**التحليل الكيناتيكي للحركة الخطية و الزاوية:**

**التحليل الكيناتيكي للمهارة الحركية :**

 ان معرفة المتغيرات الكيناتيكية لأي مهارة حركية يستوجب تحليل الاداء الحركي للمهارة من أجل معرفة و تحديد المدلولات الكيناتيكية التالية :

**أولا: معرفة و تحديد القوى المؤثرة على مركز ثقل :**

 القوة صفة من الصفات البدنية التي يتمتع بها الاشخاص ، وهي امكانية العضلة او المجموعات العضلية في التغلب على المقاومات الخارجية ، كما تعني القوة ذلك التأثير الذي يملكه أحد الاجسام على الاخر مسببا التغير في الحالة الحركية له و مؤدياً الى حركته أو وقوفه (شلش 1988) فالقوة قد تكون ساحبة أو دافعة أو متوازنة ، كما قد تكون خارجية مثل قوة الجاذبية و قوة الماء أو داخلية كقوة العضلات .

**أ- مكونات القوة و قوانينها :**

ان معرفة القوة بشكل دقيق يستوجب معرفة مكوناتها و مكونات القوة هي مقدارها و خط اتجاهها و نقطة تأثيرها ، ويمكن معرفة مقدارها من خلال المعادلة التالية :

**القوة = الكتلة × التعجيل للجسم** و بما أن **التعجيل =** $\frac{السرعة }{الزمن}$ و  **الكتلة =** $\frac{الوزن}{الارضي التعجيل }$

لذا يمكن اعادة ترتيب المعادلة بالشكل التالي :

**القوة = الكتلة ×** $\frac{السرعة}{الزمن }$ **أو القوة :** $\frac{الوزن}{الارضي التعجيل }$ **× التعجيل للجسم.**

أما اتجاه القوة فهو اتجاه خط عملها ، و نقطة تأثيرها هي نقطة القوة التي تؤثر من خلالها على الجسم .

مثال : قذف رياضي ثقل وزنه 5 نيوتن بسرعة قدرها 10م/ثا خلال فترة زمنية قدرها 0.2 ثانية ، ماهو مقدار القوة التي بذلها الرياضي في قذف الثقل ؟ وما هو مقدار التعجيل ؟

**الكتلة =** $\frac{الوزن}{الارضي التعجيل }$ = $\frac{5}{8.9 }$ = 0.5 كلغ

**القوة = الكتلة ×** $\frac{السرعة}{الزمن }$ **=** $\frac{0.5×10}{0.2 }$ **= 50م/ثا**

**ب- القوة الجاذبة و الطاردة ( المركزية و الامركزية ):**

هناك نوعن من القوة ينشآن خلال حركة الدوران عند أداء فعالية رمي المطرقة و هاتان القوتان مرتبطتان مع بعضهما طبقا لقانون نيوتن عن علاقة الارتباط بين الفعل و رد الفعل ، فالمطرقة خلال الدوران المماسي تعمل على سحب الرياضي للخارج لذلك يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه ، ففي الحالة الاولى يطلق اسم القوة الطاردة اللامركزية وفي الحلة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة المركزية ، ويمكن قياسها وفق العلاقة التالية :

**القوة الطاردة اللامركزية** **=** $\frac{الكتلة×(السرعة)^{2}}{ القطر نصف}$

 عندما يحاول العداء أو الرياضي الحد من تأثير القوة الطاردة في جسمه و خاصة عند الجري في مسارات مقوسة يقوم بالميل بالجذع نحو الداخل و توسيع مدى حركة الذراع الخارجية بالقياس لحركة الذراع الداخلية و كلما كان منحنى القوس شديداً كلما كانت شدة الميلان أكبر ، و المعادلة الخاصة بايجاد درجة ميلان الجسم هي كالأتي :

**ظل زاوية الميلان** **=** $\frac{(السرعة)^{2}}{القطر نصف×الارضي التعجيل}$

**مثال :** عداء يجري بسرعة 6 م/ثا وكان طول نصف قطر المضمار 40 م ماهي الزاوية التي يجب أن يميل بها الرياضي جسمه نحو الداخل .

**ظل زاوية الميلان** **=** $\frac{(السرعة)^{2}}{القطر نصف×الارضي التعجيل}$ **=** $\frac{36}{40×8.9}$ **= 0.101**

اذن فالزاوية التي يجب ان يميل بها جسمه نحو الداخل هي 6 درجات

**ثانياً : تحديد و تعيين دفع القوى المؤثرة على مركز ثقل:**

 الدفع ( كمية الحركة ) يعني تلك القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة **( الدفع = القوة × الزمن )** فأي جسم يكتسب عندما توجه له قوة ما خلال زمن معين فانه يتحرك بكمية حركية ( زخم حركي) معينة ، فالجسم الذي يكتسب على سبيل المثال قوة مقدارها **100 نيوتن** خلال زمن مقداره **2 ثانية** فان الجسم سيتحرك بما يعادل **200 نيوتن /ثا ،** أما عندما يكون زمن الفعل أقل من ذلك وليكن **1ثانية** فان كمية الحركة ستكون **100 نيوتن /ثا** ، فالجسم يكتسب قوة ما خلال زمن معين طبقاً لقانون نيوتن الثاني ( قانون التعجيل ) والذي ينص على أن تعجيل الجسم يتناسب تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة و تحدث الحركة باتجاه القوة ، ويمكن صياغة القانون وفقاً للعلاقة التالية :

