¿QUÉ SE PRETENDE DEMOSTRAR?

El objetivo fundamental de este experimento consiste en poner de manifiesto los efectos de la tensión superficial de los líquidos y aplicarlos a la resolución de problemas de minimización de superficies inscritas en estructuras geométricas. En el caso de estructuras proyectables en dos dimensiones podremos hacer interpretaciones a partir de la idea de minimización de longitudes. Este objetivo general puede concretarse en propósitos más específicos entre los que podemos citar:

– Poner de manifiesto la existencia y las propiedades del punto de Fermat de un triángulo.
– Resolver el problema de Steiner para cuatro puntos situados en los vértices de un rectángulo obteniendo una estructura de caminos que conectan los puntos con una longitud total mínima. Generalización a un número arbitrario de puntos en el plano.
– Obtener superficies mínimas inscritas en poliedros o en líneas poligonales, tridimensionales y cerradas (problema de Plateau).
– Formular conjeturas sobre formas mínimas en figuras bidimensionales y tridimensionales, experimentar para confirmar o rechazar la conjetura postulada y, en el segundo caso, modificar la conjetura inicial para explicar el resultado obtenido.
– Ilustrar propiedades de figuras y relaciones entre objetos matemáticos: longitudes, áreas y volúmenes, posiciones relativas e intersecciones de planos y rectas en el espacio, simetrías, superficies regladas, etc.
– Estimular la percepción espacial y la descripción verbal y gráfica de formas geométricas en el espacio.

PÚBLICO OBJETIVO:

Se trata de un experimento que se presta a diversas lecturas tanto desde diferentes niveles como desde diferentes disciplinas. Esto lo hace adecuado para primaria, secundaria, universidad y,

evidentemente, para el gran público.

MATERIALES NECESARIOS:

Básicamente necesitaremos los siguientes materiales:

– El líquido obtenido por la mezcla de agua (50%), jabón líquido (40%) y glicerina (10%). Estas proporciones pueden variar en función de la calidad del agua y de la concentración del jabón usado.
– Estructuras planas compuestas por dos piezas rectangulares de plástico transparente o cristal unidas por varios clavos que las mantienen separadas unos 2 cm aproximadamente.
– Estructuras poliédricas metálicas.
– Otros materiales como alambre, hilos, pajitas de bebida para soplar, aros, transparencias, etc.

DESCRIPCIÓN:

Inicialmente presentaremos los materiales necesarios y los precedentes históricos. Después recordaremos la idea de tensión superficial y haremos un experimento para ponerla de manifiesto: Sumergiremos un alambre semicircular con un hilo pendiendo de sus extremos. Al extraerlo observaremos que el hilo queda tensado hacia la parte interior del alambre de manera que la superficie limitada sea la mínima posible. Al tirar del hilo y dejarlo nuevamente libre se observa que la superficie tiende de nuevo a ser mínima.

A continuación realizaremos experimentos con contenido geométrico, agrupados en dos bloques:

1. Experimentos que pueden interpretarse desde la geometría plana:

1.1. Punto de Fermat.

Usaremos una estructura formada por dos placas planas y transparentes unidas por tres clavos dispuestos según un triángulo acutángulo. Al sumergirla y extraerla observaremos que el jabón forma una figura compuesta por tres superficies que unen cada clavo con un segmento central. Si proyectamos esta figura mediante un retroproyector obtendremos un triángulo con tres segmentos internos que unen cada vértice con un punto. Este punto cumple la propiedad que la suma de distancias a los tres vértices es mínima y se denomina punto de Fermat. Los tres segmentos que convergen en él forman ángulos de 120º.

1.2. Problema de Steiner para cuatro puntos.

Ahora trabajaremos con una estructura con cuatro clavos dispuestos como los vértices de un rectángulo. Proyectando el resultado aparecerán cuatro segmentos y un segmento central sostenido entre ellos. Nuevamente observaremos que los ángulos libres son de 120º. Se trata de la configuración que, uniendo los cuatro puntos, tiene menor longitud.

1.3. Hexágono

Trabajaremos con una estructura con seis clavos formando un hexágono regular. Teniendo en cuenta que los ángulos interiores son ya de 120º, podremos prever que el jabón no hará “atajos” y formará el hexágono exterior.

