وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

الكينتك المستقيم

محاضرة في مادة البايوميكانيك

لطلبة الدراسة الأولية / المرحلة الثانية

اعداد التدريسي

م. د وسام عوني صالح

1446 هـ

2025 م

الباب الخامس

الكينتك المستقيم

1- قوانين نيوتن
2- القوة
3- الوزن والكتلة
4- الدفع وكمية الحركة و الاحتكاك
5- الشغل والقدرة والطاقة
6- التصادم
7- الضغط

الكينتك المستقيم Linear kinetics

سبق ان اوضحنا في موضع سابق من الكتاب ماهيه الكينتك كقسم من اقسام البايوميكانيك حيث يمكن دراسة الحركة من الناحية الكينيتيكية من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة وكيفية التعامل مع هذه القوى على اعتبار ان الحركة التي تحدث في المجال الرياضي او في الحياة الاعتيادية هي عبارة عن تاثير متبادل بين القوى الداخلية للرياضي أي قواه الذاتية (العضلية) والقوى الخارجية المتمثلة بقوة الجاذبية الأرضية وقوة الاحتكاك وقوة دفع الماء الى غير ذلك من القوى المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل مباشر في الأداء .

لابد من الإشارة إلى أن ضرورة دراسة الحركة من الناحية العلمية تحتمها طبيعة اشتراك عوامل عديدة يؤثر منها سلبا ومنها إيجابا فهنا تبرز أهمية تحديد العوامل الإيجابية التي تساعد على اداء الحركة وبلوغ الهدف المرجو لها بجهد اقل وبطريقة ميكانيكية تتواءم وطبيعة ذلك الأداء والحد قدر الإمكان من تاثير القوة السلبية من خلال تغيير أوضاع الجسم مثلا واتباع مسار معين او تحريك الجسم او جزءا منه باتجاه معين يقودنا هذا الجانب الى ضرورة المام المدرب مثلا او المعني بشؤون الحركة بالقوانين الميكانيكية التي تحد الحركة وطبيعة تاثيراتها السلبية والايجابية ومدى تطبيق نواح متعددة هي الميكانيكية والتشريحية والفيسلوجية وغيرها من النواحي اتي تحدد طبيعة الأداء لكل فرد وفق امكانياته الشخصية والظروف التي تؤدي فيها الحركة ودرجة صعوبة الحركة المؤداة

لذا نجد ان المعنيين بشؤون الحركة الرياضية وجدوا من الضرورة الاخذ بنظر الاعتبار القوانين الطبيعية مثل قوانين نيوتن للحركة وحالات الاحتكاك التي تكون بين السطوح المتلامسة اثناء الأداء وطبيعة الطاقة التي يبذللها الرياضي للقيام بحركة معينة

1. قوانين نيوتن Newton laws ""

كانت الحركة في الماضي تدرس من قبل العلماء ضمن اطر مختلفة وتفسيرات غير واضحه ولم يبت بها بشكل نهائي ووضع الأسس والقوانين الميكانيكية الاساسية لها الا عند مجئ العالم الانجليزي اسحق نيوتن الذي تمكن من وضع ثلاثة قوانين اساسية للحركة.

القانون الاول: قانون القصور الذاتي Law of inertia

يرمي هذا القانون إلى أنه من طبيعة الأجسام اذا تركت في مكان معين وهي ثابتة فسوف تستمر في ثياتها الى مالانهاية مالم تؤثر فيها قوة اخرى لتحريكها او العكس اذا كان الجسم متحركا فانه يميل الى الاستمرار في حركته اذا لم تحاول قوة أخرى إيقاف حركته او التقليل منها او زيادتها عندند يمكتنا صياغة هذا القانون بالشكل التالي

(كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او في حركته مالم تؤثر فيه قوة أخرى لتغيير حالته)

في الحياة العامة يمكتنا الاحساس بظاهرة القصور الذاتي للجسم فراكب السياره الذي تعد سرعته هي سرعة السيارة نفسها، فعند توقف السيارة بشكل مفاجئ نجد ان جسم الراكب يستمر في حركته الى الامام ولتفادي ذلك يحاول الاستناد للحد من خطورة استمراره إلى الأمام، وبالعكس عند شروع السيارة بالحركة المفاجئة يميل الراكب الى الرجوع للخلف استمرارا في حركة سكونه اما في حياتنا الرياضية فيمكن ملاحظة ظاهرة القصور الذاتي فعداء المائة متر لايمكنه التوقف فجأة إلا بعد فترة زمنية وبعد مسافة معينة ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للإيقاف، ومن الناحية الأخرى يصعب على قافز العريض أن يقفز الى مسافة وبتكنيك صحيح اذا كانت حركته فجاة من الثبات الى القفز ولكنه يتمكن من اداء الحركة بشكل افضل اذا كانت حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب .

وللاستفادة من قانون نيوتن وتطبيقه في المجال الرياضي ينبغي علينا معرفة العوامل التي تسهم في التأثير في الحركة فنجد أن مقدار القوة المستخدمة لاكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة فاذا كان الجسم المراد التاثير فيه ثابتا واردنا اكسابه سرعة ه م / ثا يتطلب الأمر قدرا معينا من القوة أما اذا كان الجسم نفسه في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة أقل من الحالة الأولى وهذا مابفسر لنا أهمية الحركات التمهيدية في كثير من الفعاليات الرياضية.

من العوامل المؤثرة في القصور الذاتي هي كتلة الجسم، فلتحريك الثقل الخاص بالرجال من وضع الثبات يتطلب ذلك قدرا كبيرا من القوة قياسا بالقوة المستخدمة فيما لو اردنا تحريك الثقل الصغير للنساء من الثبات (سيتم تناول هذه النواحي بالتفصيل في مواضيع قادمة من الكتاب) اذ لابد أن نشير إلى القارئ الكريم إلى أن قوانين نيوتن

والخاصة بدراسة الحركة لايمكن ان نفصلها بعضها عن بعض بشكل نهائي بل هناك ترابط بين القوى التي تؤثر في الحركة انطلاقا من مبدا التاثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية .

ومن العوامل المؤثرة في القصور الذاتي للاجسام طبيعة الأرض او السطح الذي تتم عليه الحركة، فللتأثير في جسم بكتلة معينة من وضع الثبات ولكي نتغلب على قصوره الذاتي يتطلب التاثير فيه بقوة معينة اذا كان السطح املس او صقيلا في الوقت الذي تكون القوة المطلوبة للتغلب على القصور الذاتي للجسم نفسه اكبر عندما يكون السطح للجسم خشنا او غير مستو .

لقاعدة ارتكاز الجسم واتجاهها اثر كبير في القصور الذاتي للجسم فلتحريك جسم ذي كتلة معيتة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه، بينما تكون القوة المستخدمة اقل فيما لو كانت القاعدة التي يرتكز عليها الجسم نفسه صغيرة، ولتطبيق هذا المبدأ في كثير من فعالياتنا الرياضية ومنها المصارعة مثلا نجد أن المصارع دائما يحاول دائما توسيع قاعدة ارتكازه بتوسيع كانه بتوسيع المسافة بين رجليه للتقليل من تاثير القوة التي يستخدامها الخصم ضده لان الخصم في هذه الحالة يحتاج الى قوة كبيرة لاسقاطه، في الوقت الذي يمكنه بقوة اقل من تحقيق ذلك فيما لو كانت المسافة بين رجليه صغيرة او يستند على رجل واحدة، كذلك يؤدي اتجاه قاعدة الارتكاز دورا كبيرا في تحديد مقدار القصور الذاتي للجسم فنجد أن توقف الحافلة المفاجئ يؤدي بالراكب ولو بصورة لاشعورية أن يقدم احدى رجليه الى الأمام والهدف من هذا هو الحد من السقوط إلى الأمام من خلال توسيع قاعدة ارتكازه. وباتجاه الحركة نفسها. أما اذا كانت القوة المؤثرة في الجسم من الجانب فأن تفادي السقوط والحد من تأثير هذه القوة يتم من خلال توسيع القاعدة بوضع الرجل جانبا .

قانون نيوتن الثاني (قانون التعجيل) Law of acceleration

أن كل حركة تحدث لابد أن تكون نتيجة تأثير قوة سواء أكانت قوة داخلية او خارجية والا لما حدثت الحركة ويكون مقدار الحركة الاصلية متناسبا مع القوة المؤثرة فكلما كانت القوى المستخدمة كبيرة كانت الحركة الحادثة اكبر والعكس صحيح، ومن الطبيعي أن اتجاه حدوث الحركة يكون باتجاه القوة المؤثرة نفسه.

ذكرنا عند دراستنا لقانون نيوتن الأول أن الكتلة ترتبط ارتباطا وثيقا بالقصور

الذاتي للجسم حيث تعد مقياسا للقصور الذاتي لذلك الجسم، فلو اخذنا على سبيل المثال جسماً بكتلة معينة ويسير بسرعة معينة فان حاصل ضرب كتلته × سرعته يطلق عليها كمية حركة ذلك الجسم، فاذا كان الجسم يسير بسرعة س1 ثم اثرنا فيه بقوة حتى أصبحت سرعته س 2

فأن كمية حركته في الحالة الأولى= ك س١

وكمية حركته في الحالة الثانية = ك س 2

ان الفرق بين كمية حركة الجسم في الحالتين تكون كالاتي

كمية الحركة الثانية - كمية الحركة الأولى = ك س2 - ك س1

ولكن التغيير الذي حدث في كمية الحركة من الحالة الأولى إلى الحالة الثانية كان بفعل تأثير القوة فتصبح المعادلة كالآتي:

ق = ك (س٢ - س1)

وحيث أن التغيير الذي حدث في كمية حركة ذلك الجسم في فترة زمنية معينة أي (معدل تغيير كمية الحركة فتصبح المعادلة السابقة كالأتي:

$$\text{ق} = \frac{\text{ك}(\text{س}2 - \text{س}1)}{\text{ن}}$$

$$\text{بما ان } \frac{(\text{س}2 - \text{س}1)}{\text{ن}} = \text{تعجيل الجسم}$$

يمكننا القول ان القانون النهائي يكون ق = ك × ج ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (٢١)

و بذلك يمكن وضع صيغة قانون نيوتن الثاني كما يلي:

ان تعجيل الجسم يتناسب تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة القوة نفسه.

يتناسب التغيير في كمية الحركة تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه

ان المعادلة (٢١) تعد المعادلة الرئيسة للميكانيك

ويمكن أن تصاغ بشكل اخر

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{س}}{\text{ن}} \quad \text{.....} \quad (22)$$

مثال: جسم اثرت فيه قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن اكسبته سرعة مقدارها 6م/ثا ولفترة زمنية 3 ثانية ماهو مقدار كتلة ذلك الجسم ؟

الحل

$$120 = \frac{\text{ك} \times 6}{3}$$

ك = 60 كغم كتلة الجسم

يمكن الاستفادة من تطبيق قانون نيوتن الثاني في المجال الرياضي في جميع الفعاليات الرياضية وبالشكل الذي يجعل المدرب واللاعب قادرين على تحديد كثير من العوامل التي تؤثر في الأداء وبالتالي على النتيجة. انطلاقا من مبدأ كمية الحركة الذي هو عبارة من كتلة الجسم X سرعته، نطبق هذا المبدأ على رماة الثقل فأن كمية الحركة التي يمتلكها الرامي كبير الكتلة يتحرك بسرعة 4 م / ثا يمتلك نفس كمية حركة الرامي صغير الكتلة (نصف كتلة الرامي الأولى) الذي يجب عليه أن يتحرك بسرعة 8 م / ثا.

من هذا المنطلق نجد ان طبيعة الفعالية المعينة ومتطلباتها الميكانيكية تحدد مواصفات الشخص اللائق لها وعلى ضوء القوانين الميكانيكية التي تحكمها يمكنه تحقيق نتائج افضل لتطبيق هذا المبدأ على فعالية اخرى وهي الأركاض السريعة نجد أن القوة المبذولة من شخص كتلته 60 كغم لقطع مسافة 100 متر بزمن ١٢ ثانية هي نصف القوة التي يبذلها شخص كتلته ١٢٠ كغم لقطع نفس المسافة بنفس الزمن

مثال

احســـب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته 80 كغم لقطع مســـافة 100 متر بزمن قدره 10 ثانية ؟ وما هو مقدار القوة عندما تكون كتلة العداء 120 كغم ؟

الحل

$$\text{س} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$$

$$= \frac{100}{10} = 10 \text{ م / ثا}$$

القوة التي يبذلها العداء ذو كتلة 80 كغم

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{س}}{\text{ن}}$$

$$\text{ق} = \frac{80 \times 10}{10}$$

= 80 نيوتن

القوة في حالة العداء ذي الكتلة 120 كغم

$$\text{ق} = \frac{120 \times 10}{10}$$

= 120 نيوتن

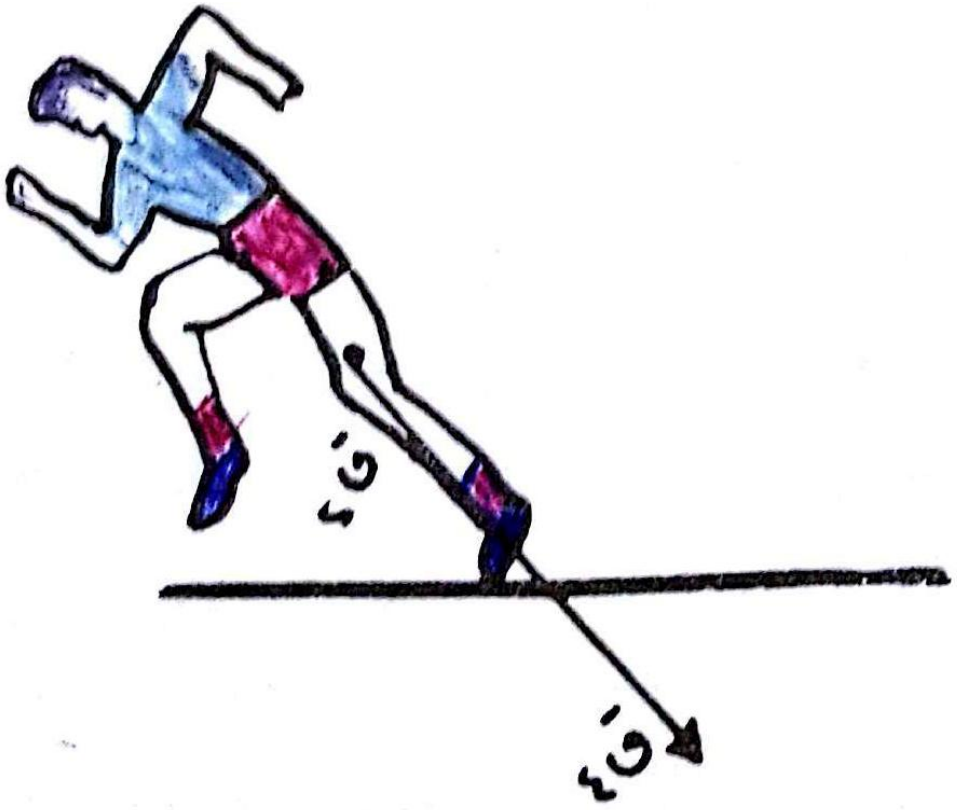
قانون نيوتن الثالث (قانون رد الفعل) Law of reaction

يتضح في كثير من الفعاليات التي يقوم بها النسان خلال حياته اليومية وفي حركاته الرياضية ماينص عليه هذا القانون والذي يرمي الى ان القيام بحركة معينة تتم من خلال قوة يصـــدرها الرياضـــي ومن الممكن ان نعبر عن تلك القوة بمصـــطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصـــل الرياضـــي على قوة مضـــادة ومســـاوية لمقدار الفعل يمكن ان نطلق عليها رد الفعل وعلى ذلك يمكن صياغة القانون كالاتي :-

(لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه)

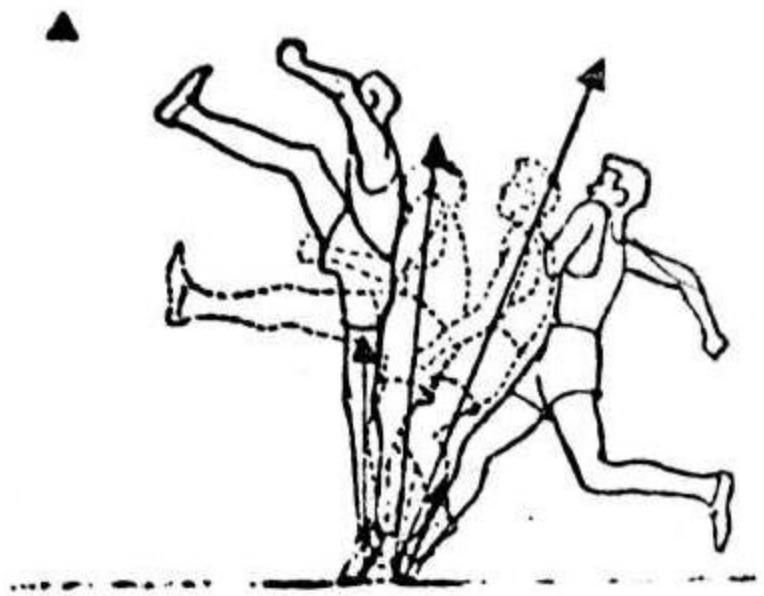
ان القوة التي يسلطها الجسم اثناء وقوفه الاعتيادي على الأرض هي عبارة عن وزنه فنجد ان سطح الأرض يرد بقوة مماثلة بالمقدار وعكس اتجاه خط عمل الجاذبية .

اما اذا كان الفعل الذي يصـــدره الرياضـــي بزاوية معينة مع الأرض فان رد الفعل يكون باتجاه الفعل نفسه كما في حركة البدء في الاركاض السريعة كما الشكل .



في جميع الحركات الرياضية بنبغي أن تكون القرى التي يصدرها الرياضي في اتجاه واحد كما يحصـــل بالمقابل على قوة مضـــادة من قبل الأرض، ففي حركة القفز العالي مثلا وهي حركة ارجحة الرجل الحرة وكذلك ارجحة الذراعين بالاضافة إلى الدفع بالرجل الناهضة بما يتناسب وطبيعة المسار الميكانيكي وبالزاوية المعينة باتجاه العارضة .

ذكرنا أن وقوف الرياضـــي على الأرض عبارة عن قوتين متعادلتين هما وزن الجســـم باتجاه الأسفل ورد فعل الأرض باتجاه الأعلى، فحينما يريد الرياضي القفز الى الأعلى عليه ان يسلط قوة أكبر من وزن الجسم ويعتمد مقدار القوة التي يبذلها الرياضي باتجاه الارض على الارتفاع الذي بريد بلوغه الى الاعلى او بالاتجاه الذي تؤدي فيه الحركة.



