

المحاضرة الخامسة

# الفعل ورد الفعل - التصادم والارتداد والتطبيقات ميكانيكا في الالعاب

اعداد

أ. د وداد كاظم الزهيري

جامعة بغداد

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة للبنات

2024 - 2023

لِكُلِّ فِعْلٍ رَدٌّ فِعْلٍ -  
مُسَاوٍ لَهُ فِي الْمِقْدَارِ،  
وَمُضَادٌّ لَهُ فِي الْأَتِّجَاهِ.



- □ الهدف من المحاضرة التعرف الى
- \* تطبيق قانون الفعل ورد الفعل
- \* القوى المقاومة للحركة وردود الافعال المؤثرة
- \* رد فعل الارض المفهوم والاهمية في تدريبات الوثب والقفز
- \* تطبيقات عملية لرد الفعل وعلاقتها بقوة العضلات ووزن الجسم
- \* التصادم والارتداد الميكانيكي
- \* التصادم والارتداد بمفهوم الفعل ورد الفعل
- \* تأثير قوة رد الفعل بعملية التصادم بين الاجسام
- \* تطبيق مبدأ الفعل ورد الفعل بانواعه المرن والغير مرن والتام المرونة في الالعاب الفرقية والفردية

بشكل عام كل حركة يقوم بها الرياضي من جري او قفز او رمي لا يمكن ان تحدث الا بوجود قوى , احدهما القوى الداخلية المتمثلة بالقوة العضلية وردور افعالها العصبية والعضلية , والقوى الخارجية والتي تشمل قوى الجاذبية الارضية والاحتكاك ومقاومة المحيط (هواء او ماء) والعلاقة بين هذه القوى اثناء اداء القفز او الركض او الرمي هي التي تنتج الفعل النهائي لهذه القوى من اجل دفع الجسم القفز او الركض.

**قانون نيوتن الثالث يحدث بفعل القوة التي تؤثر في حركة الجسم يجب ان تأتي من جسم اخر خارجي، والجسم الخارجي بدوره يتاثر بقوة مساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه تقع عليه. فـقوة الجاذبية التي يهبط بها جسم للارض تعتبر قوة فعل على الارض (ق = ك ج) ، والقوة التي يؤثر بها الجسم النازل على الارض تعتبر قوة رد فعل ( ايضا ق = ك ج) لكن تعجيل الجسم الهابط يكون كبير وكلما كان الارتفاع اعلى تكون القوة الهابط بها الجسم اكبر بكثير وقد تسبب له اضرار.**

## قانون نيوتن الثالث في الحركات الخطية

" إن وجود قوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه يشير الى تفاعل بين هذين الجسمين مع بعضهما، وفي المجال الرياضي الكثير من الحركات التي تتطلب وجود قوتين متعاكستين ومتساويتين في المقدار وحسب نوع الحركة ، حيث يمكن أن يكون الجسمين جزأين من أجزاء الجسم ، أو الجسم ذاته مع جسم آخر ( كالأرض أو خصم اخر مثلاً) أو الجسم مع الأداة المستخدمه  
ان وقوف الرياضي على الارض عبارة عن قوتين متعادلتين هما وزن الجسم باتجاه الاسفل ورد فعل الارض باتجاه الاعلى

وينص القانون على ان (( لكل فعل رد فعل يساوية في المقدار ويعاكسه في الاتجاه) قوتين متساويتين في المقدار متعاكستين في الاتجاه.  
او ان لكل قوة تسلط بواسطة جسم ما على جسم ثان فان هناك قوة مسلطة تكون مساوية بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه من قبل الجسم الثاني على الجسم الاول".

