

VUELO DEL DISCO.

LANZAMIENTO DE DISCO.

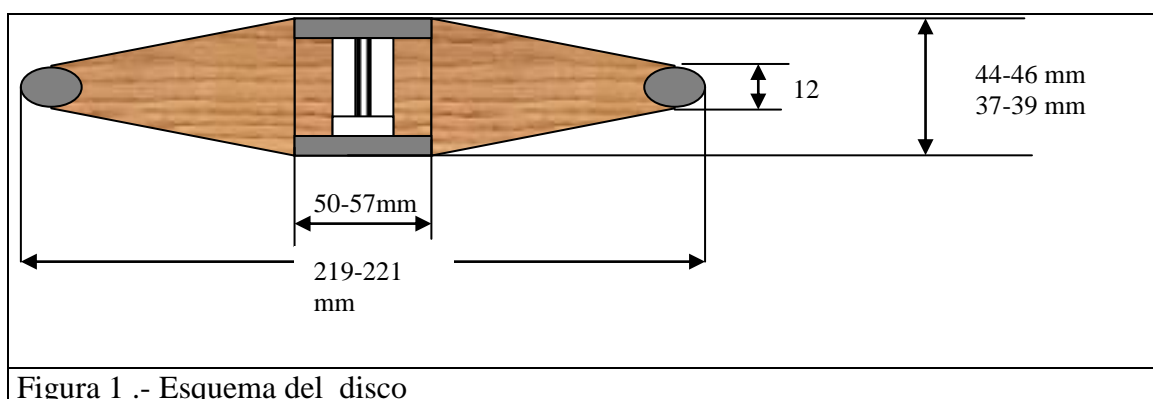
Las disciplinas deportivas implican mucha física y pueden ser un recurso didáctico útil y divertido.

En principio los lanzamientos, es decir peso, martillo, disco y jabalina, unen a su aparente simplicidad, se trata de lanzar el artefacto los más lejos posible, no importando la precisión o puntería, y son aparatos muy sencillos de modo que lo que cuenta es la técnica y el entrenamiento de quienes los lanzan, la posibilidad de analizar principios básicos de la mecánica.



El lanzamiento de disco es una de las disciplinas más antiguas, puesto que se practica desde los orígenes de los juegos. Una mecánica bastante similar es la del juguete de paya llamado “plato volador” o “frisby” con el cual se puede practicar sin peligro, aunque los objetivos y la técnica del juego son bastante diferentes de los del disco olímpico. El análisis del lanzamiento del disco presenta mayores dificultades que, por ejemplo, el de peso o martillo dado que el aparato en cuestión desarrolla fuerzas de sustentación en su interacción con el aire, teniendo en cuenta de que en los planes de estudio actuales, la mecánica de fluidos, tan importante en la vida práctica, no tiene prácticamente espacio ni en Eso ni en el bachillerato, pero una explicación aunque sea elemental, como la que sigue, puede ser una buena información para los estudiantes y ayudar a fomentar el interés por la física.

El Aparato



Esquemáticamente el disco está representado en la figura 1. En general se construye de madera o plástico. El borde es metálico y en el centro exacto de este borde debe encontrarse un dispositivo para regular el peso. Las dos caras del disco deben ser idénticas y deberán reducir su espesor en línea recta desde 25 mm del eje central hasta

el inicio de la curva del borde. No pueden presentar muescas ni irregularidades, El espesor desde el centro hasta un radio de 25 mm debe ser constante.

Los datos físicos se resumen

Tabla 1 : Características físicas oficiales del disco olímpico		
	Hombres	Mujeres (todas categorías)
Peso	2 kg (cadetes 1,5 kg)	1 kg
Diámetro total	219 a 221 mm	180 a 182 mm
Diámetro de las placas metálicas	50 a 57 mm	50 a 57 mm
Grosor en el centro	40 a 46 mm	37 a 39 mm
Grosor de la llanta, a 6 mm del borde	≥ 12 mm	≥ 12 mm

Lanzamiento

El lanzamiento se efectúa desde un círculo de 2,5 m de diámetro, con un sector de lanzamiento de 40 °, provisto de una jaula de protección. Como en el caso del martillo o del peso, el lanzamiento es inválido si el aparato toca la jaula en algún momento.

