre 29 segundos, de acuerdo a la mecánica newtoniana, cayó:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 = 4\,120 \text{ m}$$

¿Cuál es altura media de las cataratas? Un buen promedio es de 50 m. Y adquirió en ese tiempo una velocidad de:

$$v = v_0 + gt = 284.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1023 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

En realidad, el niño en su caída no había alcanzado esta velocidad. Los cuerpos que caen en un medio resistivo como lo es el aire, no incrementan su velocidad indefinidamente, sino que ésta llega a un valor máximo conocido como velocidad límite, valor que desde luego depende de las características del cuerpo que cae y del medio en que cae. Concretamente, para una persona que cae desde gran altura en el aire, se acepta que la velocidad límite es de alrededor de 50 m/s, es decir, de 180 km/h. Así que, es con esta velocidad que llega el niño a los brazos de Superman, quien lo detiene en una pequeña fracción de segundos. Se puede decir, instantáneamente para fines prácticos.

Con esta condición, la altura que cae el niño es

$$h = \frac{1}{2} (9,8) (5,1)^2 m + 50 (23,9) m = 1322 m$$

Sigue siendo una altura mucho mayor que la de las cataratas. ¿Qué le sucederá a una persona que cayendo con una velocidad de 180 km/h, es detenido abruptamente por un par de brazos de acero, los de Superman? Y aunque no fueran de acero se trata de una detención abrupta, de una colisión. No hay organismo humano que soporte tal choque. La muerte instantánea llegaría para el niño. Considérese por un momento, el choque de un auto a 180 km/h contra un muro de concreto. Saldrán ileso sus ocupantes?

Pero se puede considerar que los 29 segundos, no son los reales de caída, sino un tiempo apropiado para explicar, como si

fuera en cámara lenta, lo que está sucediendo. Pero lo real, es que el niño sí cae aproximadamente los 50 m. En este caso su velocidad sería:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9,8)50} \frac{m}{s} = 31,3 \frac{m}{s} = 112 \frac{km}{h}$$

No alcanza la velocidad límite, pero sí una velocidad que tampoco es despreciable. En esta escena, se han violado las leyes de la mecánica, el principio de conservación de la energía y la cantidad de movimiento lineal ¿Dónde quedó la energía cinética que había acumulado el niño en su caída libre?

Un vuelo a gran altura

En algunas escenas, Superman invita a Luisa a dar un paseo, por ejemplo desde el trópico de Cáncer a la línea ecuatorial. ¿Puede Luisa sostenerse del brazo de Superman, volando a una altura de 10 000 m a una temperatura en promedio de -40°C y a la velocidad de él? Sólo es posible que ella se sostenga del brazo sin mayor esfuerzo, si inician su movimiento con velocidad inicial cero, e ir incrementando la velocidad con una aceleración baja. Luisa y Superman formarían un solo sistema y ella no sería arrancada del brazo de él, por efectos de la inercia.

Como ella ya es experta en esta clase de vuelos, es obligada por los extraterrestres a realizar un vuelo adicional. Viajan desde Metrópolis hasta el Polo Norte. ¿Qué tan agradables podrían ser estos vuelos para ella?

La temperatura y la presión, no le permitirán a ella un viaje tan placentero: En la Troposfera, se producen síntomas de hipoxia a partir de los 4 000 m de altura. En el límite bajo de la estratosfera, a partir de los 10000 m, la inhalación de oxígeno puro no mantiene una adecuada saturación de oxígeno en la sangre. La hipoxia produce diversas reacciones como irritabilidad y excitación al principio, después pérdida progresiva de concentración hasta perder la conciencia. La frecuencia cardiaca y respiratoria aumentan, y disminuye la concentración tisular de oxígeno. Una hipoxia prolongada produce daño cerebral.



La disminución de presión atmosférica por encima de los 9 000 m, hace que el nitrógeno presente, no sea capaz de permanecer en disolución y se libere en forma de burbujas en los tejidos del organismo. Acompañadas de gotas de grasa procedentes de los tejidos dañados, estas burbujas pueden entrar en el torrente sanguíneo y formar obstrucciones del árbol vascular. Es altamente probable, que el placentero viaje, a la novia le produzca la muerte.

