Fluid Mechanics ميكانيكية الموائع
تطبيقاتها في البايوميكانيك

Prepared by:
Prof.Dr. Ahmed Waleed Abdulrahman
Postgraduate studies (Ph.D)
2026-2027



fppt.com

يعد كل من الهواء والماء وسط مائع وإن هذا الوسط يسلط قوة على الاجسام خلال حركتها فيه، وإن بعض تلك القوى تبطيء تقدم حركة الجسم والبعض الاخر يعطي دعماً أو دافعاً للحركة.. إن الحركة في الرياضة تتأثر بواسطة محيط الموائع الذي تحدث فيه، فبعض الالعاب الرياضية مثل الركض وبعض فعاليات الرمي أو إطلاق الكرات في العاب اخرى، نجد أن مقاومة الهواء تبطيء حركة الاجسام بنسب مختلفة، وكذلك فأن إحتكاك جلد السباح مع جزيئات الماء في أثناء السباحة يولد مقاومة أكبر من الماء على السباح، والسباح نجده يتعامل مع اثنين مختلفين من محيط المائع (الماء والهواء) في وقت واحد وحركة السباح تتأثر بواسطة تأثير كل منهما على ذلك الجزء من الجسم الذي يتحرك خلالهما.

- المائع من وجهة النظر الميكانيكية: هو أية مادة تتجه الى الجريان أو تغير شكلها باستمرار عندما تعمل عليها بعض القوى، وهذا يشمل الماء والهواء والغاز.
- إن تأثير الموائع على جسم يتحرك خلالها يعتمد على: 1.سرعة الجسم 2.سرعة المائع.
- خصائص الموائع: هناك 3 عوامل تؤثر في مقدار قوة المائع وهي:
- 1.كثافة المائع 2.الوزن النوعي 3.اللزوجة

fppt.com

الطوفان (Buoyancy):

هي قوة المائع والتي تعمل بإتجاه عمودي الى الاعلى ويتحدد مقدار قوة الطوفان من خلال قاعدة ارخميدس "إن مقدار قوة الطوفان التي تعمل على الجسم مساوية الى وزن المائع المزاح بواسطة الجسم".

قوة الطوفان (Fb)= حجم الجسم (Vd) × الوزن النوعي للمائع (Y)

مثال/ إذا كان حجم كرة ماء ($m^3$0,2) تغطس بشكل كامل في الماء عند درجة حرارة (20).. فما مقدار قوة الطوفان؟

الحل/

$$Fb = Vd \times Y$$

$$= (0,2\ m^3) \times (9790\ N/m^3)$$

= 1958نيوتن

قوة طوفان ماء البحر أعلى من قيمة الماء العذب.. علل ذلك.

لأن كثافة ماء البحر (1026 Kg/m^3) أعلى من كثافة الماء العذب (998 Kg/m^3).

