الدراسات العليا / الدكتوراة

مادة البايوميكانيك

المحاضرة السادسة /

شكل ، حجم ، وسرعة الجسم المتحرك ومعامل المقاومة ! تأثير قانون ماغنوس في العاب الكرة

إعداد

ا.د إنتصار كاظم عبد الكريم

1444هـ / 2023 م

ان الحركة في أي وسط تحدث هي ناتج من تغلب القوة على المقاومة ، وان مقدار القوة المستخدمة هي التي تحدد كمية الحركة وتسارعها (نيوتن2) .

اما المقاومة فهي موجودة مع كل حركة وتكون باتجاه معاكس لحركة الجسم ، أي دائماً توجد قوة سحب مضادة اتجاهها عكس أتجاه الحركة ، وان قوة السحب المضادة تعتمد على عدد من العوامل هي :

- كثافة الوسط أو المجال الذي تحدث فيه الحركة .
- حجم الجسم المتحرك وشكله .
- سرعة الحركة .

➢ كثافة الوسط الذي تحدث فيه الحركة :

ان مقدار المقاومة التي يتعرض لها الجسم تختلف وفقا للوسط الذي يتحرك به الجسم وعلى سبيل المثال ، اذ تحرك جسم ما داخل وسط مائي أو فضاء هوائي فالمقاومة الذي يتعرض لها الجسم تختلف أذ تكون في الماء أكبر من مقاومة الهواء والسبب هو إن كثافة الماء تكون أعلى من كثافة الهواء ؛ وان كثافة الماء تختلف بين مياه الأنهار والبحار وهذا ما يفسر سهولة الطفو في مياه البحر الميت بسبب ملوحة الماء والكثافة العالية والذي ينتج عنها قوه رفع من الماء اكبر بكثير من قوة وزن الجسم . .

وكذلك كثافة الهواء تتغير تبعا لمستوى سطح البحر فقد لوحظ ، في البطولة الأولمبية التي أقيمت في المكسيك ان كثافة الهواء كانت قليلة والسبب كان موقع المدينة الذي اقيم السباق فيها أذ تقع في مستوى أعلى من مستوى سطح البحر ، وهذه الحالة خدمت بعض الفعاليات الرياضية التي تحتاج الى السرعة في الحركة (كسباقات العدو ، وسباق الدرجات الهوائية) .

ان مقاومة الهواء يمكن ان تكون باتجاه أو ضد حركة الجسم ويمكن ان يكون تأثيرها إيجابياً او سلبياً، وقد يحدث ان تكون مقاومة الهواء(رياح عالية) باتجاه حركة الجسم ولكن تأثيرها سلبياً وذلك عندما تكون سرعة الهواء أكبر من السرعة التي يتحرك بها الجسم ، إذ سوف يتطلب من الجسم ان يعمل على كبح الحركة من أجل تقليل السرعة . عدد كبير من الرياضات (رمي الرمح ، دفع الثقل ، البيسبول ، الكولف) تتأثر بمقاومة الهواء لذلك يحاول الرياضين ان يضبطوا زاوية ذراعهم لإنشاء أنواع مختلفة من الدوران على الكرة .

➢ حجم وشكل الجسم المقذوف :

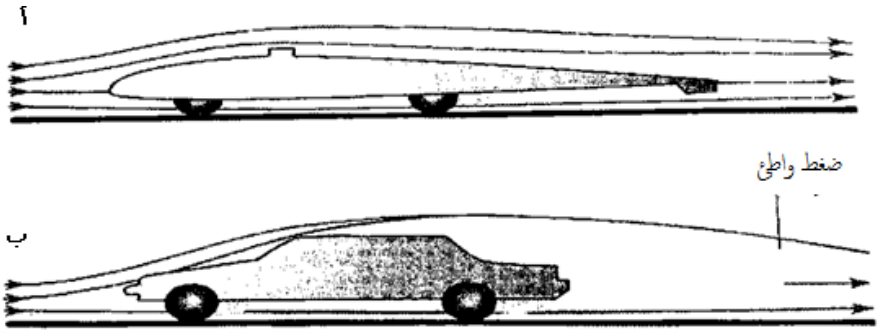
تعتبر العلاقة بين المقاومة وحجم وشكل الجسم مفهوما مهما في الفيزياء ؛ فعندما يتم رمي جسم ما في الهواء بزاوية معينة ، فإنه يتعرض لقوتين هما : الجاذبية ومقاومة الهواء ، وتعمل قوة الجاذبية على سحب الجسم إلى الأسفل ، بينما تعمل مقاومة الهواء على إبطائه أي تعمل كقوة سحب .