Como anécdota, los polizones que se aventuran a viajar en el tren de aterrizaje

de un avión o llegan muertos o congelados con severos daños corporales y al borde de la muerte.

El pulmón como compresor

La mujer genera un chorro de aire, con su boca, capaz de derribar un helicóptero. Posteriormente, produce corrientes que arrastran y levantan carros, como lo hace un tornado. La capacidad pulmonar de un adulto sano, es de 3 a 5 litros. ¿De dónde puede extraer tanto aire como para producir este efecto?

Un compresor de aire, disminuye el volumen de una cantidad de aire, aumentando la presión del recipiente en este caso los pulmones. El aire comprimido posee una gran energía potencial. Si se le permite la salida se expandirá rápidamente. El control de esta fuerza expansiva proporcionará la fuerza motriz que producirá los efectos mencionados.

Pero, el aire al comprimirlo, también se calienta. Las moléculas de aire chocan con más frecuencia unas contra otras si están muy apretadas y la energía producida por estas colisiones se manifiesta en forma de calor. Los pulmones de la mujer son entonces una superestructura, probablemente metálica y con un excelente sistema de refrigeración. ¿Quién quisiera estar en el pecho de esa mujer?

Se ha violado la ley de conservación de la energía al no tenerse en cuenta los procesos isotérmicos, adiabáticos etc.

Levantando un gran peso

Superman, parado en el piso, levanta un gran peso. Comúnmente lo hace levantando una roca o un tren con carga y pasajeros que fácilmente sobrepasan las 100 toneladas. En la película, la mujer y el hombre levantan un autobús con pasajeros y lo pueden lanzar lejos de ellos.

En una primera aproximación, supongamos que el autobús tiene una masa de 10 toneladas y que la pareja entre los dos, contribuyen con 200 kg. Entonces la magnitud de su peso se calcula multiplicando el valor de dicha masa por g que es la magnitud media de la intensidad del campo gravitacional (aceleración de la gravedad) sobre la superficie de la tierra.

$$F = Mg = (10\,000 + 200) 9,8 \text{ N} = 99\,960 \text{ N}$$

Considerando el concepto de presión, su expresión matemática es: $P = F/A$.

Calculando la magnitud de la presión que ejercen los bandidos -con las plantas de sus pies- sobre el piso, resulta ser de: $P = 16\,660\,000 \text{ N/m}^2$. Como P atmosférica = $1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, entonces $P = 165$ atmósferas.

La presión ejercida por la pareja hacia el suelo, es equivalente a 165 veces el valor de la presión atmosférica a nivel del mar. Con una presión de tal magnitud, la pareja debería hundirse en el suelo que pisan, tal como se hunde una tachuela al presionarla sobre una superficie blanda.

El anterior razonamiento también es aplicable a la presión que ejercen las manos de la pareja sobre el autobús. Sus manos se hundirían en la carrocería, sin poderla levantar. ¿Cómo entonces pueden lanzar el bus lejos de ellos? En esta escena, evidentemente se ignoró el concepto de presión.

El rayo luminoso de destrucción total

A Superman le lanzan una pesada estructura de hormigón, él fija su mirada en el móvil, produciendo visión de calor, destruyéndolo. No existe todavía un rayo que destruya la materia, en esa proporción. ¿Cómo es la energía de las ondas en el espectro electromagnético? ¿Puede una luz roja producir calentamiento hasta llegar a la evaporación de un material? ¿Si fuera un láser, qué potencia es la necesaria para evaporar el acero?

Los kriptonianos, entre ellos Superman, pueden producir haces luminosos de color rojo que salen de sus ojos. Estos rayos, proyectados sobre diferentes materiales, producen sobre ellos calentamiento y en algunos casos, la evaporación del material. Producen un haz colimado que funde el acero, destruye el concreto.



La tecnología actual ofrece láseres para corte y soldadura de materiales. En el infrarrojo están los láseres de CO₂ con potencias por ejemplo de 1500 W. En el corte mediante láser, se utiliza la radiación procedente del láser para calentar la pieza hasta alcanzar la temperatura de fusión, al tiempo que una corriente de gas a presión arrastra el material fundido. El haz láser focalizado sobre la pieza tiene unas dimensiones mínimas, de modo que actúa como una herramienta puntual.

