الفصل العاشر

علم الحركة الخطي لحركة الإنسان

LINEAR KINETICS OF HUMAN MOVEMENT

بعد إكمال هذا الفصل سيكون القارئ قادرا على :

- ✓ تحديد قوانين الحركة والجاذبية (نيوتن) ووصف التوضيحات العملية للقوانين.
- ✓ توضيح العوامل التي تؤثر على الاحتكاك ودور الاحتكاك في الفعاليات اليومية والرياضية.
- ✓ تعريف الحافز أو الدافع والزخم وتوضيح العلاقة بينهم.
- ✓ توضيح ما هي العوامل التي تحكم ناتج التصادم بين جسمين
- ✓ مناقشة العلاقات الداخلية بين العمل الميكانيكي ، القدرة ، والطاقة .
- ✓ حل المسائل الكمية التي تتعلق بأفكار علم الكينتك.
- ✓ ما الذي يمكن ان يفعله الناس لتحسين الاحتكاك الالتصاقي عندما يسيرون على شوارع جليدية؟
- ✓ لماذا ترتد بعض الكرات على سطح أعلى مما ترتد على سطح أخر؟

قوانين نيوتن NEWTONS LAWS

اكتشف العالم إسحاق نيوتن (1642 – 1727) العديد من العلاقات الأساسية التي يمكن ان تشكل أساس الميكانيكا الحديث ، تسلط هذه المبادئ الضوء على العلاقات الداخلية بين كميات الكينتك الأساسية المقدمة في الفصل الثاني.

قانون القصور الذاتي low of Inertia

يعرف القانون الأول لنيوتن بقانون القصور الذاتي وحالات هذا القانون هي التالية :

(إن الجسم يبقى في حالة الثبات أو السرعة الثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته). بمعنى آخر فان الشئ غير المتحرك سيبقى غير متحرك ما لم تكن هناك قوة (لا تتأثر عكسيا بقوة أخرى) تؤثر على ذلك الشئ بنفس الطريقة فان الجسم المتحرك بسرعة ثابتة على طول مسار مستقيم سيواصل حركته بسرعة ثابتة ما لم يتأثر بقوة تعمل على تغيير سرعته أو اتجاه حركته.

يبدو بديهيا بان المادة في حالة السكون (دون حركة) ستبقى دون حركة تحد من تأثير بعض القوى. نفترض ان قطعة من الأثاث مثل الكرسي سيبقى في موضع ثابت ما لم يدفع أو يسحب بواسطة شخص يعطي قوة تسبب حركة الكرسي . عندما يتحرك جسم معين بسرعة ثابتة فان سن قانون القصور الذاتي لن يكون واضحا في اغلب الأحيان. فالقوى الخارجية لا تؤثر في تقليل السرعة.فعلى سبيل المثال فان قانون القصور الذاتي يدل ضمنيا على ان المتزلج على الجليد سيستمر في تزلجه بنفس السرعة والاتجاه مقللا من تأثير القوى

الخارجيــة، فحقيقــة إن الاحتكــاك ومقاومــة الهــواء همــا قوتــان طبيعيتــان تؤثران في بطا المتزلجين وفي الأجسام المتحركة الأخرى.

يملك الزلاج ميلا للاستمرار بالانزلاق بسرعة واتجاه ثابت بسبب عزم القصور الذاتي

قانون التعجيل law of Acceleration

يعبــر القــانون الثــاني لنيــوتن عــن العلاقــات الداخليــة بــين القــوة ،الكتلــة والتعجيــل هــذا القــانون يعــرف بقــانون التعجيــل ويحــدد كــالأتي لجســم بكتلة ثابتة :

(تســبب القــوة المســتعملة علــى جســم تعجــيلا لــذلك الجســم مقــداره يتناســب الــى القــوة المســتعملة وباتجــاه القــوة وعكســيا مــع كتلــة الجســم) .فعنــدما ترمــى كــرة تضــرب أو تطلــق بواســطة أداة فإنهــا تميــل الــى ان تتحــرك باتجــاه خــط تــأثير القوة المســتعملة بــنفس الشــكل فــان المقــدار الأكبــر للقــوة المســتعملة هــو مقــدار الســرعة التــي تمتلكهــا الكــرة وان التعبيــر الجبــري للقــانون هــو صــيغة معلومــة جيــدا، تعبــر عــن العلاقــات الكميــة بــين القــوى المستعملة ، كتلة الجسم والتعجيل الناتج للجسم :

القوة = الكتلة × التعجيل

ولهذا فان ضرب كرة تزن 1 كغم بقوة 10 نيوتن فان التعجيل الناتج للكرة هو 10 م/ث2 أما إذا كان للكرة كتلة بمقدار 2 كغم فان استمال نفس القوة 10 نيوتن سينتج تعجيلا بمقدار 5 م/ث2.

يستعمل القانون الثاني كذلك في حركة الجسم ،فعندما يركض لاعب كرة القدم المدافع الى عمق الساحة فانه يحجز بواسطة لاعب مقابل وان سرعة انطلاق اللاعب المدافع التي تأتي بعد الالتحام تؤدي وظيفة اتجاه اللاعب الأصلي والسرعة والاتجاه ومقدار القوة المبذولة بواسطة اللاعب المهاجم.

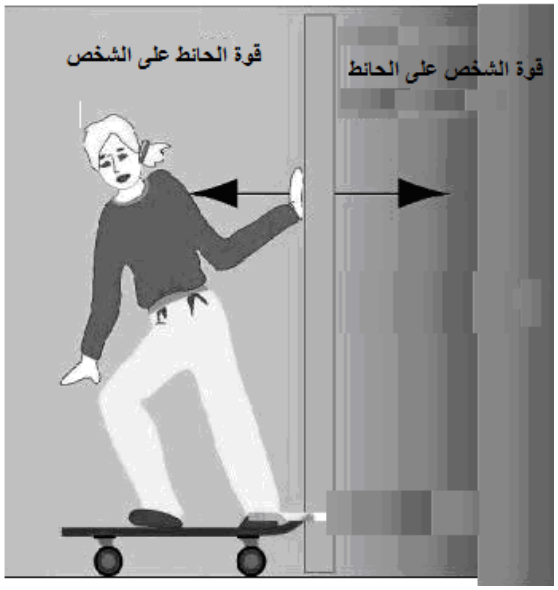
أن مقدار واتجاه تعجيل كرة القدم هو وظيفة مباشرة للقوة المستعملة بواسطة ضارب الكرة

قانون رد الفعل law of Reaction

القانون الثالث للحركة يعبر عن إن كل قوة مستعملة تكون مصحوبة بقوة رد فعل، لكل فعل هناك رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس بالاتجاه. في مصطلحات القوى يحدد القانون كالأتي:

(عندما يبذل جسم قوة على جسم آخر فان الجسم الآخر يبذل قو رد فعل مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه على الجسم الأول).عندما ينحني شخص بيد مقابل جدار صلب فان الجدار يدفع الى الخلف على اليد بقوة مساوية ومعاكسة للقوة المبذولة على الجدار بواسطة اليد بشكل أقوى عندما تدفع الى الجدار بقوة اكبر فإننا سنشعر بكمية اكبر من الضغط من خلال سطح اليد.

توضيح آخر لهذا القانون موجود في (شكل 1-10).



درس الباحثون رد فعل القوى المزودة بواسطة الأرض والتي تصبح محكومة مع نزول قدم عند الركض لمعرفة أسباب الإصابات

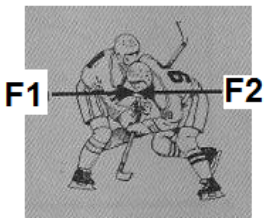
المتعلقة بالركض. فمقدار المركبة الأفقية لقوة رد فعل الأرض عند الركض تشكل ضعفي أو ثلاث إضعاف وزن جسم العداء بطريقة القوة المقيدة عند الاتصال بالأرض والتي تختلف باختلاف أسلوب العدو.

صنف كافاناخ (Cavanagh) ولوفورتن (Lofortune) كعداءين يمدون القدم الخلفية ، القدم الوسطى أو القدم الأمامية بالاعتماد على اتصال الجزء الامامي من الحذاء بالارض.الأساليب الأفقية النموذجية لمطلقي الساق الخلفية والآخرون موضحة في شكل(2-10).

إن العوامل التي تؤثر على الأساليب تتضمن سرعة الركض ونوع الحذاء وسطح الأرض حيث إن نوع أحذية العدائين بأنواعها المختلفة تأثير كبير على أساليب الركض.

- ✓ إن قانون رد الفعل يعطي حقيقة بأنه حتى عندما تكون الأجسام في حالة التحام فأنها تكون بكتل مختلفة.
- ✓ بما إن قوة رد فعل الأرض هي قوة مؤثرة خارجية على جسم الإنسان،فان مقدارها واتجاها يوثران على سرعة الجسم.