ان العلاقة بين حجم الجسم والمقاومة التي يواجها سواء من الهواء أو الماء هي علاقة معقدة ، اذ تتناسب المقاومة التي تواجهها الاجسام المقذوفة طرديا مع مساحة المقطع العرضي للجسم المتحرك وهذا يعني أنه مع زيادة حجم الجسم تزداد المقاومة المضادة للحركة بسبب كبر مساحة المقطع العرضي ؛ ويتم تحديد مساحة المقطع العرضي من خلال الشكل أيضا مثال على ذلك ، تحتوي الكرة على مساحة مقطع عرضي أكبر من مساحة المقطع العرضي للجسم الانسيابي للرمح ، وهذا يعني أن الكرة ستواجه مقاومة من الهواء اكبر مقارنة بالرمح تحت الظروف والسرعة مما يسبب قوة سحب اكبر .

كما ويمكن أيضا ان نرى في الطبيعة العلاقة بين الشكل والمقاومة ، حيث تمتلك الأسماك أجسامًا انسيابية تسمح لها بالتحرك عبر الماء بأقل قدر من المقاومة ، وكذلك الطيور تمتلك اجسام وأجنحة انسيابية تسمح لها بالتحليق في الهواء بأقل قدر من المقاومة ، وقد اعتمد الكثير من المهندسون والخبراء في مجال الرياضة هذا المبدأ في تصميم سيارات السباق وبعض الأدوات والأجهزة الرياضية .

وفي الشكل ادناه نرى إن تيارات الهواء التي تدور حول السيارة تتغير بتغير شكلها لأن عملية الضغط المتبادلة بين تيارات الهواء المتحركة أمام السيارة والسيارة ذاتها تؤثر على الحركة وتحدد مقدارها .

أن مقاومة الهواء لحركة السيارة تعتمد على شكل وتصاميم السيارات وعلى الديناميكية الهوائية للسيارات لان مقاومة الهواء والطريقة التي يتحرك بها الهواء حول السيارة تؤثر على ثبات السيارة وتماسكها على الطريق، فكلما كانت مقاومة الهواء للسيارة قليلة قلة الطاقة المطلوبة لحركة السيارة خلال الهواء. ان شكل السيارة الانسيابي بالشكل أ يعطي سهولة وقدرة عالية لحركة السيارة واختراقها تيارات الهواء .



ان ما يحدث اثناء حركة السيارة هو انه عندما تتحرك السيارة للأمام فإن الهواء الموجود أمام جسم السيارة سيمارس ضغطاً عالياً على الجزء الأمامي من السيارة، وفي الوقت نفسه سينتج ضغط منخفض على الجزء الخلفي منها أن نتيجة انخفاض الضغط هو انخفاض كمية الهواء في المنطقة التي مر منها. وتعرف هذه الظاهرة بالسحب الديناميكي الهوائي. والذي يحدث بسبب مقاومة الهواء لحركة الجسم من خلاله. ويعتمد مقدار هذا السحب على عدة عوامل مثل شكل وحجم الجسم، وسرعته. ويمكن تقليل السحب الديناميكي الهوائي من خلال تصميم سيارات ذات انسيابية مناسبة في شكلها حتى تكون قادرة على مقاومة الهواء واختراقه، ومن خلال الشكل أعلاه نلاحظ إن مقدار مقاومة الهواء في العربة (أ) يكون أقل من مقدار مقاومة الهواء التي تتعرض لها العربة في الشكل (ب) .