## الاسس المتعلقة بقانون الفعل ورد الفعل

1. اختلاف السطح وكمية القوة المضادة : كلما كان السطح اكثر ثباتا كانت القوة الناتجة كرد فعل اكبر كما لو قام اللاعب في بداية السباق بدفع سطح صلب او ارض رخوه يكون مقدار عائد الدفع اقل.
2. اتجاه القوة المضادة (رد الفعل): للحصول على اكبر دفع في القفز العالي يجب تحقيق قوة عموديا الى الاسفل اي فوق نقطة الارتقاء مباشرة .
3. الاتصال بالسطح عند تطبيق قوة ضد اجسام خارجية في فعاليات الرمي الدفع الشد الضرب يجب المحافظة على اتصال القدمين او احدهما بالارض حتى اكتمال بذل القوة المسببة للحركة , فلو كسر لاعب الجلة اتصاله بالأرض قبل ان يكمل دفع الجلة فان القوة الناتجة سوف تتأثر وتقل .
4. القوة المضادة المخزونة لفترة ما كما في القوة المخزونة في القفاز والمضارب لحظة الضرب فتننتج قوة رد فعل اكبر من مقدار قوة الفعل بسبب طبيعة المادة المكونة لها او طريقة عملها.
5. القوة المضادة في حركات الضرب .



## تطبيقات قانون الفعل ورد الفعل في المجال الرياضي

□ - جسم العداء عند الانطلاق من مسند البداية يتحرك تحت تأثير قوة رد الفعل من مكعبات البداية كنتيجة للقوة المبذولة من الرجلين على مكعبات البداية ورد الفعل المساوي لنفس هذه القوة ويضادها في الاتجاه هي قوة العضلات وهو رد فعل هذه القوة والتي يتحرك اللاعب تحت تأثيرها من مكعبات البداية .

□ - لاعب الجري يتميز بوجود مرحلة طيران نتيجة لرد فعل الارض للقوة التي يبذلها بقدمية على الارض وتساويه ويعتمد رد فعل الارض على عوامل متعددة منها نوع وطبيعة المضمار ومقدار مقاومته ومقدار الاحتكاك.

□ في حركات الوثب والقفز قانون رد الفعل يفسر حركة الاجسام فضلا عن تفسير التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية , ويعد هذا القانون الاساس في فهم ناتج القوة على حركة الاجسام . احيانا يكون من الصعوبة التعرف على رد الفعل , فاذا ارتدت الكرة من الارض فان الكرة الارضية ولكون كتلتها كبيرة للغاية فان هذه الحركة تكون ضئيلة جدا" ولا نستطيع ان نميزها فقط نرى ارتداد الجسم عاليا عند الاصطدام بالارض, وهذا ينطبق في حالة القفز العمودي او الوثب العريض يظهر رد فعل على جسم القافز وليس على الارض .

□ رياضات القتال و الجودو أو الملاكمة\*\* : أثناء التدريب أو المنافسة، يواجه الرياضيون قوى ولكمات متبادلة لمنافسيهم ويتعاملون معها بموجب مبادئ قانون الفعل ورد الفعل.



## في فعالية اجتياز الموانع كمثال لقانون نيوتن الثالث

اولاً: مرحلة عبور المانع في ركض الموانع:

اثناء الجزء الاول من مرحلة عبور المانع تتحرك كلا من الرجل الحرة (القائدة) والجذع في اتجاه بعضهما البعض وهذا يؤدي الى تقريب مركز ثقل الجسم باتجاه الازاء السفلى للجسم (غلق الزاوية ما بين الجذع والرجل القائدة) ويكون جسم اللاعب اقرب ما يكون من المانع وعنها يظهر فعل الحركة، وكتطبيق لقانون نيوتن الثالث) اذ ان حركة ميلان الجذع للامام كفعل ينتج عنه حركة الرجل الحرة القائدة للاعلى كرد فعل وكما هو واضح من الشكل ادناه.



، وفي اللحظة التي تعبر فيها قدم الرجل الحرة (القائدة) المانع فان الجذع والرجل القائدة يتحركان بصورة عكسية للخلف. ان التطبيق الصحيح لقانون نيوتن الثالث خلال مرحلة عبور العارضة سيضمن للعداء عبور المانع ومركز ثقله اقرب ما يكون من العارضة (اقل زمن ممكن) وكذلك عدم ارتطام رجله القائدة بالعارضة مما قد يسبب ضياعاً في القوة.