شكل (1-10) يمثل لاعب هوكي جليد بوزن 90 كغم يصطدم بلاعب آخر يزن 80 كغم ففي حالة بذل اللاعب الأول قوة 450 نيوتن على اللاعب الثاني . فما مقدار القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول.



المعلوم :

ك1 = 90 كغم

ك2 = 80 كغم

F1 = 450 نيوتن

لا تتطلب هذه المسالة حساب فطبقا للقانون الثالث لنيوتن فلكل فعل هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه .فإذا كانت القوة الأولى المبذولة بواسطة اللاعب الأول على اللاعب الثاني مقدارها 450 نيوتن بالاتجاه المعاكس فان القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول 450 نيوتن كذلك وبالاتجاه المعاكس.

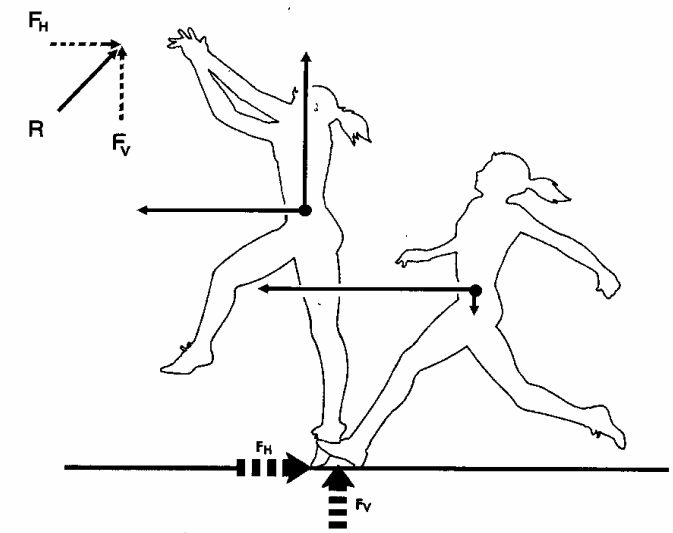
الحل/ لا تتطلب هذه المسالة عملية حسابية فطبقا للقانون الثالث لنيوتن فلكل فعل هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه .فإذا كانت القوة الأولى المبذولة بواسطة اللاعب الأول على اللاعب الثاني مقدارها 450 نيوتن بالاتجاه المعاكس فان القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول 450 نيوتن كذلك وبالاتجاه المعاكس.

بالتطابق مع القانون الثالث لنيوتن تكون قوى رد فعل الأرض ثابتة مع كل نزول للقدم خلال الركض

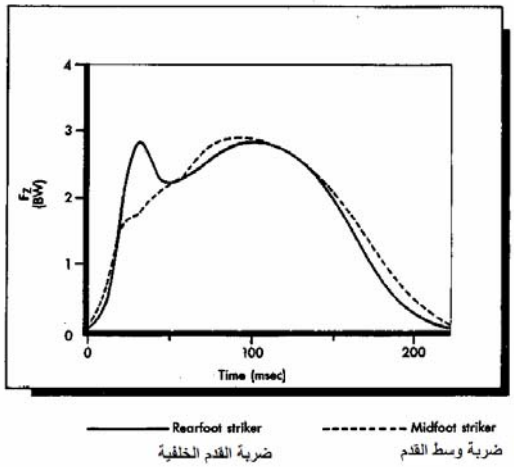
بما إن فعل الأرض هو عبارة عن قوة خارجية على الجسم فان مقدارها واتجاهها لهما مضامين ليس فقط بالنسبة للإصابة ، ولكن بالنسبة للانجاز في مختلف السباقات الرياضية مثلما هو الحال في الوثب العالي فعلى سبيل المثال يتحرك الرياضيون المهرة بسرعة انطلاق عمودية كبيرة وسرعة انطلاق أفقية خفيفة إلى الأسفل في بداية المشي بخطوات واسعة قبل الارتقاء.

ان قوة رد الفعل تقلل من سرعة الانطلاق الافقية للقافز وتولد سرعة انطلاق عامودية متجه الى الأعلى شكل(2-10).حيث إن قافزي العالي المهرة لا يدخلون مرحلة الارتقاء عند القفز بسرعة انطلاق عالية حسب ولكن كذلك باستخدام فعال لقوة رد الفعل لتحويل سرعة الانطلاق الأفقية إلى سرعة انطلاق عمودية نحو الأعلى.

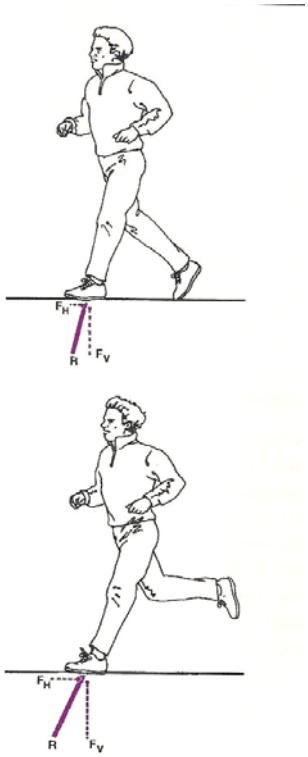
يعمل العداءون على زيادة طول الخطوة عندما تزداد سرعة الركض فوق البطئ لتتكيف مع معدل السرعة. فالخطوات الطويلة تميل الى المساهمة في توليد رد فعل لمركبتين عموديتين تعيقان الحركة بشكل كبير شكل3-10، وهذا واحد من الأسباب التي يكون فيها نتيجة الخطوات الواسعة نتيجة معاكسة.



شكل (2-10)عند الارتقاء في القفز العالي، تساهم المركبات الافقية F_H لقوة رد الفعل في تقليل سرعة الانطلاق العمودية للقافز، وتساهم المركبة العمودية F_V في سرعة الارتقاء العمودي.



شكل (3- 10) يوضح أساليب رد الفعل النموذجية للاعبين الذين يبدءون بالقدم الخلفية والآخرون فيمكن ان يصنف العداون بالذين يبدوان بالقدم الخلفية ،الوسطى،أو القدم الأمامية حسب جزء الحذاء الذي عادة ما يتصل بالأرض أولا".



شكل(4-10) يزيد استخدام الخطوة الأطول خلال الركض المركبة العمودية العائقة لقوة رد فعل الأرض بالتطابق مع القانون الثالث لنيوتن تكون قوى رد فعل الأرض ثابتة مع كل نزول للقدم خلال الركض .

قانون الجاذبية الأرضية law of Gravitation

إن اكتشاف قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الأرضية كان واحدا من اكبر المساهمات في الثورة العلمية ويعتبر علامة بداية العلم الحديث من قبل الكثير من المختصين.

وطبقا لأفكار نيوتن الأسطورية عن الجاذبية الأرضية والتي أثيرت من خلال ملاحظة سقوط التفاحة أو عن طريق حقيقة الضرب على رأسه بتفاحة

ساقطة.ففي كتاباته عن الموضوع استخدم مثل التفاحة الساقطة لتوضيح المبدأ الذي يقول بان كل جسم يجذب من جسم آخر. حدد قانون الجاذبية لنيوتن التالي (تجذب جميع الأجسام الى الأجسام الأخرى بقوة تتناسب مع حاصل كتلتها وتتناسب عكسيا مع المسافة بين هذه الأجسام):

حدد القانون جيدا كالأتي :

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \qquad \text{ق}_{\text{ج}} = \text{ج} \frac{\text{ك}_1 \text{ك}_2}{\text{ز}^2}$$

قوة الجذب الأرضي هي Fg ، G رقم ثابت ، m2،m1 هي كتل الأجسام ،d2 هي المسافة بين مركزي كتلة الجسمين .أشار قانون الجاذبية لنيوتن لمثل سقوط التفاحة انه بينما تجذب الأرض التفاحة فان التفاحة تجتذب الأرض إليها كذلك.على الرغم من البعد القليل جدا.

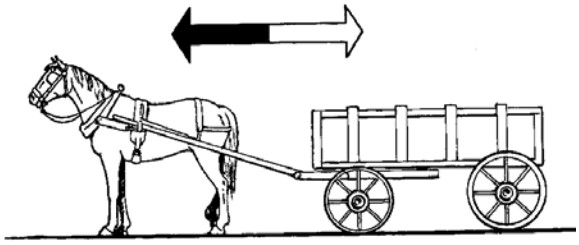
وبينما توضح صيغة قوة الجذب الأرضي،الكتلة الأكبر بين الجسمين قوة الجذب الأكبر بين الاثنين فبنفس الشكل توضح المسافة الأكبر بين الجسمين،المسافة الأصغر بينهما.

من خلال الاستخدامات البيوميكانيكية فان نتيجة قوة جذب الأرض هي تلك المتولدة بواسطة الأرض نتيجة لكتلتها الضخمة جدا.ان معدل تعجيل قوة الجذب الأرضي التي تجذب عندها الأجسام نحو سطح الأرض هو(9,81م/ث2) استنادا الى كتلة الأرض والمسافة إلى مركزها.