ماهو مركز الطوفان؟

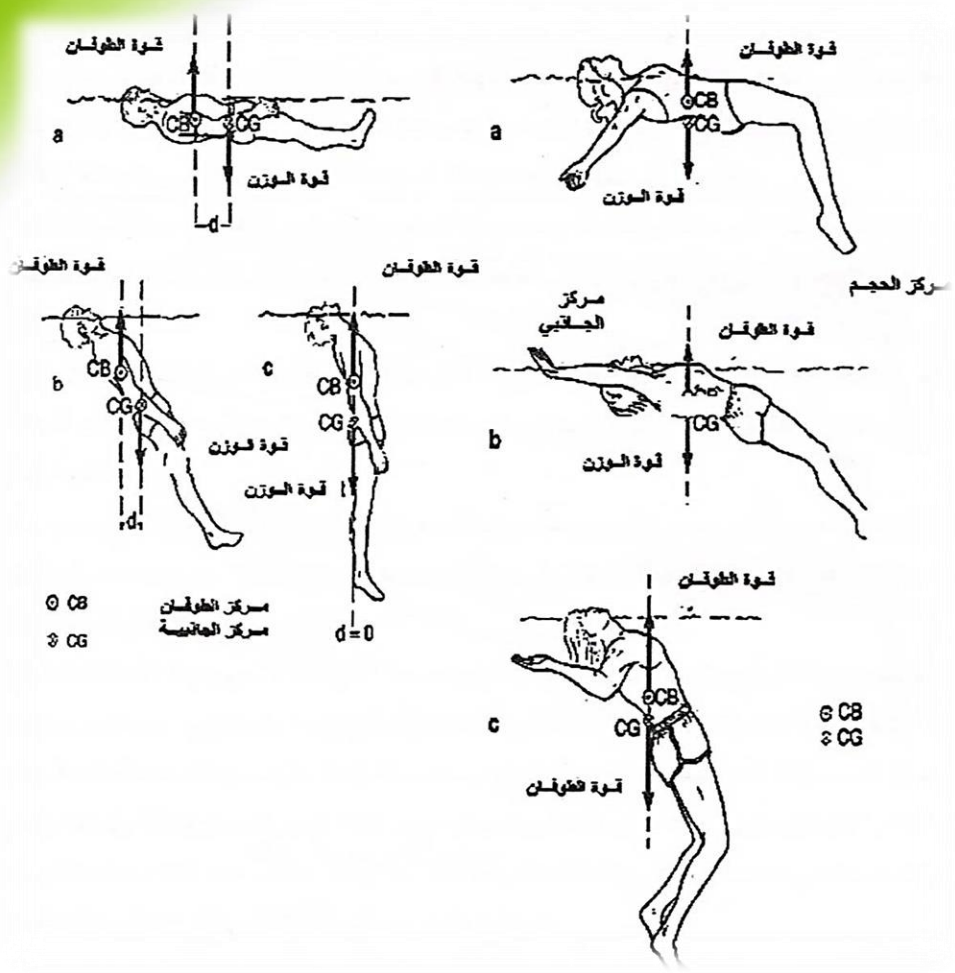
هو مركز حجم الجسم والتي تعمل عليها قوة الطوفان.. ومركز الحجم هي النقطة التي يكون فيها الحجم متعادل التوزيع في جميع الاتجاهات

fppt.com

- الطفو (Flotation):
- قابلية طفو الجسم في وسط من الموائع تعتمد على العلاقة بين قوة الطوفان ووزن الجسم.. وعندما يكون الوزن وقوة الطوفان القوتان الوحيدتان العاملتان على الجسم ومتساويتان بالمقدار فإن الجسم يطفو في حال سكون متوافق مع أساسات الموازنات الثابتة.. أما اذا كانت قيمة الوزن أعلى من قيمة قوة الطوفان فإن الجسم سوف يغرق ويتحرك الى الاسفل.
- إمكانية البعض من الطوفان بجهد قليل وبوضع ساكن وعدم إمكانية البعض الاخر.. علل ذلك.
- إن هذا الاختلاف في قابلية الطوفان يعود الى وظائف كثافة الجسم (كثافة العظام والعضلات تكون أعلى من كثافة الدهون).
- مثال/ عند حبس كمية كبيرة من هواء التنفس في رئتي فتاة كتلتها (Kg22) وحجم جسمها ($m^3$0,025). هل تستطيع أن تطفو في ماء عذب إذا كان الوزن النوعي للماء (m^3 /N9810)؟
- الحل/ قوة الطوفان (Fb)= حجم الجسم (Vd) × الوزن النوعي للمائع (Y)
- = (0,025م^3) × (9810م^3)
- = 245,25نيوتن
- وزن جسمها معادل الى كتلتها مضروبة في تعجيل الجاذبية:
- الوزن (W)= (22) × 9,81م/ ث^2)
- = 215,82نيوتن

fppt.com

- كثير من الاشخاص يستطيعون الطوفان من خلال زيادة حجم الهواء المنتشر داخل الرئتين كوسيلة لزيادة حجم الجسم بشكل جزئي دون التغيير في وزن الجسم.
- إن توجه جسم الانسان للطفو في الماء يتحدد بواسطة موقع مركز ثقل جاذبية الجسم ككل بالنسبة الى مركز الحجم الكلي، وإن الموقع المحدد بشكل دقيق لمركز ثقل الجاذبية أو مركز الحجم منوع بحسب الابعاد والقياسات الجسمية وتركيبة الجسم..
- علل: يكون موقع مركز ثقل الجسم نوعاً ما أدنى من مركز الحجم... بسبب كبر حجم الرئتين وقلة وزنها، وبهذا الفرق بين موقع المركزين الجذب والحجم سوف يتولد عزماً يعمل على دوران الجسم بسبب قوتين تعملان بشكل متعامد وهما:
- 1.قوة الوزن (CG) التي تعمل على مركز الجذب.
- 2.قوة الطوفان (CB) التي تعمل على مركز الحجم.