ثانياً / اثناء اجتياز الحاجز  
بعد عبور ركبة الرجل الحرة (القائدة) المانع يبدأ الفخذ مرحلة الاستعداد للهبوط، حيث يقوم  
راكض الحواجز بفتح الزاوية ما بين الرجل القائدة والجذع كما في الشكل حتى يضمن وصول  
القدم القائدة الى الارض بأقصى سرعة ممكنة، اذ ان سرعة وصول القدم القائدة الى الارض  
مرتبط بمحاولة الراكض لرفع الجذع الى الاعلى وهذا يؤدي الى زيادة سرعة الرجل القائدة  
في خفضها الى الاسفل حسب قانون نيوتن الثالث  
تعد حركة الرجل القائدة وسرعتها رد فعل تحتاج الى فعل يقابله لرفع الطرف العلوي ( كفعل)  
لذا فإن الطرف العلوي سوف يعمل على الثني للأمام في الاتجاه العكسي للرجل  
كرد فعل وكل هذه الحركات عبارة عن عزوم قوى للعضلات العاملة . وعزوم مقاومة لها .



## كمدربة ماهي أهمية الفهم الصحيح لتطبيقات قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل) في ركض الحواجز وفي القفز العالي .

ان الفهم الصحيح لتطبيقات قانون الفعل ورد الفعل في المجال الرياضي من قبل المدرب او المدرس بشكل صحيح سيعمل على إعطاء التعليمات التصحيحية من خلال التغذية الراجعة الميكانيكية)، فقد لا يكون سبب ارتطام الرجل القائدة بالحاجز في ركض الحواجز نتيجة خلل ميكانيكي في الرجل الحرة ولكن في عدم حني الجذع الى الامام الاسفل وان اصدار تغذية راجعة من قبل المدرب او المدرس باتجاه تصحيح وضعية الجذع والاستفادة من فعله لغرض التعديل في حركة الجزء الاخر(الرجل القائدة) والتي يحدث فيها الخطا .

وكذلك الحال في القفز العالي فان سقوط العارضة قد يكون سببه هو ان يعطي المدرب او المدرس معلومات بتغذية راجعة غير صحيحة عن خطأ اسقاط عارضة القفز من خلال ارتطامها بالقدمين في حين قد يكون من الممكن تصحيح هذا الخطأ من خلال التركيز على تصحيح حركة جزء اخر(الرأس الى الصدر) والذي سينتج عن حركته كفعل صحيح رد فعل يعمل على رفع القدمين فوق العارضة وبالتالي نجاح القفزة.

## قانون نيوتن الثالث في الحركات الدورانية الزاوية

((ينص على أن لكل عزم مؤثر من جسم الى آخر هناك عزم آخر مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه، ويكون لحظيا من الجسم الثاني إلى الجسم الأول )



الشكل يوضح مرحلة عبور العارضة لقافزة بطريقة الفوسبوري، اذ نلاحظ في الحركة الدورانية فان لكل عزم القوة مؤثر يتولد عزم قوة اخرى مساوي له ومعاكس بالاتجاه ويحدث في نفس اللحظة . أي ان الفعل للجزء المتحرر من العارضة(الراس) من خلال حركته باتجاه عقارب الساعة سينتج عنه رد فعل مساوٍ بالمقدار ولكنه معاكس بالاتجاه يعمل على رفع الرجل وحركتهما باتجاه معاكس لعقارب الساعة وبالتالي عبور الرجلين من فوق العارضة وبنجاح.