السلوك الميكانيكي للأجسام عند الاتصال

MECHANICAL BEHAVIOR OF BODIES IN CONTACT

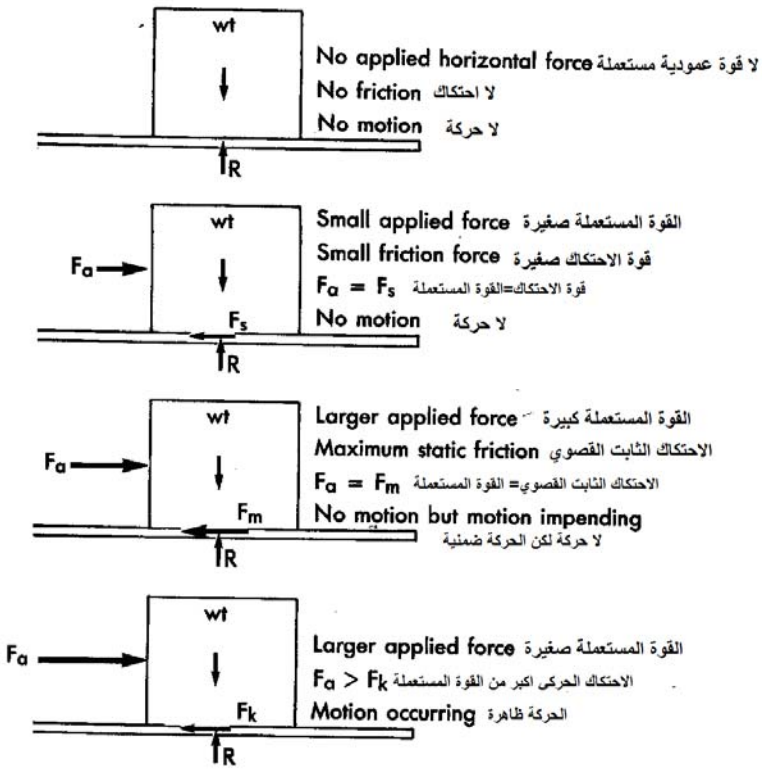
استنادا إلى قانون الحركة الثالث لنيوتن،هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه وبناءا على ذلك فالحصان المربوط بعربة عندما يبذل قوة على العربة لتسبب الحركة الى الأمام فان العربة بنفس الوقت تعطي قوة الى الخلف بمقدار مساو أو معادل على الحصان شكل (5–10) على اعتبار ان الحصان والعربة لهما نظام حركي واحد ،فإذا كانت القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه فمحصلة المتجه ستكون صفرا . فكيف يحرك نظام العربة والحصان الحركة الى الأمام والجواب يرتبط بوجود قوة أخرى تؤثر بمقدار مختلف على العربة عنه عن الحصان وهي قوة الاحتكاك.



شكل(5–10) عندما يحاول الحصان سحب العربة للأمام فان العربة تبذل جهد مساوي لقوة جهد الحصان ولكن بالاتجاه المعاكس وفقا لقانون نيوتن الثالث.

الاحتكاك Friction

الاحتكاك القوة التي تحدث عند تحرك سطحين متلاصقين باتجاهين متعاكسين لاتجاه الحركة أو الحركة وشيكة الحدوث ،ولان الاحتكاك هو قوة إذن فهو يحسب بوحدات القوة، ان قيمة أو مقدار قوة الاحتكاك المتولد تحدد السهولة أو الصعوبة النسبية لحركة مادتين عند الاتصال.

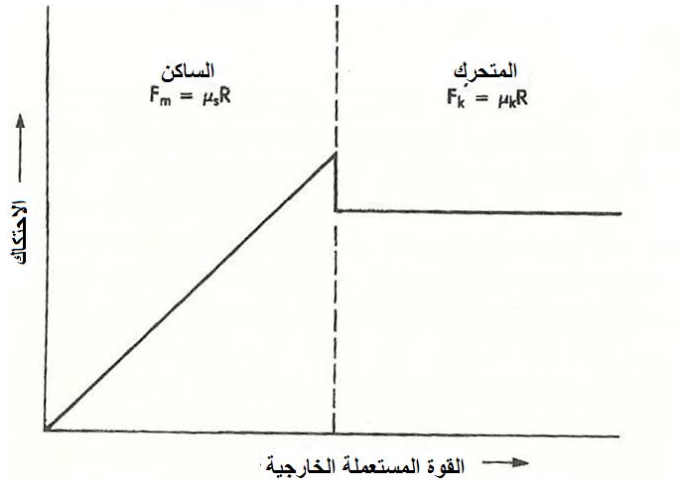


شكل 6–10 إن قيمة أو مقدار قوة الاحتكاك المتولد تحدد السهولة أو الصعوبة النسبية لحركة مادتين عند الاتصال.

فيما يتعلق بمثال صندوق فوق طبلة أو منضدة مستوية (شكل 6–10) فان القوتين اللتين تؤثران على الصندوق غير الموزع هما وزنه وقوة رد الفعل المستعملة بواسطة المنضدة .ففي هذه الحالة تكون قوة رد الفعل مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه لوزن الجسم.

عند استعمال القوة العمودية الصغيرة جدا الى الصندوق فسيبقى دون حركة. يمكن أن يحافظ الصندوق على وضعه الساكن لان القوة المستعملة تؤدي الى توليد قوة الاحتكاك على الصندوق/ المنضد والتي

تكـون مسـاوية بالمقـدار ومعاكسـة بالاتجـاه للقـوة الصـغيرة المسـتعملة .وبينمـا يصـبح مقـدار القـوة المسـتعملة اكبـر واكبـر فـان مقـدار قـوة الاحتكـاك المضـادة أيضـا سـيزداد إلـى نقطـة حاسـمة وكبيـرة .تلـك النقطـة التـي تمثـل قـوة الاحتكـاك ويصـطلح عليهـا بالاحتكـاك القصـوى الثابـت(Fm) أمـا فـي حالـة زيـادة مقـدار القـوة المسـتعملة بعـد هـذا المقـدار فسـتحدث الحركـة (سـينزلق الصـندوق) مـا ان يكـون الصـندوق فـي حالـة حركة،سيسـتمر تـأثير قـوة الاحتكـاك المضادة.يشـار إلـى قـوة الاحتكـاك الموجـودة عنـد الحركـة ،بالاحتكـاك الحركـي(Kinetic Friction) (Fk). تبقـى قيمـة الاحتكـاك الحركـي فـي مقـدار ثابـت اقـل مـن قيمـة الاحتكـاك الثابـت القصـوي. بغـض النظـر عـن كميـة القـوة المسـتعملة أو سـرعة الحركة التي تحدث فان قوة الاحتكاك الحركي ستبقى ذاتها.



شكل(7–10) طالما يكون الجسم ثابتا فان مقدار قوة الاحتكاك تكون مساوية للقوة الخارجية المستعملة عندما تبدأ الحركة ، فان مقدار قوة الاحتكاك تبقي بمستوى ثابت دون الاحتكاك الثابت القصوي.

سؤال يتبادر إلى الذهن ما هي العوامل التي تحدد كمية القوة المستعملة المطلوبة لتحريك مادة معينة؟

فمطلوب قوة اكبر لتحريك ثلاجة منها لتحريك صندوق فارغ في الثلاجة المنقولة.كذلك نحتاج الى قوة اكبر لتحريك ثلاجة لأرضية مغطاة بالكاربت منها على الأرضية المغطاة بالمشمع الرقيق.هنالك عاملان يحكمان مقدار قوة الاحتكاك الثابت الأقصى أو الاحتكاك الحركي في أي حالة. يشار إلى معامل الاحتكاك بالحرف الإغريقي الصغير (μ) وقوة رد الفعل العمودية (R).

$$F = \mu$$
$$R$$

إن معامل الاحتكاك هو رقم دون وحدة يشير إلى السهولة النسبية للانزلاق أو مقدار التفاعل الجزيئي الحركي بين السطحين المتصلين وان العوامل التي تؤثر على قيمة معامل الاحتكاك هي سطوح الاتصال الغير رقيقة ونوع التفاعل الجزيئي بين السطوح.

شكل 8– 10 يكون معامل الاحتكاك الساكن بين الزلاجة والجليد 0,18 مع معامل احتكاك 0,15 وزن جسم 250 نيوتن جالس على الزلاجة تزن 200 نيوتن فما هي القوة المتجهة بشكل مواز إلى السطح العمودي المطلوب لبدء الزلاجة بالحركة ؟ ما هي القوة المطلوبة للمحافظة على حركة الزلاجة؟

المعلوم :

$0,18 = \mu_s$

$0,15 = \mu_k$

ن = 250 نيوتن + 200 نيوتن

الحل :

لبدء الزلاجة بالحركة فيجب ان تتجاوز القوة المستعملة قوة الاحتكاك الساكنة القصوى .

الاحتكاك القصوي F_m = معامل الاحتكاك الساكن × قوة رد الفعل

$= (0,18)\ (250+200)$

= 81 نيوتن

يجب أن تكون القوة المستعملة اكبر من 81 نيوتن .