شكل (٥٧)

٢. القوة Force

ان مصطلع القوة من المصطلحات الشائعة وكثيرة التداول في مجال التربية الرياضية حيث نجدها تحتل موقع الصدارة في تسلسل عناصر اللياقة البدنية لجميع الفعاليات سواء اكانت الفردية مها ام الجماعية. لذا يمكن اعتبار القوة ككمية ميكانيكية هي القاسم المشترك الاعظم لعناصر اللياقة التي ينبغي أن يتمتع بها الرياضي. ان القوة التي اشرنا اليها هي القوة الذاتية للرباضي اي قوته العضلية. وحيث ان هذه القوة هي نوع من

انواع القوى الكثيرة فمنها القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية وغيرها من القوى المتعددة الاوجه في الحياة، الا انه حينما ندرس تأثير القوة في الحركات الرياضية ليس فقط من جانب القوة العضلية وانما تمثل بقوة العضلات والقوى الخارجية المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها الفرد والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها الفرد لاداء حركة معينة .

من وجهة النظر الميكانيكية ان حدوث أي حركة يقترن بوجود قوة تحدث تلك الحركة ولكن العكس غير صحيح حيث يمكن استخدام القوة ولكن من دون حدوث حركة من هنا يمكننا ان نفرق بين تاثيرات القوة . فهناك تاثير الذي تحدث عنه حركة ويسمى بالتأثير الديناميكي للقوة و يمكن التعبير عنه بالمعادلة الرئيسة للديناميك من الوجهة الميكانيكية حيث تساوي القوة حاصل ضرب الكتلة x التعجيل والتي سيق ان نوقشت ا ثناء تناولنا قانون نيوتن الثاني، ويتضح هذا التأثير الديناميكي للقوة كما يحدث عند دفع ثقل او سحب زميل او رمي كرة حيث يكون تأثير القوة ديناميكيا اى انتاج حركة معينة .

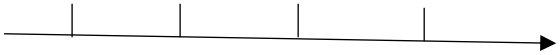
اما التأثير الأخر فهو التأثير الاستاتيكي الذي لايحدث عنه حركة اثناء استعمال القوة كما في حالة دفع الحائط أو محاولة التغلب على ثقل كبير على الأرض عندئذ لم تحدث حركة على الرغم من محاولة القوة لتحريك ذلك الجسم او التغلب على قصوره الذاتي.

يمكننا على اساس ماتقدم من تعريف القوة ميكانيكيا:

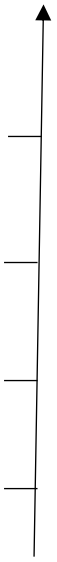
هو (الفعل الميكانيكي الذي يغير او يحاول تغيير حالة الجسم المؤثر فيه).

لدراسة القوة ككمية ميكانيكية يجب علينا أن نأخذ بنظر الاعتبار عدة نواح هي مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها، وتسمى هذه بمواصفات القوة. عندما نقول اننا اثرنا في جسم آخر بقوة لتحريكه فلابد أن يكون هناك وصف كمي للقوة، ففي حالة استخدامنا لقوة للتأثير في جسم وحركته لمسافة ٢٠ سم واستخدمت قوة أخرى للتأثير في نفس الجسم واكسبته حركة لمسافة 30 سم فأن مقدار القوة المسلطة في الحالة الثانية هو اكبر من الحالة الأولى، ولكن مقدار القوة لايكفي للتعريف بها مالم يذكر اتجاهها،

لان القوة عبارة عن كمية متجهة كما اوضحنا من قبل، فاذا اردنا القول عند تسليط قوة ١٠٠ نيوت على جسم فمن المفهوم الميكانيكي لايعبر هذا عن تأثير القوة مالم يتم ذكر الجهة التي اثرت بها القوة وعلى هذا الأساس اذا اردنا المقارنة بين مقدارين للقوة ممثلين بمستقيمات كما في الشكل (٥٨) حيث يعبر طول المستقيم عن مقدار القوة بينما يمثل السهم المؤشر



ق 1



ق 2

في نهاية المستقيم اتجاهها، فنقول أن ق1مقدارها 50 نيوتن * (كل 1 سم يعادل 10 نيوتن) و بالأفقي بينما ق 2 مقدارها 40 نيوتن و بالاتجاه الرأســـي. أما الصـــفة الثالثة للقوة وهي نقطة التأثير تؤثر بقوة في جســـم لابد لنا من معرفة اين يقع تأثير القوة في الجســـم المراد تحريكه . لنأخذ على ســـبيل المثال عتلة من النوع الأول تســـتخدم لرفع ثقل معين فلرفع ذلك الثقل لابد من اســـتخدام قوة تبعد عن محور الارتكاز بمقدار معين بمعنى اخر ان نقطة تأثير القوة تقع على ذلك البغد كما في الشكل

: الشـــكل اعلاه تبين لنا أن نقطة تاثير القوة للتغلب على المقاومة الموجودة تبعد عن محور الارتكاز كما مبين بالشكل .

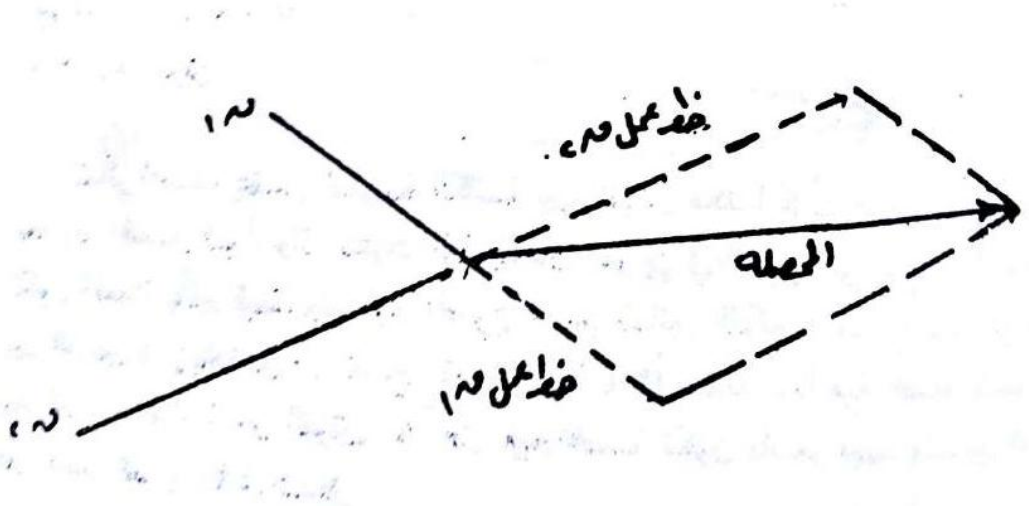
اما عن استخدامنا لمصطلح نقطة التأثير فالنقطة من وجهة النظر الهندسية ليس لها ابعاد بل بل عبرنا عن اتصـال القوة بالجسـم المؤثر فيه بنقطة فهو تعبير مجازي وحيث ان تاثير القوة التي يسلطها لاعب الجمناستك في محور العقلة بكامله الا انه يمكننا أن نفترض ان تاثير قوة اللاعب تتركز في قبضتيه .

جمع القوى Summation of forces

تعتبر القوة كمية متجهة فللتعبير عنها ينبغي ذكر مقدارها واتجاهاا فعندما تؤثر اكثر من قوة في جسم فأن محصلتهما تساوي المجموع الجبري لهما اذا كان لهما الاتجاه نفسه اما اذا كان اتجاه هاتين القوتين متعاكسـا ولكن على خط عمل واحد فان المحصـلة تسـاوي الفرق بينهما وتحـدث الحركـة بـاتجـاه القوة الكبيرة وبمقـدار الفرق بينهمـا وفي حـالـة تعـادل القوى فـأن المحصلة تكون صفرا وهنا يتبين التأثير الاستاتيكي للقوى.

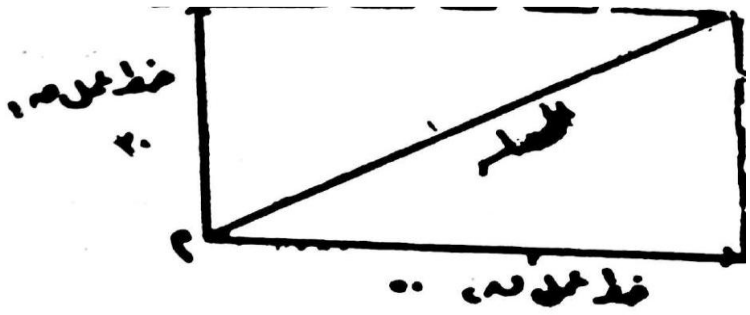
اذا اثرت اكثر من قوة في جسم وبينهما زاوية فأن محصلة هذه القوى يمكن الاستدلال عليها من خلال طريقة (متوازي أضلاع القوى) ففي الشكل (60) تؤثر القوتان ق 1 , ق 2 بمقادير معلومة فأن محصلتهما عبارة عن قطر متوازي الاضلاع لخطوط عمل هذه القوى.

ويتم ذلك من خلال رسـم خط عمل القوة ق 1 من نقطة تأثيرها باتجاهها نفسـه وبما يسـاويها في المقدار والشـئى نفسـه بالنسـب الى ق2 ثم نكمل متوازي الأضـلاع حيث مثل قطر متوازي الأضلاع محصلة القوى



شكل (٦٠)

اذا كانت القوتان المؤثرتان في جســـم بينهما زاوية قائمة فلجمع هاتين القوتين يمكن تكملة المستطيل الذي يشكل فيه الضلعان المتعامدان خطوط عمل القوى ق 1 , ق 2



شكل (٦١)

اما مقدارها فيمكن حسابه عن طريق نظرية فيثاغورس (لان الزاوية قائمة)

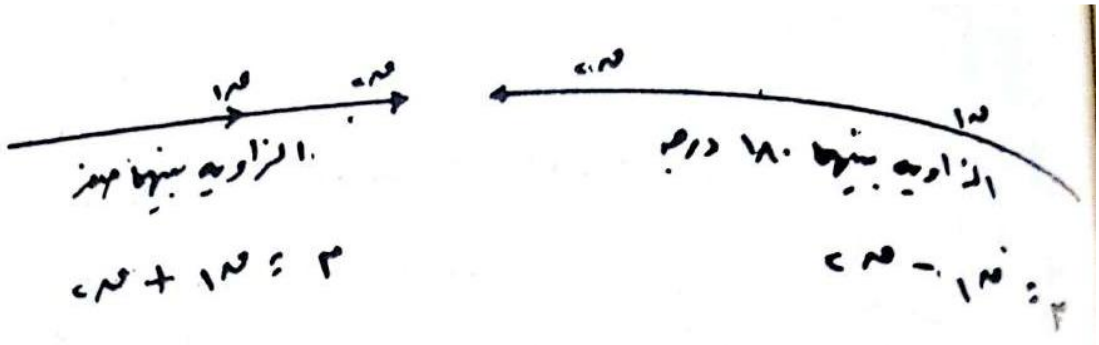
$$م^2 = أ ب^2 + أ جـ^2$$

$$م^2 = 30^2 + 50^2$$

$$م^2 = 900 + 2500$$

$$م = 58.3 \text{ نيوتن}$$

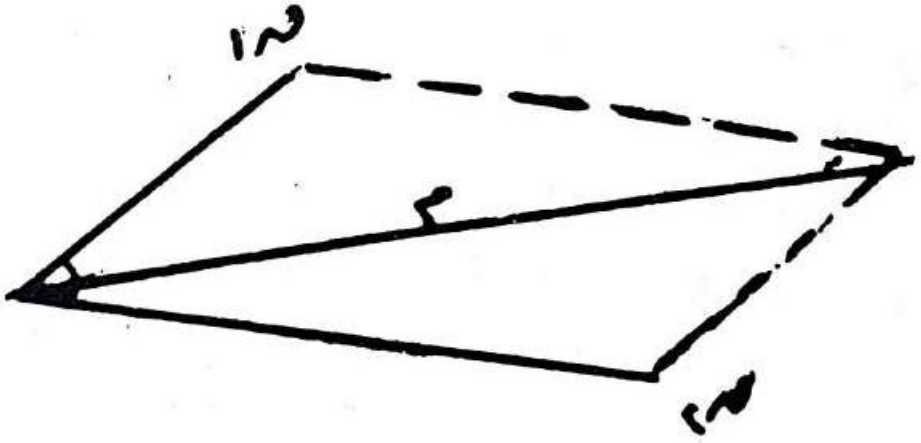
تتاثر المحصلة بمقدار الزاوية الكائنة بين القوتين فكلما كانت الزاوية صغيرة كان مقدارها المحصلة كبيرا واذا استمرت الزاوية بين القوتين في الصغر حتى تبلغ صـــفرا عندئذ تكون المحصـــلة بأكبر قيمها وتســـاوي المجموع الجبري لهاتين القوتين اما اذا كانت الزاوية بين القوتين في زيادة الى ان تصـــبح اكبر من قائمة $(90)^5$ عندئذ تبدا قيمة المحصـــلة بالنقصـــان وما ان تبلغ الزاوية بين القوتين 180^5 فان قيمة المحصلة تكون باصغر قيمها وتساوي الفرق بين هاتين القوتين كما في الشكل .



شكل (٦٢)

على ضـوء ماتقدم فانه كلما كانت الزاوية بين القوتين صـغيرة كانت المحصـلة اكبر والعكس بالعكس، فمن خلال القانون الاتي يمكننا حســاب القوة المحصــلة بناء على مقدار الزاوية المحصورة بينهما كما في الشكل (63) على اعتبار ان ق 1 20 نيوتن , ق 2 30 نيوتن

م ^{2}= ق1 + ق2 ÷ 2 ق1 ق2 جتا الزاوية



شكل (٦٣)

م ^{2}= ق$_1^2$ + ق$_2^2$ ÷ 2 ق1 ق2 جتا الزاوية

فلو فرضنا أن الزاوية بين القوتين تساوي ٣٠ درجة فان المحصلة

م ^{2}= 400 + 900 + 2 × 20 ×30 × جتا ٣٠

م = 48.29 نيوتن

اما اذا كبرت الزاوية وأصبحت 60 درجة فأن المحصلة

م^2= 400 + 900 + 2 × 20 ×30 × جتا 60

م = 43.58 نيوتن

واذا كبرت الزاوية واصبحت ٨٩ درجة فأن المحصلة

م ^{2}= 400 + 900 + 2 × 20 ×30 × جتا 89

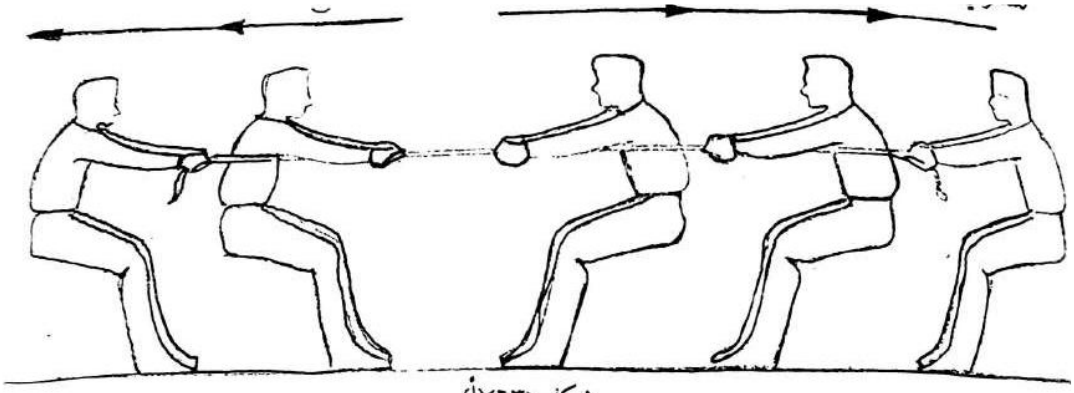
م= 36.34 نيوتن

تصنيف اتجاهات القوى

كما ذكرنا سابقا القوة كمية متجهة ان لها مقدار واتجاه وعند حدوث القوة في الفراغ لابد وان تتحدد باتجاه من لابد وان تتحدد باتجاه ، وفي الغالب ما تحدث الحركة بأكثر من قوة وقد تكون باتجاه واحد او اتجاهات مختلفة وهذا يعتمد على نوع الحركة المراد أداؤها وطبيعة ظروف الحركة، وعلى هذا الاساس يمكننا ان نصنف اتجاهات القوى المؤثرة في الحركة كما يلى :

1- قوى على خط عمل واحد

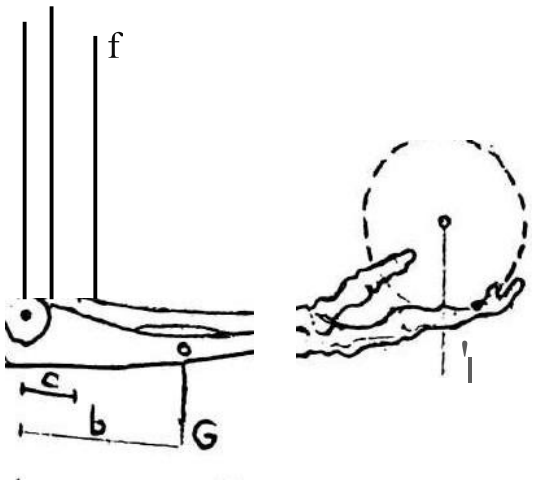
في هذا النوع تؤثر جميع القوى على الجسم بنفس خط العمل وقد تكون باتجاه واحد اوباتجاهين مختلفين كما في جر الحبل وفي هذه الحالة يتم التعامل جبريا مع المحصلة النهائية على أساس الفرق بين القوتين في حالة حدوث الحركة ، أما اذا تساوت القوتان فان محصلتها تساوي صفرا وبالتالي عدم حدوث أي حركة كما في الشكل.



شكل (٦٣)(أ)

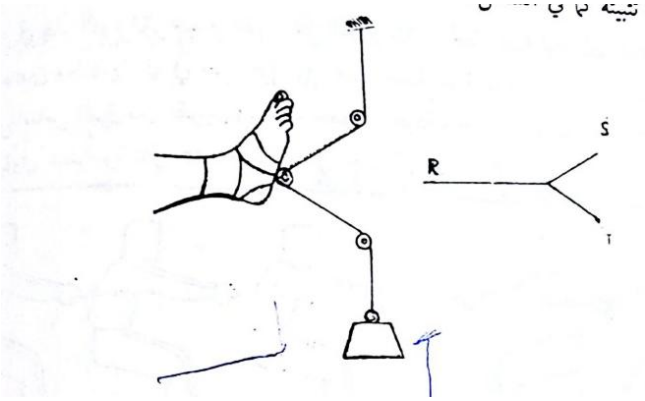
2- المتوازية

في هذا النوع تحدث القوى بشكل متوازي ولكن ليست على خط عمل واحد كما في حالة رفع ثقل باليد لتحقيق وضع الثبات ، حيث نجد أن اتجاه وزن جزء الجسم مضافا اليه وزن الثقل تتجه الى الاسفل بفعل الجاذبية الأرضية أما اتجاه القوة المتولدة نتيجة العمل العضلي فتكون الى الاعلى وكما مبين بالشكل.