➢ سرعة المقذوف :

تتناسب المقاومة التي يواجها الجسم المقذوف طرديا مع مربع سرعته ، وهذا يعني أنه مع زيادة سرعة المقذوف تزداد المقاومة التي يواجها بشكل كبير. عندما يقفز لاعب القفز بالمظلات من الطائرة، فإنه يبدأ بالتسارع إلى أسفل بسبب قوة الجاذبية. ومع السقوط، تزداد سرعة الجسم حتى تصل إلى نقطة يتوازن فيها السحب الناتج عن مقاومة الهواء قوة الجاذبية التي تسحبها إلى الأسفل وعندما تصبح قوة مقاومة الهواء كبيرة بما يكفي لموازنة وزن لاعب القفز بالمظلات، تصبح القوة المحصلة المؤثرة على لاعب القفز بالمظلات صفرًا. وطبقا لقانون نيوتن1 القصور الذاتي يمنع حدوث تغيير في سرعة الجسم ما لم يتعرض لقوة محصلة. ولذلك، من تلك النقطة التي تكون فيها القوى متوازنة وما بعدها، يستمر القفز بالمظلة بسرعة ثابتة حتى يفتح مظلته .

➢ مقاومة الهواء والاحتكاك

كلاهما يعدان من أنواع قوى الاحتكاك وفي الوقت ذاته نوعان مختلفان من قوى المقاومة التي يمكن أن تؤثر على حركة الجسم اذ تعمل كل من مقاومة الهواء والاحتكاك على إبطاء أو إعاقة حركة الأجسام ، إلا أن لهما خصائص وتأثيرات مميزة. فمقاومة الهواء والمعروفة أيضًا باسم السحب هي القوة التي تعارض حركة الجسم عبر الهواء ، ويحدث نتيجة اصطدام جزيئات الهواء بسطح الجسم وتعمل جزيئات الهواء على تقليل سرعة الجسم ، و ان شكل وحجم وسرعة المقذوف عوامل تساهم في تحديد

كمية المقاومة ، بينما الاحتكاك يحدث عندما يتحرك جسمان متلاصقان حيث تعمل قوى الاحتكاك على تقليل سرعة الجسمان وانهائه للحركة فهو القوة التي تعارض الحركة بين سطحين متلامسين ، وان خشونة الأسطح والكتلة من اهم العوامل المؤثرة في ناتج مقاومة الاحتكاك .

◎ كيفية حساب مقدار المقاومة او ما يسمى بقوة السحب من خلال المعادلة التأليه :

$$F\ resistine = ½ \times Cd \times P \times A \times V^{2}$$

المقاومة $= \frac{1}{2} \times$ معامل السحب $\times$ كثافة المحيط $\times$ مساحة مقطع العرضي للجسم $\times$ (سرعة الجسم^2)

يشير (CD) إلى معامل السحب وهي قيمة ثابتة لكل جسم .

أما (P) هي دلالة تشير الى الكثافة

(A) مساحة المقطع العرضي للجسم المتحرك المتعامدة مع اتجاه حركتها

(V) السرعة الذي يتحرك فيها الجسم عبر الهواء أو الماء .

مثال1 //

تحركت كرة قطرها 10 سنتيمترات في الهواء بسرعة 10م/ ثا ، وبلغت كثافة الهواء عند مستوى سطح البحر حوالي 1.225 كجم / متر^3 ، ولنفترض معامل السحب للكرة يبلغ حوالي 0.47 ، احسبي مقدار مقاومة الهواء للكرة ؟

الجواب //

10÷100 = 0.1 متر القطر تحويل من سنتمتر الى متر

مساحة مقطع الجسم العرضي = (نصف القطر)^2 × النسبة الثابت

$$= (0.1\ \frac{1}{2})^{2} \times 3.14$$

$$= (0.05)^{2} \times 3.14$$

$$= 0.00785\ م2$$

المقاومة $= \frac{1}{2} \times$ كثافة المحيط $\times$ (سرعة الجسم)$^2 \times$ معامل السحب $\times$ مساحة مقطع العرضي للجسم

المقاومة (قوة السحب) $= \frac{1}{2} \times 1.225 \times 0.47 \times (10)^2 \times 0.00785$

= ..... نيوتن مقدار قوة السحب (مقاومة الهواء) الذي تتعرض لها الكرة عندما تتحرك بسرعة 10 متر /ثا .