العزم المبذول بواسطة قوى الجاذبية يسبب دوران الجسم

fppt.com

- **علــل:**
- **يستعمل مدربو السباحة عند تعليم المبتدئين في الطوفان على الظهر، بعض الوسائل أو الادوات بين الرجلين... للحصول على الخط المستقيم للجسم في الماء قبل الاسترخاء في الطوفان ، حيث أن هذا الوضع (له علاقة بعزم القصور الذاتي ونق) يقلل من العزم العامل على غرق الاطراف السفلى.**
- **يقوم بعض السباحين في الطوفان على الظهر برفع الذراعين فوق الرأس... وذلك لسحب نقطة مركز الجذب لاعلى الجسم بموضع قريب من نقطة مركز الحجم.**
- **السحب (Drag):**
- **هي قوة تتسبب بواسطة فعل حركة المائع التي تعمل بإتجاه جريان المائع، وبشكل عام تعد قوة السحب قوة مقاومة أو قوة إبطاء لحركة جسم الانسان خلال المائع وهي تعمل على الجسم بحركة مرتبطة بالمائع.**
- **تأثير السرعة النسبية للحركة على قوة السحب:** حيث أن تأثير السحب يزداد كلما كانت السرعة عالية وكما يحدث في رياضة الدراجات والتزلج على الجليد والهبوط بالمظلات.
- **تأثير الزيادة والنقصان في كثافة المائع على قوة السحب:** إن نقصان كثافة الهواء بـ (زيادة الارتفاع) يؤدي الى تغيير نسبي في قوة السحب وبالتالي يؤثر بشكل أو بأخر على النتائج المتحققة.

علل: تحقيق الكثير من الارقام العالمية في الالعاب الاولمبية التي أقيمت في مدينة مكسيكو المرتفعة عن سطح البحر (2250م)... وذلك بسبب نقصان في قوة السحب العاملة على المتنافسين نتيجة نقصان مقاومة الهواء (كثافة الهواء) بسبب الارتفاع عن مستوى سطح البحر.

fppt.com

مركبات السحب الكلى او المقاومة الكلية:

1.إحتكاك الجلد (Skin Friction):

هي إحدى مركبات السحب الكلي.. إن مقاومة السطح أو مقاومة اللزوجة تكون مشابهة الى قوة الاحتكاك، وإن احتكاك الجلد ينجم من إنزلاق الترابط بين الطيات المتتابعة لجريان المائع بالقرب من سطح حركة الجسم.

إن اتجاه قوة الجسم المبذولة على المائع تولد (طبقات الحد الفاصل) ونتيجة قوة رد فعل المائع على الجسم بإتجاه مختلف يعرف إحتكاك الجلد.

العوامل المؤثرة على قوة السحب (مقاومة إحتكاك الجلد) والتي تزداد بزيادة:

1.السرعة النسبية لجريان المائع 2.مساحة سطح الجسم 3.خشونة سطح الجسم 4.لزوجة المائع

تطبيقات رياضية للتقليل من إحتكاك الجلد:

من خلال فهم العوامل سابقة الذكر للرياضيين نجدهم مستعدين لتبديل نسبة خشونة سطح اجسامهم من خلال إرتداء الملابس المحكمة لاشكال اجسامهم والمصنوعة من القماش الناعم بدلاً من الملابس الفضفاضة والمصنوعة من القماش الخشن.

