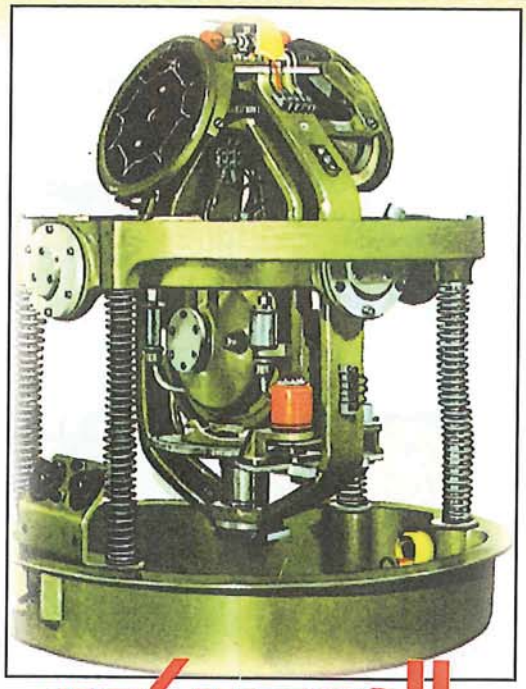


الجيروسكوب

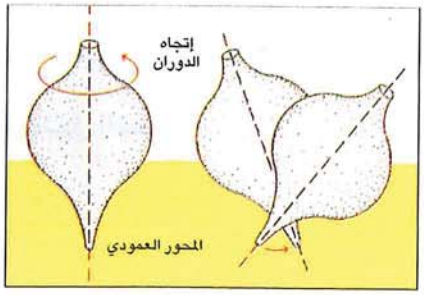
د. ناصر بن عبدالله الرشيد

يحتاج ربان السفينة وقائد الطائرة و حتى قائد السيارة ـ في المناطق الصحراوية والنائية ـ إلى وسائل أو أجهزة تساعده في تحديد الإتجاهات، وفي الوصول إلى الهدف الذي يريده، وقد كانت النجوم والكواكب في الأزمنة الماضية أي قبل عصر النهضة الصناعية أهم وسيلة لذلك خصوصاً في الليل، وقد أشار إلى ذلك القرآن الكريم في قوله تعالى ﴿وَعَلَامَاتٍ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ﴾ [النحل: ١٦]

وبعد أكتشاف الخاصية المغناطيسية في القرن الحادي عشر إستخدمت من قبل بحارة الصين والشرق الأوسط بشكل مبسط جداً ، وفي القرن الثالث عشر تقريباً اخترعت البوصلة المغناطيسية التي لعبت دوراً كبيراً في مساعدة الملاحين في معرفة إتجاههم.

ونظراً لبعض العيوب التي تعاني منها البوصلة المغناطيسية مثل تأثرها بمعدن الحديد، وإنحراف القطب الشمالي الجغرافي عن القطب الشمالي المغناطيسي، وإختلاف درجة الإنحراف من مكان إلى آخر، وكذلك تأثر زاوية الإنحراف ـ بدرجة خفيفة ـ بالأوقات المختلفة من السنة، أدى هذا كله إلى البحث عن طريقة أكثر دقة ومصداقية لتحديد الإتجاهات ، وقد أدى هذا البحث إلى التعرف على الجيروسكوب، ولكن ماهو الجيروسكوب؟ وما هو المبدأ الذي بني عليه؟.

يعرف راكب الدراجة الهوائية أن قدرته على المحافظة على توازنه تكون أسهل عندما يقودها بسرعة أكبر عنها في السرعة البطيئة، كما أن العجلة أو الدوامة تحافظ على وضعها الرأسي إذا دارت بسرعة عالية، ولكنها تفقد هذه القدرة عندما تقل سرعتها فتسقط على الأرض. كما أنها لا تحافظ على توازنها فقط بل تقاوم أي تغيير في مستوى توازنها، شكل (١). وعرفت هذه الخاصية



● شكل (١)، الحركة الجيروسكوبية.

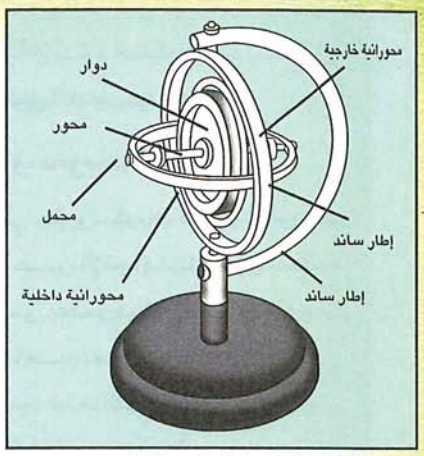
بإسم االحركة الجيروسكوبية.