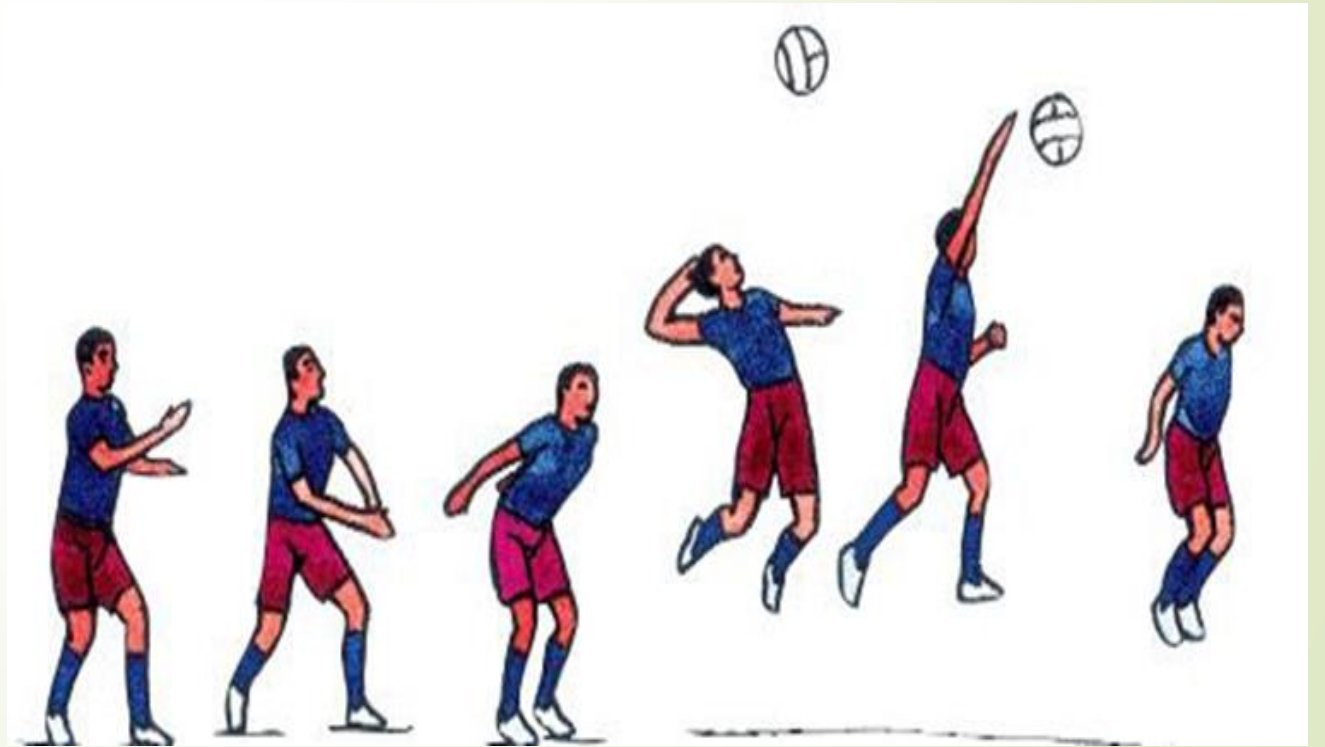


مثال تطبيقي / عند اداء حركة الكبس بكرة الطائرة ونفس المثال ينطبق على التهديف بكرة اليد فان اللاعب يحرك كتفه الايمن مثلا الى الخلف ليكتسب اكبر مسافة ممكنة يستخدمها كمجال حركي ولزيادة عزم القوة في الذراع الكابسة او الرامية مما يولد عزم للذراع كفعل ، في نفس الوقت يتحرك الورك من الجهة اليمنى للامام حتى يتوقف استمرار دوران الجسم مع حركة الكتف ، وعند الكبس او التهديف يدور الورك من اليسار الى اليمين بنفس الوقت الذي تبدأ به الذراع عملية ضرب الكرة او التهديف والتحرك من الخلف الى الامام لتحقيق اكبر تعجيل ممكن مما يولد عزم للرجلين كرد فعل ، لاحظ الشكل ، وتسري هذه القواعد ايضاً على كرة القدم اثناء الضربات الحرة والتصويب بالقفز بكرة اليد وغيرها .