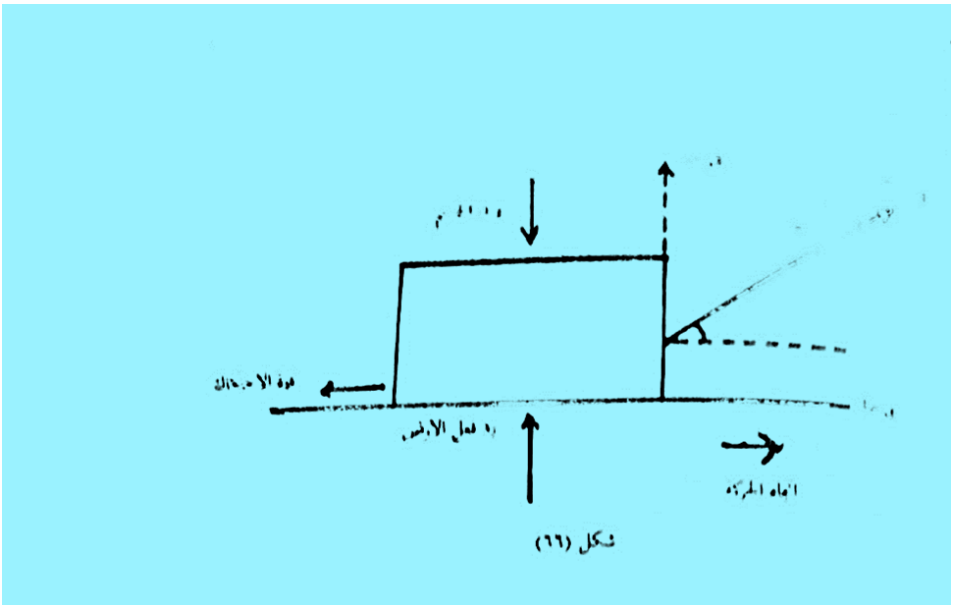
3- **المتلاقية**

يحدث هذا النوع من تأثيرات القوى عندما يتأثر جسم بأكثر من قوة مختلفة الاتجاهات ولكنها تؤثر في ذلك الجسم بنقطة واحدة ، وغالبا ما يستخدم هذا تأثيرات القوى في تثبيت الأجسام حيث تعتمد مقادير تلك القوى وزوايا عمل الجسم المراد تثبيته كما في الشكل. (65)



4- **العامة**

تكون تأثيرات القوى في هذه الحالة بشكل مختلف تماما عن الحالات السابقة حيث تختلف في مقاديرها واتجاهاتها فضلا عن اختلاف نقاط تأثيرها في الجسم وكذلك اختلاف خطوط عملها وهذا ما يحدث في أغلب حركاتنا اليومية بشكل عام او في المجال بشكل خاص كما في الشكل .

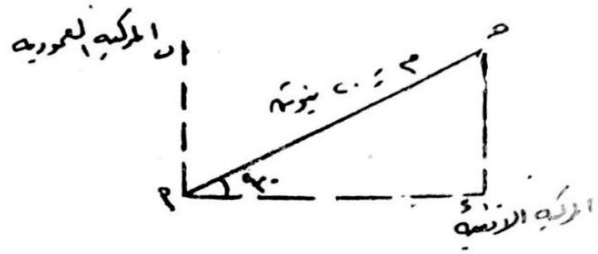


شكل (٦٦)

تحليل القوى Resolation of forees

ان عملية تحليل القوى هي عكس تركيبها او جمعها ففي هذه الحالة نعمل على تحليل القوى الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصـــلة المؤثرة في الجسم معلومة ولناخذ المثال الاتي :-

كانت محصـــلة القوى المؤثرة في ثقل 20 نيوتن وكانت المحصـــلة تعمل زاوية 30 درجة مع الخط الافقي احسب مركبات القوى الافقية والعمودية ؟



شكل (٦٧)

من المثلث أ د جـ القائم الزاوية في د يعد أ جـ هو وتر المثلث أ د هو المجاور للزاوية جـ أ د , جـ د مقابلا للزاوية فيمكننا استخراج المركبتين الافقية والعمودية كما يلي :-

$$\text{جا } 30 = \frac{\text{جـ د (المركبة العمودية)}}{\text{أ جـ(الوتر)}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{\text{جـ د}}{20}$$

جـ د = 10 نيوتن المركبة العمودية

$$\text{جتا } 30 = \frac{\text{أ د (المجاور)}}{\text{أ جـ(الوتر)}}$$

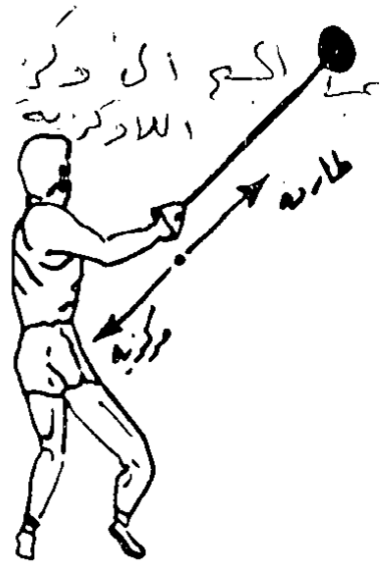
$$\frac{\text{أ د}}{20} = 0.86$$

اذن أ د = 17.2 نيوتن المركبة الافقية

القوى الطاردة والقوى المركزية Centrifugal and centripetat forces

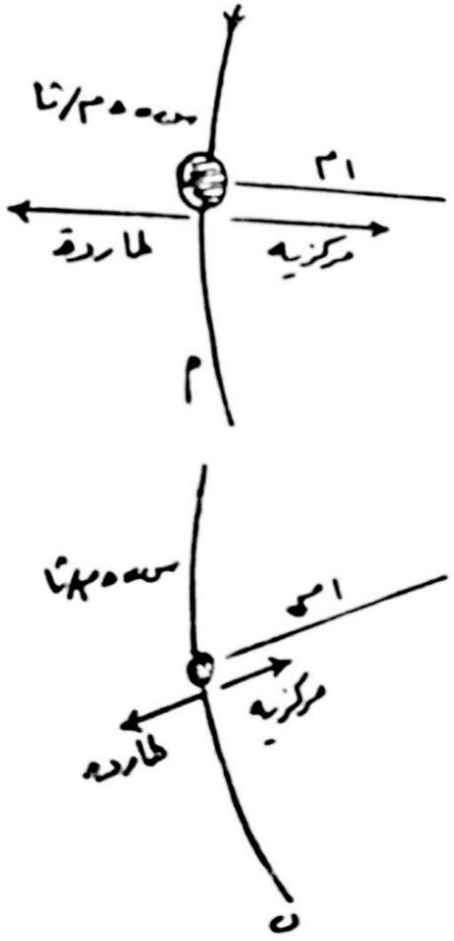
ذكرنا في موضـــع ســـابق أن حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تاثيرات قوى معينة في الجســـم اثناء حركته فمنها ما يؤثر بشـــكل ايجابي، وهنا يعمل الرياضـــي على تعزيز هذه القوي و رسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الإيجابية لتلك القوى المؤثره ومنها ما يؤثر سلبيا وهي القوى التي يحاول الرياضـي ان يحد منها. فنجد ان القوى المؤثرة في حركة الجســـم اثناء الحركة المســـتقيمة تكاد تكون متوازنة مقارنة بتأثير القوى الخارجية حركة جســـم اثناء الحركة المســـتنية تكاد تكون متوازنة مقارنة بتاثير القوى الخارجية فيه

اثناء حركة الدوران فنتيجة لدورن الجسم حول محور نجد ان الجسم يقع تحت تأثير القوة الطاردة الى الخارج فلاستمراره في مساره الدائري نفسه يجب عليه ان يوازن بن القوى الامركزية (الطاردة) والقوى الت تحول الحد من تأثير هذه القوى والتي يطلق عليها القوة المركزية أي التي تسحب الجسم الى مركز الدوران



ففي الشكل (66) اثناء تدوير الرامي للمطرقة يظهر تأثير هاتين القوتين على المطرقة فالقوة الطاردة تؤثر بشكل يؤدي الى حركة المطرقة باتجاه المماس بينما القوى التي يصدرها الرامي هي باتجاه مركز دوران المطرقة . فلو توقف تأثير سحب المطرقة الى الداخل لبقيت تحت تأثير القوة الطردية واستمرت في حركتها الى الخارج وهذا مايحدث اثناء لحظة الرمي الحقيقية للمطرقة . هناك علاقة بين رعة الجسم الدائر ومقدار القوة الطاردة عن المركز . فكلما كانت سرعة المطرقة كبيرة اثناء الدوران كان العبء على الرامي اكبر لتوليد قوة مماثلة ومتضادة للقوة الطاردة . وفي الوقت ذاته نجد

ان تأثير كتلة الجسم الدائر يؤدي دورا كبيرا في مقدار القوة الطاردة على الجسم . فلو اتينا بمطرقتين احداهما كبيرة الكتلة والأخرى صغيرة ولهما سرعة الدوران نفسها نجد ان مقدار القوة الطاردة يكون اكبر في حالة المطرقة ذات الكتلة الكبيرة . فعلى هذا الأساس نجد ان القوة التي يبذلها الرامي لاستمرار المطرقة في دورانها اثناء مرحلة الدوران تكون كبيرة اذا كانت المطرقة كبيرة الوزن وسرعتها عالية خاصة في المرحلة الأخيرة قبل الرمي . لهذا السبب ينبغي ان يكون الرامي على قدر كبير من القوة .

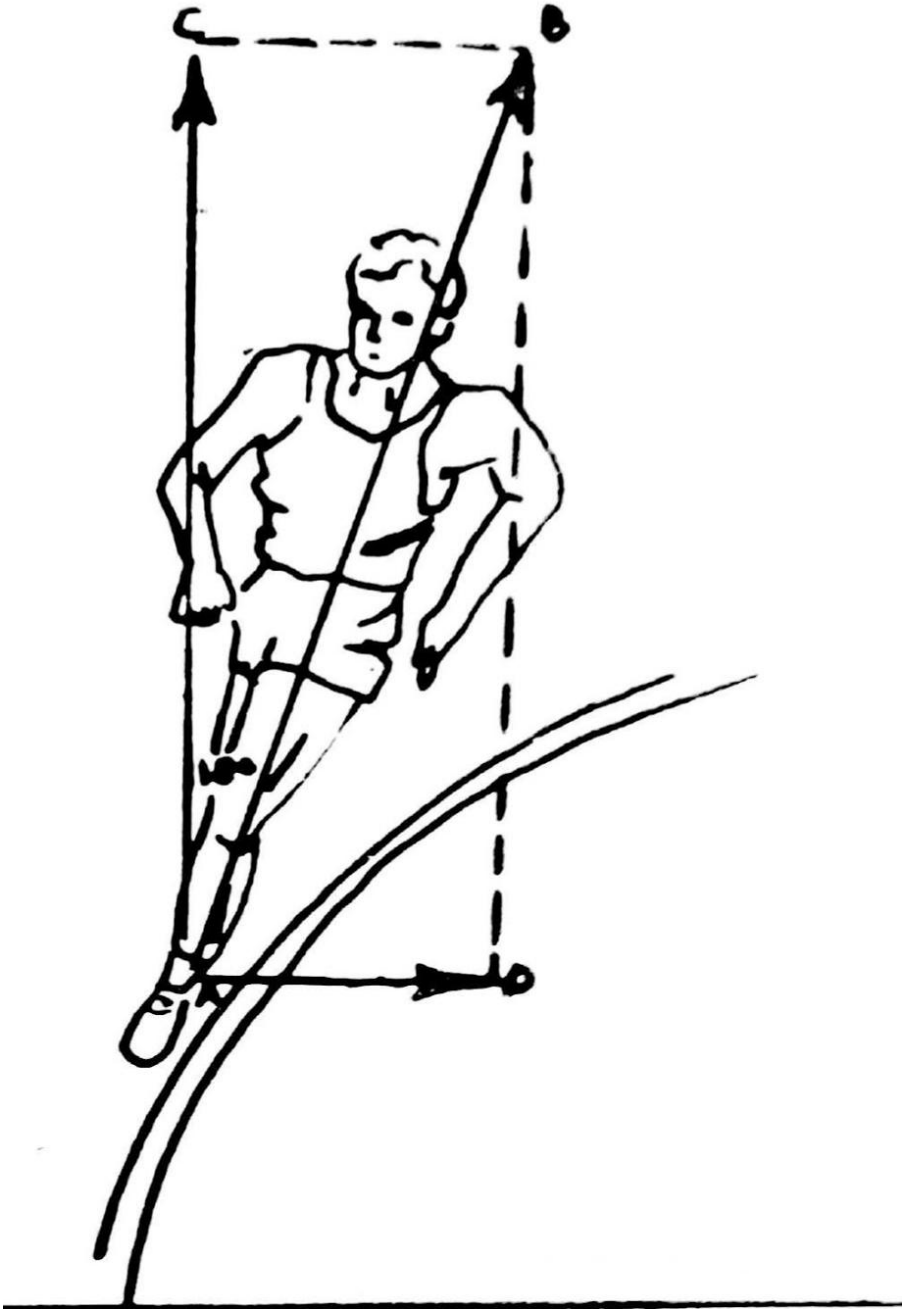


شكل (٩٩)

نجد في فعاليات أخرى عندما يقع الرياضـــي تحت تأثير القوة الطاردة اثناء دورانه حول محيط دائرة، وليس هناك من قوة تســـحبه إلى الداخل كما في رمي المطرقة والقرص. ان راكب الدراجة الهوائية عندما يدور حول منحى فهو يحاول الحد من تأثير القوة الطاردة اما بتخفيف ســـرعته وهذا يؤثر في نتيجته في المنافســـة او بتغيير ميكانيكية وضـعه اثناء الدوران فيحاول الميلان الى الداخل وان مقدار ميلانه للداخل يزداد كلما ازدادت سرعته . الامر الذي حدا بالمعنيين على تصميم المنشات الرياضـية، فنلاحظ أن مضـمار سـباق الدراجات الهوائية بكون شـديد الميلان عند المنحنيات وتتوقف درجة ميلان المنحى على درجة نصـــف قطر الدائرة التي يكون المنحني جزءا منها، فعندما يكون المنحى شـديد التقوس (نصـف قطر الدائرة قليل) تكون درجة ميلانه اكبر مما لو كان نصـــف قطر الدائرة كبيرا عندئذ تكون درجة الميلان اقل .

يمكننا تطبيق القول نفســـه على العداء اثناء الركض على المنحنى فهو بحاول الحد من تأثير القوة الطاردة في جســـمه بتغيير ميكانيكية الركض من خلال ميلانه إلى الداخل .

وقد لوحظ بالتحليل الدقيق أن حركة الذراع الخارجية هي أوســـع مدى من حركه ذراع الداخلية، فعند المقارنة بين ركض العداء على منحنى في ملاعب خارجية يكون محيطها 400 م والملاعب الداخلية التي محيطها ٢٠٠ م نجد ان الحاجة تكون أشد إلى ميلان اكبر وذلك لأن شدة تقوس منحنى اللاعب الداخلية يكون اكبر من تقوس المنحنى في الملاعب الخارجية



استنادا الى ماتقدم نجد ان مقدار القوة الطاردة للجسم يتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الجسموسرعته وعكسيا مع نصف قطر الدائرة التي تتم حولها الحركة كما توضحه المعادلة الاتية ؟

$$\text{القوة الطاردة} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{\text{نصف القطر}}$$

$$= \frac{\quad}{\boxed{\text{نق}}} \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

مثال

احسب نصف قطر المنحني الذي يدور حوله عدء كتلته 80 كغم وسرعته 8 م / ثا علما ان مقدار القوة الطاردة المؤثرة فيه 50 نيوتن ؟

الحل :-

نطبق المعادلة رقم (24)

$$50 = \frac{80 \times 8}{\text{نق}}$$

نق = 102.4 م نصف قطر الدائرة

ان معرفة مقدار القوة الطاردة عن المركز ليس هو الأســـاس في دراســـتنا للعلوم الرياضـــية بل الذي يجب معرفته هو مقدار درجة الميلان الت يجب على العداء او راكب الدراجة الهوائية ان يحققها لاســـتمراره بســـرعته دون ان يفقد منها شـــيئا يتحقق ذلك من خلال حســـاب ظل الزاوية التي يجب ان يميل بها وتكون معادلة ظل الزاوية كما يلي :-

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{\boxed{(\text{السرعة})^2}}{\text{التعجيل الارضي} \times \text{نصف القطر}}$$

ظل زاوية الميلان $= \frac{\text{س}^2}{\text{جـ} \times \text{نق}}$ **..... (25)**

مثال

احسب مقدار الزاوية التي يميل بها عداء يركض بسرعة 30 قدما / ثا علما ان نصف قطر الدائرة يساوي 60 قدما ؟

الحل

ظل زاوية الميلان $= \frac{\text{س}^2}{\text{جـ} \times \text{نق}}$

$$= \frac{30^2}{60 \times 32}$$

$$= \frac{90}{1920}$$

$$= 0.468$$

نستنتج من هذا ان الزاوية التي يجب ان يميل بها الرياضي هي 25 درجة تقريبا لان ظل زاوية 25 = 0.466

التأثير المتبادل بين القوى الخارجية والداخلية

أن كل حركة يقوم بها الرياضـــي من ركض او رمى او قفز لايمكن أن تحدث الا بوجود قوى. عند محاولة رفع ثقل من الأرض إلى الأعلى فمحاولة الرياضي للتغلب على هذه المقاومة هو من خلال قواه الذتيه (العضـلية) ومالمقاومة الا عبارة عن قوة الجذب الأرضـــي لذلك الثقل . فنجد ان القوة التي يســـتخدمها الرباع لرفع ثقل وزنة 300 نيوتن اقل من القوة المســـتخدمة لرفع ثقل وزنه 500 نيوتن من ناحية أخرى ان محاولة

التغلب على القصور الذاتي لجسم ساكن على ارض ملساء تختلف عنها عندما يكون الجسم نفسه على ارض خشنة. إن هذا الاختلاف متأت نتيجة لطبيعة الأرض التي تتم عليها الحركة التي تتمثل بما يسمى قوة الاحتكاك .

