**قاعدة (تاثير) ماكنوس:**

**نبذة تأريخية:([[1]](#footnote-1))**

منذ القرن التاسع عشر، والعلماء الألمان – وغيرهم – يولون أثر العلوم في المجالات الأخرى، كالهندسة ونظرية النُظم وحتى الإتنولوجيا والمجتمعات، عنايتهم وانتباههم، ومن هؤلاء العلماء، هنريش غوستاف ماغنوس. وهو فيزيائي وكيميائي درس أثر العلوم في فنون الحرب، خصوصاً في القذائف الثقيلة ومساراتها.

 وحل ماغنوس لغز زاوية الانحراف غير المتوقّع لكرة مدفع مقذوفة تدور على نفسها. وسجّل الحل، وسمّاه «تأثير ماغنوس». والانحراف هذا يحدث نتيجة الاحتكاك غير المتكافئ لجوانب المقذوف بالهواء، فيقل الضغط من جهة، ويزيد على الجهة المقابلة. وعليه، اخترعت المدافع «المقلّمة» (ذات حزوز حلزونية داخل الماسورة) لجعل القذائف تدور سريعاً قبل أن تسقط حيث «تريد»، أي حيث يقيض انحرافها لها ان تسقط.

"ويمكن مشاهدة هذه الظاهرة بشكل واضح في الكرات التي تتحرك في الهواء وهي تدور فمثلا في حالة ضرب كرة الكولف من الاسفل لمركز ثقلها فانها تاخذ مسارا في الهواء ولكنها سوف تدور اثناء ذلك المسار"([[2]](#footnote-2)),"مسببة تخلخلا في ضغط الهواء المقاوم لها واتجاه عمل محدد فوقها يؤثر في بقائها فترة طويلة.([[3]](#footnote-3))

ويصدق «تأثير ماغنوس» على الرياضة. فهو وراء الضربات الحرة الناجحة (في كرة القدم)، أي تلك التي يذهلنا مسارها. ويتدخّل التأثير نفسه في لعبة كرة المضرب (التنس) والكرات «الدوّامة». وعليه، يسع «نجم الملعب»، وهو على جهل تام بالنظريات العلمية ومعادلاتها، أن يركل الكرة جانبياً ويدفعها في المسار الأمثل، ويباغت المدافعين.

 ويحصل أحياناً تغيّر مفاجئ في انحناءة المسار، بعد التوقف عن الدوران لمدة قصيرة ثم معاودته على المسار الجديد صوب الشباك.

ودرس فريق من جامعة شيفيلد الألمانية تفاصيل ضربة حرة نفّذها البرازيلي روبيرتو كارلوس، في 1997، وهزت الشِباك الفرنسية. ودُهش الفريق العلمي لتفاصيل الضربة العظيمة: الركلة بالقدم اليسرى، وسرعة انطلاق الكرة 30 متراً في الثانية (أي 108 كلم في الساعة)، وسرعة دورانها 10 دورات في الثانية على خلاف عقارب الساعة, واستمرت الكرة في مسار مستقيم بعيداً من الهدف، قبل أن تتباطأ فجأة، وتنحرف نحو اليمين مباشرة وتدخل الشّباك.

**مسار المقذوفات والكرة في الالعاب الرياضية(**[[4]](#footnote-4)**)** :

● عند دراستنا لحركة التيارات عند عبورها الاجسام الاسطوانية عند بعض العلماء وتوصلهم الى النتائج في انه عدم استقرار الجسم الذي يقع تحت الاحمال الايروديناميكية هذا ربما يشرح التغير البارع في المقذوفات – خصوصا عند التغير المفاجىء في صافي القوة والزخم (كمية الحركة).

لذا فان هذه النتائج لها علاقة واستخدام مباشر على حركة المقذوفات التي تمر خلال طبقات من التيارات الهوائية او المائية, ومديات هذه الخاصية لها علاقة وثيقة بما يظهر في العالم الحقيقي.

