

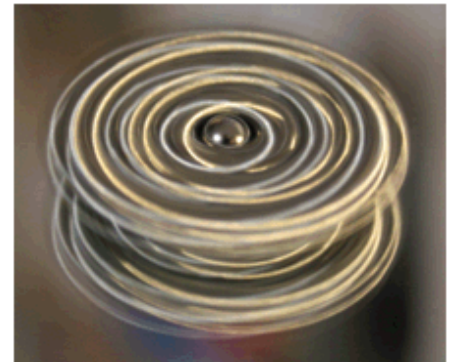
Einfache Kreisel aus Magnetkugeln

Setzt man 37 Magnetkugeln mit einem Durchmesser von 6mm wie im Bild sichtbar zusammen, bilden die Kugeln eine leicht durchgebogene Fläche mit einer hexagonalen Struktur (siehe Bild). Setzt man dieses Gebilde mit der konvexen Seite nach unten auf eine Glasoberfläche und dreht es per Hand vorsichtig an, dreht es sich ganz leicht. Es liegt wegen der konvexen Unterfläche nur auf der Mittelkugel auf. Diese Mittelkugel bleibt beim Rotieren auch immer als ganze Kugel sichtbar, da sich der symmetrische Kreisel um den Mittelpunkt dieser Kugel dreht. Eventuell empfiehlt es sich, die Kugeln in der Mitte zusätzlich mit dem Finger etwas durchzudrücken, damit der Kreisel möglichst nur auf der zentralen Kugel Kontakt hat. Dann ist die Reibung auf Glas extrem klein. Eventuell probiere man auch andere Kugeln.



Mit Hilfe eines Strohhalmes kann man durch seitliches Anpusten den Kreisel bis über 10.000 Umdrehungen pro Minute hochdrehen. Das ist schon eine ganz schöne Drehzahl. Sie reicht allerdings noch nicht aus, um die Magnetkugeln durch zentrifugale Kräfte auseinanderfliegen zu lassen.

Der Kreisel weicht auf einer ebenen Fläche wegen des Anpustens leicht zur Seite aus. Günstig ist es deshalb, den Versuch auf einem hinreichend flachen Hohlspiegel (Rasier-/Kosmetikspiegel) vorzunehmen. Er braucht mehrere Minuten, bis er wieder zur Ruhe kommt. Wie lange genau, hängt extrem von der Unterlage ab und auch, ob sich andere Magnete in der Nähe befinden. Beleuchtet man den Kreisel schräg von oben links und rechts mit – punktförmigen - Lichtquellen, ergeben sich schöne Lichtmuster (siehe Bild). Auf einem Spiegel verdoppelt sich der Kreisel sogar visuell. Außerdem ergeben sich stroboskopische Effekte durch die 100Hz Flackerfrequenz üblicher Glüh- oder Leuchtstofflampen. Die äußern sich in Lichteffekten –je nach momentaner Drehzahl in und entgegengesetzt zur Drehrichtung. Hat man sogar ein Stroboskop mit variabler Frequenz zur Verfügung, kann man die genaue Drehzahl feststellen und den Kreisel visuell scheinbar vorwärts und rückwärts laufen lassen.



Im nebenstehenden Bild ist die Drehzahl kleiner als im vorhergehenden Bild. Zusätzlich ist es mit einem Stroboskop beleuchtet. Dadurch erkennt man die Struktur des Kreisels.

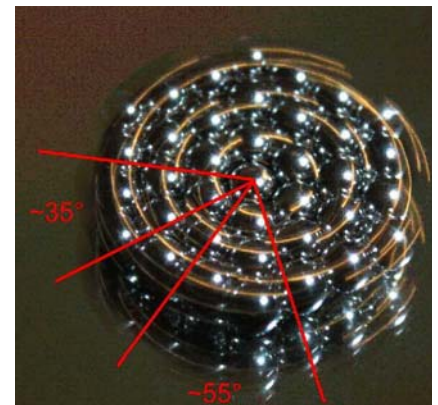
Das Bild ist mit 1/50s belichtet. Aus dem Mittelwert der eingezeichneten Winkel ($\sim 45^\circ$) ergibt sich eine ungefähre Drehzahl

$$f = \frac{45^\circ}{360^\circ} 50s^{-1} = 6,25s^{-1} = 375 \frac{U}{min}$$

Man kann auch entsprechend kleinere Kreisel mit nur 7 oder 19 Kugeln verwenden. Da das Trägheitsmoment dann kleiner ist, drehen sich diese kleineren Kreisel nicht so lange. Kreisel mit mehr als 37 Kugeln haben zwar ein größeres Trägheitsmoment, sind aber schwerer anzublasen. Ähnliches gilt für Kugeln mit größeren Durchmessern.

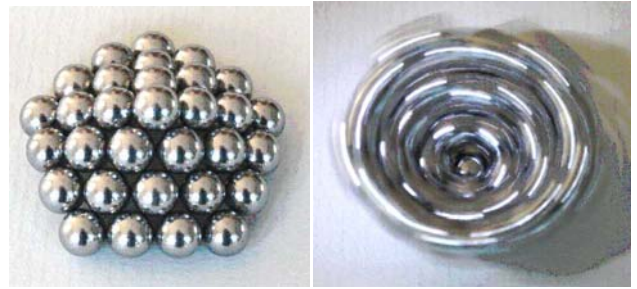
Denkbar ist auch, bei einer hexagonalen Struktur aus 6mm-Kugeln, als Mittelkugel eine solche mit 8mm zu nehmen. Die steht dann auf jeden Fall deutlich aus der Anordnung hervor.