للمحافظة على الحركة فيجب أن تساوي القوة المستعملة قوة الاحتكاك الحركية :

F_k = معامل الاحتكاك الحركي × قوة رد الفعل

$= (0,15)(200 + 250)$

= 67,5 نيوتن

يجب أن تكون القوة المستعملة على الأقل 67,5 نيوتن .

- ✓ الاحتكاك الحركي kinetic friction: المقدار الثابت الذي يتولد بين سطحي الاتصال عند الحركة.
- ✓ الاحتكاك الثابت القصوي maximum static friction: مقدار الاحتكاك الأقصى الذي يمكن ان يتولد بين السطحين الثابتين.
- ✓ معامل الاحتكاك coefficient of friction:عبارة عن رقم يؤدي وظيفة لمعرفة مدى التفاعل بين سطحي الاتصال.
- ✓ قوة رد الفعل الاعتيادية normal reaction force : وهي عبارة عن القوة التي تأثر عموديا على السطحين المتصلين.

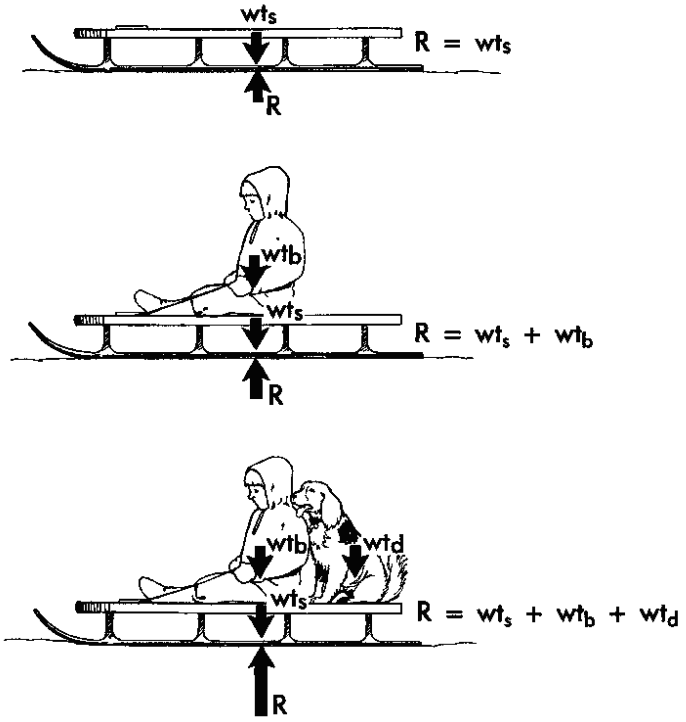
إن التفاعل الجزيئي والحركي الأكبر هو القيمة الأكبر لمعامل الاحتكاك فعلى سبيل المثال فان معامل الاحتكاك بين جدارين مغطيان بورق رملي خشن هو اكبر من معامل الاحتكاك بين الزلاجة وسطح

جليدي رقيق حيث إن معامل الاحتكاك يعبر عن التفاعل بين سطحي الاتصال وغير واصف لأحدهما.

إن معامل لوحة التزلج عند الاتصال بالجليد تختلف عن معامل نفس الزلاجة عند اتصالها بقطعة من الخشب ومن ناحية أخرى فان معامل الاحتكاك بين سطحين يفرض واحد أو اثنان من القيم المختلفة بالاعتماد على اعتبار أن الأجسام في حالة اتصالها ثابتة غير متحركة(static) أو في حالة حركة (kinetic) ويعرف المعاملين بمعاملي الاحتكاك الساكن (μs) ومعامل الاحتكاك المتحرك (μk) وتعتمد قيمة الاحتكاك الساكن القصوى على معامل الاحتكاك الساكن Fm = R .

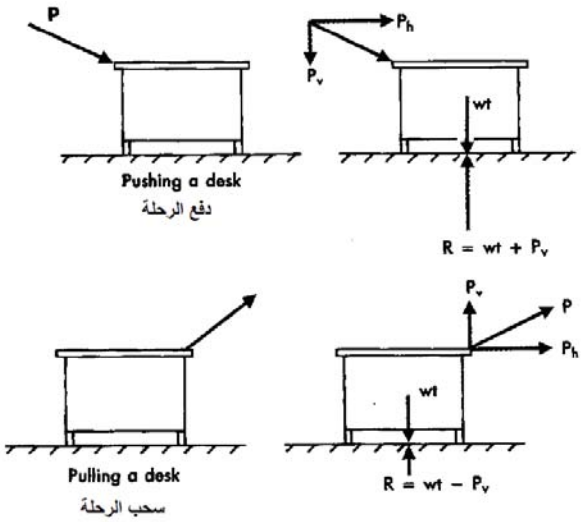
أما قيمة الاحتكاك الحركي فتعتمد على معامل الاحتكاك المتحرك Fk = R .

في كل جسمين متصلين فان معامل الاحتكاك الحركي(μk) اقل دائما من معامل الاحتكاك الساكن (μs) بنسبة 0,003 سجلت بين زلاجة السباق وتزلج الجليد لمعالج بصورة صحيحة تحت ظروف جيدة.ان استخدام المعاملين الساكن والمتحرك موضحتين في شكل(8-10).



شكل (9–10) عندما يزداد الوزن تزداد قوة رد الفعل الطبيعية.

من العوامل الأخرى التي تؤثر على قيمة قوة الاحتكاك المتولدة هي قوة رد الفعل الطبيعية. ففي حالة كون القوة الأفقية هي القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم الموضوع فوق سطح عمودي ستكون قوة رد الفعل مساوية الى الوزن فإذا كانت المادة مزلجة تحمل فوقها عربة بوزن 100 كغم فان قوة رد الفعل تكون مساوية الى وزن الزلاجة زائدا وزن العربة. قوى أخرى متجهه أفقيا مثل قوة الدفع والسحب حيث يمكن أن تؤثر على مقدار قوة رد الفعل والتي تكون دائما مساوية لمجموع متجه القوى أو مركبات القوى التي تؤثر طبيعيا على سطوح الاحتكاك شكل (9–10).



شكل (10– 10) من منظور ميكانيكي فان من الأسهل سحب مادة كالكرسي أكثر من دفعها لان السحب يميل الى خفض مقدار رد الفعل والقوة بينما يميل الدفع الى زيادة رد الفعل والقوة.

ان مقدار قوة رد الفعل يمكن ان يتغير حيث يمكن تنخفض وترتفع مع مقدار الاحتكاك الموجود، فعندما تقف عربة على مؤخرة الزلاجة فان رد الفعل الطبيعي الناتج عن الأرض على الزلاجة سيزداد مع زيادة متزامنة في كمية الاحتكاك المتولد وسيعمل على توليد صعوبة في تحريك الزلاجة . وعلى العكس فعند انخفاض مقدار قوة رد الفعل فسينخفض الاحتكاك وسيكون من السهل بدء الحركة.

كيف يمكن خفض قوة رد الفعل الاعتيادية؟ افترض بأنك تحتاج إلى إعادة تنظيم الأثاث داخل غرفة فمن السهل دفع أو سحب مادة مثل المنضدة لتحريكها؟فعندما تدفع الرحلة و تكون القوة متجهه قطريا إلى الأسفل بالمقابل فالقوة عادة ما تكون متجهه قطريا الى الأعلى عندما تسحب الرحلة.

أن المركبة الأفقية للسحب أو الدفع أما ان تضاف الى أو تطرح من مقدار قوة رد الفعل الطبيعية.ولهذا فان مقدار قوة الاحتكاك المتولدة تؤثر في تسهيل حركة المنضدة شكل (10-10) .كذلك يمكن ان تكون كمية الاحتكاك الموجودة بين السطحين متغيرة عن طريق تبديل معامل الاحتكاك بين السطوح فعلى سبيل المثال يساعد استخدام القفازات في الألعاب الرياضية كالكولف وكرة المضرب على زيادة معامل الاحتكاك بين اليد وقبضة المضرب.

- ✓ تصمم قفازات الكولف وكرة المضرب لزيادة الاحتكاك بين اليد والمضرب مثلما هي المسكات على مقابض المضارب ذاتها .

إن سوء الفكرة الواسعة الانتشار حول الاحتكاك هي ان منطقة سطح الاتصال الكبيرة تولد احتكاكا اكبر.أن الرؤى والأفكار المستفيضة تشير الى ان إطارات سيارات الحمل العريضة تعطي احتكاكا أفضل من الإطارات ذات العمق الاعتيادي وعلى أية حال فان العوامل المعروفة بتأثيرها على الاحتكاك هي معامل الاحتكاك وقوة رد الفعل الطبيعي.ونتيجة لكون إطارات سيارات الحمل العريضة تزن أكثر من الإطارات الاعتيادية، فإنها تعمل على زيادة الاحتكاك الى المدى الذي يزيد من قوة رد الفعل .وبهذا فان نفس التأثير يمكن أن ينجز عن طريق حمل الطابوق أو الكتل الخشبية أو الحجرية في صندوق السيارة ،فان التمرين يمكن أن يتبع بواسطة الناس الذين يقودون سياراتهم فوق طرق جليدية. من ناحية أخرى فإن بعض إطارات سيارات الحمل العريضة تمنح الفائدة من خلال الاحتكاك الزائد.