متسابقو التزلج – ملابس محكمة وناعمة – تقل نسبة قوة السحب 10%

متسابقو الدراجات – ملابس ذات كم كامل للذراعين ورباط ناعم فوق الاحذية – تقل نسبة مقاومة الهواء 6%

السباحون الذكور – يحلقون شعر أجسامهم – تقل نسبة إحتكاك الجلد 10%

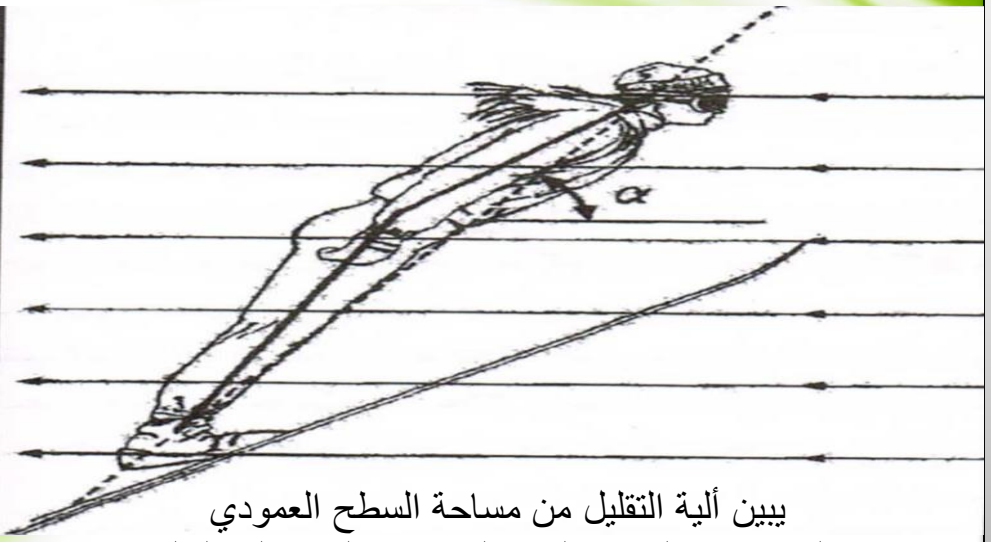
fppt.com

2.شكل الجسم (Form Drag):

المركبة الثانية للسحب الكلي العاملة على حركة الجسم خلال المائع وتسمة (شكل السحب) والذي يعرف ايضاً بـ (مقاومة الشكل)، ويعد العامل الرئيسي للتعكر لعموم السحب في معظم حركات البشر والمقذوفات.

العوامل المؤثرة في مقاومة الشكل:

1.السرعة النسبية للجسم بالنسبة للمائع 2.مقدار إنحدار الضغط بين أمام وخلف الجسم 3.حجم مساحة السطح العمودي على الجريان.



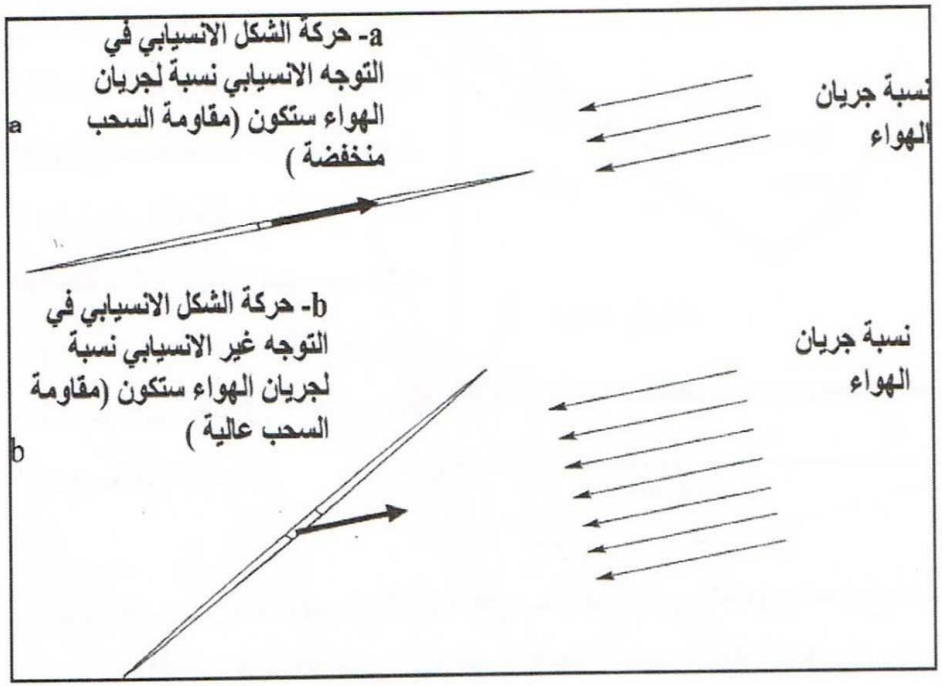
يبين ألية التقليل من مساحة السطح العمودي
على جريان الهواء بالنسبة لمتسابقي القفز على الجليد