El lanzamiento se efectúa del siguiente modo: el atleta toma el disco apoyado en la palma de su mano y sujeto suavemente con los dedos por el borde, lo balancea y pivota sobre si mismo varias veces, acelerando el disco y soltándolo en el momento oportuno e imprimiéndole, en el momento de lanzarlo un movimiento de rotación sobre su eje, de este modo la trayectoria del aparato deja de ser balística, como muy aproximadamente ocurre en el peso, porque se generan fuerzas de sustentación con el aire. El disco planea por lo que propiamente dicho cabe hablar de “vuelo” del aparato.

La parte de aceleración, aunque interesante no se diferencia en exceso del martillo, únicamente, al poseer un menor radio y mucha menor masa, las tensiones que se originan, en principio, son menores.

La parte más interesante es el vuelo del disco.

VUELO DEL DISCO

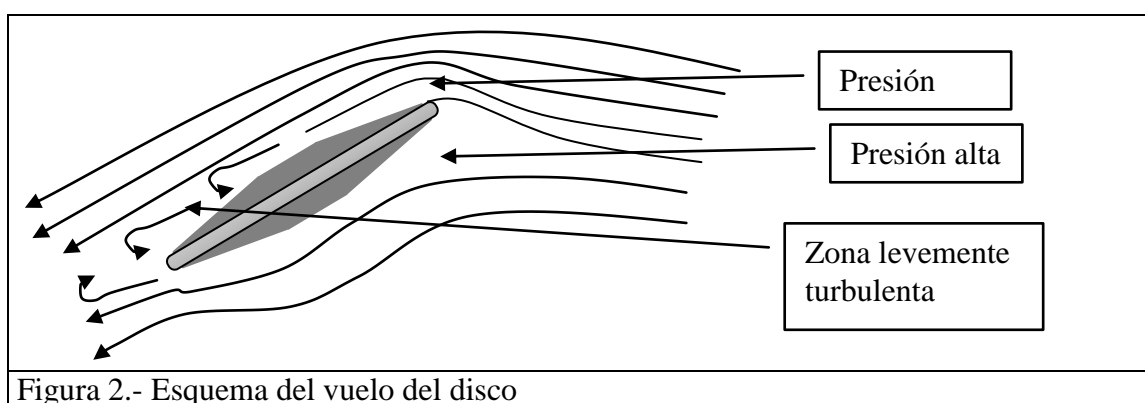


Figura 2.- Esquema del vuelo del disco

Un desarrollo riguroso del mismo se inscribe dentro de la aerodinámica avanzada y sale del objetivo de este trabajo, sin embargo una primera descripción es relativamente sencilla. Ver figura 2.

El disco al volar toma una posición inclinada tal como aproximadamente se muestra en la figura.

El borde delantero, borde de ataque, desvía hacia arriba las líneas de corriente de aire lo que hace que estas se aprieten en la parte superior y se separen en la inferior. En resumen el disco actúa como el perfil del ala de un avión, En la parte superior la velocidad del aire es menor que en la inferior de modo que de acuerdo con los principios de la mecánica de fluidos se crea una depresión en la cara superior del disco, es decir, aparece una fuerza de sustentación hacia arriba. Al ser el aire viscoso las líneas de corriente tienden a seguir la forma del disco, de modo que la turbulencia que aparece es pequeña.

Las fuerzas que actúan sobre el disco son fundamentalmente dos, su peso, que se aplica en el centro de gravedad del aparato y las fuerzas de sustentación, cuya resultante se aplica en el centro de empuje, que no tiene por qué coincidir con el centro de gravedad. Además el disco lleva una rotación en torno su eje que tiene una gran importancia en el vuelo del aparato. En efecto, si el disco no girara sobre su eje, el centro de empuje y el de masas estarían situados en puntos alejados, lo que originaría un par aerodinámico que haría que el disco cayera como un hoja de papel dejada caer en posición horizontal o más simplemente, como un hoja de árbol. Figura 4