● الداومة التي تخفض من عدم الاستقرار هي احد انواع الميكانيكية الفيزيائية – التي يمكن ان تنطبق على الاجسام الكروية, وهذا لم تجرى عليه اية تجارب لحد الان.
لازال الكثير من متابعي كرة القدم يتذكرون هدف البرازيلي روبرتو كارلس في مرمى فرنسا اثناء الدورة الرباعية التي اقيمت صيف 1998.عندما سدد ربرتو كارلس ضربة حرة من على بعد 30 مترا اجتازت حائط الصد وبدت انها ذاهبة الى خارج الملعب وفي اللحظة الاخيرة انحرفت وعادت الى الشباك وسط ذهول حارس المرمى والمشاهدين .
يبدو ان ربرتو كارلوس قد تدرب على هذه التسديدات عدة مرات اثناء التدريب وعرف كيف يحنيها بضربها بسرعة خاصة (particular velocity) وجعلها تدور حول محورها بشكل محدد (particular spin) ويعرف الفيزياء التي خلف هذه التسديده, وربما لم يكن يعرف ذلك (يقصد كارلوس).

قبل الشروع في هذا الموضوع يجب ان 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."([[5]](#footnote-5)) 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 الجسم 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)([[6]](#footnote-6)**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 [[7]](#footnote-7)"Magnus
**القوى المؤثرة على لف الكرة الطائرة خلال الهواء تنقسم الى نوعين:**1 - القوة العمودية (lift force ): وهي القوة الميكانيكية المتجهة الى أعلى والمتولدة بسبب حركة جسم صلب خلال مائع والتي تعاكس الوزن دائما وهي المسؤولة عن تأثير ماغنوس ."Magnus effect"

2 - قوة السحب (drag force): وهي القوة الايروديناميكية التي تكون عكس اتجاه مسار حركة الجسم.

شكل يوضح القوة العمودي وقوة السحب

لنعود الى كرة القدم ونحسب هذه القوى عندما يقوم أحد المحترفين بتنفيذ ضربة حرة , لنفترض ان سرعة الكرة كانت 25-30) م/ ث) ولف الكرة حول محورها 8-10 (دورة/ث) اذا يمكن ايجاد أن القوة العمودية تساوي تقريبا3.5)نيوتن) وحيث أن الوزن الدولي لكرة القدم (410-450 (جرام ومن قانون نيوتن الثاني (F=ma) نجد ان تسارع الكرة يساوي تقريبا 8 (م/ث2) .
هذه القوة العمودية بامكانها أن تجعل الكرة تنحرف 4 امتار عن مسارها المستقيم وهذا يكفي لإرباك اكثر الحراس براعة.
قوة السحب (drag force) أو DF تتناسب طرديا مع مربع سرعة الكرة حسب القانون التالي:
**قوة السحب = معامل السحب × كثافة الكرة × مقطعها العرضي × مربع السرعة /** **2**
**DF = CDrAv^2/2**حيث ان:
 : CD معامل قوة السحب ويعتمد ايضا على سرعة الكرة
 : r كثافة الكرة
 : A مساحة المقطع للكرة
 : v السرعة
**كيف تجعل الكرة تنحني ؟؟**في الواقع هناك عدة أوضاع لتجعل الكرة تذهب في مسار منحني ولكن بما أننا تكلمنا عن ربرتو كارلوس فسوف نرى انه يركل الكرة باقصى مايمتلك من قوة (ليحصل على أقصى سرعة) بالوجه الخارجي للقدم اليسرى في مركز جاذبية الكرة شريطة ان يجعل اللف حول محورها كبير قد يصل الى أكثر من 10(دورات/ث) مما يعطي الكرة قوة سحب (drag force) صغيرة نسبيا وعندما تنخفض سرعة الكرة تزداد قوة السحب (drag force) مما يسبب تاثير ماغنوس "Magnus effect" على جانب الكرة فيجعلها تنحني نحو الهدف .

**البندول(الرقاص)([[8]](#footnote-8)):**

الرقّاص والخطّار النوّاس أو البندول أو رقاص الساعة (باللاتينية: pendulum) هو عبارة عن جسم مرتبط بنقطة محورية ثابتة بخيط/حبل بحيث يستطيع أن يتحرك بحرية. هذا الجسم هو موضع استرجاع القوة التي سوف تسارعه لحين الوصول إلى موقف توازن.. والجدير بالذكر أنه أُختلف في مخترع البندول، حيث يذهب بعض العلماء في الغرب الى أن العالم الفرنسى ( ليون فوكو)(1819-1868) هو مكتشف البنول ... علماً أنه من مواليد عام 1819 ... أي بعد إختراع البنول على يد العالم المسلم العربي ابو الحسن على بن ابى سعيد عبد الرحمن بن احمد بن يونس بن عبد الاعلى الصدفى المصرى المولود عام 950 م والمتوفى بها عام 1009 م.