تطبيقات رياضية (مقاومة الشكل):

الخط الانسيابي لشكل الجسم العام يقلل من قيمة الضغط الانحداري، ففي رمي الرمح إن الخط الانسيابي يقلل من كمية التعكر المتولدة ويعزز تقليل الضغط السلبي المتولد على الجزء الخلفي لجسم الرمح، على إفتراض أن وضع الجسم أكثر دقة سيقلل سطح منطقة القذف الموجهة عمودياً على مجرى المائع.

متسابقو الدراجات والمتزلجون يفترض وضع أجسامهم مع أصغر مساحة محتملة موجهة عمودياً على مجرى الهواء.

متسابقو الدراجات يستعملون عجلات صلبة لانها تولد عكرة اقل من العجلات المرنة.



تاثير مقاومة الشكل على الرمح في الموائع

fppt.com



3.سحب الموج (Wave Drag):

النوع الثالث من السحب ويظهر عند الاسطح البينية لنوعين مختلفين من الموائع كالسطح البيني بين الماء والهواء، عندما يحرك السباح أجزاء من جسمه على طول مساره عبر الهواء وبشكل بيني مع الماء، حيث ستتولد الموجات في المائع الاكثر كثافة (الماء) وان قوة رد فعل الماء تعمل على السباح على شكل موجة سحب، وأنقوة موجة السحب تزداد بزيادة:

1.حركة الجسم الاكثر الى الاعلى والى الاسفل 2. سرعة السباح

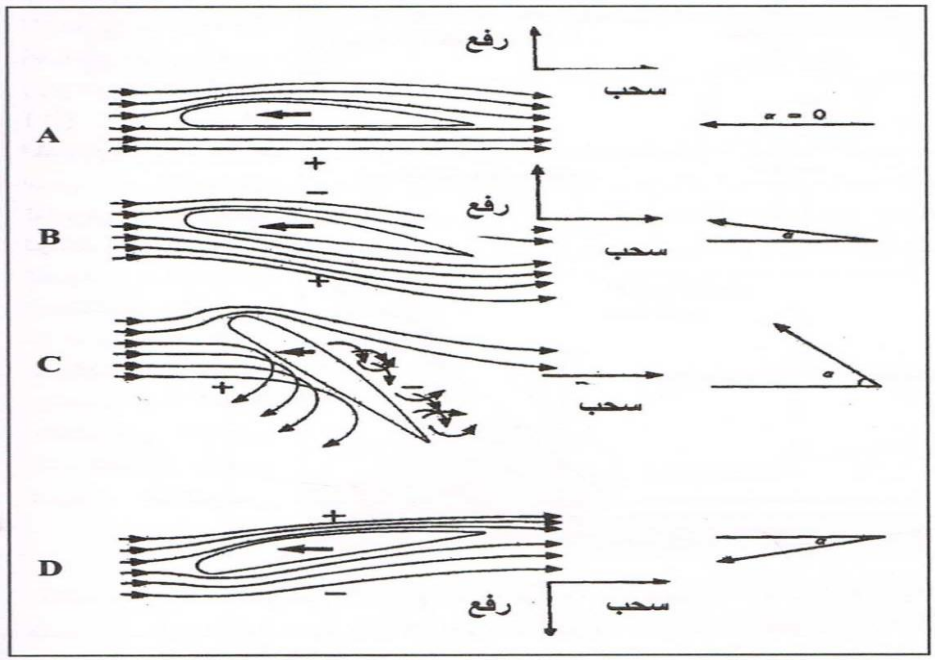
قوة الرفع (Lift Force):

وهي القوة التي تتولد عمودياً الى الاعلى على مجرى المائع ويتحدد إتجاهها إعتماداً على إتجاه مجرى المائع وتوجه الجسم.



fppt.com

- يهتم الرياضيون بتحسين ادائهم عن طريق التحكم في قوة المقاومة المؤثرة في الجسم كذلك بذل الجهد للتحكم في قوة الرفع.
- يحاول رماة القرص والرمح ان تكون مواجهة الاداة بمقدار ضئيل من المقاومة وفي الوقت نفسه تتعرض الى اقصى قدر من الرفع لكي تتمكن من البقاء في الهواء ويزيد زمن طيرانها.
- يعتمد مقدار الرفع والمقاومة عند أي سرعة جريان جزئيا على وضعية الجسم.
- في حال كون الجسم في وضع متعامد مع اتجاه قدوم الجريان فانه سوف يكون له قوة مقاومة عالية وقليل من أو بدون قوة رفع.
- اذا كان الجسم موازي للجريان فسوف يكون له اقل قوة مقاومة ممكنة دونما قوة رفع او قليل منها.