Si el haz focalizado tiene un diámetro, por ejemplo de 1 mm, la intensidad del láser de CO₂ es:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{1500W}{\pi(1 \times 10^{-3})^2 m^2} = 47.7 \frac{kW}{m^2}$$

El grosor de una lámina metálica que se pueda cortar con láser es de unos pocos milímetros y la velocidad de corte del orden de centímetros por minuto.

El anterior cálculo, es una alta intensidad, concentrada en un área pequeña. Por tanto, el área afectada térmicamente es muy limitada, lo que evita la aparición de distorsiones. Es decir, el daño térmico es localizado. Entonces con una luz de estas características, no se puede destruir un material de dimensiones grandes e instantáneamente como se muestra en la película.

La cavidad resonante y el sistema de refrigeración del láser mencionado, tienen dimensiones de metro cúbico. No cabría en el cuerpo de los productores de estos rayos.

4. La Investigación en el aula

A continuación, se deja como trabajo de investigación en el aula que profesores y alumnos, descubran los errores físicos presentes en las situaciones nombradas. Una guía puede consistir en dar respuesta a las mismas preguntas que se formulan.

El cine holográfico

Proyección holográfica. Lex Lutor y su secuaz, antes del escape en globo, dejan un equipo de proyección tridimensional animado que visualiza su presencia en la celda. Un sistema de esta naturaleza, es un sistema holográfico.

Se está considerando la idea de la TV holográfica pero se necesitaría la instalación de un nuevo sistema de TV para pasar del rango de frecuencias UHF, VHF (10⁶ Hz), al rango de frecuencia visible (10¹⁴ Hz). El cine holográfico, ha tenido más progreso que la TV holográfica, pero falta mucho para que se pueda disponer de un teatro con capacidad para varios cineastas. En la actualidad se han hecho pruebas de cine holográfico, pero para un auditorio de una sola persona. Este sí sería el caso de la escena citada.

¿Para esta posibilidad, de qué clase de láseres se debe disponer? ¿Cómo debe ser su coherencia espacial y temporal?

Caminando sobre las aguas

Cuando los liberados bandidos kriptonianos llegan a la tierra, dos caen en piso sólido y el jefe en una laguna cuyas aguas le cubren hasta la cintura. Cuando él se da cuenta de esto, empieza a ascender hasta que queda a flote y puede caminar sobre las aguas.

Para que una persona pueda hacer esto, debe modificar su densidad. Si inicialmente se hunde en el agua, es porque su densidad es mayor que la del agua. A medida que su densidad disminuye, va saliendo del agua. ¿Cómo podría tenerse un sistema de densidad variable en el tiempo? ¿Cómo deben variar la masa y el volumen del caminante?

Un problema de colisiones

Cuando los invasores han producido muchos daños, llega un comando militar a enfrentar la situación. Un artillero les dispara un mortero, que es detenido con una sola mano por el más fuerte y bruto del grupo. Otro error de película: ¡El mortero no estalla!

¿El hombre podrá detener el proyectil con la mano? Este es un ejemplo de colisiones. Haga consideraciones sobre la masa y la velocidad del proyectil y la masa del hombre. Aplique las leyes de conservación de la energía mecánica y de la cantidad de movimiento lineal y decida sobre la viabilidad de que esta escena ocurra.

La turbulencia

En algunos casos la presencia de Superman es anunciada porque papeles y objetos livianos se levantan y mueven en un movimiento turbulento.

Si un objeto viaja en el aire a cierta velocidad, lo puede hacer debido a la diferencia de presiones. A mayor velocidad menor presión, indica que los papeles se mueven hacia el objeto en movimiento. ¿Por qué en unos casos se presenta la turbulencia y en otros no? ¿Cómo se produce el empuje ascensional? Superman para volar, no debería hacerlo con su cuerpo atlético, sino con uno aerodinámico y bastante deformable.