وفي البداية إقتصر إستخدام هذه الظاهرة على بعض الألعاب العلمية المختلفة، ولكن ومع مرور الوقت وإدراك أهمية الحركة الجيروسكوبية أمكن إستخدامها في صناعة الجيروسكوب، والبوصلة الجيروسكوبية، وجميع آلات تحديد الإتجاهات المساعدة لملاحي الطائرات والسفن، كذلك إستخدمت في توجيه القذائف والصواريخ الحربية الموجهة ذاتياً.

وفي عام ١٨١٠م تمكن المخترع الألماني **جي سي بوننبرغ** من صنع أول جيروسكوب(Gyroscope) مشابه للجيروسكوبات الحديثة، وفي عام ١٨٥٢م أعقبه العالم الفيزيائي الفرنسي **جان فوكولت** (J.Foucault) ببناء جيروسكوباً يوضح كيفية دوران الأرض حول محورها، وفي العقد الأخير من القرن التاسع عشر الميلادي طُوِّرَ أول طوربيد يتحكم به الجيروسكوب. أما في عام ١٩٠٨م فقد إخترع المهندس الألماني هيرمان أنشوتز أول بوصلة جيروسكوبية،وفي عام ١٩١١م تمكن العالم الأمريكي **إلمر أمبروز سبيري** (Elmer A. Sperry) من تطوير وتحسين البوصلة الجيروسكوبية للسفن، إضافة إلى إنتاج موازنات جيروسكوبية لها، وكذلك إنتاج أول معدات جيروسكوبية للطائرات، مما ساعد في الإستفادة منها خلال الحرب العالمية الثانية في الطيران الليلي الآمن والإقتراب بدقة من خط الهبوط ليلاً ، بالرغم من وجود السحب والضباب.

مكونات الجيروسكوب

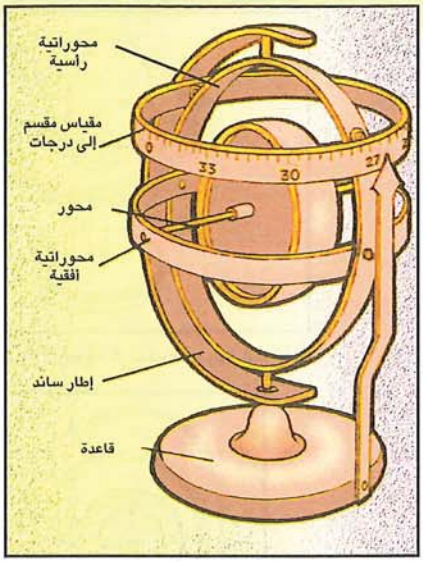
يتكون الجيروسكوب في فكرته



● شكل (٢)، الأجزاء الرئيسية للجيروسكوب.

الأساسية، كما في الشكل (٢) ، من قاعدة لتثبيته على جسم الطائرة أوالسفينة، يتصل بها مباشرة إطار الإسناد، الذي تتصل به حلقة أو محورانية (Gimbal) عن طريق نقطتي إرتكاز، وبداخل هذه الحلقة يوجد الدوار(Rotator) الذي يتصل بها عن طريق محور (Spindle) يكون متعامداً مع الخط الواصل بين نقطتي الإرتكاز للحلقة، ويضاف إلى تلك الأجزاء مولد كهربائي أو نفاث من الهواء عالي السرعة لإدارة الدوار، وهذا النوع يحدد فقط الإنحراف. أما عند إضافة حلقة (محورانية) أخرى خارجية فإنه يستطيع تحديد الإنحراف والدوران في آن واحد،لأن القاعدة والهياكل الأخرى من حلقات وإسناد تتحرك في جميع الإتجاهات دون أن تؤثر على إتجاه الدوار.

تحتاج إستمرارية دوران الدوار ودقة قياس وكفاءة الجيروسكوب إلى تقليل معامل الإحتكاك عند نقاط الإرتكاز، ومحور الدوار، لأن الإحتكاك يؤدي إلى تقليل سرعة الدوران وإلى تأكل الأجزاء المتلامسة، وبالتالي إنحراف محور الدوار عن موقعه الصحيح، ولذا تستخدم كرات ملساء جداً ومستديرة كنقاط إرتكاز في الجيروسكوبات ذات الدقة العالية، ويمكن منع الإحتكاك من خلال تعويم الدوار في سائل، أو بطبقة رقيقة من غاز مكيف الضغط.



● شكل (٣)، جيروسكوب الطائرات.

صمم جيروسكوب الطائرات ليتلاءم مع وضع الطائرة بحيث يبقى محور الدوران دائماً في وضع أفقي ، ونظراً لقلة الإحتكاك في نقاط الإرتكاز فإنه حالما يبدأ الدوار بالدوران يستمر في مستواه الأفقي بغض النظر عن حركة القاعدة والهياكل الحاملة له.