(سنتطرق الى ذلك بالتفصيل في موضع آخر من الكتاب) ونتيجة هذا الاختلاف فان القوة المبذولة لتحريك الجسم في الحالة الاولى اقل منها في الحالة الثانية، أي أن القوة العضلية للرياضي تتحدد على اساس القوى الخارجية .

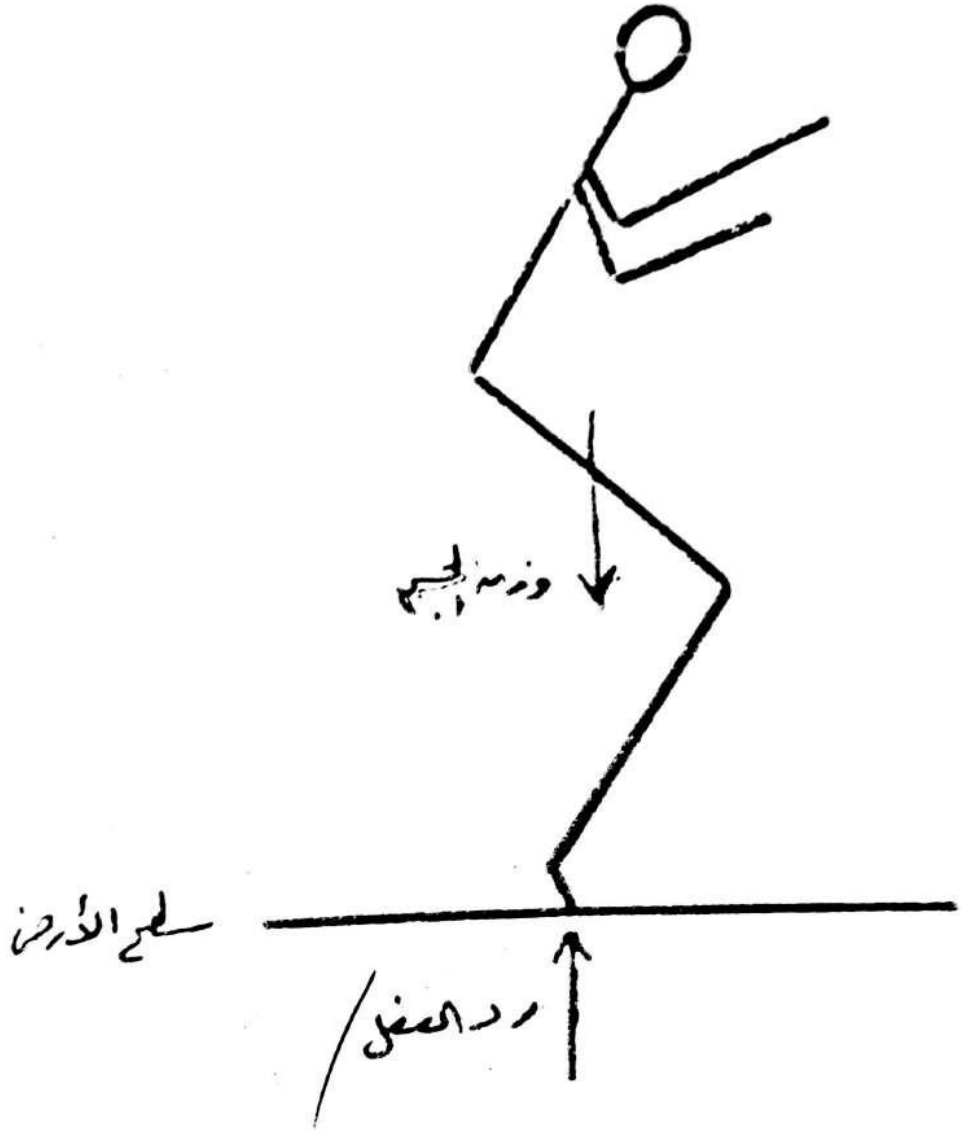
لو أخذنا بنظر الاعتبار طبيعة اداء رامي القرص مثلا فهو يحاول استغلال امكاناته الذاتية على ضوء القوى الخارجية، فهو يحاول الحد من تأثير قوة الجاذبية الأرضية التي تعمل على جذب المقذوف نحو الأرض ، فهو يعمل جاهدا على تحديد الزاوية التي ينطلق بها القرص نسبة إلى ارتفاع النقطة التي ينطلق منها، وكذلك على سرعة انطلاق القرص. آن اشتراك جميع هذه العوامل في اداء الرياضي لحركة معينة سواء أكانت حركة جسمه بمفرده أو مع الاداة يجعل من الأهمية دراسة طبيعة العوامل الميكانيكية التي تؤثر في الأداء ومدى الاستغلال الجيد للقوى الخارجية المحيطة. لو درسنا العلاقة بين القوى التي يصدرها الرياضي اثناء عملية القفز إلى الأعلى وما يرتبط ذلك بالقوى المضادة التي تصدرها الأرض كقوى رد فعل حيث يمكننا دراسة هذه العلاقة من جانبين الأول عندما يكون الدفع عموديا على الأرض والثاني عندما يكون الدفع مائلا بزاوية مع مستوى سطح الارض

من الشكل السابق نرى ان خط عمل وزن الجسم يتجه الى الأسفل، أن بقاء الجسم بهذا الوضع يتأثر بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، هما وزن الجسم إلى الأسفل، ورد فعل الأرض إلى الأعلى.

عندما يبدأ الجسم بالنزول إلى الأسفل تدريجيا فأن القوى التي تعمل بالاتجاه الى الأسفل في وزن الجسم مضافا اليه القوة المستخدمة باتجاه الأرض . وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني الذي ينص على أن ق = ك × جـ .

قوة رد فعل الأرض = الوزن + الكتلة x التعجيل

ق= و + ك جـ ..... (36)



شكل (٧١)

من هذا المنطلق نجد ان قوة رد فعل الأرض (ق) تكون اصـــغر من وزن الجســـم في حالة حركة الجسم إلى الأسفل . اذا اعتبرنا ان تعجيل حركة الجسم الى الأسفل تعجيلا سالبا . اما في حالة تعجيل الجسم الى الأعلى فان قوة رد فعل الأرض تكون اكبر من وزن الجسم وزيادة في الايضاح نضرب أمثال الاتي .

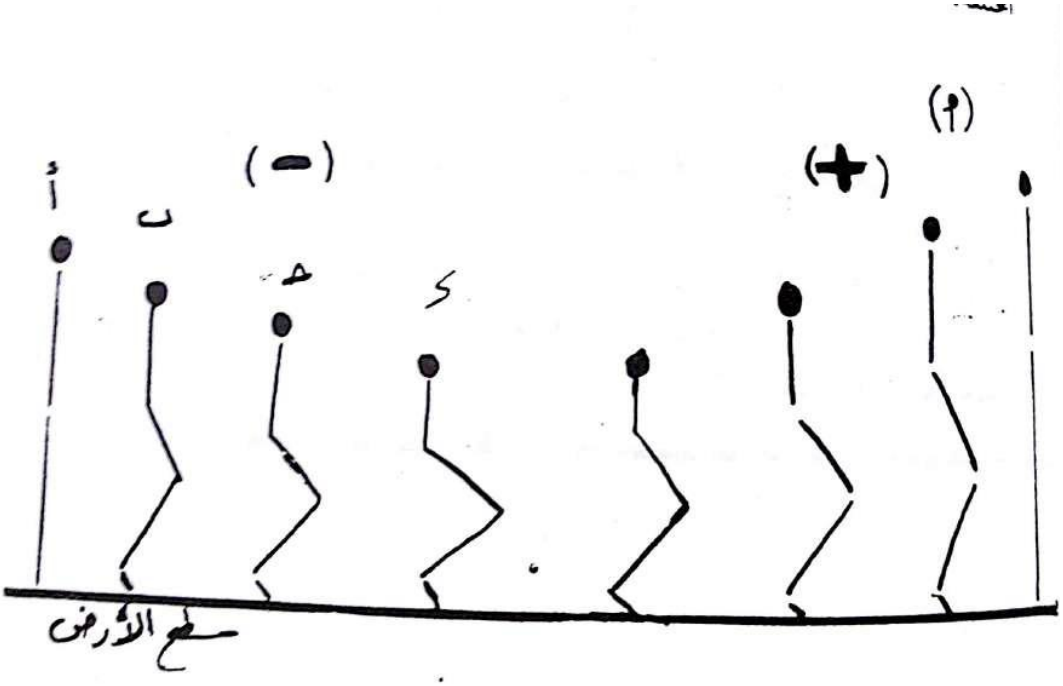
قافز وزنه 128 نيوتن يدفع الأرض بقوة 200 نيوتن ليرتفع الى الأعلى احسب تعجيل مركز ثقل الجسم ؟

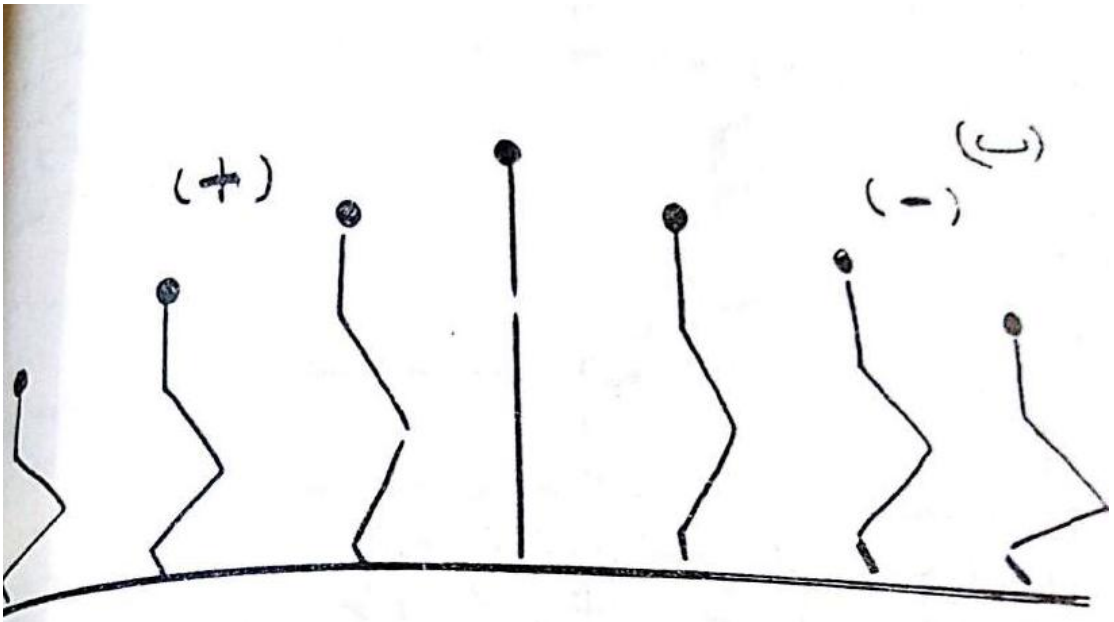
$$\frac{128}{32} + 128 = 200 \quad \times \text{جـ}$$

لقد حولنا الوزن الى كتلة بتقسيمه على التعجيل الأرضي

جـ = 18 قدم / ثا ^{2}

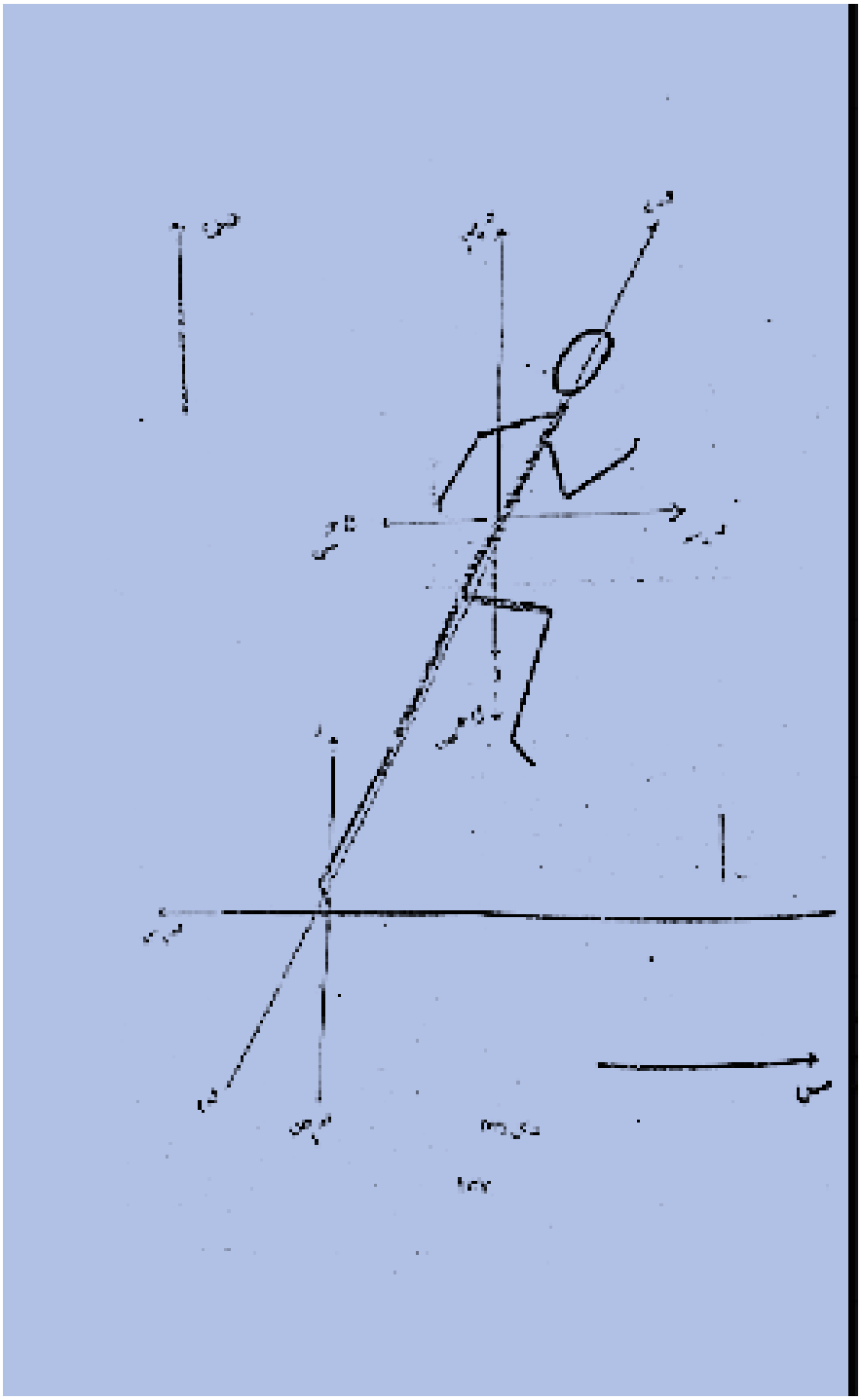
نستنتج من هذا ان صعود الجسم الى الأعلى عندما المستخدمة ووزن الجسم هي اقل من قوة رد فعل الأرض اما اذا كان العكس وكان اتجاه الجســم الى الأســفل فيكون رد فعل الأرض اقل من وزن الجسم . لناخذ على سبيل المثال هذه الحالات المختلفة .





شكل (٧٢)

اما اذا كانت القوة المستخدمة ليست عمودية على الارض وانما بشكل مائل كما في حركة الركض، فأن القوة التي يسـلطها العداء على الأرض تكون بزاوية معينة عند يمكن تحليلها إلى مركبات احدها افقية والاخرى عمودية ونتيجة لهذه القوة نجد أن رد فعل الأرض يتحلل ايضـا الى مركبتين احداهما أفقية تسـاوي مقدار مركبة القوة الافقية للعداء وتعاكسـها بالاتجاه، والاخرى عمودية تسـاوي مقدار مركبة القوة العمودية للعداء وتعاكسها بالاتجاه كما يوضح ذلك الشكل الآتي



عند دراســـتنا لتحليل حركة الراكض والقوى الخارجية والداخلية المؤثرة فيه نجد فيه ان هنالك قوى تعمل بشكل افقي واخرى تعمل بشكل عمودي ، وما هذه القوى الا تحليل او مركبات للقوى الأســاســية على افتراض أن خط عمل هذه القوى يمر بمركز ثقل الجسم ، فنجد ان القوى التي تعمل أفقيا هي ق2 س بالاتجاه الموجب ، ق1س بـالاتجـاه الســـالب وكذلك المركبة الأفقية لرد الفعل بـالاتجـاه الموجب، ك جـ س بالاتجاه السالب .

بما أن القوتين ر، ق1 س متســاويتان في المقدار ومتعاكســتان في الاتجاه فيمكننا اهمال قيمتيهما وتبقى القوة الأفقية المؤثرة على الشكل الآتي:

ق2 س= ك جـ س = صفر

ق2س= ك جـ س

$$\text{جـ س} = \frac{\text{ق2 س}}{\text{ك}} \quad \text{.....} \quad (27)$$

حيث يمثل ج س مقدار مركبة التعجيل الأفقي للجسم

امـا القوى التي تعمـل بـالاتجـاه العمودي فهي ق 2ص ، ر بـاتجـاه موجب امـا و ،ق1ص ، ك جـ ص باتجاه سالب.

وبالطريقة الأفقية نفســـها يمكن حذف ر، ق1ص لان لها القيمة نفســـها وتبقى المركبات العمودية على الشكل الآتي

ق2ص - و- ك جـ س = صفر

$$\text{جـ ص} = \frac{1}{\text{ك}} \left(\text{ق2ص - و} \right) \text{.....} (28)$$

حيث يمثل جـ ص مقدار مركبة التعجيل العمودي للجسم

3- الوزن والكتلة weight . Niss

كثيرا ما نستخدم هذين المصطلحين في دراستنا الميكانيكية للحركات الرياضية فنقول ان هذا الرياضي وزنه 60 وان كتلة هذا الشيء هو 50 فماذا يقصد بالفرق بين هذين المصطلحين من الناحية العلمية .