ان للاحتكاك المسلط تأثير هام في العديد من النشاطات اليومية فالمشي يعتمد على معامل الاحتكاك الصحيح بين أحذية الأشخاص والسطح .فاذا كان معامل الاحتكاك واطئ جدا مثلما هو

عنـدما يمشـي شـخص بحـذاء ذو أرضـية رقيقـة علـى أرضـية جليديـة فسيحدث الانزلاق.امـا قـاع الحمـام المبللـة يجـب ان تعطـي معامـل احتكـاك مع أخمص القدمين العاريتين كافيا بشكل كبير للوقاية من الانزلاق.

إن مقـدار الاحتكـاك الموجـود بـين أحذيـة راقصـي الباليـه وأرضـية الـرقص يجـب ان يكـون محكـم ودقيـق وذلـك حتـى يمكـن للحركـات التـي تستلزم مقدار معين من الانزلاق او ارتكاز محوري مثل , assembles pirouettes glissades يمكـن ان تنفـذ بلطـف وانسـيابية دون حـدوث الانـزلاق . غالبـا مـا تسـتخدم مـادة الـروتينج (rosin) فـي أرضـيات الـرقص وذلـك لأنهـا تعطـي معامـل احتكـاك اكبـر للاحتكـاك السـاكن ، وتعطـي معامـل احتكـاك صـغير جـدا بالنسـبة للاحتكـاك المتحـرك . وهـذا مـا يسـاعد علـى الحمايـة مـن الانـزلاق فـي حـالات سـاكنة ويسـمح بحريـة حـدوث الحركات المطلوبة.

ولـدت كميـة أو مقـدار الاحتكـاك الموجـود خـلال السـباقات الرياضـية خلافـات حـادة إذ حـاول اتحـاد رياضـي كـرة القـدم الـدولي أن يجعل من الثيل الاصطناعي بديلا عن ملاعب الثيل الطبيعي.

لكـن دعـاة (المـادة الخطيـرة) رفضـوا ذلـك عـدة مـرات لان معامـل الاحتكـاك العـالي بـين الثيـل الاصـطناعي وقـدم لاعـب كـرة القـدم لا يسـمح بـدوران القـدم الثابتـة فهنالـك العديـد مـن الإصـابات نسـبت إلـى عـدم حركـة القـدم الثابتـة علـى الثيـل الاصـطناعي، وعلـى الـرغم مـن ذلـك أسـتمر اللعـب علـى الثيـل الاصـطناعي وذلـك لان لجنـة حمايـة منتجـات المسـتهلك قـررت بأنـه لا دليـل كـافي لـدعم هـذا المطلـب وهنالـك خـلاف آخـر بـين (كلـين اولسـون) لاعـب الكولـف المحتـرف المتقاعـد وعـدد مـن أعضـاء مجلـس البولنـغ الأمريكـي، دار الخـلاف حـول مقـدار الاحتكـاك الموجـود بـين كـرة اولسـون والحـارات أو مجـالات مـرور الكـرة والتـي سـجل عنـدها 300 نقطـة

فـي ثلاثـة مباريـات متتاليـة .واسـتنادا الـى المجلـس فـان إصـاباته لـم تكـن واضـــحة وذلـــك لان الحـــارات أو المجـــالات التـــي اســـتخدمها لـــم تحـــدد مستويات الانحدار مقدار تكييف الزيت الموجود.

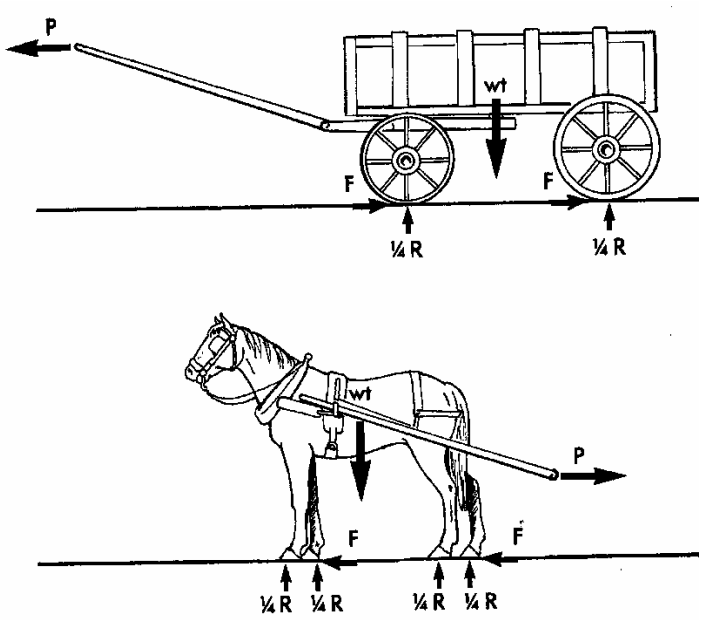
أن معامل الاحتكاك بين أحذية الراقصين والأرضية يجب ان يكون كافيا للسماح بحرية الحركة وكافيا بشكل كبير للحماية من الانزلاق.

أن مقـدار احتكـاك الـدوران الموجـود بـين شـئ مـدور مثـل كـرة البولينـغ أو إطـار السـيارة الـدائري والسـطح المسـتوي مـا يعـادل تقريبـا واحـد – منـه إلـى – إلـف مـن ذلـك الموجـود بـين السـطوح المنزلقـة. يحـدث الاحتكـاك الـدوراني نتيجـة لان السـطوح المنحنيـة والمسـتوية تكـون مشـوهة قلـيلا عنـد الاحتكـاك .إن معامـل الاحتكـاك بـين السـطوح عنـد الاحتكـاك ، وقـوة رد الفعـل الاعتياديـة إضـافة إلـى حجـم نصـف قطـر منحنـي الجسـم الـدائر جميعهـا تـؤثر علـى مقـدار الاحتكـاك الـدوراني .بالنسـبة لإطـارات الـدراجات يكـون للاحتكـاك الـدائري نسـبة عكسـية الـى محـيط العجلـة فهـو يقل مع عمق الإطار ويزداد مع ضغط الإطار المنخفض.

ان مقـدار الاحتكـاك الموجـود فـي حالـة الانـزلاق أو الـدوران يكـون قلـيلا بشـكل كبيـر، عنـدما تكـون طبقـة مـن السـائل كـالنفط أو المـاء تتـداخل

بين سطحي الاتصال .ان وجود السائل الزيتي يخدم في تقليل الاحتكاك وبالنتيجة يؤدي الى الإرهاق الحركي في مفاصل جسم الإنسان.فقد نسب الباحثون انخفاض معامل الاحتكاك العالي بين الزلاجات السريعة والجليد الى طبقة السائل على سطح الجليد ومن ناحية أخرى فإن مقدار قوة الاحتكاك بين كرة البولينغ والحارة الدهنية الجيدة هو كذلك صغير جدا.

إن إعادة التساؤل حول العربة والحصان يظهر بان قوة الاحتكاك هي العامل المحدد للحركة . يتحرك الجسم أماما إذا كان مقدار قوة الاحتكاك المتولدة بواسطة حدوات الحصان يزيد ذلك الناتج بواسطة عجلات العربة باتجاه الأرض شكل(11-10) ولان اغلب الأحصنة في أرجلها حدوات لزيادة مقدار الاحتكاك بين هذه الحدوات والأرض وان غالبية عجلات العربات هي عبارة عن عجلات مدورة وناعمة بهدف تقليل كمية الاحتكاك المتولد . فالحصان سيكون في حالة جدوى ومنفعة وعلى أي حال فإذا كان الحصان يقف على سطح زلق أو في حالة كون العربة غائصة في رمل عميق أو محملة بشكل كبير فان الحركة ربما تكون ممكنة.



شكل (11–10) يمكن أن يسحب الحصان العربة إذا أنتجت حدواته احتكاكا اكبر من عجلات العربة

الزخـم Momentum

هنالـك عـالم آخـر لـه تـأثير فـي حاصـل أو نـاتج التفاعـل بـين جسمين وهـو الـزخم وهـو عبـارة عـن كميـة حركيـة وهـي مهمـة بشـكل خـاص فـي الحـالات التـي تتطلـب التصـادمات . يمكـن ان يعـرف الـزخم بشـكل عـام علـى انـه مقـدار الحركـة التـي تمتلكهـا المـادة. وبشـكل محـدد فـان الـزخم المستقيم هو حاصل كتلة المادة وسرعة انطلاقها.