البندول البسيط (Simple pendulum) المستعمل في مختبرات الفيزياء، عبارة عن كرة صغيرة من الحديد أو النحاس أو الخشب أو أية مادة أخرى، معلقة بخيط رفيع كتلته صغيرة جداً، بحيث يمكن إهمالها في حل مسائل الفيزياء.

**مكونات البندول:([[9]](#footnote-9))**

**طول البندول:**

يحسب طول البندول بقياس البعد بين مركز ثقل كرته ونقطة التعليق (المحور).

**موضع الاستقرار:**

هو الموضع الذي تكون فيه الكرة ساكنة، في حال لم تؤثر عليها قوة خارجية، كالهواء أو يد الإنسان، أو قوة ميكانيكية، أو أية قوة أخرى، فتغير من حالتها الحركية.

**إزاحة كرة البندول**:

إزاحة كرة البندول في ثانية محددة، هي طول الخط المستقيم الواصل بين مركز كرة البندول وموضع استقرارها، في تلك الثانية.

**سعة هزة البندول**:

هي أعظم إزاحة يمكن لكرة البندول أن تقطعها، بعيداً عن موضع استقرارها.

**هزة البندول:**

هزة البندول، هي كل حركة ذهاب وإياب من وإلى نفس نقطة الانطلاق (بداية الحركة)، مروراً بموضع الاستقرار.

**مدة هزة البندول:**

مدة هزة البندول أو الزمن الدوري، هي الزمن الذي تستغرقه كرة البندول لإكمال الهزة الواحدة.و العوامل المؤثرة على مدة هزة البندول هي[5]:

**كتلة كرة البندول:**

 كلما زادت كتلة كرة البندول، قلت مقاومة الهواء لها.حيث أن مقاومة الهواء على كرة من الخشب تكون أكبر مما لو كانت الكرة من الرصاص. أما لو وضع البندول في ناقوس مفرغ من الهواء (بالإنجليزية: Vacuum Bell Jar)، فلا تأثير عندئذ لكتلة الكرة على مدة الهزة.

**الزاوية المركزية:**

 إذا ما زادت الزاوية التي تصنعها الكرة (بين نقطة بداية الانطلاق ونقطة توقفها في الجانب الآخر قبل عودتها) عن 10 درجات، عندئذ تتغير مدة هزة البندول تبعاً لسعة الهزة.

**طول البندول:**

تتناسب مدة هزة البندول طردياً مع الجذر التربيعي لطوله.فإذا كان طول بندول 100 سنتيمتر، وطول بندول آخر 25 سنتيمتر، فإن مدة هزة البندول الأول تساوي ضعف مدة هزة البندول الثاني.

**التعجيل الأرضي:**

 تتناسب مدة هزة البندول عكسياً مع الجذر التربيعي للتعجيل الأرضي. أي أن مدة هزة البندول في القطب الشمالي أقل مما هي عليه عند خط الاستواء.

**تردد اهتزاز البندول:**

 هو (عدد الهزات) التي تحصل خلال ثانية واحدة.

**معادلة البندول:**

للبندول معادلة خاصة، من خلالها يمكن حساب طول البندول أو زمن الهزة الواحدة، وذلك عندما يكون أحدهما معلوماً. فإذا رمزنا لطول البندول بالحرف L ومدة هزة البندول T والتعجيل الأرضي G ، فإن المعادلة تكون كالآتي:

**T=2π√L/G**

**طاقة الحركة وطاقة الوضع:**

عندما يتحرك جسم في مجال كمجال الجاذبية الأرضية ، وهذه هي حركة الرقاص تكون مجموع طاقة الحركة و طاقة وضعه دائما ثابته - طالما لا يوجد احتكاك, فإذا رمزنا لطاقة حركة الجسم بالرمز K ورمزنا لطاقة وضعه بالرمز V، تنطبق المعادلة على حركة الجسم:

 E = K + V = constant

في جميع الأوقات .

ونحسب طاقة الوضع لجسم من المعادلة :

 (V = m . g .(h1 - h0

حيث ان:

m كتلة الجسم بالكيلوجرام

g عجلة الجاذبية الأرضية : 9.81 متر/ثانية

h1 ارتفاع الجسم عن الأرض عند النقطة العلوية (بالمتر)

h0 ارتفاع الجسم عن الأرض عند النقطة السفلى (بالمتر).

فإدا حسبنا تلك المعادلة حصلنا على مقدار طاقة وضعه بالكيلوجرام . متر2/ثانية 2 أو الجول, وهما من وحدات الطاقة.