اوضحنا الفرق في موضع سابق من الكتاب بين الكميات القياسية والكميات المتجهة ، فالكمية القياسية هي التي تعرف بالمقدار فقط، أما الكمية المتجهة فلا يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط ، بل ينبغي ذكر اتجاهها ايضا فالكتلة هي مثال للنوع الاول أي كمية قياسية ، فهي مقدار مايحتويه الجسم من مادة ولاتتغير من موضع إلى آخر فهي تعبر عن مقدار القصور الذاتي لذلك الجسم، فحينما نقول أن كتلة العربة وهي فارغة تختلف عن كتلتها وهي مليئة بالحمل، يعبر هذا بشكل غير مباشر عن الفرق بين مقاومة العربة في الحالتين للحركة (قصورها الذاتي). من خواص الكتلة انها تبقى بالمقدار نفسه على الرغم من تغير موضع الجسم، فالجسم الذي كتلته ١٠٠ كغم على سطح الأرض يبقى بكتلته نفسها لو ارتفع الى 20.000 قدم. أما بالنسبة إلى الوزن فنجده يختلف عن الكتلة فيعتبر كمية متجهة اي (مقدار واتجاه) و يختلف وزن الجسم من موقع لاخر، فوزن الجسم على سطح الأرض يختلف عن وزنه وهو على سطح القمر، او هناك فرق في وزنه بين القطب وخط الاستواء. لو ادركنا ماهية الفرق بين وزن الجسم نفسه في مواضع مختلفة الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر (نقطة نسبية) فأن الفرق يتأتي نتيجة اختلاف قوة الجاذبية الأرضية لذلك الجسم، فتكون قوة الجاذبية الأرضية (تعجيل الجاذبية الارضية) عند سطح البحر اكبر منه عند المرتفعات العالية، وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني فأن المعادلة (٢١) تصبح كالاتي

و = ك × ج ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (٢٩)

نستنتج من ذلك أن كتلة الجسم نفسه لها اوزان مختلفة باختلاف تعجيل الجاذبية الأرضية، أي يمكننا أن نقول باختصار ان وزن الجسم هو مقدار قوة الجذب الارضي على ذلك الجسم. .

اما بالنسبة إلى الوحدات التي تعرف بها كل من الكتلة والوزن فوجدنا من الأهمية الاشارة الى الاختلاف بين تسميات الوحدات قديما وحديثا، أو حسب النظم المستخدمة

في التعبير عن وحدات الكميات الميكانيكة ، وبشكل عام هناك نظامان للوحدات هما النظام البريطاني والنظام المتري ، حيث يرمز للنظام الأول (ق ، ب ، ث) أي مختصر للوحدات (قدم ، باون ، ثانية) ويشتق من النظام المتري نظام جزئي ويرمز له (سم ، غ ، ث) أي مختصر للوحدات (سنتمتر ، غرام ، ثانية) .

ان النظام المعتمد حاليا في قياس الوزن والكتلة والتعجيل ككميات ميكانيكية هو النظام المتري (م . ك . ث) ويمكن تضيح ذلك بشكل ادق من خلال الجدول الاتي :-

جدول (1)

جدول وحدات القوة ، الكتلة ، والتعجيل

نظام الوحدات	القوة	الكتلة	التعجيل
النظام الإنكليزي ق ، ب ، ث	باون	سلاك	قدم / ثانية ^{2}
النظام المتري م . ك . ث	نيوتن	كيلو غرام	متر/ ثانية ^{2}
أجزاء النظام المتري سم ، غ ، ث	داين	غرام	سنتمتر / ثانية ^{2}

4-الدفع وكمية الحركة Momentu ni, Impulse

سبق أن عرفنا كمية حركة الجسم بانهاعبارة عن حاصل ضرب كتلته × سرعته فنقول ان كمية الحركة التي تمتلكها المطرقة كتلتها 20 كغم وبسرعة 10 م /ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة 20 م / ثا . انطلاقا من قانون نيوتن الثاني فأن التغير في كمية حركة الجسم تحدث بفعل تأثير القوة 0 ارجع الى قانون نيوتن الثاني) ، ومن الطبيعي أن تأثير القوة يحدث في فترة زمنية معينة لو اثرنا في جسم بقوة مقدارها ١٠٠ نيوتن وكان زمن فعل التأثير هو 2 ثانية فان الجسم سيتحرك بكمية حركة معينة (بزخم معين)، ولو أردنا أن نكسب الجسم نفسه كمية الحركة الأولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا أن نستخدم قوة تأثيرية مقدارها 50 نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى 4 ثوان / ثا. من هذا المنطلق نجد أن القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة يطلق عليها ميكانيكيا مصطلع الدفع أو دفع القوة (impulse) أي

دفع القوة = القوة x الزمن

الدفع = ق × ن ٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (٣٠)

ولما كان التغيير في كمية الحركة هو ناتج عن تأثير القوة الحادثة في زمن معين حيث يمكننا اشتقاق آن دفع القوة = التغيير في كمية الحركة

من المعادلة ٣٠ نحصل على

الدفع = ك × جـ × ن لان ق = ك × جـ

$$= ك \times \frac{س2 - س1}{ن} \times ن$$

لان

$$جـ = \frac{س2 - س1}{ن}$$

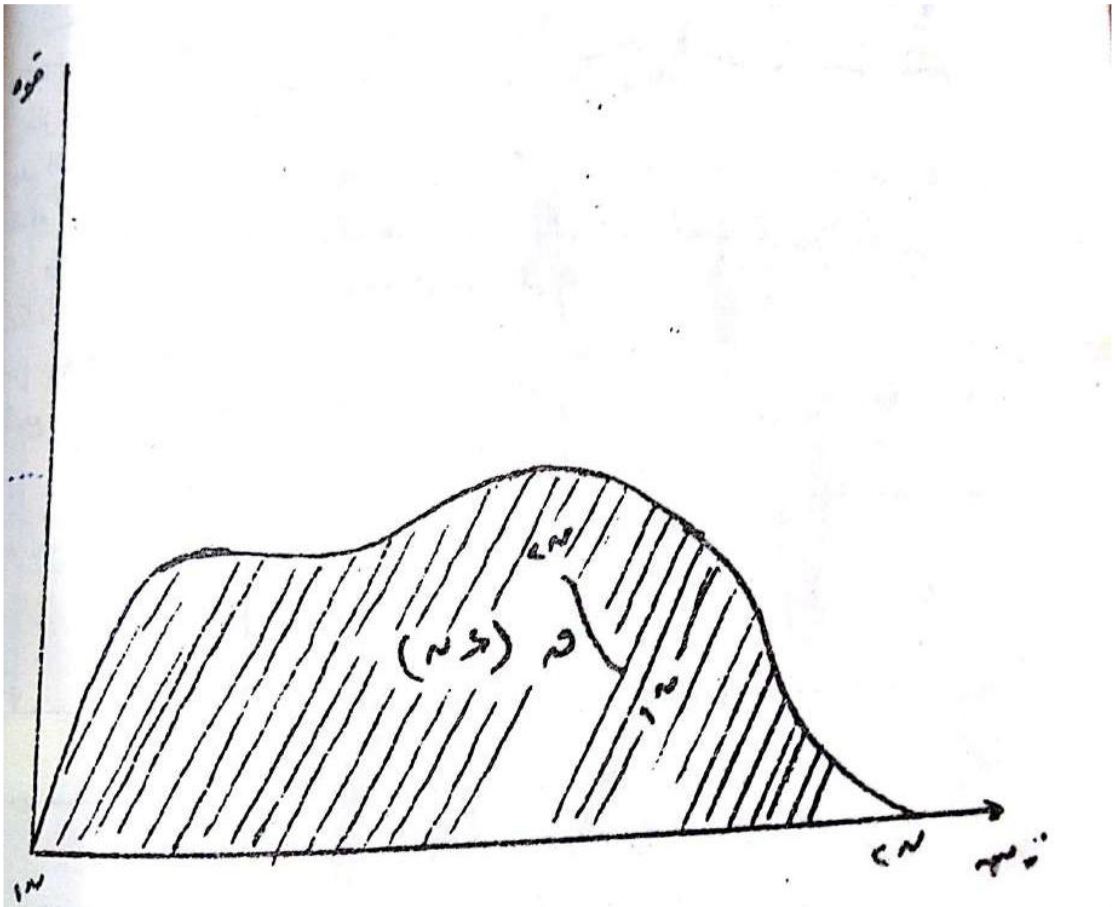
اذن الدفع = ك (س٢ - س1)

اي ق x ن = ك (س٢ - س1)

فاذا حصـــل ان اثرت القوة في الفترة الزمنية مابين ن1 ، ن2 على جســـم فان القانون يصبح كالاتي :-

$$\int_{ن_1}^{ن_2} ق\,(ن_2 - ن_1) = ك\,(س_2 - س_1) \quad \text{.....} \quad (31)$$

يحدث هذا في الحركات الرياضية لان تغير مقدار القوة يحدث باستمرار وفي فترات زمنية متقاربة حيث يمكننا بيانيا توضـيح مقدار قوة الدفع الزمنية او مايطلق عليه منحنى القوة – الزمن من الشكل الاتي :-



شكل (٧٤)

تمثل د ن الفرق بين ن٢ - ن١

يمكنما من الشـكل السـابق أن نسـتنتج ان مقدار القوة الزمنية لاي قوة هي عبارة عن الساحة المظللة التي تقع تحت المنحنى من نقطة ن1الى ن2

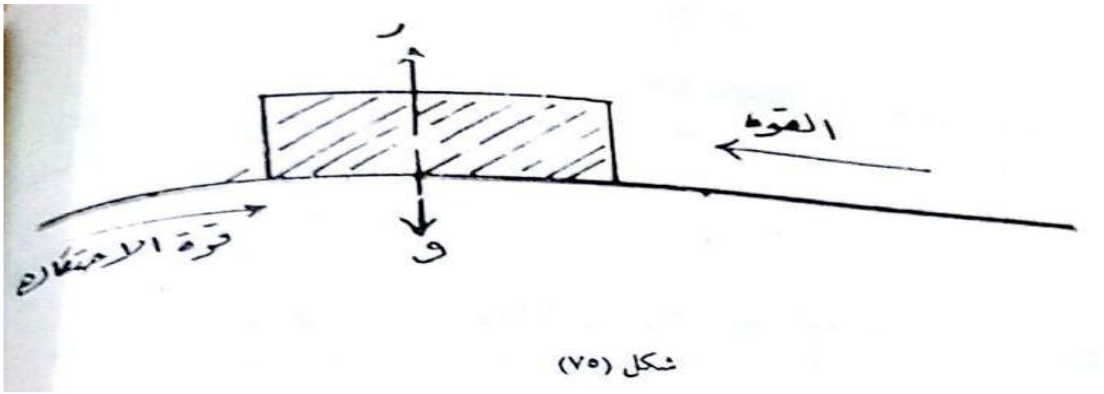
قانون حفظ كمية الحركة (الزخم)

يرمي هذا القانون الى ان كمية حركة الاجسام عند تاثيرها بعضعها في بعض تكون ثـابتـة دائمـا، وانطلاقا من قـانون نيوتن الثـالث (الفعل ورد الفعل) وحدث ان اثر جسم له كمية حركة معينة في جسم اخر بكمية حركة معينة فان الفعل سيقابل برد فعل مسـاوي له مقدارا ويعاكسـه اتجاها . وبما ان قانون نيوتن الثاني ينص على ان التغيير في كميـة الحركـة في وحدة زمنيـة يسـاوي القوة المؤثرة في الوحدة الزمنيـة نفسـها يمكننـا القول اذن ان تغيير زخم الجسـم الأول في الفترة الزمنيـة المحددة يساوي ويعاكس تغير زخم الجسم الثاني في الفترة الزمنية نفسها.

ان كميـة الحركة هي من الكميات الميكانيكيـة المتجهة إذ أن مايفتقده الجسـم من زخم في اتجاه معين يساوي الزخم الذي يكتسبه الجسم الثاني في الاتجاه المعاكس، من هذا المبدأ يمكن القول ان كمية حركة الأجسـام الكلية عند تأثيرها بعضـها في بعضها يكون ثابتا وهذا ما يعرف بقانون حفظ أو بقاء الزخم

5- الاحتكاك Friction

يؤدي الاحتكاك دورا كبيرا في حياتنا العامة وفي الحركات الرياضـية بشـكل خاص فلولا وجود الاحتكاك بين اجسـامنا والاجسـام الاخرى لما امكننا من حمل الأشـياء لاداء فعل معين او المشـي او الركض او القفز. آن مفهوم الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل دائما بشـكل معاكس لاتجاه الحركة او لاتجاه تأثير القوة المسـتخدمة لتحريك الجسم كما في الشكل

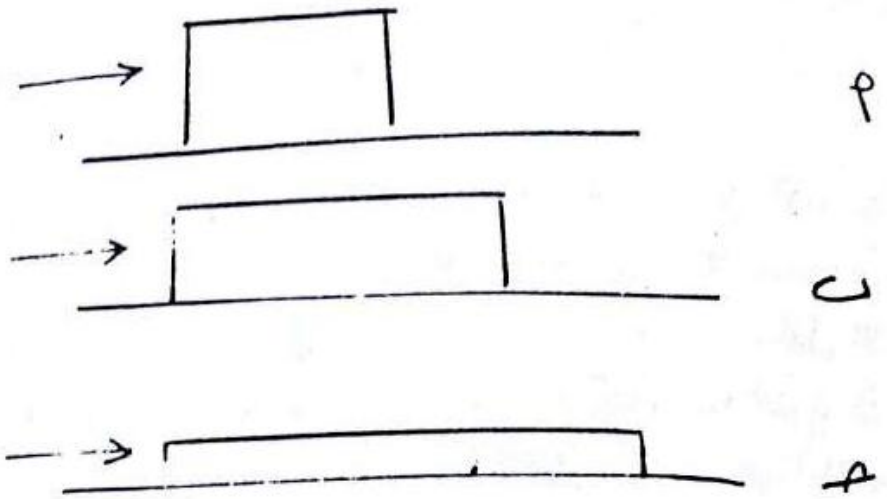


شكل (٧٥)

أن الجسم الموضوع على سطح يؤثر في ذلك السطح بفعل وزنه وعلى هذا الأساس فان السطح يرد على الجسم بقوة مساوية بالقدار ومعاكسة في الاتجاه وهي قوة رد الفعل، لذا فأن محاولة تحريك ذلك الجسم أفقيا بموجب القوة المؤثرة في الشكل أعلاه . عندئذ تنشأ قوة تعاكس القوة المستخدمة وتسمى هذه القوة الموجودة بين الجسم والسطح بقوة الاحتكاك، فلتحريك الجسم باتجاه القوة يجب أن يتم التغلب على قوة الاحتكاك كي تحدث الحركة، وهناك عوامل عديدة تؤثر على الاحتكاك فنجد ان رمى كرة على سطح املس صقيل ستستمر في حركتها إلى مسافة طويلة اما اذا رميت الكرة نفسها وبكمية حركتها في البداية ولكن على سطح خشن فنجد أن الكرة ستتوقف بعد فترة قصيرة وهذا ناشئ عن طبيعة زيادة قوة الاحتكاك بين الكرة والسطح الخشن . يقودنا هذا الى مبدأ حينما نريد تقليل او زيادة قوة الاحتكاك وفق الهدف المطلوب من الحركة، فنجد ان لاعب الجمناستك يحاول قدر الامكان تقليل الاحتكاك بين اليدين وبأثر العتلة من خلال استعماله لمسحوق المغنيسيوم لسهولة انزلاق اليدين على البار اثناء الدوران. ومن ناحية اخرى يستخدم القافز بالزانة بعض المواد الكيماوية واللاصقة. فيضعها على موضع القبضة والهدف من هذا هو زيادة الاحتكاك بين القبضة وعود القفز، وهناك امثلة كثيرة في مجالنا الرياضي تتناول العمل على تقليل الاحتكاك او زيادته بالشكل الذي يتلائم وميكانيكية الحركة المؤداة

اذا اثرنا في الجسم شكل (74) بقوة مقدارها 50 نيوتن مثلا وبدأ الجسم في الحركة ثم غيرنا من شكله الى اشكال عدة بحيث تكون مساحات اتصالها مع السطح مختلفة فنجد أن القوة المؤثرة ستبقى كما هي اي لاتتغير بتغير مساحات السطوح التلامسة (على شرط

ان تكون الســـطوح المتلامســـة جافة اما اذا كان احد الســـطحين مبللا او مزيتا فلاينطبق هذا الكلام) .