توضيح العلاقة بين قوتي السحب والرفع

fppt.com

تأثير ماكنوس
Magnus Effect

قبل الشروع في هذا الموضوع يجب أن نقول ان الميكانيكية الاساسية لانحناء كرة القدم هي تقريبا نفسها بالنسبة لكرة البيسبول والغولف والتنس وغيرها.

ومن هنا يمكن ان نعرف "تاثير ماكنوس بانه قوة تعبر عن تزايد الضغط في مناطق الجسم ونقصانه في المناطق المقابلة، نتيجة دوران الجسم حول احد المحاور اثناء انطلاقه في الهواء".

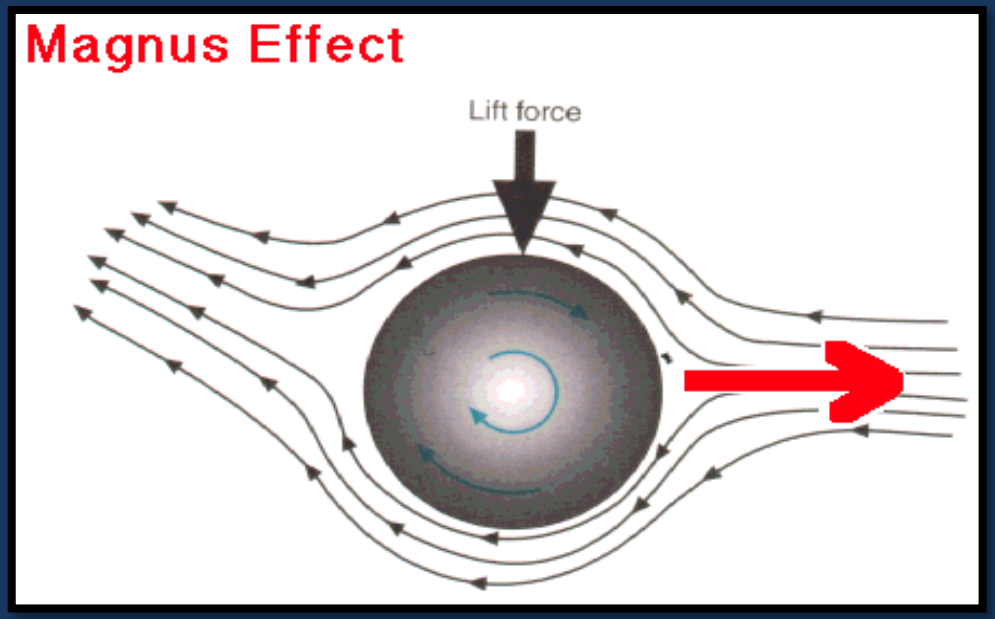
وهذا الاختلاف بالضغط يحدث وفقا لاتجاه الدوران من الاعلى الى الاسفل، فاذا كان الدوران من الاعلى الى الاسفل، فان الضغط المسلط على الجهة العلوية يكون اكبر من الضغط المسلط على الجهة السفلية، اما اذا كان الدوران من جهة اليمين الى جهة اليسار فان الضغط المسلط على جهة اليمين اكبر من قيمة الضغط المسلط على جهة اليسار، لذلك يميل الجسم باتجاه المنطقة قليلة الضغط بسبب تزايد الضغط بالجهة الاخرى وينحرف على مساره الحقيقي خصوصا بالثلث الاخير من هذا المسار.

وعلى هذا الاساس تبنى التدريبات في كيفية تسليط القوة على احد جانبي الجسم المقذوف بحيث تكون قوة لامركزية من اجل تسليط عزم دوران يسبب دوران الجسم لجهة الضغط الضعيفة.