➢ تاثير ماغنوس

تأثير ماغنوس ظاهرة فيزيائية أكتشفها العالم الالماني (كوستاف ماكنوس 1852) **يعرف تأثير ماغنوس بانه ظاهرة تشرح سبب انحراف مسارات الكرات ذات الدوران عن مسار طيرانها الطبيعي، فعندما يتم رمي الكرة أثناء الدوران، فإن تأثير ماغنوس يتسبب في انحراف الكرة بعيدًا عن مسار طيرانها الرئيسي وان مقدار التغير في المسار الذي تتعرض له الكرة يعتمد على سرعة دوران الجسم.**

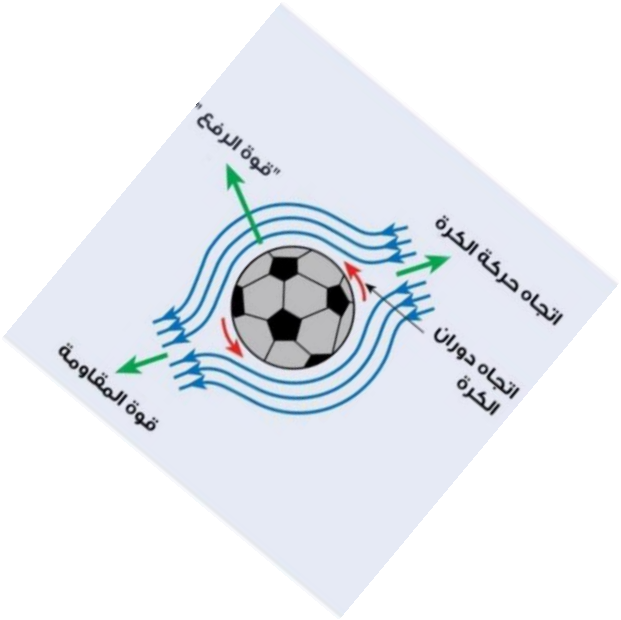
فما هو تاثير ماغنوس؟ وكيف يحدث ذلك التأثير ؟

ماذا يحدث عندما نقوم برمي كرة في الهواء تدور حول محورها ؟

نتيجة دوران الكرة تنشأ قوة عمودية على أتجاه حركة الكرة تعرف هذه لظاهرة بتأثير ماغنوس ، إن هذه الظاهرة ممكن ملاحظتها في كل أنواع رمي الكرات مع دوران ، وانطلاقا من ظاهرة تأثير ماغنوس ان الكرة ستتأثر بقوتين الاولى القوة العمودية المتجه الى الاعلى وهي المسؤولة عن تأثير ماغنوس والقوى الثانية هي قوة السحب (المقاومة) المعاكسة لاتجاه مسار الكرة والتي تتناسب طرديا مع مربع سرعة الكرة.

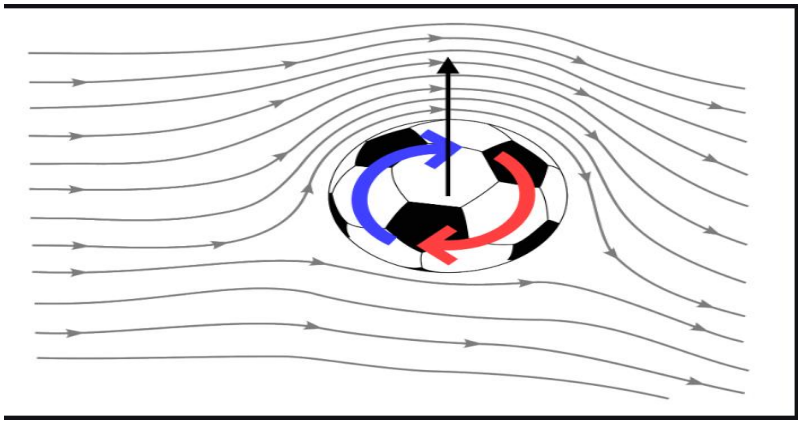
ان السبب في حدوث ذلك هو تشكل منطقة ذات ضغط عالي نسبياً على جانب واحد من الكرة ومنطقة ضغط واطئ على الجانب الأخر منها ، إن التغيرات في سرعة الهواء سوف تقودنا إلى التغير في الضغط نتيجة الحركة الدورانية للكرة حول محورها والتي سوف تؤدي الى تغير ضغط الهواء حول الكرة ، حيث