شكل (٧٦)

نستنتج من هذا أن قوة الاحتكاك لاتتغير بتغير المساحة، ولكن تتغير قوة الاحتكاك بتغير الوزن وبالتالي يؤثر في مقدار القوة المســـتخدمة لتحريك ذلك الجســـم، فأن قوة الاحتكاك بين جســـم وزنه ٢٠٠ نيوتن وســـطح معين هي اكبر من قوة الاحتكاك في جسم وزنه ١٥٠ نيوتن وعلى السطح نفسه وبهذا يمكننا أن نحدد العلاقة بين قوة الاحتكاك ومقدار الضـــغط الذي يولده الجســـم على الســـطح (وزن الجسم) بما يسمى معامل الاحتكاك.

$$\text{معامل الاحتكاك} = \frac{\text{قوة الاحتكاك}}{\text{مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح (الوزن)}}$$

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك x الضغط

ق = U x و.....(32)

مثال

أحســـب معامل الاحتكاك بين جســـم وزنـه ١٠٠ نيوتن وكانت والقوة المطلوبة لتحريكه بالاتجاه الافقي تعادل 80 نيوتن ؟

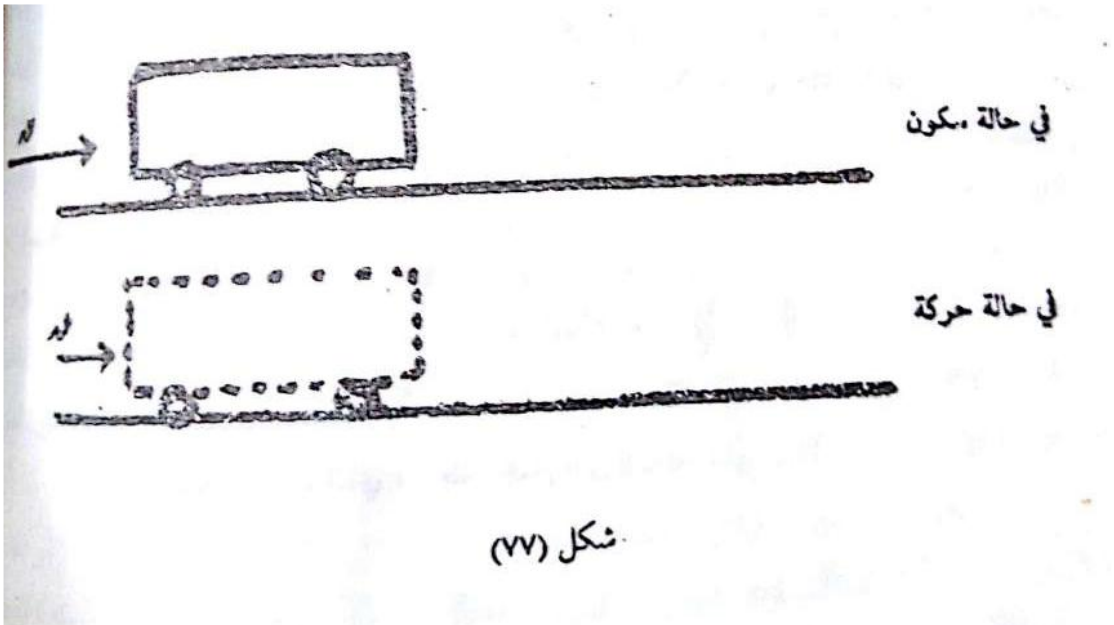
الحل :- تطبق المعادلة رقم ٣٢

$$80 = U \times 100$$

$$\text{اذن } U = \frac{80}{100}$$

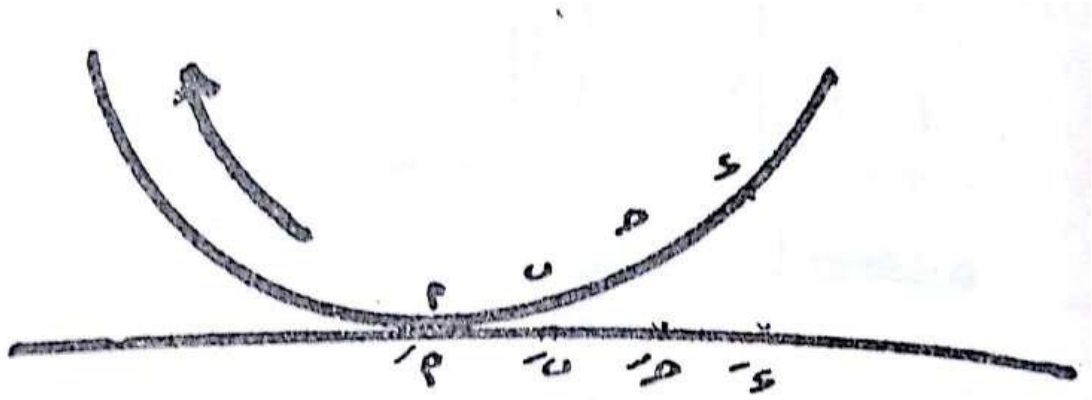
= 0.8 معامل الاحتكاك

فاللتأثير في جســـم وتحريكه باتجاه معين نجد أن معامل الاحتكاك يختلف اذا كان الجسم ساكنا أو متحركا فاذا كان الجسم المراد تحريكه في حالة ثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجســـم في حالة حركة حيث يســـمى في الحالة الاولى بالاحتكاك الشروعي اي عند الشروع بالحركة، أما النوع الثاني فهو معامل الاحتكاك الانزلاقي حيث تكون قيمة المعامل الأول أكبر من قيمة المعامل الثاني وهذا مايمكن استنتاجه عمليا عند دفع عربة لتحريكها بسرعة ٢م/ثا فتكون القوة المطلوبة لاكسابها تلك السرعة وهي في حالة ثبات اكبر من القوة المطلوبة لكي تكسب السرعة نفسها وهي في حالة حركة ابتدائية



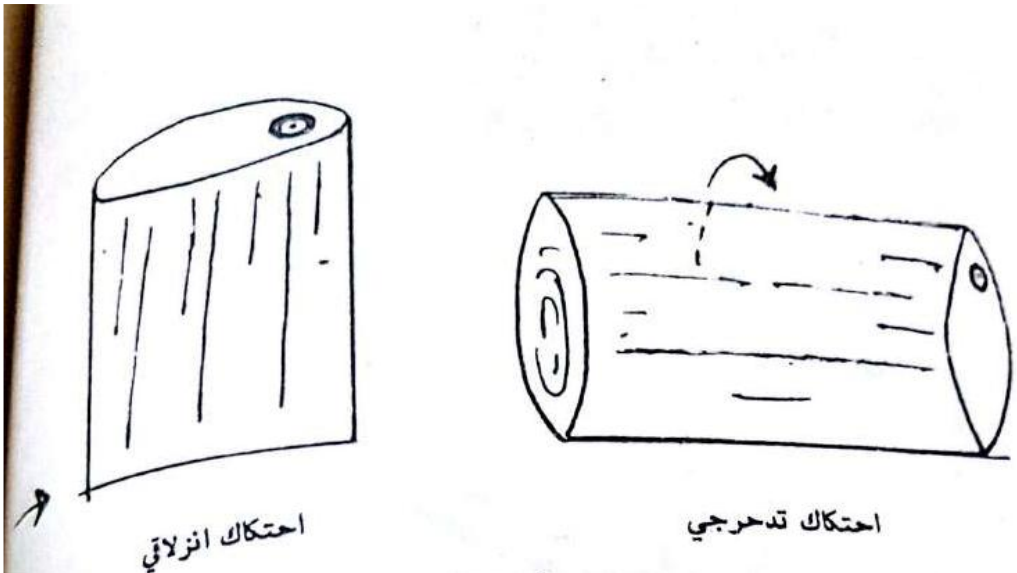
شكل (٧٧)

هناك نوع آخر من الاحتكاك يســـمى بالاحتكاك التدحرجي، ويحدث هذا في حالة تدحرج عجلة الدراجة الهوائية كاملة التدوير او كرة القدم، فان هذا المعامل هو اقل معاملات الاحتكاك قيمة والفرق بين الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك التدحرجي هو انه في الحالة الأولى يتصـــل الجســـم المتحرك بالســـطح بأكثر من نقطة بينما الحالة الثانية يتصل الجسم مع السطح بنقطة واحدة كما في الشكل



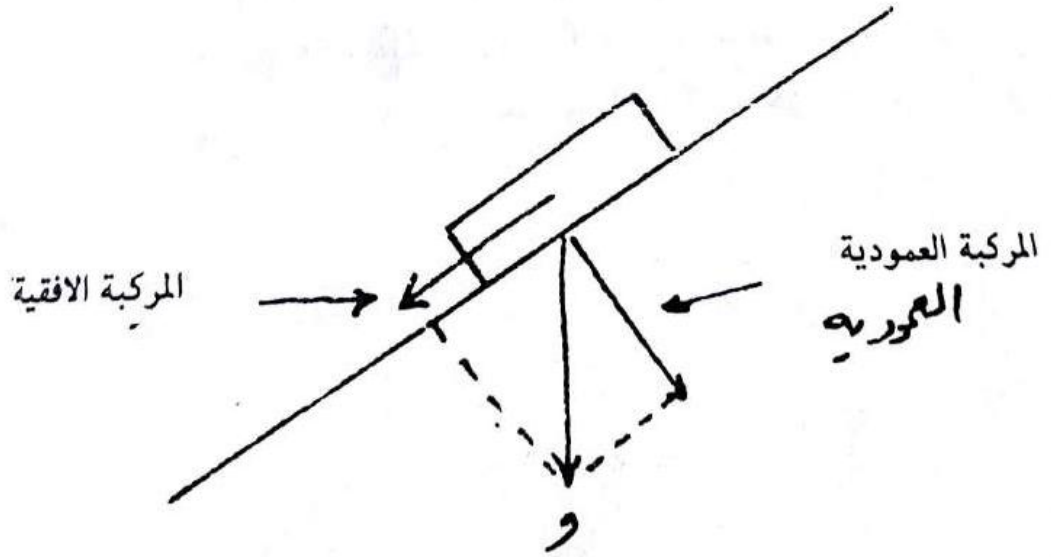
شكل (٧٨)

اثناء حركة العجلة على الأرض اذا تســـاوى طول القوس أ ب مع جزء المســـتقيم أ ب وكذلك طول القوس ب جـــ مع جزء المستقيم بَ جـَ فأن الحركة تعتبر تدحرجية (دائرية) والاحتكاك يكون احتكاكا تدحرجيا. يتراوح معامل الاحتكاك الشـــروعي والانزلاق بين 1 – 0،1 بينما تبلغ قية معامل الاحتكاك التدحرجي 0.001وهذا ما يفسر لنا سهولة دفع البرميل على الأرض عندما يكون ملقيا على الجانب عما لو كان بشكل عمودي



شكل (٧٩)

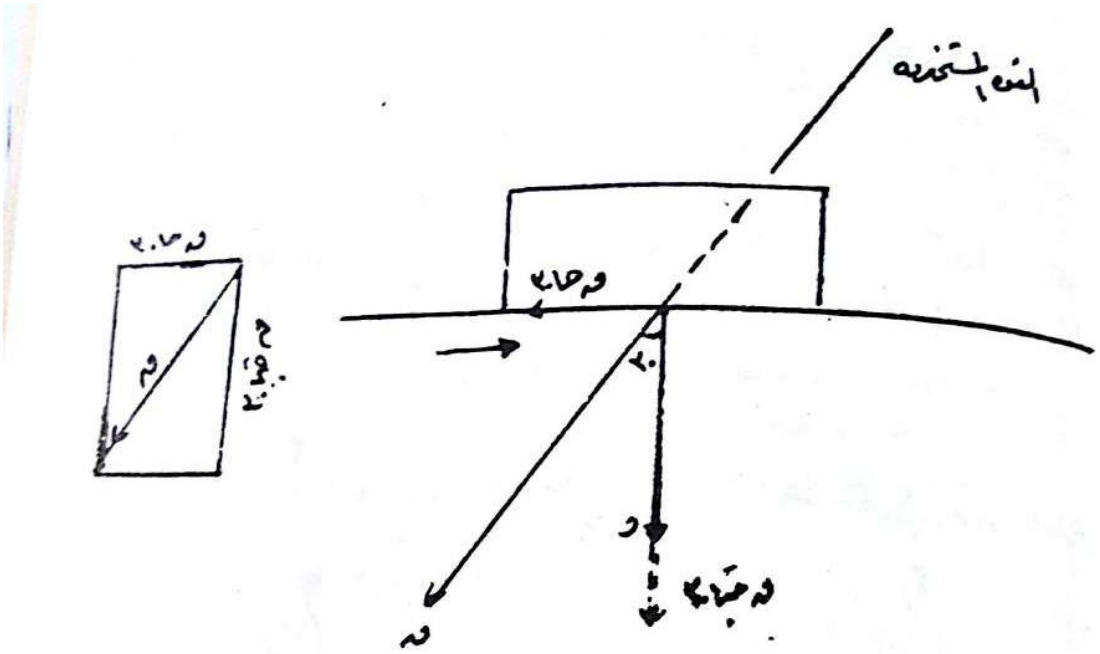
بدراسة قوة الاحتكاك بين الاجسام والسطوح المائلة نجد ان مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم المتمثل بوزنه يتحلل الى مركبتين احداهما افقية باتجاه السطح والأخرى عمودية عليه .



شكل (٨٠)

لناخذ المثال الاتي لتوضـــيح ماهية الاحتكاك عندما تكون القوة المســـلطة لتحريك الجسم بشكل مائل .

جســم وزنه 200 نيوتن ســلطت عليه قوة مقدارها 100 نيوتن بزاوية 30 درجة مع الخط الراسي احسب معامل الاحتكاك ؟



القوة المستخدمة

شكل (٨١)

تحلل القوة الى مركباتها الافقية والعمودية فتكون القوة الافقية بموازاة السطح وقيمتها ق حا 30 وهي تعادل قوة الاحتكاك اما المركبة العمودية للقوة فقيمتها ق جتا 30 ويكون خط عملها بخط عمل وزن الجسم نفسه ولاستخراج معامل الاحتكاك تطبق المعادلة 32

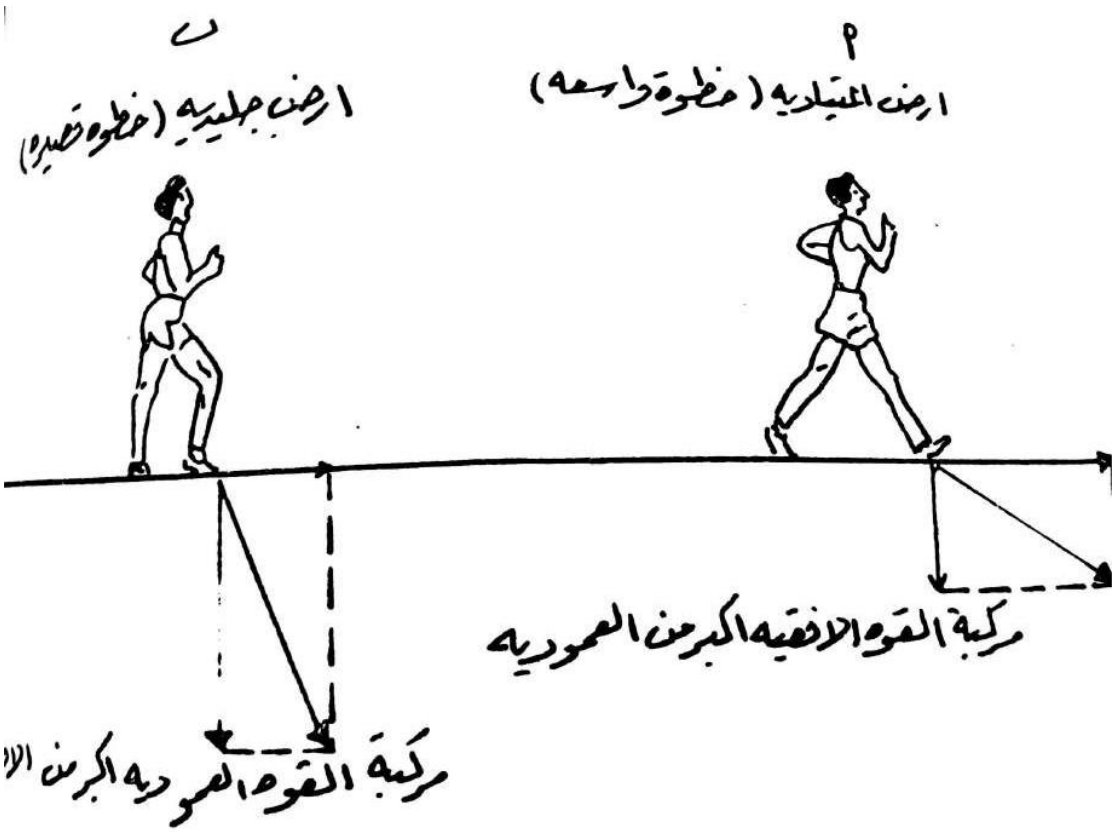
ق حا 30 = U × (و + ق جتا 30)

$\frac{1}{2}$ × 100 = U × (200 + 100 × 0.86)

$$U = \frac{50}{286}$$

= 0.174 معامل الاحتكاك

ان المثال السابق يوضح لنا ماهية طبيعة الاحتكاك بين جسمين والقوة المستخدمة لاداء الحركة ففي حالة وجود الاحتكاك الكافي بين الجسم والأرض يمكن ان تكون مركبة القوة الأفقية كبيرة كما في حالة الركض او المشي على ارض اعتيادية فمن اليسير السير بخطوات واسعة اما اذا كانت الأرض التي يسير عليها ارضا زلقة او جليدية فلا يمكنه السير بخطوات واسعة بل تكون قصيرة الأمر الذي يؤدي اى ان تكون مركبة القوى العمودية كبيرة قياسا بمركبة القوى الأفقية كي لا ينزلق الجسم اماما كما في الشكل



شكل (٨٢)

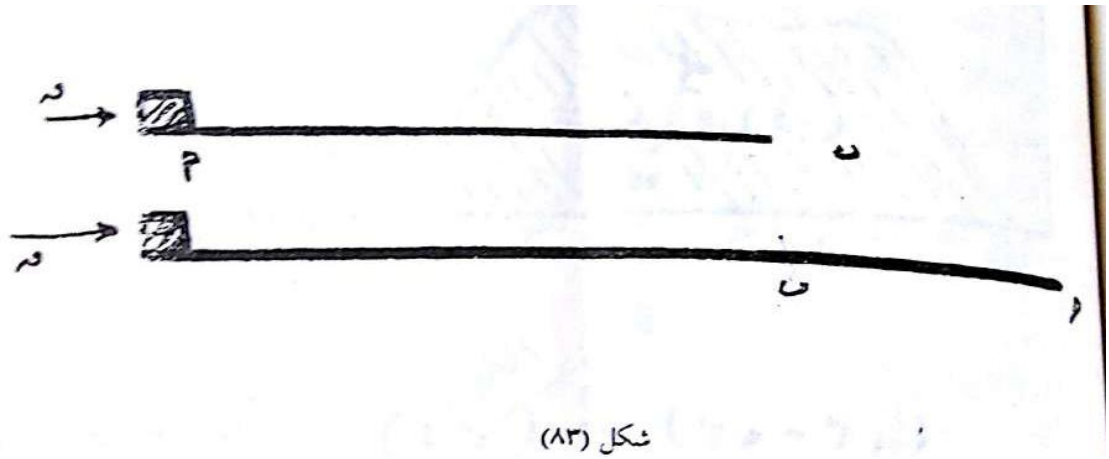
اسئلة للمراجعة

1- ماهو الجانب الكينيتكي في البايوميكانيك؟
2- ماذا يقصد بقانون القصور الذاتي ؟
3- كيف يمكنك تطبيق قانون القصور الذاتي في المجال الرياضي
4- ماهي العوامل تزيد من القصور الذاتي للاجسام
5- عرف قانون نيوتن الثاني .
6- اذكر المعادلة الرئيسية للميكانيك من الناحية الديناميكية
7- رامي ثقل يصدر قوة مقدارها ١٢٠٠ نيوتن بسرعة 6 م/ثا و بزمن مقداره 0.5 ثا احسب كتلة ذلك الرامي
8- ماذا يقصد بكمية الحركة ؟
9- لقانون الفعل ورد الفعل اهمية كبيرة في الفعاليات الرياضية، ناقش ذلك.
10- عدد تأثيرات القوة واعط لكل منها مثلا في المجال الرياضي
11- ماهي مواصفات القوة ؟
12- ماذا يقصد بالنيوتن كوحدة للقياس ؟
13- كيف يمكنك تمثيل القوة ككمية متجهة.
14- اثرت قوتان في كرة مقدارهما ٨٠٠ نيوتن، 600 نيوتن على التوالي احسب محصلة القوة النهائية علما ان القوتين متعامدتان
15- واثب عريض تؤثر فيه قوتان مقدارهما 400 نيوتن ، 600 نيوتن على التوالي علما ان الزاوية بين القوتين تساوي 35 أحسب المحصلة النهائية للقوة المؤثرة في الوثب.
16- قرص تؤثر عليه قوة مقدارها 600 نيوتن ويكون اتجاهها بزاوية ٣٣ درجة مع الخط الافقي . احسب مركبات القوة العمودية والافقية.
17- كيف يمكن التغلب على القوة الطاردة من وجهة النظر الميكانيكية ؟
18- ماهي العلاقة بين كتلة الجسم الدائر ومقدار القوة الطاردة ؟
19- لماذا يكون مقدار القوة الطاردة عن المركز كبيرا في المنحنيات الحادة عنها من المنحنيات قليلة الحدة ؟
20- ماهي الامور الميكانيكية التي يأخذها العداء بنظر اعتباره عندما يركض على منحنى لكي يبقى محافظا على سرعته الطاردة ؟

21- ما الفرق بين الوزن والكتلة ؟
22-كيف يمكنك استخدام المعادلة الرئيسية للديناميك لدراسة العلاقة بين الوزن والكتلة ؟
23-ماذا يقصد بمصطلح دفع القوة ؟
24-كيف يمكنك اشـــتقاق القانون النهائي لدفع القوة الذي يســـاوي التغيير في كمية الحركة ؟
25-اعط مثلا توضح فيه قانون حفظ الزخم
26- يختلف مقدار الاحتكاك بين الأجسام باختلاف سطوحها. ناقش ذلك
27-ماهي العوامل التي تؤثر في الاحتكاك بين الأجسام.؟
28-ماذا يقصد بمعامل الاحتكاك ؟
29- هناك عدة أنواع من معاملات الاحتكاك. اذكر اصـــغرها قيمة موضـــحا لذلك بالمثال
30-ســـلطت قوة مقدارها ٣٠٠ نيوتن على جســـم وكان اتجاه القوة مائلا عن الخط الراســـي 35 درجة وكان معامل الاحتكاك بين الجســـم والســـطح الذي يتحرك عليه 0.28 احسب وزن ذلك الجسم
31-تكون خطوات الشـــخص الذي يســـير على ارض جليدية زلقة قصـــيرة بينما تكون خطواته اعتيادية عندما يسير على ارض ترابية. علل ذلك.