Algunos autores afirman que, en casos semejantes, la rotación hace que el centro de empuje se sitúe muy cerca del centro del disco, con lo cual su vuelo es mucho más estable, aunque siempre tiende a levantarse por su parte anterior y a originar un leve cabeceo. Sin negar este particular, el papel principal de la rotación es ejercer un efecto giroscopio en el disco que tiende de una forma muy efectiva a estabilizar su vuelo, además y como consecuencia de lo anterior aparecerá un ligero movimiento de precesión del disco que es observable en forma de un pequeño “vaivén” (Figura 3). Como consecuencia de esta rotación debe producirse un ligero efecto Magnus que como es sabido presenta los objetos que giran en un fluido viscoso, se debe a que en la parte en que el disco gira en el mismo sentido que el viento relativo las partículas la velocidad de arrastre se suma a la del viento, mientras que el lado opuesto ocurre lo contrario, lo que trae como consecuencia la aparición de una fuerza lateral. Este efecto es el responsable, por ejemplo de las diabluras que los lanzadores de pelota base hacen con la pelota o, más próximo a nuestra cultura, se pueda marcar un gol directamente desde la esquina, si se le da al balón el picado adecuado. Debido a la forma del disco, el efecto Magnus es muy pequeño, sin embargo observando muchos lanzamientos, los autores han detectado una ligera tendencia a desviarse, aunque no hay que olvidar que influyen muchos otros factores en el fenómeno real posiblemente de forma más eficaz, como el viento, cruzado o frontal.

Otro detalle interesante es que un viento en contra moderado mejora la distancia del lanzamiento, ello se debe a que las fuerzas de sustentación dependen del viento relativo sobre el disco, como es obvio, un viento en contra favorece la sustentación, por la misma razón los aviones despegan, cuando es posible, contra el viento

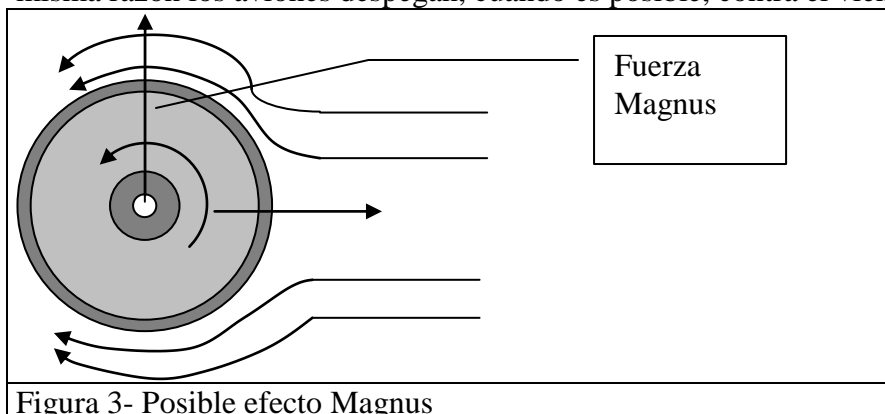
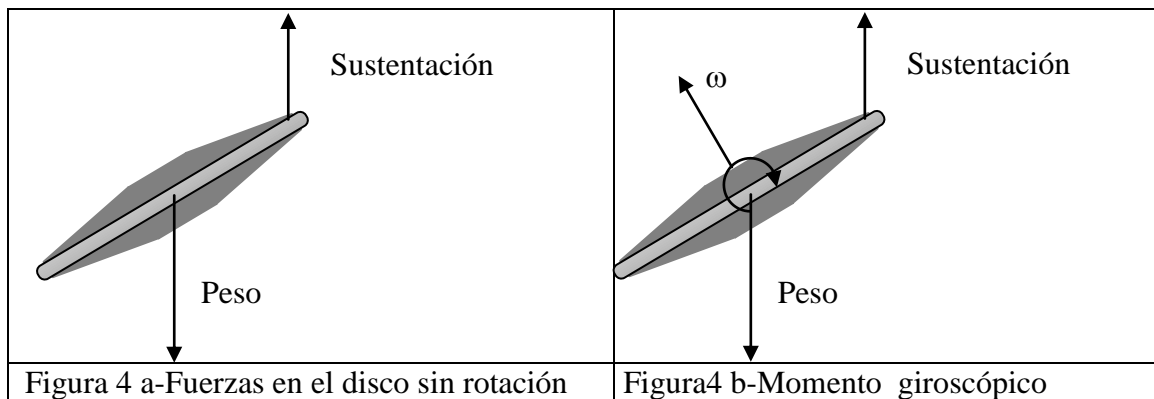


Figura 3- Posible efecto Magnus

Es importante que el disco mantenga del modo más uniformemente posible la rotación. Ahí entra en acción la conservación del momento angular. El disco está construido de manera que tenga un momento de inercia bastante elevado, de modo que es lanzado con un elevado momento angular ($L = I\omega$). En ausencia de momentos exteriores este debe conservarse. Realmente el principal momento exterior se debe a la fricción viscosa, en parte necesaria para asegurar la interacción aire disco, pero de magnitud pequeña en comparación con el momento angular inicial, lo que garantiza una rotación bastante uniforme a lo largo del vuelo del disco.