تتم ملاحظة أي تغيير في إتجاه الطائرة على التدريج الخارجي المحيط بالدوار (مقسم إلي درجات)، حيث ستتحرك القاعدة والمؤشر المثبت عليها، بينما تبقى الحلقة المدرجةثابتة مع الدوارفي إتجاهها الأصلي، وهكذا يمكن تحديد درجة إنحراف الطائرة عن خط سيرها، شكل(٣).

خواص الجيروسكوبات

تتميز الجيروسكوبات بخاصيتين رئيسيتين هما:

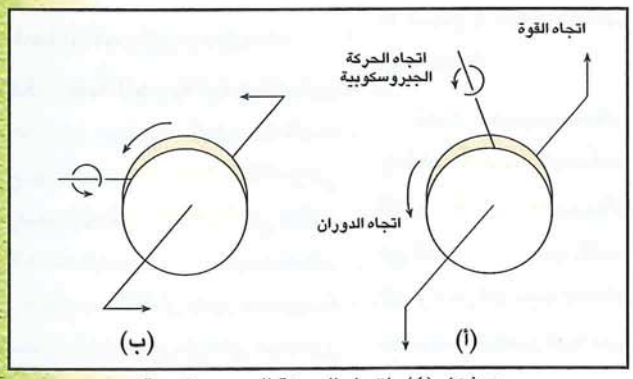
● القصور الذاتي الجيروسكوبي

يتمثل القصور الذاتي الجيروسكوبي (Gyroscopic Inertia) في ميل الجسم في حالة دورانه إلي مقاومة أية محاولة لتغيير إتجاه محور الدوران، فالأرض مثلاً تدور حول محورها الذي يصل بين القطبين الشمالي والجنوبي، ونتيجة لوجود خاصية القصور الذاتي الجيروسكوبية فإن المحور الشمالي للأرض يشير دائماً إلى ناحية الشمال أثناء تحركها في مدارها حول الشمس.

وبشكل عام فإن محور الدوران الجيروسكوبي يشير دائماً إلى نقطة ثابتة في الإتجاه نفسه، بغض النظر عن كيفية حركة حامل الجيروسكوب. وتعتمد قوة القصور الذاتي على كيفية توزيع وزن الدوار وسرعة دورانه. ومن الجدير بالذكر أن الجيروسكوبات التي يتركز معظم وزنها حول حافة الدوار تتميز بقدر أعلى من قوة القصور الذاتي.

● المبادرة الجيروسكوبية

المبادرة الجيروسكوبية (Precession) هي ميل الجسم ـ في حالة الدوران ـ إلى الحركة بإتجاه متعامد مع القوة المؤثرة عليه، فمثلاً إذا أثرت على محور الجيروسكوب ثنائي الحلقات (ثنائي دجة الحرية) قوة رأسية بسيطة، سواءً من الأسفل أو من الأعلى، عند أي من طرفي المحور فإنه سيتحرك في المستوى الأفقي بإتجاه متعامد مع إتجاه القوة الموثرة عليه، ولن يتحرك في المستوى الرأسي، شكل (٤أ). أما إذا أثرت عليه قوة أفقية(جانبية) فإنه سيتحرك في المستوى الرأسي بإتجاه متعامد مع القوة المؤثرة عليه، ولن يتحرك في المستوى الأفقي،شكل (٤ب).



● شكل (٤)، اتجاه الحركة الجيروسكوبية.

الإستخدامات

تتمثل إستخدامات الجيروسكوب والمبدأ الذي يقوم عليه في مجالات عديدة مثل تحديد الإتجاهات على الأرض والجو وفي أعماق البحار، والتوجيه الآلي، وتعديل المسارات للقذائف والصواريخ الموجهة العابرة للقارات، والسفن الفضائية.

يعد أقدم إستخدامات الجيروسكوب في توجيه الأسلحة، عندما تم أستخدامه في توجيه التوربيدات على مسارها الصحيح، وقد تمكن الجيروسكوب من إكتشاف الخطأ في المسار وتصحيحه.

وفي عام ١٩٣٠م إستخدم المهندسون الألمان ـ الرواد في هذا المجال ـ الجيروسكوبات التقليدية ثنائية درجة الحرية،مع الجيروسكوبات أحادية درجة الحرية في التوجيه الآلي للأسلحة الباليستية لضبط عملية الإنحراف والدوران، وقد أدخلت هذه التقنية في أجهزة توجيه الطائرة القاذفة (V-1) الموجهة بدون طيار، وكذلك في توجيه الصوايخ من طراز (V-2).