الزخم = الكتلة × السرعة = ك × س

المـادة الثابتـة (بسـرعة انطـلاق صـفر) لـيس لهـا زخـم ويكـون زخمهـا مسـاويا إلـى الصـفر التغيـر فـي الجسـم ربمـا يسـبب امـا عـن طريـق تغيـر

فـي كتلـة الجسـم أو التغيـر فـي سـرعته فـالتغييرات التـي تحـدث فـي الـزخم وفـي معظـم حـالات الحركـة تنـتج مـن تغييـر فـي السـرعة. إن وحـدات الـزخم هـي وحـدات الكتلـة مضـروبة فـي وحـدات السـرعة ويعبـر عنهـا m.s.kg ولان السـرعة هـي كميـة متجهـة ، فـان الـزخم سـيكون كـذلك كميـة متجهة وهو خاضع الى قوانين المتجهات.

- ✓ عندما يحدث التصادم بين مادتين فان كلا المادتين ستستمران بالحركة باتجاه الحركة للمادة التي تمتلك زخما اكبر .

فلاعـب الهـوكي الـذي يتحـرك بسـرعة 6 م / ث ليصـدم يمينـا بلاعـب يـزن 80 كغـم ويتحـرك بسـرعة 7 م / ث الـى جهـة اليسـار . فـان زخم اللاعب الأول سيكون كالأتي :

الزخم = ك × س

= 90 كغم × 6 م/ث

= 540 كغم .م/ث

أما زخم اللاعب الثاني يعبر عنه كالتالي:

الزخم = ك × س

= 80 × 7

= 560 كغم .م

وبمـا أن الـزخم للاعـب الثـاني هـو الأكبـر فكـلا اللاعبـين سـيميل الـى مواصـلة الحركـة فـي اتجـاه السـرعة الأصـلية للاعـب الثـاني بعـد التصـادم .إن الاصـطدامات الحقيقيـة بالمـدى الـذي يصـبح عنـده اللاعـب

واقعا في الشرك أما عن طريق بقاء واحد أو اثنان من اللاعبين على أقدامهم أو عن طريق مرونة الاصطدام . بإهمال هذه العوامل التي يمكن ان تؤثر على ناتج التصادم فبالإمكان حساب مقدار السرعة المتكونة من لاعبي هوكي بعد الاصطدام باستخدام قانون نيوتن الأول.قانون نيوتن الأول يمكن ان يعاد اعتماده كمبدأ لحفاظ على الزخم وفي حالة غياب القوى الخارجية فان الزخم الكلي سيبقى ثابتا . المبدأ سيعبر عنه بالمعادلة التالية :

الزخم 1 = الزخم 2

(ك1 × س1) = (ك2 × س2)

اكتب نقطة بداية من الزمن واكتب نقطة ثانية تمثل الزمن الأخر باستخدام هذا المبدأ للمثل الافتراضي لتصادم لاعبي الهوكي فان مجموع متجه زخمي اللاعبين قبل الاصطدام سيكون مساويا لكل واحدة منهما، والزخم المتكون الذي سيتبع التصادم شكل(11-10) إن الاحتكاك ومقاومة الهواء هما القوى الخارجية التي تؤثر من مقدار الزخم الموجود (حفظ الزخم).

الحافز Impulse

عنـدما تـؤثر القـوى الخارجيـة فإنهـا سـتغير الـزخم الموجـود فـي النظـام مسـبقا.لا تعتمـد التغيـرات فـي الـزخم علـى مقـدار القـوى الخارجيـة المؤثرة ولكنها تعتمد كذلك على طول الزمن الذي تؤثر فيه القوة .

ناتج القوة والزمن يعرف بالدافع أو الحافز.

الحافز = القوة × الزمن

فعنـدما يـؤثر دافـع علـى جسـم فالنتيجـة سـتكون التغيـر فـي الـزخم الكلـي للجسـم . سـتكون العلاقـة بـين الـدافع والـزخم مشـتقة مـن قـانون نيـوتن الثاني :

القوة = ك × ت

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

$$\text{الدافع} = (\text{ك س})2 - (\text{ك س})1$$

- ✓ بغياب القوى الخارجية فان الزخم يكون مخزون ، ويكون الاحتكاك ومقاومة الهواء هما القوى التي تؤثر بشكل طبيعي في تقليل الزخم .
- ✓ الزخم Momentum :عبارة عن كمية متجـهه
- ✓ الدافع impulse: هو عبارة عن مجموع القوة وفترة الزمن التي تؤثر عندها القوة.

شكل 12–10 عندما يتحرك لاعب هوكي يزن 90 كغم بسرعة 6 م/ث ويصطدم بلاعب آخر يزن 80 كغم بسرعة 7 م/ث .في حالة اشترك اللاعبان وواصلا الحركة لبعضهما البعض بوحدة تتبع الاصطدام فما هي سرعتهما المتكونة ؟

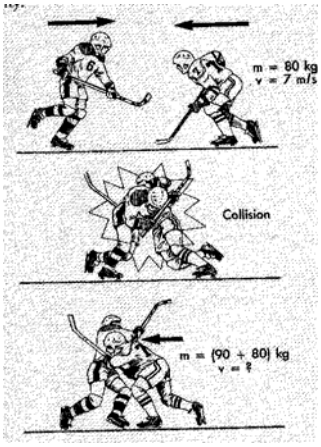
المعلوم :

ك1 = 90 كغم

س1 = 6 م/ث

ك2 = 80 كغم

س2 = 7 م/ث



يستخدم قانون مقاومة الزخم لحل المسالة ما يخص اللاعبين كنظام كلي :

قبل الاصطدام بعد الاصطدام

ك1 س1 + ك2 س2 = (ك1 + ك2) (س)

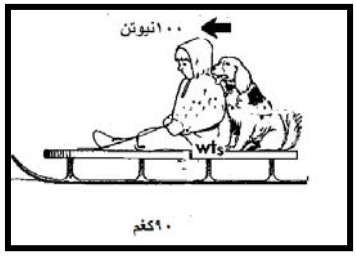
(90 كغم × 6 م/ث) + (80كغم × – 7 م/ث) = (90 كغم + 80 كغم) (س)

540 – 560 = 170 س

س = –20 /170

س = 0,12 م/ث في الاتجاه الأصلي للحركة.

شكل 13-10 سباق المزلجة يبدأ طاقم مؤلف من عضوين بدفع المزلجة لتتحرك بسرعة قدر الاستطاعة قبل تسلقها وركوبها . فإذا استعمل اللاعبين معدل قوة 100 نيوتن باتجاه حركة المزلجة تزن 90 كغم لفترة 7 ثواني قبل القفز . فما هي سرعة المزلجة (بإهمال الاحتكاك) في تلك النقطة ؟



المعلوم :

ق = 100 نيوتن .

ن = 7 ثا .

ك = 90 كغم

الحل :

يستعمل اللاعبان دافع أو حافز لتغيير زخم المزلجة من الصفر الى المقدار الأقصى . يمكن استخدام الزخم – الدافع لحل المسالة.

ق × ن = (ك س)2 – (ك س)1

(100 نيوتن)(7ث) = (90كغم)(س) – (90كغم)(صفر)

س = 7,78 م/ث باتجاه القوة المستعملة.

يمكن أن تنتج التغيرات الهامة في زخم المادة من القوة الصغيرة التي تؤثر في فترة زمنية كبيرة أو القوة الكبيرة المؤثرة خلال فترة زمنية صغيرة . فكرة الكولف التي تتحرك عبر العشب تفقد تدريجيا زخمها لان حركتها تقاوم بشكل ثابت عن طريق قوة الاحتكاك الدوراني.

أن زخم الكرة المضروبة بقوة بواسطة المضرب كذلك سيتغير بسبب القوة الكبيرة التي يمنحها المضرب خلال جزء من الثانية عند الاتصال بالكرة .

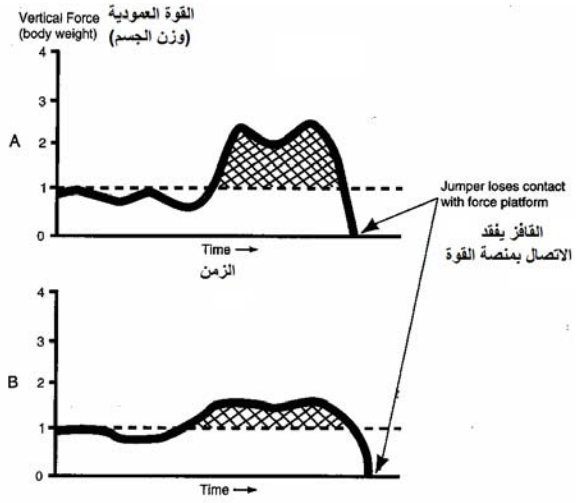
ان مقدار الدافع المتولد بواسطة جسم الإنسان غالبا ما يعالج بشكل بارع عن قصد. فعندما ينفذ القفز العامودي على منصة قوة ، فالعرض الصوري لقوة رد فعل الأرض العمودية يشير إلى أنها ستتولد مع مرور الزمن.