La levitación gravitacional

En algunos casos Superman desafía la gravedad, al quedar suspendido en el aire. Para que levite, debería tener propiedades magnéticas y existir una fuente de campo magnético, o propiedades eléctricas y un campo eléctrico, para que por medio de interacción electromagnética, contrarreste su peso. ¿Cómo crear un campo gravitacional, contrario al de la tierra? ¿Cómo se obtiene g resultante igual a cero?

La caída libre

En la película se presentan varias escenas de caída libre, como la de la antena de la torre. Puede en este caso hacer las medidas de tiempos y espacios y hacer las consideraciones por comparación con el caso de la caída del niño en las Cataratas del

Niágara. ¿Hay conservación de la energía y de la cantidad de movimiento lineal?

El ciclo de Carnot

El jefe de la banda kriptoniana, con su visión de calor, calienta al rojo vivo el tanque de combustible de un vehículo de seis ejes. Superman interrumpe esta transferencia de energía, arrancando un espejo del vehículo, colocándolo al paso del haz y reflejándolo hacia la fuente. Posteriormente, usando sus pulmones como compresor de aire frío, congela el tanque evitando la explosión.

Se calienta un tanque que no explota. Cómo puede calentarse un tanque al rojo vivo, para que el líquido contenido en él no explote? Considérese que el líquido contenido es gasolina y utilizando la ecuación de estado de un gas ideal, calcúlese la presión que debe soportar el tanque a la temperatura del acero al rojo vivo.

Si existiera un rayo que puede fundir material sólido, ¿cómo es posible que pueda ser reflejado por un espejo? Haga consideraciones sobre transferencia de energía y que el espejo es uno comercial de cara posterior, de los usados en cosmetología.

Superman con un chorro de aire frío, congela el tanque. Aquí se puede aplicar muy bien el concepto de máquina térmica. Para ello, explique cómo es el ciclo de Carnot en esta escena.

Existen muchas otras escenas que se pueden analizar en esta película y en las

de Superman I y Superman III a la luz de las Ciencias Naturales. Haciendo una compilación de las escenas y de los errores allí cometidos, muy seguramente se tendrá una publicación de un curso de física volúmenes I a III que incluye la física general y la física moderna. Un bonito ejemplo de lo que se podría llamar investigación en el aula de física o física aplicada.

Conclusión

Después de realizado este trabajo, la única conclusión es: *Superman: ¡culpable!*

¿De qué? De un atroz delito.

¿Cuál? Burlar las leyes de la física y fomentar en sus seguidores la acumulación de falsos conceptos científicos, todo lo cual constituye un fuerte obstáculo para el aprendizaje de las ciencias por parte de sus seguidores, la mayoría de ellos niños y adolescentes estudiantes en los cursos de educación media o superior. Después de ver las películas de Superman, con el número de hazañas allí escenificadas, se tiene suficiente evidencia de que los asiduos lectores y/o videntes de historias de este superhéroe, llegarán a sus clases de física con un cúmulo de falsos conceptos y confusiones que seguramente dificultarán su aprendizaje de esta ciencia.

El anterior es el veredicto que profirió un jurado conformado por profesores y estudiantes de ciencias naturales.

Señor profesor o estudiante amigo de la ciencia. Forme parte usted del jurado realizando aportes como el que aquí se ha presentado. Existen muchas y variadas películas y vídeos, de grabación normal o con efectos especiales y series de dibujos animados donde se pueden aplicar los anteriores criterios.

Agradecimientos

A Universidad Incca de Colombia, Facultad de Ciencias Básicas y Naturales, por el equipamiento, espacio y tiempo para realizar la compilación de este trabajo.

A Universidad de La Salle, Departamento de Medios Audiovisuales, por su ayuda muy profesional en la edición del vídeo.

A los lectores de este artículo por sus comentarios y/o sugerencias a enviar a la dirección: jabauti@unincca.edu.co

Bibliografía

60 years of the Word's Favorite Comic. Book Heroes. Encarta 99.

FISHBANE, P. Física. Vol. I y II. 3TM Ed. Prentice Hall. México, 1994.

HALLIDAY, R. Física. Volumen I y II. Ed. CECSA. México, 1994.