عزم الذراع كفعل



عزم الرجلين كرد فعل





## رد الفعل وعلاقتة بقوة العضلات ووزن الجسم

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض الى الأعلى فهذا يعني ان اتجاه الوزن ( وزن الرياضي ) دائما الى الأسفل كتوضيح لمفهوم جذب الأرض للأشياء فان اتجاه رد فعل الأرض سيكون الى الأعلى أي بمعنى ان الرياضي عندما يؤثر بقوة الى الأرض فان الأرض سيرد ذلك الى الأعلى أي ان رد الفعل سيكون بالاتجاه الموجب ومع اتجاه قوة العضلات أي

رد الفعل = قوة العضلات

**وبما ان وزن الجسم في اتجاه معاكس لرد الفعل فإننا نستطيع ان نستنتج ان**

رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم

**مثال تطبيقي** / لو أدى الرياضي حركة ثني مفصلي الركبتين من الوقوف بشكل غير مبالغ فيه ( انسيابي ) فهذا يعني تغلب وزن الجسم على قوة العضلات ولو افترضنا ان وزن الرياضي كان 700 نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني 500 نيوتن فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان :

رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم

رد الفعل = 700 - 500

رد الفعل = - 200 نيوتن

نستنتج من ذلك ان رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وعندما تكون قوة العضلات كبيرة 900 نت مثلا سيكون رد الفعل موجبا

لمعرفة تعجيل الجسم اثناء المد بعد الثني يمكننا الاستفادة من قانون

نيوتن الثاني لمعرفة تعجيل للجسم اثناء المد بعد الثني :

بما ان قانون نيوتن الثاني القوة = الكتلة × التعجيل

اذن التعجيل = القوة / الكتلة

لو عوضنا عن القوة برد الفعل فان القانون يصبح

التعجيل = رد الفعل / الكتلة

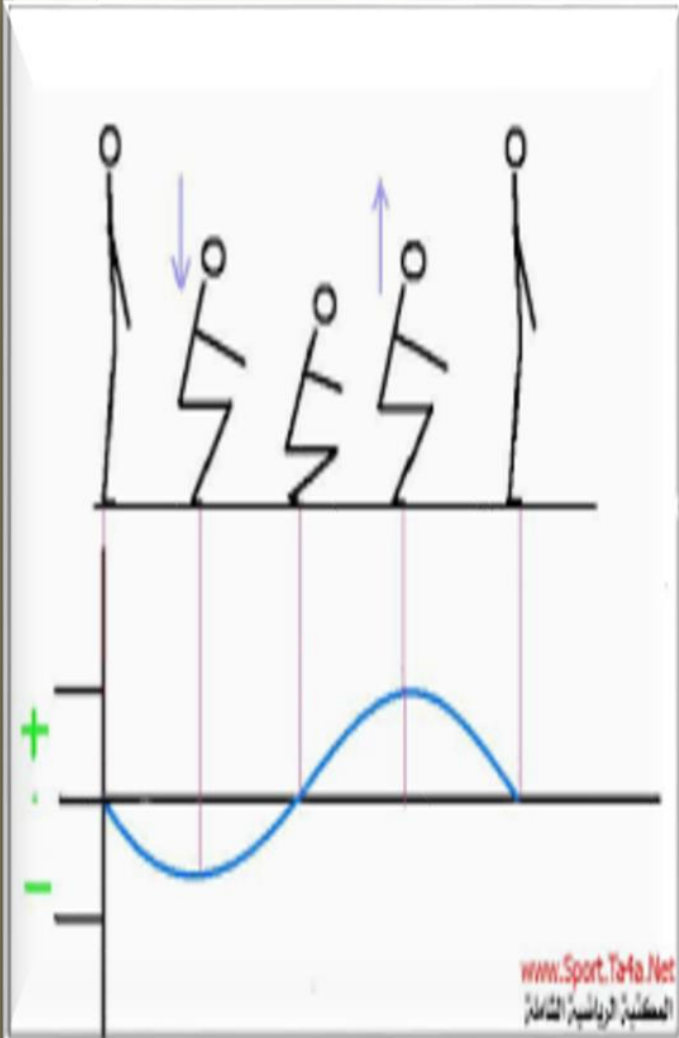
ومن المعروف أعلاه ان رد الفعل = القوة العضلات - وزن الجسم