6- الشغل . القدرة . الطاقة Work. Power. Energy

من المصطلحات الميكانيكية التي يتم دراستها اثناء تأثير القوى لاحداث معينة هو الشغل لو اثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تاثير القوة فانها تكون قد أنجزت شغلا ، لقد اوضحنا في فصل سابق من الكتاب الفرق بين المسافة والازاحة ، لو درسنا العلاقة بين مصطلح الشغل والمسافة والازاحة فقد يحدث أحيانا ان يتحرك الجسم بفعل تأثير القوة ويقطع مسافة معينة ويعود لنفس النقطة التي بدا منها فمن المفهوم الميكانيكي لا يوجد شغل، أي يشترط بالشغل ان تكون هناك إزاحة نتيجة تاثير القوة . لو اثرنا في جسم بقوة معينة وقطع نتيجة تاثير هذه القوة المسافة من أ الى ب فان القوة تكون قد انجزت شغلا معينا، أما اذا كانت المسافة المقطوعة نتيجة تاثير القوة من ا الى جـ فان الشغل يكون في هذه الحالة اكبر من الحالة الأولى



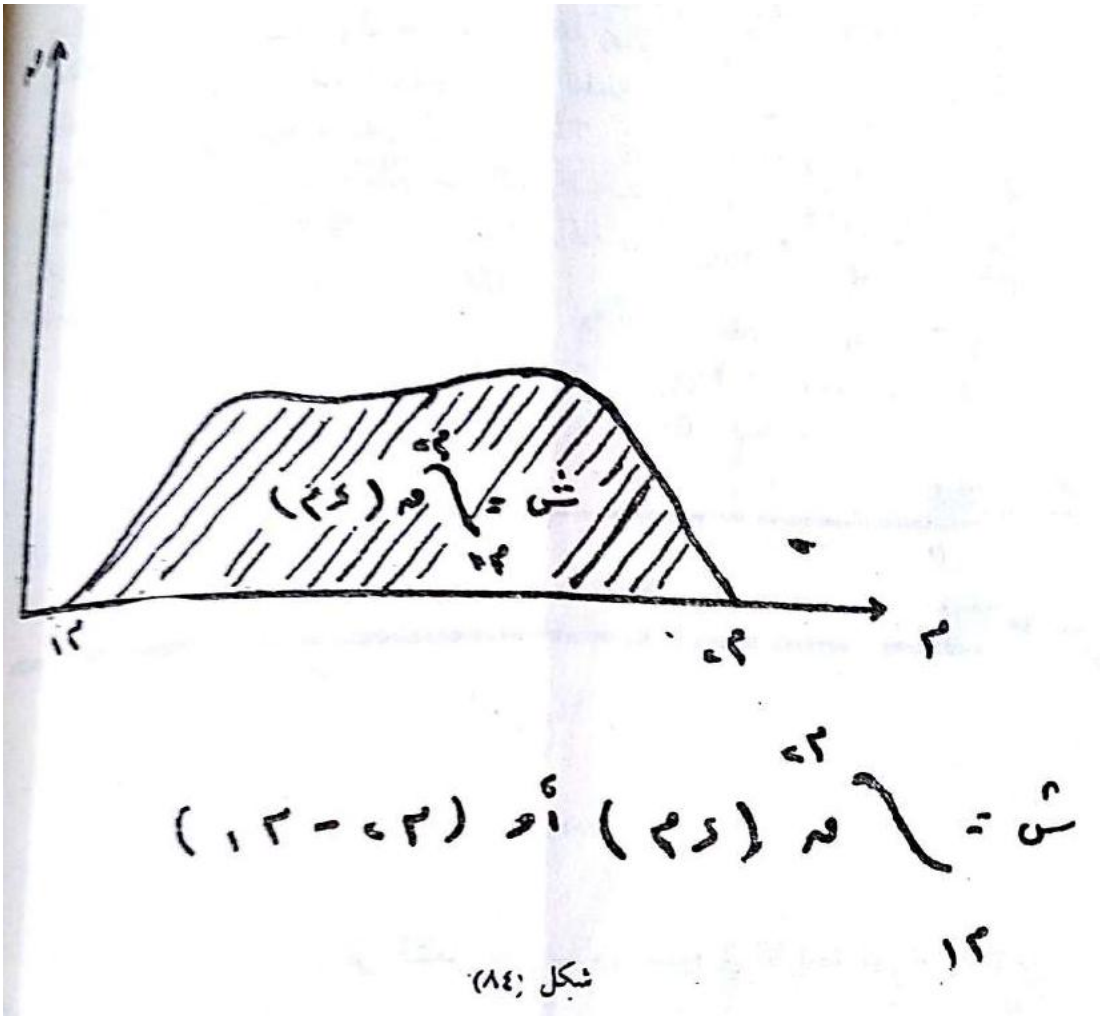
شكل (٨٣)

على ذلك يمكننا التعبير عن الشغل بانه يساوي القوة في الازاحة التي تحدث أي الشغل = القوة x الازاحة

ش = قي × ز ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (٣٣)

ويقاس الشغل بوحدات القوة ووحدات المسافة فيعبر عن القوة بوحدة النيوتن والمسافة بوحدة المتر فتكون وحدة الشغل (نيوتن - متر) ويطلق عليها (جول). وشان الشغل في الحركات الرياضية شأن دفع القوة التي أشرنا اليها في موضع سابق بان القوة متغيرة باستمرار. لذا يشار اليها بدالة القوة -الزمن، ويحدث الشئ نفسه في

الشـــغل اثناء الحركات الرياضـــية حيث أن القوة غير منتظمة فيمكن التعبير عن المسافة التي يتحركها الجسم بفعل تأثير القوة بدالة القوة – المسافة أي ان الشغل المنجز يساوي المساحة الواقعة تحت منحنى القوة - المسافة



شكل (٨٤)

مثال:-

ماهو مقدار الشـــغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة ٢٠ م عن موضعه الاصلي، وماهو مقدار الشغل اذا كانت المسافة التي تحركها

جسم هي 30 م

نطبق المعادلة 33

في الحالة الأولى

ش = 100 × 20

= 2000 جول

فيي الحالة الثانية

ش = 100 ×30

= 3000 جول

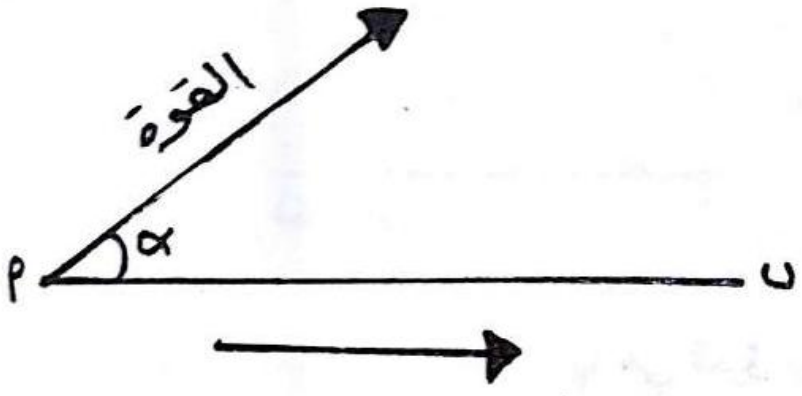
وعليه يكون الشغل المنجز في الحالة الثانية اكبر منه في الحالة الأولى لان مقدار الازاحة في الحالة الثانية كان اكبر.

ان في حالة الجسم الساقط من الأعلى باتجاه الأرض فان مقدار الشغل المبذول بفعل قوة الجذب الارضي (وزن الجسم) فان الشغل يساوى

الشغل = الوزن × المسافة العمودية (الارتفاع)

ش= و ×ع ..... (34)

يحدث في بعض الأحيان أن تكون حركة الجسم من نقطة إلى نقطة اخرى بفعل تأثير قوة لاينطبق خط عملها على مسار الازاحة بل تكون بزاوية معينة كما في الشكل



شكل (٨٥)

مقدار الشغل المبذول يساوي مقدار القوة في الأزاحة التي تحركها الجسم مضروبا في جيب تمام الزاوية بين القوة وخط الازاحة أي

ش = القوة x أب جتا الزاوية ..... (٣٥)

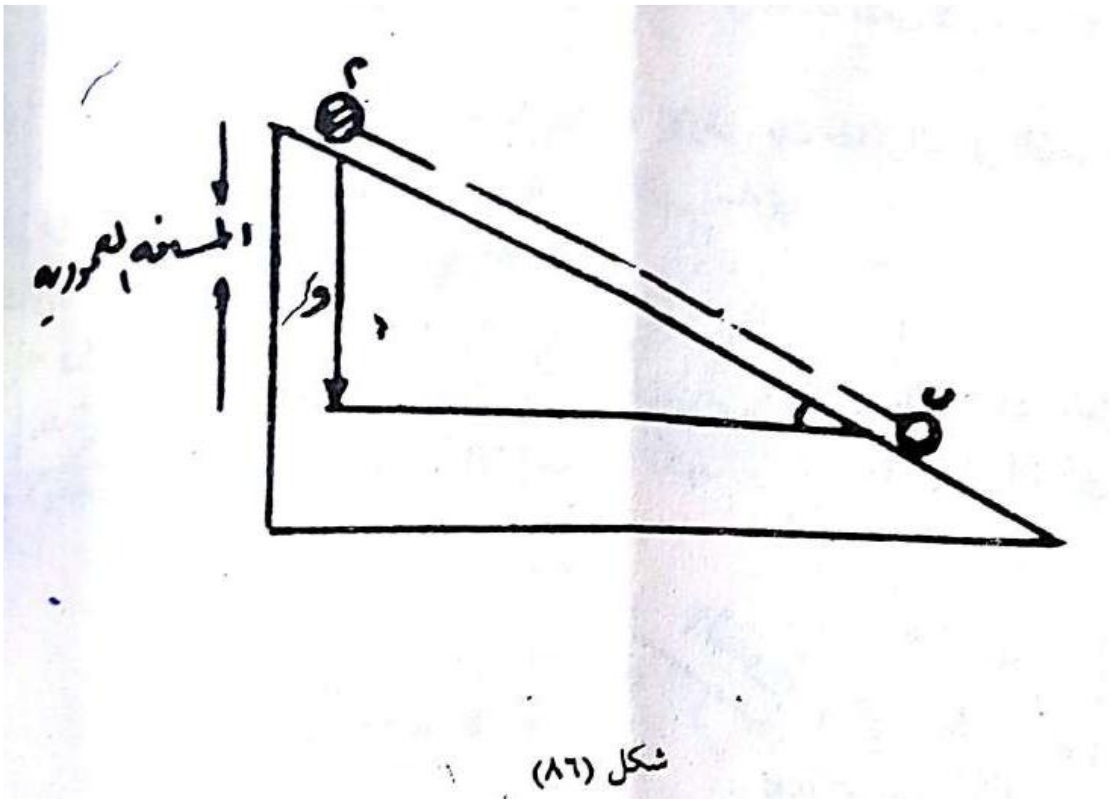
في الشكل اذا كان مقدار القوة 200 نيوتن والمسافة التي قطعها الجسم هي 10 متر فان مقدار الشغل يساوي

ش = 200 ×10 ×0.86

= 173 جول

استنادا الى ماتقدم فان مقدار الشغل المبذو يكون اكبر كلما كانت الزاوية المحصورة بين خط عمل القوة والازاحة صغيرة وبالعكس .

اذا حدثت الحركة بفعل تاثير القوة في سطح مائل وليس في سطح مستو فان الشغل في هذه الحالة يكون كالاتي كما في الشكل



شكل (٨٦)

ان المسافة العمودية التي تتحركها الكرة بفعل تاثير وزنها هي الفق بين موضع ثقل الكرة بين أ ، ب والمسافة هذه يمكنها استخراجها من خلال معرفة المسافة التي تقطعها الكرة على السطح والزاوية التي يصنعها مستوى السطح مع الخط الافقي كما مبين بالشكل فالشكل يساوي

ش = وزن الجسم × أ ب × حا الزاوية

القدرة Pawer

لقد عرفنا ان الشــغل هو عبارة عن المســافة التي يقطعها الجســم بفعل تأثير قوة معينة ولو اردنا ان ندرس العلاقة بين مقدار القوة المؤثرة والزمن الذي تؤثر فيه نأخذ المثال الاتي

لنفترض ان رباعين تمكنا من رفع ثقل وزنه ٢٠٠ نيوتن إلى ارتفاع متر واحد فكلاهما يكون قد انجز الشغل نفسه ولكن اختلافهما في زمن رفع الثقل الى الاعلى فالرباع انجز الشغل في ثانية واحدة بينما الرباع ب انجزه في ثانية ونصف الثانية فان التفاضــل بين هذين الرباعين هو ان أ أنجز الشــغل بفترة زمنية أقصــر وبناء على هذا نستطيع القول ان لديه قدرة اكتر من ب

فتكون قدرة الرباع أ $= \frac{200}{1} = 200$

بينما قدرة الرباع ب $= \frac{200}{1.5} = 133.3$

وتقاس القدرة بوحدة الشــغل (جول) مقســومة على وحدة زمن (ثانية) فتســمى وحدة القدرة واط

يمكننا اذن ان نعرف القدرة بانها (الشغل المنجز في وحدة الزمن)

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{القوة} \times \text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{\text{ق} \times \text{ز}}{\text{ن}} \quad \text{.....(36)}$$

بما ان $\frac{\text{ز}}{\text{ن}}$ **= تساوي السرعة معادلة رقم (1)**

اذن يمكننا صياغة قانون القدرة بالشكل الاتي

القدرة = القوة × السرعة

القدرة = ق × س ..... (٣٧) ..

استنادا إلى هذا القانون يمكننا أن نتوصل الى حقيقة مفادها ان فعل التاثير (القوة) يكون اكبر عندما تؤدي الحركة بسرعة (بفترة زمنية قصيرة) أي ان هناك تناسبا طرديا بين قدرة الشخص وسرعة الحركة.

يمكننا تطبيق هذا المبدا في كثير من فعالياتنا الرياضية حيث يوصي المدربون في فعالية رمي الثقل بأسرع مايمكن لنوضح ذلك اكثر من خلال المثال الاتي

لو استخدم الرامي أ قوة مقدارها 150 نيوتن لرمي ثقل بسرعة 6 متر / ثا بينما الرامي ب الذي استخدم قوة اقل كان مقدارها ١٠٠ نوت.ولكن بسرعة 9 متر / ثا. فنستنتج من هذا مايلي:

على الرغم من ان الشغل من وجهة النظر الميكانيكية مختلف في الحالتين لان المسافة التي قطعها الثقل ١٢ مترا لكل منهما واختلاف الفترة الزمنية الا ان القدرة لكل منهما متساوية

قدرة أ = 150 × 6 = 900 واط

قدرة ب = ١٠٠ × 9 = ٩٠٠ واط

لذا ينبغي على الرياضيين والمدربين أن يأخذوا هذا المبدأ بنظر الاعتبار من حيث الفترة الزمنية التي تتم فيها الحركة الفعلية كما في حركة النهوض في العالي والعريض حيث يجب ان تكون الفترة الزمنية قصيرة جدا كي يتحقق مبدأ القوة المميزة بالسرعة والتي ترمي الى استخدام اقصى قوة بأقصى سرعة، ومن الضروري أن يتمتع الرياضي بهذه الصفة وخاصة في الفعاليات التي تتطلب سرعة الحركة.

الطاقة Energy

هناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية عند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكية ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها الجسم باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة

يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الأداء فاذا كان عداء كتلته 100 كغم يركض بسرعة 6 متر/ ثا فانه يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت ســـرعته 8 م /ثا من هذا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة الاتية

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2$$

$$\text{ط ح} = \frac{1}{2} \text{ ك س}^2$$

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات سرعة (متر / ثانية) او (سم/ ثا) وتسمى بوحدة الجول أي وحدة قياس الشغل نفسها .