وبما ان الدافع هو حاصل ضرب القوة بالزمن فالدافع أو الحافز يكون المنطقة تحت منحني القوة – الزمن . إن الدافع الأكبر المتولد قابل الأرض هو التغير الأكبر في زخم اللاعب المنفذ والقفز الأعلى الناتج.

نظريا ، يمكن زيادة الدافع أما بزيادة مقدار القوة المستعملة أو بزيادة فترة الزمن التي يمكن أن تؤثر عندها القوة.

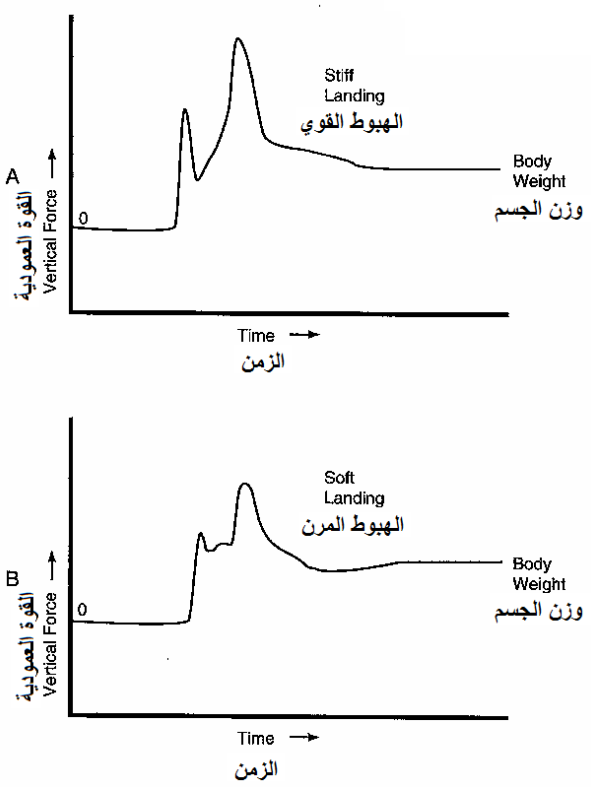
وعلى أي حال ، فعند استخدام زمن القوة مقابل الأرض سيكون طويلا عند تنفيذ القفز العمودي، وستنخفض مقدار القوة التي يمكن توليدها دراماتيكيا ، وبالمحصلة النهائية سيكون الدافع اصغر .فلانجاز قفز أفقي أقصى يجب أن يزيد المنفذ الدافع عن طريق التفاعل بين القوة المستعملة ومقدار تحمل القوة.

إن الدافع أو الحافز يجب ان يعالج بدقة عند الهبوط من القفز (شكل15–10). المنفذ الذي يهبط بقوة سيلاقي قوة رد فعل ارضي كبير خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا ،وعلى النقيض من ذلك فالسماح لمفاصل الورك والكاحل والركبة بالثني عند الهبوط سيزيد الفترة الزمنية التي تمتص خلالها قوة الهبوط وبالنتيجة تقليل القوة الثابتة.



شكل(14–10) تواريخ القوة–الزمن A القفز العالي و B القفز الأفقي الواطئ لنفس اللاعب وتمثل المنطقة المضللة الدافع المتولد باتجاه الأرض عند القفز.

من المهم وبغية امتصاص كرة مرمية بقوة خلال القيام بعملية سحب اليدين او القفازين بعد الاتصال الاولي وقبل توقف الكرة بشكل كامل ،حيث ان الإجراء سيودي الى التقليل وبشكل كبير من قوة ضرب الكرة لليد أو القفاز بمعنى ان اكبر فترة زمنية بين لحظة اتصال الكرة باليد وعملية سحب الكرة الى مرحلة التوقف بشكل كامل هي اقل مقدار من القوة المسلطة عن طريق الكرة لليد.



شكل (15-10) تمثل قوى رد الفعل عند التنفيذ للقفز الأفقي A ، هبوط قوي. B الهبوط بثني مفاصل الورك،الركبة والكاحل،لاحظ الاختلافات في قيم وأوقات دوافع الهبوط.

الاصطدام Impact

إن نوع الاصطدام الذي يحدث بين كرة البيسبول المضروبة والمضرب يعرف بالاصطدام او التصادم ويستلزم التصادم بين جسمين لفترة زمنية قصيرة جدا يسلط خلالها الجسمين قوى كبيرة نسبيا لكل منهما حيث لا يعتمد سلوك الجسمين المتصادمين بعد الصدمة على زخمهما فحسب ولكن كذلك على طبيعة الصدمة.

ولعـرض الحالـة الافتراضـية للتصـادم تـام المرونـة تصـبح السرعات النسبية لجسمين بعد التصادم هي نفسها قبل الاصطدام حيث إن اصـطدام الكـرة بسـطح صـلب يـدعى بالصـدمة تامـة المرونـة perfectly elastic impact لان سرعة الكرة تزداد قليلا عند اصطدامها بالسطح اما في نهاية معدلها فستصل الى معدل الصدمة الطبيعية بشكل كامل perfectly plastic impact والتي سيتشوه عندها احد الجسمين عند الاتصال ويصبح غير قادر على استعادة شكله الاصلي وعندها لن يحدث انفصال بين الجسمين وهذا ما يحدث عند سقوط حجر على سطح معين.

غالبية الاصطدامات لا هي اصطدامات من نوع تام المرونة perfect elastic ولا هي اصطدام مطاطي plastic impact ولكن شيئا ما بين الاثنين.

يصف معامل إعادة التشكيل أو معامل إعادة الحالة المرونة النسبية للصدمة coefficient of recitation وهو عدد بدون وحدة بين صفر و 1 وهو عبارة عن مؤشر لمرونة الأجسام المتصادمة اقرب الى 1 أما الاصطدام الأكثر فهو الاصطدام الأكثر مرونة والأقرب الى الصفر هو الاصطدام الذي يفقد سرعة الجسم وهو الشكلي plastic impact . يسيطر أو يتحكم في معالم إعادة الحالة العلاقة بين السرعات النسبية لجسمين قبل وبعد الاصطدام وهذه العلاقة والتي استنبطت عن طريق نيوتن يجب ان تحدد كما يلي :

عندما يتصادم جسمان اصطداما مباشرا ، فان الاختلاف في سرعتيهما الحالية بعد التصادم تكون متناسبة مع الاختلاف في سرعتيهما الحالية بعد التصادم وهذه العلاقة

يمكن أن يعبر عنها كالاتي :

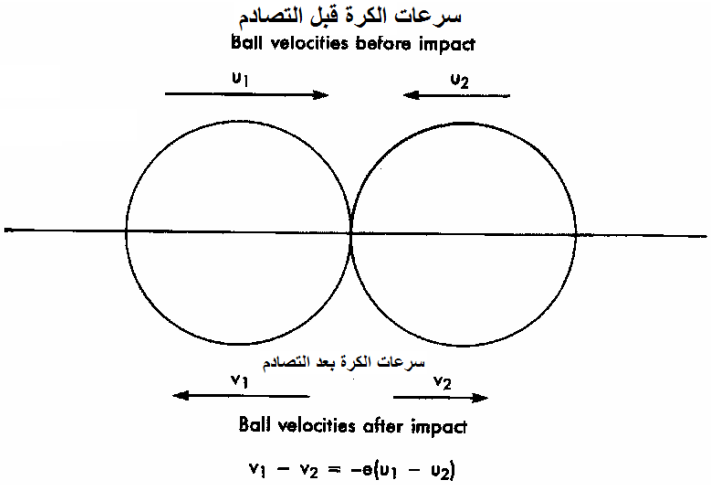
$$\text{معامل إعادة الحالة} - e = \frac{\text{السرعة النسبية بعد الاصطدام}}{\text{السرعة النسبية قبل الاصطدام}}$$

$$\text{معامل إعادة الحالة} - e = \frac{\text{س1} - \text{س2 بعد التصادم}}{\text{س1} - \text{س2 قبل التصادم}}$$

ويعبر عن المعادلة انكليزيا كالآتي:

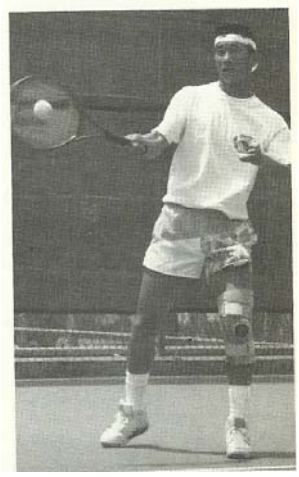
في هذه الصيغة يشير e الى معامل إعادة الحالة ، v1 , v2 تشير الى سرعات الأجسام بعد الاصطدام ويشير حرف u1,u2 الى سرعات الأجسام قبل الاصطدام (شكل)

$$-e = \frac{v1 - v2}{u1 - u2}$$



شكل (16-10) تكون الاختلافات في سرعة كرتين قبل الاصطدام تتناسب مع الاختلاف في سرعتيهما بعد الاصطدام يكون عامل التناسب هو معامل إعادة الحالة.