وبالتعويض فان

**التعجيل = قوة العضلات - وزن الجسم / الكتلة** بوحدة م / ثا<sup>2</sup>

من خلال تطبيق هذا القانون نحصل على تعجيل الجسم عند المد بعد

الثني وكما في المثال ادناه



**مثال تطبيقي / جسم وزنه 800 نيوتن يسقط على الأرض قوة مقدارها 970 نيوتن ؟  
ما مقدار التعجيل ( محسوبة بوحدة م/ثا<sup>2</sup> )  
الحل / التعجيل = قوة العضلات - وزن الجسم / الكتلة**

**نجد أولا الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب الارضي (9,81 م/ثا<sup>2</sup>)  
الوزن = الكتلة x التعجيل الارضي  
الكتلة = الوزن / التعجيل الارضي  
الكتلة = 800 / 9,81 = 82 كغم تقريبا  
التعجيل = قوة العضلات - وزن الجسم / الكتلة**

**التعجيل = 970 - 800 / 82  
= 82 / 170 = اذن التعجيل للاعلى = 2.07 م/ثا<sup>2</sup>  
بما ان التعجيل موجب فان الجسم في حالة مد بعد الشني  
من ذلك نستنتج ان رد فعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد و بالضبط  
سيكون ( 800 + 2.07 = 802.07 نيوتن ) .**

**اوجد حل المثال / جسم وزنه 500 نيوتن يسقط على الأرض قوة مقدارها 875 نيوتن ؟  
1- اوجد رد الفعل ؟ وما مقدار التعجيل ( محسوبة بوحدة م/ثا<sup>2</sup> )  
2- ما مقدار القوة المسلطة على الأرض اذا زاد وزن الجسم بمقدار 200 نيوتن**

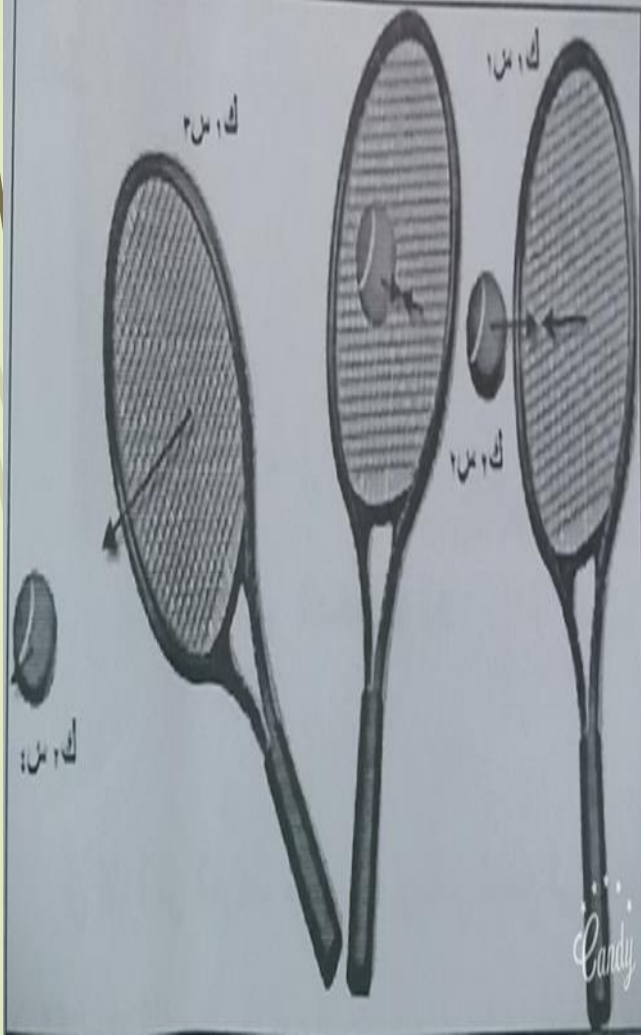


## التصادم بمفهوم الفعل ورد الفعل:

يعرف التصادم ( impact ) هو اصطدام جسمين لفترة زمنية قصيرة جدا خلالها يبذل الجسمان قوة كبيرة نسبيا الواحد على الاخر ، وان تصرف الجسمين الذي يتبع التصادم لا يعتمد فقط على مجموع زخمهما ولكن أيضا على طبيعة التصادم