اما اذا كانت القوة المسلطة بمركز ثقل الجسم (خطية) فيكون الجسم دون دوران حول أي محور وتكون قوة الهواء كقوة معيقة تتناسب طرديا مع مسطح الجسم مما يسبب ضغطا على الجسم يسبب له حركة تموجية يمينا ويسارا وفق انسياب الهواء على نقاط مسطح الجسم والتي قد تكون كثيرة في جهة او قليلة في جهة اخرى مما يسبب حركته يمين او يسار اعلى او اسفل.

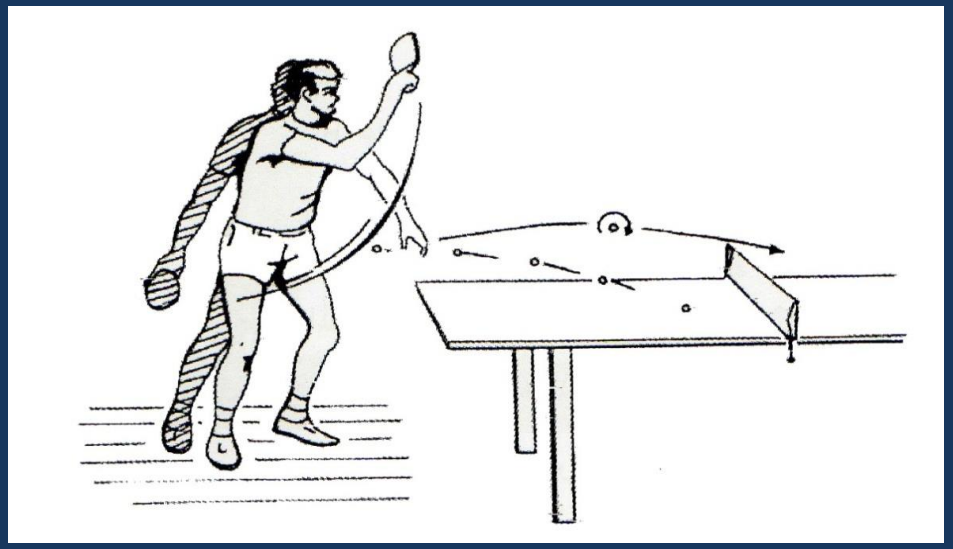
الديناميكية الهوائية للكرة:(Aerodynamics of sports balls)

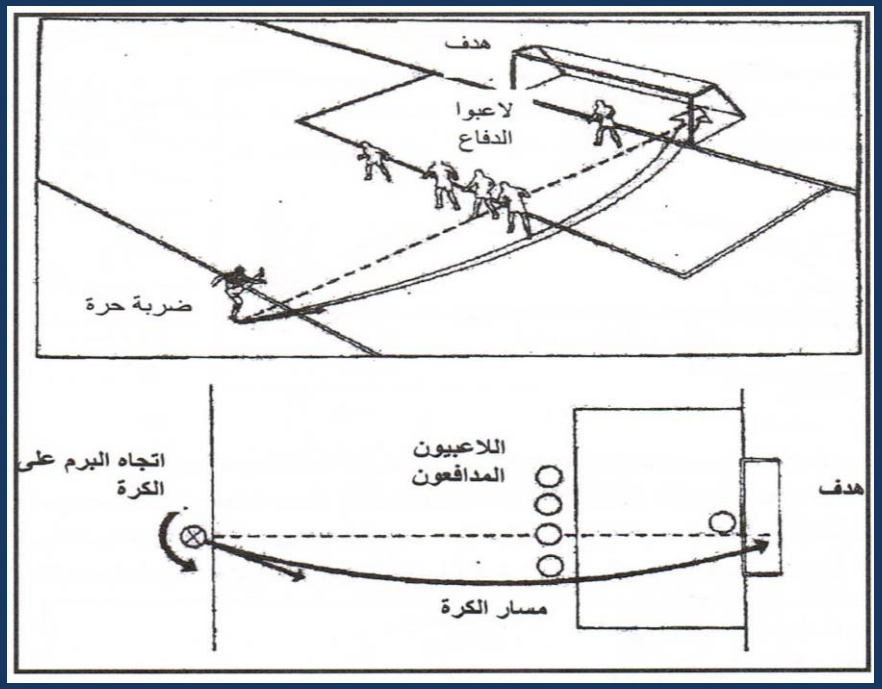
لو افترضنا ان كرة تلف حول محورها ويتدفق الهواء حولها عموديا على مستوى اللف كما في الشكل المرفق.