Resumiendo pues, el disco se comporta como un plano aerodinámico que permite mantenerlo en vuelo más tiempo que si tratara de un objeto balístico como el peso.



MOMENTO DE INERCIA

Otro ejercicio interesante es evaluar el momento de inercia del disco respecto a su eje de simetría vertical. Para ello se tendrá en cuenta el carácter aditivo de los momentos de inercia y se descompondrá la pieza en las siguientes partes

Método analítico

A.- La llanta exterior, se aproximará a un toroide, circular ($I = m (R^2 + \frac{3}{4} a)$) o elíptico.

B.- La sección de sección decreciente.

C.- El cilindro perforado central. ($I = \frac{1}{2} m (R^2 - r^2)$)

E.- Los discos planos de ajuste de peso... ($I = \frac{1}{2} m (R^2 - r^2)$)

De todas estas partes, la única que entraña alguna dificultad es la B, las otras o son inmediatas o aparecen en cualquier manual de mecánica: la obtención del momento de inercia puede hacerse por el modo habitual de descomponer el elemento geométrico coronas de amplitud infinitesimal y altura decreciente e integrar, también, por supuesto puede recurrirse a la aproximación numérica con la hoja de cálculo.

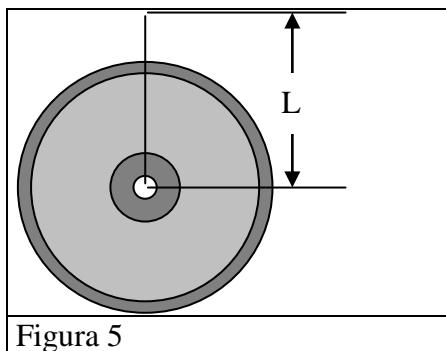


Figura 5

Método experimental

Si se dispone de un disco puede verificarse el cálculo suspendiendo el disco por un cable corto y poniéndolo a oscilar, siempre con una pequeña separación inicial de la vertical en este caso el disco se comportará como un péndulo compuesto y recordando que

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mLg}} \Rightarrow I = \frac{mLgT^2}{4\pi^2}$$

La reducción al eje de simetría se hace por aplicación del teorema de Steiner

Se puede verificar el cálculo dejando oscilar el péndulo unas 20 veces, tomando el tiempo y obteniendo así el periodo que es el único dato que se precisa. Como es evidente, operando adecuadamente habrá alguna discrepancia que el alumno deberá explicar, por ejemplo en relación con las aproximaciones hechas.

No se insiste más en este punto, no obstante su interés, porque escapa de lo que según ley debe exigirse y explicarse en niveles no universitarios

Para saber más

1. ALONSO M. A. FINN **Física**. Tomo 1. Fondo Educativo Interamericano. México 1976.
2. BESSIER **Conceptos de Física Moderna**. McGraw Hill. Madrid
3. BLOOMFIELD, LOUIS A. **Ideas Aplicadas. Discos Voladores**. *Investigación y Ciencia*. Junio 1999
4. FERNÁNDEZ-RAÑADA A. y otros. **Física Básica**. Alianza. Madrid 1993
5. GALBUSERA, MICHELE. **Todas las reglas de los deportes. Atletismo**. De Vecchi. Barcelona. 1992
6. KAPITZA P.I. **Teoría, Práctica y Experimento**. MIR Moscú 1993.
7. LANDAU, LEV Y LIFCHITZ, EVGUENI. **Física Teórica**. Tomo 6 "Mecánica de Fluidos". MIR Moscú 1989
8. LÈVY-LEBLOND, J.M. **La Física en Preguntas (Mecánica)**. Alianza Editorial., Madrid 1988
9. MARTÍNEZ PONS, J.A. **La Hoja de Cálculo como Auxiliar en la Enseñanza de la Física** CPR Arganda 1997
10. MERIAM, J.L. **Mecánica**. Reverté. Barcelona. 1965.
11. SIVUKHINE, DMITRI. **Cours de physique générale**. Tomo 1. MIR. Moscú. 1989
12. TIPPLER, PAUL A.. **Física para la ciencia y la tecnología**. Tercera edición. Reverté Barcelona. 2001
13. TIPPLER, PAUL A.. **Física**. Tercera edición. Reverté Barcelona. 1994
14. VOGEL, H., KNESER, H.O., GERTHSEN, Ch. **Física**. 13ª edición alemana, 1ª española. Springer Verlag- Dossat. 1979