2. Experimentos que pueden interpretarse desde la geometría del espacio:

2.1. Tetraedro.

Ahora sumergiremos una estructura tetraédrica y obtendremos seis láminas planas y triangulares que se cortan en un punto central. El ángulo entre las caras es de 120º. Cortando una de las láminas obtendremos un paraboloide hiperbólico. Resulta interesante colocar una pompa sobre el centro soplando con una pajita.

2.2. Cubo. Problema de Plateau.

En el caso de una estructura cúbica aparecerá una lámina plana y cuadrada en el centro sostenida por doce láminas en forma de trapecio. La simetría del cubo nos permite observar que habrá tres soluciones mínimas que corresponden a cada una de las posibles orientaciones de la lámina central. Pasaremos de una a otra moviendo la estructura. Soplando con una pajita podremos inscribir un cubo en el centro. Si rompemos las caras de la figura original dejando solamente las láminas inscritas en un camino poligonal, tridimensional y cerrado, obtendremos

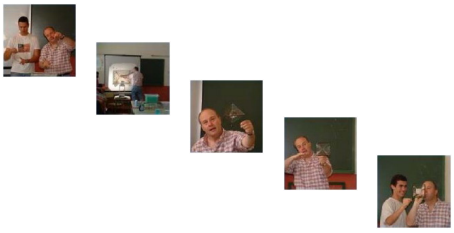
una bonita superficie que soluciona, en un caso particular, el problema de Plateau.

2.3. Octaedro.

En este caso podremos obtener una figura especialmente bella en forma de estrella tridimensional.

2.4. Círculos y otras figuras.

Moviendo en el aire un aro podremos formar grandes pompas y con dos aros podremos generar, entre otras figuras, un cilindro o una catenoide. Resulta interesante colocar un hilo circular sobre una superficie de jabón. Al principio queda arrugado, pero al romper la parte interna, el hilo se tensa formando un círculo perfecto y vacío suspendido en la lámina líquida.



¿EXISTE ALGÚN RIESGO?

En principio no se observan riesgos. Naturalmente hay que evitar la ingestión de la mezcla y tener en cuenta que la alta concentración de detergente podría provocar irritación en la piel de las manos si el contacto con el líquido fuera muy directo y prolongado.

OBSERVACIONES

Si se realizan estos experimentos con alumnos en clase conviene tener presentes algunas observaciones:

1. Los materiales son fáciles de construir y la propia construcción de las estructuras y la preparación de

la mezcla pueden incorporarse a la dinámica docente.

2. Puede ser un punto de encuentro interdisciplinar: Matemáticas, Física, Tecnología, Educación Visual y Plástica,…

3. Conviene realizar varias sesiones de duración limitada teniendo en cuenta que, pasado un tiempo, la actividad "explotará" y tendremos que permitir cierto margen de juego libre.

4. En determinados niveles puede ser conveniente que el alumno tenga que elaborar un pequeño informe o cuestionario que le haga reflexionar sobre lo que ha observado.

¡Se trata de un campo abierto a la imaginación y la creatividad de cada uno!

BIBLIOGRAFÍA

Pueden encontrarse descripciones más detalladas de estos experimentos en:

– Aubanell, A., Las pompas de jabón descubren la geometría. Dentro del libro El lenguaje de las Matemáticas en sus aplicaciones. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, 2002.

– Estalella, J., Ciencia Recreativa. Gustavo Gili editor, Barcelona, 1918.

– Pueden encontrarse más imágenes de estos experimento en las páginas:

http://www.sapalomera.net/
http://www.abeam.ensenya.com/16index.htm

Tres libros excelentes que permiten ampliar estos contenidos:

– Boys, C.V., Soap bubbles, their colors and forces which mold them. Dover Publications, Inc. New York, 1959.

– Courant, R. y Robbins, H., ¿Qué es la matemática? Aguilar, Madrid, 1955.

– Hildebrandt, S. y Tromba, A., Matemática y formas óptimas. Biblioteca Scientific American, Prensa Científica, Barcelona, 1990.