Statt der hexagonalen Grundstruktur sind auch pentagonale, quadratische oder trigonale Formen möglich. Im Bild sind alle diese Formen in der minimalen Konfiguration ersichtlich. Die Kugel in der Mitte steht weitaus höher heraus als in der hexagonalen Form, da sie bei diesen Formen nicht in der Ebene der umgebenden Kugeln liegen kann. Die



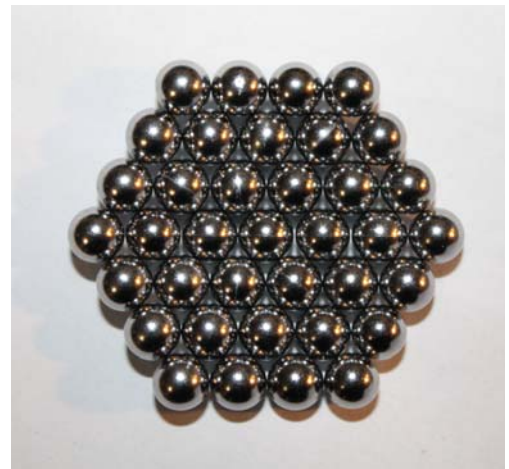
Magnetkugeln lassen sich nicht mehr ganz leicht in diese Formen bringen, da sie sich gegenseitig abstoßen. Diese Grundformen sind als Kreisel wenig geeignet, da sie sich schlecht andrehen lassen und ein vergleichsweise kleines Trägheitsmoment aufweisen.

Im linken Teilbild ist die pentagonale Struktur auf insgesamt 31 Kugeln erweitert; sie steht da sozusagen auf dem Kopf. Rechts ist dieser Kreisel in Bewegung (Foto mit 1/100s). Da der Schwerpunkt dieses Kreisels höher als bei der hexagonalen Struktur liegt, ist er etwas schwerer anzudrehen und rotiert bei kleinen Drehzahlen instabiler. Mit Anpusten bekommt man den Kreisel aber auch auf höhere Drehzahlen.



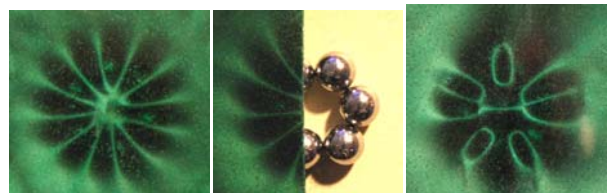
Bemerkungen zur hexagonalen Struktur

Gleichgroße Kugeln lassen sich in einer Ebene in einer hexagonalen Struktur so anordnen, dass sie sich gegenseitig alle berühren. Befinden sich die Kugeln nicht in einer Ebene, können sie sich nicht mehr alle gegenseitig berühren. Das beobachtet man tatsächlich bei dem zu Beginn beschriebenen Kreisel aus Magnetkugeln. Im nebenstehenden Bild ist dies in der waagerechten Mittelreihe zu erkennen.



Wenn sechs Magnetkugeln mit einer einfachen Dipolstruktur zu einem Ring zusammen gefügt sind, ziehen sich jeweils die entgegengesetzten Pole der Kugeln gegenseitig an und man kann sie als ebenen Ring anordnen. Die Struktur der Magnetfelder lässt sich mit Hilfe eines sogenannten Flux-Detektors deutlich machen. In einem Flux-Detektor befinden sich magnetische Mikropartikel in einer kolloidalen Suspension. Wirkt ein magnetisches Feld senkrecht zur Fläche des Flux-Detektors, klumpen die Partikel zusammen und verursachen ein dunkles Feld. Ein Magnetfeld parallel zur Detektorfläche ergibt ein helles Feld.

Im linken Teilbild befindet sich ein Ring von sechs Magnetkugeln direkt unter dem flachen Flux-Detektor. Im mittleren Teilbild befindet sich der Ring unter dem Rand des Detektors, so dass die Zuordnung der Kugeln zum Bild auf dem Detektor möglich ist. Es ergibt sich eine zwölfteilige, punktsymmetrische Struktur.



Setzt man eine weitere Magnetkugel in die Mitte des Sechser-ringes, ergibt sich eine unsymmetrische Struktur (rechtes Teilbild). Der Dipol der eingefügten Magnetkugel kann sich grundsätzlich nicht symmetrisch in die Sechserstruktur der Kugeln einpassen.

Der Grund dafür, dass die Magnetkugel in der Mitte nicht in der Ebene des Sechser-ringes liegt, ist möglicherweise eine ungleichmäßige Magnetisierung der Kugeln. Wenn die Pole des Dipols nicht genau diametral gegenüber auf der Kugeloberfläche liegen, kann die Kugel etwas aus der Ebene des Sechser-ringes herausstehen. Das ist eventuell auch der Grund dafür, dass manche – rein hexagonale - Anordnungen besser als andere funktionieren, weil man eben zufällig eine ungleichmäßig magnetisierte Kugel als Mittelkugel gefunden hat.

Leider gibt es nur selten etwas wirklich Neues auf dieser Welt. Nachdem ich diese Kreisel Anfang 2010 gebaut hatte und diese kleine Zusammenstellung verfasst hatte, ließ ich die Sache liegen. Jetzt entdeckte ich im Oktober bei YouTube einige Videos, die diese Kreisel schon seit September bzw. November 2009 zeigen:

<http://www.youtube.com/watch?v=SrBwYSBuae8&feature=related>
<http://www.youtube.com/watch?v=aYKHoVYlqU&NR=1>