 **القوة = الكتلة × التعجيل** اذا **الدفع = الكتلة × التعجيل × الزمن**

**الدفع = الكتلة ×** $\frac{الابتدائية السرعة-النهائية السرعة}{الزمن }$ **× الزمن** لأن **التعجيل =**  $\frac{الابتدائية السرعة-النهائية السرعة}{الزمن }$

 اذن **الدفع = الكتلة × ( السرعة النهائية – السرعة الابتدائية )**

اي **القوة × الزمن = الكتلة × ( السرعة النهائية – السرعة الابتدائية )**

**ثالثا : تعيين و معرفة دفع الدوران المؤثر على مركز ثقل :**

 لقد ذكرنا بأن القانون الأساسي في الديناميك للحركة الخطية هو :

**القوة = الكتلة × التعجيل الخطي**

 أما في الحركة الزاوية ( الدائرية ) فاننا نستبدل القوة بعزم الدوران و الكتلة بعزم القصور الذاتي وعن التعجيل الخطي بالتعجيل الزاوي ويكون القانون كالآتي :

**الدفع الدائري = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية**

 وكما ذكرنا في الحركة الخطية بأن دفع القوة هو حاصل ضرب **القوة × الزمن** وكذلك فانه يساوي في الحركة الدائريةحاصل ضرب **عزم القوة × الزمن** أي :

**عزم القوة × الزمن = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية**

 ان القانون أعلاه يستخدم في حالة ثبات العزم و بدون سرعة زاوية ابتدائية ، وبذلك فان الدفع الدائري يعني عزم الدوران الذي يسبب حركة الجسم حركة دائرية ذات تعجيل دائري أما في حالة تغيير العزم و وجود سرعة ابتدائية تكون المعادلة كالآتي :

**الدفع الزاوي = عزم القصور الذاتي النهائي × السرعة الزاوية النهائية - عزم القصور الذاتي الابتدائي × السرعة الزاوية الابتدائية**

أما في حالة قانون بقاء كمية الحركة فان :

**عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية = مقدار ثابت**

**رابعا : تعيين الطاقة الحركية للجسم :**

 ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعبر عنه بالقانون الآتي: **الطاقة الحركية =** $\frac{الكتلة}{2 }$ **× (السرعة)²** والطاقة الحركية التي يمتلكها جسم ما أثناء حركته الخطية تختلف عندما تكون حركته دائري (زاوية) فالذي يجري على سبيل المثال حركته خطية أن سرعة كل جزء من أجزاء جسمه يتحرك بسرعة أجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما فان الطاقة الحركية لكل جزء تحمل رقما ما و هي الطاقة (1) ، الطاقة (2) ، الطاقة (3) ...وهكذا ، وحيث أن الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لأجزاءه لذلك يمكن الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفق العلاقة التالية :

**الطاقة الحركية الكلية = الطاقة الحركية الاولى + الطاقة الحركية الثانية + الطاقة الحركية الثالثة**

 ولو لاحظنا الطاقة الحركية في الحركات الدائرية نجدها تختلف في سرعتها فيما بينها و ذلك لاختلاف بعد كل منها عن محور الدوران ، لهذا نجد على سبيل المثال عندما يقوم لاعب بالدوران حول محور ما فان سرعة أجزائه تختلف عن بعضها ، حيث ان سرعة دوران مفصل الكتف أسرع من مفصل المرفق و ذلك بسبب طول نصف القطر للحركة الدائرية للجسم ، وان الطاقة الحركية الدورانية يمكن الحصول عليها وفقا للعلاقة التالية :

**الطاقة الحركية الدورانية =** $\frac{الكتلة}{2 }$ **×** **(نصف القطر)² × (السرعةالزاوية)²**

**خامسا : حساب طاقة الوضع (الكامنة) :**

 طاقة الوضع أو الطاقة الكامنة هي شكل من أشكال الطاقة الميكانيكية ، وهي تلك الطاقة التي يمتلكها الجسم بسبب حركته في وضع معين أثناء الثبات ففي الحالة التي يحاول فيها لاعب لكرة الطائرة لسحق الكرة فانه يتحرك حركة عمودية للأعلى بطاقة حركية إلا أن سرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصل الى درجة الصفر في أعلى نقطة يصلها جسمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسم في تلك النقطة لكي يستخدمها في حركته للأسفل و الطاقة الكامنة (الوضع) يمكن الحصول على قيمتها من خلال العلاقة التالية :

 **الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع عن سطح الارض**

 والطاقة كما هو معلوم ميكانيكياً (لا تفنى و لا تخلق من عدم ) الا أنها يمكن أن تتحول من شكل لآخر ، وهذا ما يحدث بالنسبة للطاقة الحركية حيث تتحول الى طاقة يخزنها الجسم عندما يصل الى أعلى نقطة يطلق عليها بالطاقة الكامنة ثم تتحول بعد ذلك وفق العلاقة التالية :

 **الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية = مقدار ثابت**