يحدث ان الهواء يتحرك بشكل اسرع في الجانب الذي يكون فيه دوران الكرة يتحرك بنفس اتجاه تيار الهواء مما يسبب انخفاض في الضغط حسب مبدئ برنولي ، اما الطرف الاخر فيكون سطح الكرة يتحرك بالاتجاه المعاكس لحركة الهواء وبالتالي تكون السرعة منخفضة مما يسبب زيادة بالضغط ، وهذا يعني ان الضغط على جانبي الكرة يكون غير متساوي وبالتالي نرى الكرة تتجه نحو منطقة الضغط الواطئ اي نحو منطقة اتجاه الكرة . أن فرق الضغط ينشا ما يسمى قوة ماغنوس أي قوة الضغط الموجهة من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط المنخفض



مثال 1

لاعب كرة قدم يسدد كرة حول جدار من اللاعبين ماذا يحدث لمسار الكرة التي تدور في الهواء؟
عندما تضرب الكرة وتحلق في الهواء، تكون حركة احد جوانب الكرة في اتجاه حركة الهواء، بينما يتحرك الجانب الآخر ضد اتجاه حركة الهواء لاحظي الشكل ادناه يوضح حركة تيارات الهواء حول كرة قدم تدور. ان ما يحصل على جانب الكرة الذي يتحرك مع اتجاه الهواء هو أنه يسحب تيارات الهواء عن طريق الاحتكاك الحاصل على طول سطحه. اما الجانب الآخر فتكون حركة الهواء ابطئ وسحب الهواء لايكون بنفس القدر. وسوف ينتج عن ذلك قوة عمودية تؤثر على الكرة يكون اتجاها للاعلى.



ان ما يحدث من تأثير هو تطبيقا لمبدأ برنولي

ينص مبدأ برنولي على أن الزيادة في سرعة الهواء يقابلها انخفاض في الضغط في ذلك الهواء، إذا طبقنا ذلك على كرة القدم ، فإن جانب الكرة الذي يتحرك مع تدفق الهواء يزيد من سرعة الهواء على هذا الجانب. وعلى العكس من ذلك، فإن الجانب الذي يتحرك عكس اتجاه تدفق الهواء سوف يقلل من سرعة ذلك الهواء، وفقًا لمبدأ برنولي ان الهواء المتحرك الأسرع، ، سيكون له ضغط أقل، والهواء الأبطأ سيكون له ضغط أعلى. وهذا الاختلاف في الضغط يسبب قوة تحرك الكرة باتجاه منطقة الضغط الأقل. في حالة الشكل أعلاه ، يظهر أن الكرة ستتحرك للأعلى.

إن مسار الكرة لا يعني بالضرورة أن يكون منتظم ، إذ ممكن أن تكون حركة الكرة في القسم الجزء الأول منتظمة جداً للأمام وبعدها فجأة تبدء بالانحراف ، وهذا يفسر إن دوران الكرة يعتمد على تيارات الهواء فيما إذا كانت عاصفة مضطربة أو هادئة. كما أنه ومن أجل تغير مسار الكرة يجب أن يكون تسارع الكرة كبير وهذا يعتمد على مقدار القوة وكتلة المقذوف. كما أن تأثير ماغنوس مهم في جميع العاب الكرات المقذوفة في الهواء.