مثال

جســم وزنه 980 نيوتن يمتلك طاقة حركية مقدارها 19600 جول احســب ســرعة ذلك الجسم ؟

الحل

يجب أولا ان نحول الوزن الى كتله بتطبيق المعادلة 29

$$980 = \text{ك} \times 9.8$$

$$\text{ك} = 100 \text{ كغم}$$

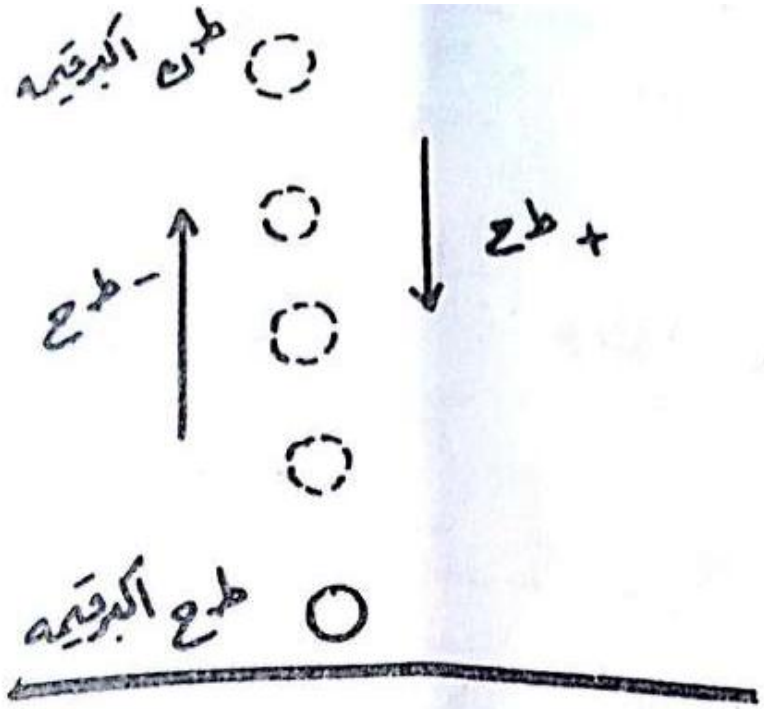
نطبق الان المعادلة 38

$$19600 = \frac{1}{2} \times 100 \times \text{س}^2$$

$$\text{س}^2 = 392$$

$$\text{س} = 19.8 \text{ متر/ ثانية تقريبا سرعة الجسم}$$

هناك نوع آخر من الطاقة الميكانيكية هو مايسمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات، ففي حالة رمي ثقل الى الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن ســـرعته اثناء الصـــعود تتناقص تدريجيا وعليه نقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول إلى شكل اخر يخزن في الجسم إلى أعلى نقطة عندئذ يصــبح مقدار الطاقة الحركية صــفرا اى تتحول بكاملها إلى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع



شكل (٨٧)

ويمكن أن يستدل على مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الي يمتلكها الجسم وهو في اعلى وضع من ضرب وزن الجسم في ارتفاعه أي

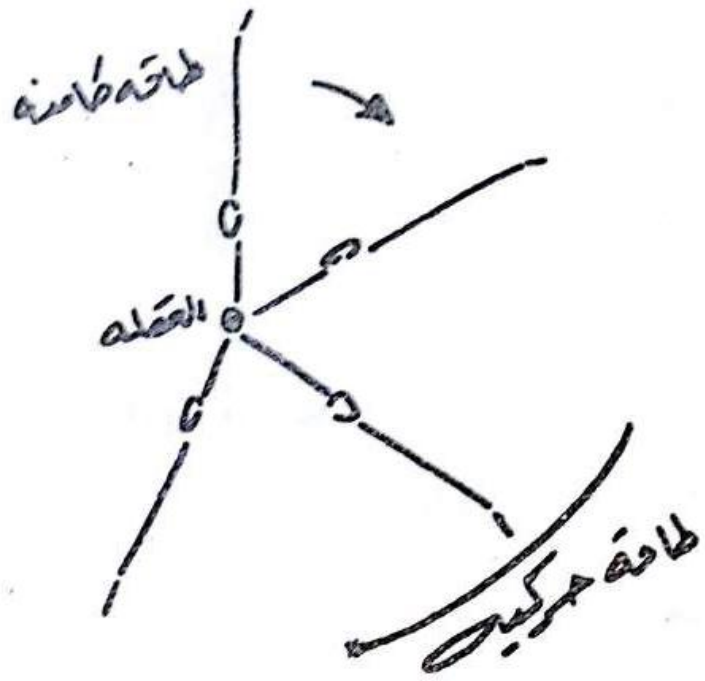
الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع

ط ك = و×ع ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (٣٩)

تقاس الطاقة الكامنة كنوع من انواع الطاقة الميكانيكية بالجول ايضـــا، أن تحول الطاقة من شـكل لاخر يتضـح في كثير من الحركات الرياضـية فلو درسـنا حركة لاعب الجمباز اثناء دورانه على العقلة كما في الشـكل (86) فعندما يكون اللاعب في حالة حركة فأنه يملك طاقة حركية وما أن يصـــل الى اعلى نقطة في حركته (وضع الوقوف على اليدين على العقلة) فأن جميع الطاقة التي يمتلكها تصبح طاقة كامنة من المبادئ الأساسية في الميكانيك هو ان تحول الطاقة من شكل إلى لاخر لا يقلل من قيمة الطاقة

الميكـانيكيـة الكليـة وهـذا مـاينص عليـه القـانون العـام للطـاقـة (الطـاقـة لاتفنى ولاتستحدث)

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = مقدار ثابت



شكل (٨٨)

في مثال حركة دوران اللاعب على العقلة فنتيجة للاحتكاك الذي يحدث بين قبضتي اللاعب وبار العقلة فأن جزءا من الطاقة يتحول إلى طاقة حرارية وبذلك تصـــبح المعادلة السابقة كالاتي

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية = مقدار ثابت

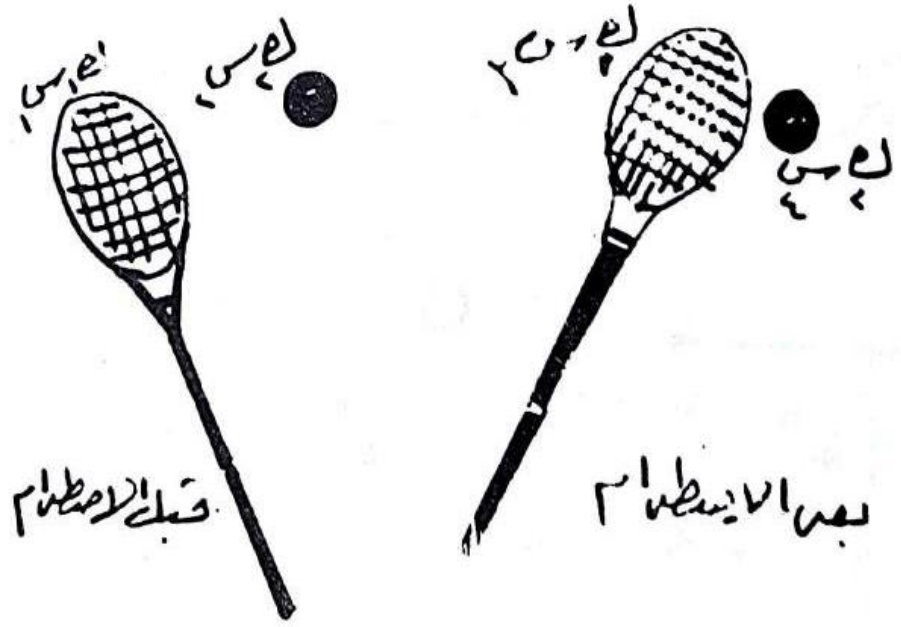
تمت الاســتفادة من هذا المبدأ ليس فقط في مجال تكنيك الحركة ووضــع الجســم بالشكل الذي يؤهله لاكتساب مقدار كبير من الطاقة الحركية من خلال زيادة سرعة اجزاء الجسم بل تعدى ذلك إلى استخدام هذه الأسس في تصنيع الاجهزة الرياضية التي اســهمت بشــكل كبير في تطور المســتوى الرقمي لكثير من الفعاليات ولعل تصـنيع عمود القفز بالزانة (العمود الزجاجي) هو خير مثال على ذلك فقد اسـتعمل العمود المعدني سـابقا كعتلة مجردة يسـتعين بها القنافز اثناء القفز، بينما يسـتخدم العمود الزجاجي في الوقت

مضـــرب التنس والكرة فمن المعروف ان كلا من المضـــرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتلتهما في سرعتهما فلو فرضنا ان كتلة المضرب ك1 وسـرعته قبل الاصـطدام س1 وكتلة الكرة ك2 وسـرعتها قبل الاصـطدام س2 فان مجموع كمية حركتها = ك1 س1 + ك2 س2 ولكن الذي يحدث بعد التصـــادم هو تغيير سـرعة المضـرب والكرة حيث تكون سـرعة المضـرب بعد التصـادم س3 وســـرعة الكرة س4 فان كمية حركتهما = ك1 س3+ ك2 س4 . مما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار مايفقده المضرب من سرعة اثناء اصطدامه بالكرة تكتسبه الكرة أي الزيادة الحاصلة في سرعتها وعلى هذا يمكننا القول

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

ك1س1 + ك2 س2 = ك1س3+ ك2س4 ..... (40)

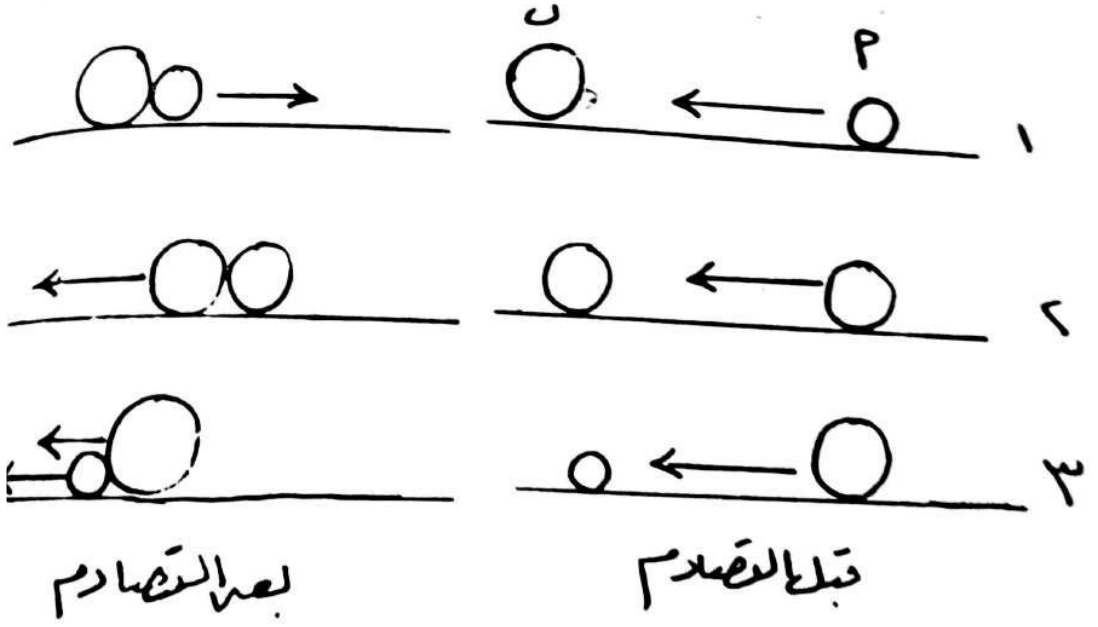
يفهم من المعادلة السـابقة بان كمية الحركة تبقى مقدارا ثابتا ففقدان جزء من كمية حركة احد الجسمين يكتسبه الجسم الاخر .



شكل (٩٠)

يتاثر التصـادم الحاصـل بين جسـمين بطبيعة الاجسـام المتلامسـة فنجد ان نتيجة التصـادم بين كرة وارض مرنة تختلف عن نتيجة عندما يحدث سـطوح او اجسـام عديمة المرونة ففي الحالة الأولى نجد ان سـرعة الكرة قبل التصـادم قد تسـاوي او اكبر من سـرعتها بعد ذلك ويتوقف هذا على مقدار مرونة الاجسـام المصـطدمة بعضـها مع بعض ويعبر عن النسـبة بين سـرعة الجسـم بعد التصـادم وسـرعته قبل بعامل الارتباط فنجد ان هذا المعامل تبلغ قيمته صـفرا في حالة حدوث التصـادم بين سطوح اجسام غير مرنة .

يعتمد التصـادم أيضـا على كتلة الاجسـام المصـطدمة ببعضـها لتوضـيح ذلك ندرس الحالات الثلاث الاتية



شكل (٩١)

ان التصـادم الحادث في الحالات الثلاث السـابقة بين كرة ثابتة وأخرى متحركة ففي الحالة (١) اذا كانت كتلة الكرة أ اصغر من ب فان اتجاه حركة الكرة أ يكون بالاتجاه المعاكس في الحالة (٢) عندما تكون كتلة أ بنفس كتلة ب فبعد التصـــادم نجد ان الحركة تنتقل من أ الى ب بحيث تبقى أ سـاكنة. أما الحالة (3) عندما تكون كتلة أ اكبر من ب فنجد ان الحركة بعد التصـادم تسـتمر بالنسـبة إلى الكرتين باتجاه حركة الكرة الكبيرة نفسه .

8-الضغط Pressure

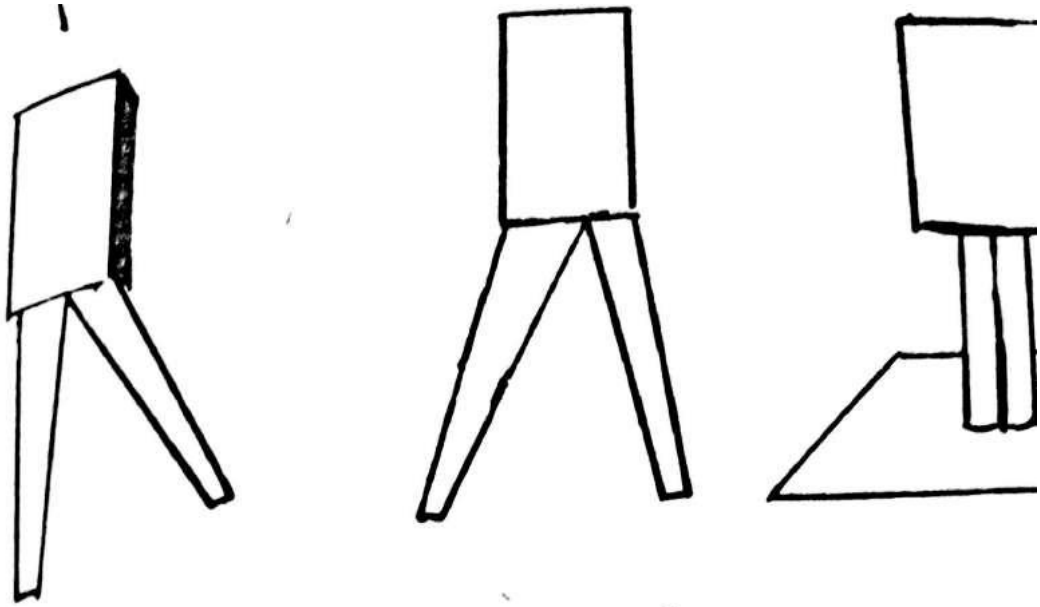
و

سبق أن درسنا مواصفات القوة وكانت نقطة تأثيرها هي احدى هذه المواصفات فاذا اثرت قوة في جســم وكانت نقطة تاثيرها أي المســاحة التي يقع عليها التاثير الفعلي للقوة صغيرة فأن الضغط المتولد نتيجة القوة يكون كبيرا، يفهم من هذا أن النســبة بين القوة المؤثرة والســـاحة التي تؤثر فيها القوة من وجهة النظر الميكانيكية تسمى الضغط

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{مس}} \quad \text{.....} \quad (41)$$

لو قارنا بين ثلاث حالات يقف فيها شخص على ارض رخوة حيث يقف في الحالة الأولى على رجل واحدة وفي الحالة الثانية على كلتا رجليه وفي الثالثة على لوح خشب وكانت القوة التي يسلطها 600 نيوتن



شكل (٩٢)

من الشكل السابق نستنتج ان الضغط في الحالة أ هو اكبر من الحالات الأخرى ب اكبر من جـ لان

أ عندما تكون المساحة التي يستند عليها الشخص هي 30 سنتمتر مربع

= 20 نيوتن / سم 2

٢٠٠٠٠ جول في الحالة الثانية

كانت المساحة 40 سنتمتر مربع

ض = $\frac{600}{400}$ = 15 نيوتن / سم ^{2}

وفي الحالة الثالثة اذا كانت المساحة 100 سنتمتر مربع

ض = $\frac{600}{100}$ = 6 نيوتن / سم ^{2}

نســـتنتج من هذا أن القوة تكون في اكبر حالات تأثيرها عندما تتركز في مســـاحة صـغيرة جدا لهذا نجد أن لاعبي كرة القدم يعمدون الى وضـع واقيات السـاق تفاديا لخطورة القوة التي قد يتعرض اليها من الخضـــم والتي تؤدي فيما اذا تركزت في نقطة معينة عن السـاق الى الكسـر فيكون الهدف من اسـتعمال الواقيات هو توزيع القوة على مساحة كبيرة من الساق وبالتالي تخفيف حدة الضربة.

اسئلة للمراجعة

1- ماهي العلاقة بين القوة التي يبذلها الرياضي والشغل المنجز
2- مم تتكون وحدات الشغل وماذا يطلق عليها ؟
3- في المجال الرياضي تكون القوة المستخدمة متغيرة دائما اذكر القانون الميكانيكي الذي يمكنك حساب الشغل من خلاله
4- ما مقدار الشغل الذي ينجزه جسم يسقط من ارتفاع ١٠م ويبلغ وزن ذلك الجسم 200 نيوتن
5- و ما مقدار الشغل الذي ينجزه الجسم في المثال السابق اذا كان على سطح منحدر وكانت المسافة التي يقطعها على سطح المنحدر ٢٠ م علما أن زاوية ميلان المنحدر مع الافقي 25 درجة ؟
6- ماذا يقصد بالقدرة ؟
7- ماهي اهمية مفهوم القدرة في فعاليات الرمي ؟
8- رامي ثقل يسلط قوة مقدارها ٥٠٠ نيوتن ليرميه الى مسافة أفقية مقدارها 20م بزمن قدره 1.5 ثانية احسب قدرة ذلك الرامي.
9- ما الفرق بين الطاقة الكامنة والطاقة الحركية ؟
10- جسم وزنه ٩٨٠ نيوتن ينطلق بسرعة مقدارها 10 م / ثا احسب مقدار الطاقة الحركية لذلك الجسم
11- فائز زانة وزنه ٨٠٠ نيوتن يسقط من ارتفاع 5.80 مترا احسب مقدار الطاقة الكامنة التي كان يمتلكها القافز وهو في اعلى نقطة
12- للطاقة مقدار ثابت. ناقش هذه العبارة .
13- تم الاستفادة من خاصية انطواء العمود الزجاجي في القفز بالزانة. علل ذلك ؟
14- يتوقف مقدار الاصطدام على كتلة وسرعة الاجسام التي تصطدم بعضها مع بعض ناقش ذلك.
15- اذكر قانون الضغط.
16- يستعمل لاعب كرة القدم واقيات الساق. علل ذلك.