شكل يوضح تاثير ماكنوس على الكرة

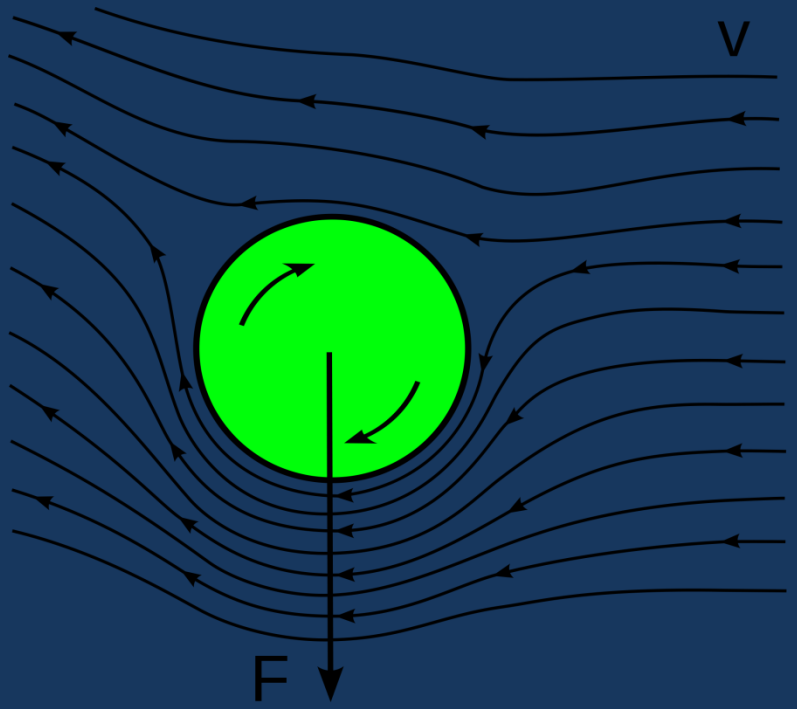
عندئذ سيتحرك الهواء بشكل اسرع مقارنة بمنتصف الكرة حيث أن محيط الكرة يتحرك في نفس اتجاه تدفق الهواء، وهذا يقلل الضغط وفقا لمبدأ برنولي.. ويحدث التأثير العكسي في الجهة الأخرى من الكرة حيث يتحرك الهواء بشكل ابطئ بالنسبة لمنتصف الكرة، ولهذا يكون لدينا عدم توازن في القوى مما قد يؤدي الى تغيير مسار الكرة.. يسمى تغيير الكرة لمسارها اثناء الطيران بتاثير ماغنوس.





يبين المسار القوسي لكرة القدم بسبب البرم
الجانبي على الكرة

استخدام مبدأ ماكنوس في العاب المضرب



المصادر

1.سمير مسلط الهاشمي؛ البايوميكانيك الرياضي، ط3: (بغداد، النبراس للطباعة والتصميم،2010).
2.صريح عبدالكريم الفضلي؛ تطبيقات البيوميكانيك فى التدريب الرياضي والاداء الحركى، ط2: (بغداد، جامعة بغداد، 2010).
3.صريح عبدالكريم الفضلي ووهبي علوان البياتي؛ موسوعة التحليل الحركى، ج1: (بغداد، مطبعة دي العكيلي، 2007).
4.طلحة حسام الدين؛ مبادىء التشخيص العلمي للحركة: (القاهرة، دار الفكر العربي، 1994).
5.محمد جاسم محمد الخالدي؛ البايوميكانيك فى التربية البدنية والرياضة: (بغداد، جامعة الكوفة، 2012).
6.ياسر نجاح حسين واحمد ثامر محسن؛ التحليل الحركي الرياضي: (النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة، 2015
7.د.حسين مردان؛ محاضرات في البايوميكانيك: (كلية التربية الرياضية، جامعة القادسية).
8.James G.Hay; The Biomechanics of Sports Techniques, 3rd edition: (New Jersey, prentice – Hall,1985).

شكرا لطيب الاستماع