رسم لحركة البندول

رأينا أعلاه كيف نستطيع حساب طاقة الوضع . نفترض كرة من الحديد كتلتها 1 كيلوجرام معلقة بحبل طوله 2 متر، ونفترض أن كتلة الحبل مهملة بالنسبة إلى كتلة الكرة الحديدية. نزيح الكرة المعلقة مسافة إلى الجانب بحيث ترتفع عن وضعها الأول (وضع السكون) 1.0 متر. من هذه المعلومات يمكننا حساب تغير طاقة وضع الكرة بتغير ارتفاعها طبقا للمعادلة :

 V = m . g .(h1 - h0)

بالتعويض عن تلك القيم نحصل على طاقة وضع الكرة عند أعلى نقطة على مسارها

 V = 1 \* 9.8 \* 0.1

 V = 0.98 كيلوجرام. متر2/ثانية 2

من ناحية أخرى نعرف أن عند أعلى نقطة على مسار الكرة الدائري تكون طاقة حركة الكرة مساوية للصفر وتبدأ في الزيادة بالحركة في اتجاه نقطة السكون ، وعندها تبلغ سرعة الكرة أعلى قدر لها, أي تكون طاقة وضع الكرة قد تحولت إلى أقصى طاقة حركة لها عند النقطة الوسطية (السفلى), إذن نستطيع كتابة المعادلة التي تعطي طاقة الحركة للكرة عند تلك النقطة وهي :

E\_k = \begin{matrix} \frac{1}{2} \end{matrix} mv^2

أي أن طاقة حركة الكرة عند النقطة الوسطية تساوي:

E\_k = \begin{matrix} \frac{1}{2} \end{matrix} mv^2 = 0.98

والوحدة هنا أيضا كيلوجرام . متر2/ثانية 2

ومنها نستطيع حساب السرعة القصوى v للكرة:

السرعة القصوى = 1.4 متر/الثانية

المصادر العربية:

* فابيان غروييه، «لونوفيل أوبسرفاتور» الفرنسية 2006.
* عادل عبد البصير وايهاب عادل عبد البصير؛ التحليل البايوميكانيكي, ط1,(الاسكندرية, المكتبة المصرية للطباعة والتوزيع), 2007.
* نجاح مهدي شلش؛ بايوميكانية الاداء الرياضي, ط1,(النجف الاشرف, دار الضياء للطباعة والتصميم), 2010.
* فواد توفيق السامرائي؛ البايوميكانيك, ط1, (الموصل, دار الكتب للطباعة والنشر)1988.
* ويكيبيديا الموسوعة الحرة.
* كتاب الفيزياء العصرية؛ ناجي عبد الصاحب، الطبعة الثامنة، 1979.
* شبكة الانترنيت

المصادر الاجنبية:

* <http://www.daralhayat.com/culture/media/06-2006/Item-20060606-aa02ef07-c0a8-10ed-00c1-5565f3b6127d/story.html>
* Physics world magazine, june 1998
1. فابيان غروييه، «لونوفيل أوبسرفاتور» الفرنسية، 1-7/6/2006 [↑](#footnote-ref-1)
2. عادل عبد البصير وايهاب عادل عبد البصير؛ التحليل البايوميكانيكي, ط1,(الاسكندرية, المكتبة المصرية للطباعة والتوزيع), 2007, ص363 [↑](#footnote-ref-2)
3. نجاح مهدي شلش؛ بايوميكانية الاداء الرياضي, ط1,(النجف الاشرف, دار الضياء للطباعة والتصميم), 2010, ص217 [↑](#footnote-ref-3)
4. <http://www.daralhayat.com/culture/media/06-2006/Item-20060606-aa02ef07-c0a8-10ed-00c1-5565f3b6127d/story.html> [↑](#footnote-ref-4)
5. مقابلة شخصية مع د صريح عبد الكريم, جامعة بغداد, كلية التربية الرياضية, 1-12-2013 [↑](#footnote-ref-5)
6. Physics world magazine, june 1998 pp25-27 [↑](#footnote-ref-6)
7. فواد توفيق السامرائي؛ البايوميكانيك, ط1, (الموصل, دار الكتب للطباعة والنشر)1988, ص294 [↑](#footnote-ref-7)
8. ويكيبيديا الموسوعة الحرة. [↑](#footnote-ref-8)
9. كتاب الفيزياء العصرية؛ ناجي عبد الصاحب، الطبعة الثامنة، 1979، ص 156 [↑](#footnote-ref-9)