الكثير يفسر التصادم على انه فعل ورد فعل بين جسمين متصادمين. الا ان التصادم معناه " حدث لجسمين يقتربان من بعضهما لفترة قصيرة ومن ثم يؤثران على بعضهما بقوة دافعة". ومثالا عنها القوة التي ترتطم بها الكرة بالأرض

اما قوة الارتداد / فهي القوة التي تعيد الكرة الى وضعها الأصلي بعد حدوث التغيير في شكلها نتيجة التصادم .  
ويمكننا توضيح ذلك من خلال التصادم بين المضرب والكرة فان قوة المضرب على الكرة تكون بمثابة قوة الفعل اما عملية استعادة الكرة الى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .



## العوامل المؤثرة بالتصادم:-

- 1- طبيعة الاجسام المتصادمة  
-كرة وارض او - جسمين للاعبين
- 2- كتلة الاجسام المتصادمة :-  
-جسمين من نفس الكتلة او - جسمين مختلفين في الكتلة

## القوى المقاومة للحركة وردود الأفعال المؤثرة :

من اجل تحليل وشرح الحركات الرياضية ، لابد من معرفة القوى المؤثرة على الحركات ، وهذا يعني معرفة جميع القوى التي تؤثر على جسم الإنسان ، وان هذه القوى المؤثرة تقسم الى قسمين وهما :-

### (أ) القوى الخارجية وهي :

- \* الجاذبية الأرضية .
- \* قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .
- \* قوة مقاومة من المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك ، رد فعل الارتكاز).

### (ب) القوى الداخلية وهي :

- \* قوة العضلات .
- \* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .
- \* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

تطبيق مبدأ الفعل ورد الفعل في التصادم والارتداد بأنواعه في الالعاب

ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى أسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه او بأجزاء منه او بالأدوات التي يستخدمها اثناء اداءه للفعالية او للمهارة الرياضية

وعلى هذا الأساس يمكننا تقسيم التصادم الى :

**أولا / التصادم المباشر** : يكون الجسمين المتصادمين متقابلتين وعلى خط عمل واحد ويمر تأثير التصادم متعامدا بينهما وخلال مركزي ثقليهما وينتج عنهما حركة ارتداد خطية ، ومثال ذلك ضرب الكرة بمقدمة القدم .

**ثانيا / التصادم الغير مباشر** : يكون خط عمل التصادم بين الجسمين بزاوية ، ولهذا يسمى لتصادم الغير مباشر بالتصادم المائل وينتج عن قوة التصادم هذه حركة ارتداد دائرية مثال ذلك ضرب الكرة بجانب القدم .



وهناك تقسيم اخر للتصادم من حيث مطاطية الاجسام كالاتي

**التصادم المرن** / عند سقوط كرة على الارض تزداد كمية حركتها لان سرعتها تتزايد لحين تصادمها بالارض . وعند الارتداد فان كمية حركتها بعد الارتداد تساوي كمية حركتها قبل التصادم . وهذا ما نطلق عليه التصادم المرن ، ويفترض بهذا التصادم ان تكون طاقة الحركة فيه ايضا ثابتة. كالذي يحدث في الكرات المصقولة على الاسطح الصقيلة. فيكون الفعل ورد الفعل هنا من خلال كمية الحركة الثابتة قبل وبعد التصادم . ككرات البليارد و ارتدادها على الأسطح الصقيلة . فيكون الفعل ورد الفعل هنا من خلال كمية الحركة الثابتة قبل وبعد التصادم .

**التصادم غير المرن** / هو ذلك التصادم الذي لا تكون فيه الطاقة الحركة الكلية قبل وبعد التصادم متساوية حتى وان كانت كمية الحركة ثابتة كالذي يحدث في كرات القدم والسلة والطائرة ... الخ. ويكون الفعل ورد الفعل هنا من خلال طاقة الحركة قبل وبعد التصادم كالذي يحدث في كرات القدم والسلة والطائرة , او القفز على الصناديق ..

**التصادم التام المرونة** / يحدث عندما يسقط جسم على جسم اخر دون ان يحدث ارتداد بينهما.



# شكرا لا صفاكم