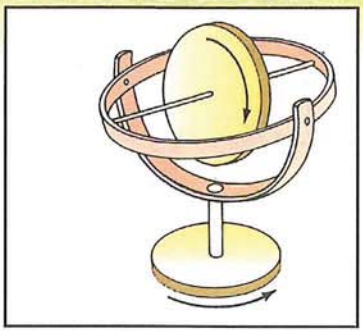
أنواع الجيروسكوبات

يوجد العديد من الجيروسكوبات تناسب كل منها وظيفة معينة ، ومن أهمها ما يلي:

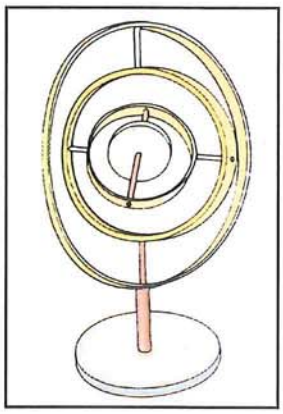
● الجيروسكوبات الآلية

تتكون الجيروسكوبات الآلية في العادة من الدوار ومحور عجلات تدعم بهيكل مثبت وقاعدة، وتقسم إلى نوعين هما :

* **وحيدة درجة الحرية:** وفيها يكون جانب الدوار مثبتاً على حلقة، يطلق عليها محوارانية(Gimbal)، وهي مزودة بمحور إرتكاز (Bearing) في جانب هيكل الجيروسكوب، ويمكن للجيروسكوب عندئذ أن يدور بحرية حول خط وهمي عمودي على محور عجلات الدوار، شكل (٥).



● شكل (٥)، جيروسكوب أحادي درجة الحرية.



● شكل (٦)، جيروسكوب ثنائي درجة الحرية.

* **ثنائية درجة الحرية:** وفيها يتم تثبيت المحوارنية(Inner Gimbal) على حامل بداخل محوارنية أخرى (Outer gimbal)، ويدعم الهيكل والقاعدة كلاً من المحورانيتين، ولهذا يكون محور عجلة الجيروسكوب عندئذ حر الحركة، مما يسمح للجيروسكوب بالدوران في جميع الإتجاهات، شكل (٦).

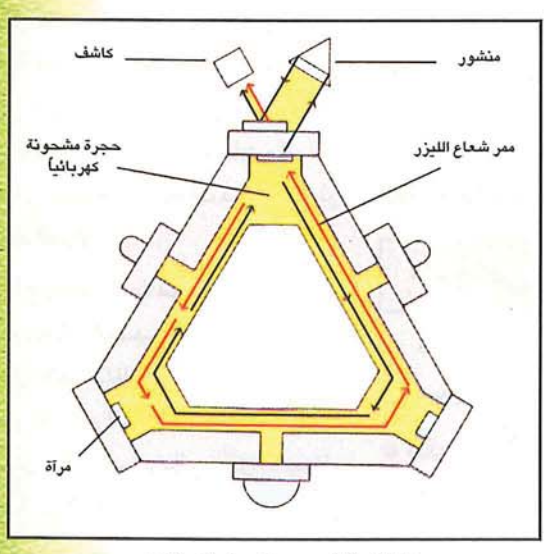
● الجيروسكوبات المعلقة كهربائياً

تعد الجيروسكوبات المعلقة كهربائياً من بين أكثر الجيروسكوبات دقة في الصنع. يتكون الجزء الدوار في هذا النوع من الجيروسكوبات من كرة خفيفة مصنوعة من البريليوم. تعلق هذه الكرة في فراغ بفعل القوى الكهربائية، وتقوم هذه الكرة بالدوران بفعل القوى المغناطيسية المتولدة.

● جيروسكوبات الليزر

تعطي جيروسكوبات الليزر معلومات دقيقة عن الإتجاهات دون الحاجة إلى وجود عضو دوار، وفيها يتم إرسال شعاعين من أشعة الليزر في إتجاهين متعاكسين حول ممر ، قد يكون مثلثاً أو مستطيلاً، يعرف بإسم الحلقة (Ring) ،شكل (٧).

حيث تنطلق ـ في البداية ـ موجات الليزر دفعة واحدة بعضها مع بعض، ولكن إذا حدث ميل للجيروسكوب ـ كما في حالة دوران الطائرة ـ فإن أحد هذين الشعاعين سيقطع مسافة أطول لكي يكمل الدوران داخل الحلقة، وعند ذلك تقوم الحاسبات بتحليل الأشعة الخارجة، وتقدير التغير في إتجاه الطائر، وتتحكم في الإتجاه تلقائياً.



● شكل (٧)، جيروسكوب أحادي الليزر.

المصادر:

١) الموسوعة العالمية العربية

2) Encyclopaedia Britannica.

3) Understanding Science, No.49