إن القبضة القوية على المضرب ستزيد معامل إعادة الحالة الظاهرة بين الكرة والمضرب . هنالك عوامل أخرى لها تأثير كذلك وهي جسم المضرب شكل التوازن و المرونة ونوع الخيوط اضافة الى الانتباه وحركة المرجحة. اما حالة الكرة فهي ايضا مهمة ، فقد أوضحت الاختبارات بان إعادة ترددها من سطح معين بعد 800 اصطداما هو أعلى منه عندما تكون الكرات جديدة . وذلك لان فقدان زغب الكرات سيزيد من معامل إعادة الحالة بين الكرة والسطح وتعمل على تقليل قوة السحب الديناميكية الهوائية للكرة.



تحدد الاصطدامات بين المضرب والكرة والساحة طبيعة لعبة التنس

وعلى أية حال فان العامل الأكبر والأكثر تأثيرا على ارتداد الكرة هو المقدار الذي تكون عنده الكرة خارج الصفيحة المضغوطة وعاء الكره وإن فقدان الارتفاع الارتدادي لكلا الكرات المستعملة وغير المستعملة يحدث بعد 5 أيام خارج صفيحة الحفظ مع اختلافات في معامل اعادة الحالة والاحتكاك بين الكرة والسطح من خلال جعل بعض الساحات سريعة fast والأخرى بطيئة slow . ففي حالة اصطدام جسم متحرك

وآخر ثابت، يصبح قانون نيوتن في الاصطدام بسيطا لان سرعة الجسم الثابت سيبقى صفرا . أما معامل إعادة الحالة بين الكرة والسطح، السطح الثابت الذي تسقط عليه الكرة فيمكن تقريبه باستخدام الصيغة التالية:

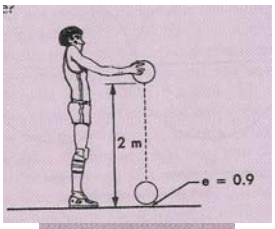
$$e = \sqrt{\frac{h_b}{h_d}}$$

في هذه المعادلة ، فان معامل اعادة الحالة يمثل الحرف e اما الحرف hb فيمثل الارتفاع الذي تسقط منه الكرة أما hd فيشير الى الارتفاع الذي ترتد عنده الكرة (شكل17-10).

- ✓ الاصطدام المطاطي perfect plastic :وهو عبارة عن الاصطدام الذي يؤدي الى فقدان الجسم لسرعته .
- ✓ الاصطدام المرن جدا perfect elastic : وهو عبارة عن اصطدام يحافظ الجسم خلاله على سرعته
- ✓ الاصطدام impact :وهو عبارة عن اصطدام يتميز بتغيير قوة كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة .

يصف معامل اعادة الحالة التفاعل بين جسمين عند التصادم ولا يصف إي مادة منفردة أو سطح او كرة الكولف او كرة المضرب او كرة السلة و البيسبول عند سقوطهن فوق عدة أسطح مختلفة ستظهر لنا بعض الكرات المرتدة تكون أعلى فوق أنواع قوية من الأسطح شكل (18-10).من ناحية أخرى يزداد معامل إعادة الحالة عن طريق زيادة كل من سرعة الاصطدام والحرارة.

شـكل 17 –10 كـرة سـلة سـاقطة مـن ارتفـاع 2 م فـوق أرضـية الجمبـاز ، فـإذا كـان معامـل إعـادة الحالـة بـين الكـرة والأرض هـو 0,9 ، فمـا هـو الارتفاع الذي سترتده الكرة ؟

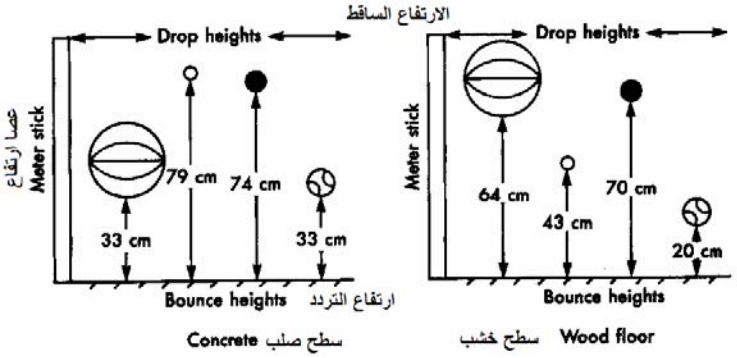


$$e = \sqrt{\frac{h_b}{h_d}}$$

$$0.9 = \sqrt{\frac{h_b}{2\ m}}$$

$$0.81 = \frac{h_b}{2\ m}$$

hb= 1.6 m



شكل(18–10) ارتفاعات الارتداد لكرات السلة الكولف ، التنس وكرة البيسبول جميعها ساقطة على نفس السطح من ارتفاع 1 م .

اما في رياضات كرياضة البيسبول والتنس فان الزيادة الحاصلة في سرعة المضرب وسرعة الركت ستعمل على زيادة معامل اعادة الحالة بين المضرب او الركت والكره وتساهم في اعادة ارتداد الكرة من أداة الإطلاق .

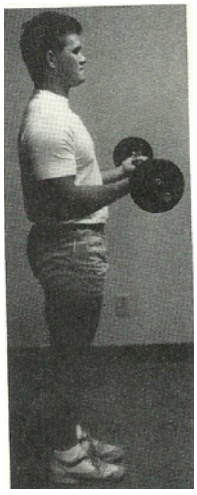
في العاب كرة المضرب السكواش، عندما يتغير شكل الكرة مقابل الجدار فان الطاقة الحرارية(درجة الحرارة) تزداد في مجال فوق مجال اللعب وبينما تزداد درجة حرارة الكرة، فان أعادة تردد الكرة من المضرب والجدار يصبح ارتدادا مطولا.

علاقات الطاقة ، القدرة والشغل

WORK,POWER,AND ENERGY RELATIONSHIPS

الشغل work

تستخدم كلمة الشغل بشكل واسع في مختلف سياقات الكلام . حيث يمكن تعريف الشغل من منطلق حركي على انه القوة المستعملة مقابل المقاومة مضروبة بإزاحة المقاومة باتجاه القوة .



الشغل = القوة × الإزاحة

ش = ق × ز

عندما يكون الجسم المعين في حالة حركة فان المساحة المتحققة كنتيجة لفعل قوة خارجية سيحصل الجسم على الشغل المنجز فوقه مع مقدار شغل مساو لناتج مقدار القوة المستعملة والمسافة التي يتحرك عندها الجسم . اما عندما تستعمل القوة للجسم ، ولكن دون وجود محصلة للقوة نتيجة

لوجود قوى مضادة مثل الاحتكاك ووزن الجسم نفسه، فلن يكون هناك شغلا ميكانيكيا بما انه لن يكون حركة للجسم .

عندما تولد العضلات الشد في جسم الإنسان الناتج في قسم من الجسم ، فان العضلات ستنجز شغلا فوق جزء الجسم وسيحدد الشغل المنجز على انه أما أن يكون سلبيا أو ايجابيا استنادا لنوع نشاط العضلة السائد.عندما يكون كل من دوران العضلة واتجاه الحركة الزاوية في نفس الاتجاه . فان الشغل المنجز للعضلة سيطلق عليه شغل ايجابي وبالعكس فعندما يكون عزم الدوران للعضلة واتجاه الحركة الزاوية في المفصل في اتجاهات متضادة ، فان الشغل المنجز بواسطة العضلة سيعتبر في هذه الحالة شغلا سلبيا. وعلى الرغم من ان العديد من حركات جسم الإنسان تتطلب انقباض لمجاميع العضلات التي تولد الحركة ومجاميع العضلات المضادة للحركة . عندما يسود الانقباض المركزي فان الشغل سيكون ايجابيا ، أما عندما يسود الانقباض اللامركزي فان الشغل سيكون سلبيا. عند اجزاء إي نشاط مثل الركض فوق سطح مستوي فان محصلة الشغل السلبي المنجزة بواسطة العضلات تكون مساوية الى محصلة الشغل الايجابي المنجز بواسطة العضلات.

يتطلب انجاز الشغل الحركي الايجابي استهلاك حراري اكبر مما هو متحقق في المقدار من الشغل الحركي السلبي ، إضافة إلى ذلك فليس هنالك علاقة بسيطة بين الطاقة الحرارية المطلوبة لانجاز كميات متساوية من الشغل الميكانيكي السلبي والايجابي .وقد اشار (Aura)و(comi) عند مراقبة الاشخاص عند تنفيذ الشغل الميكانيكي السلبي والايجابي فان استهلاك الطاقة سيكون متباينا بشكل لافت للنظر بين مجاميع الاشخاص والاشخاص منفردين

إن وحدات الشغل هي وحدات القوة المضروبة بوحدات المسافة اما في النظام المتري ،فان الوحدة الشائعة للقوة النيوتن (N) مضروبة الوحدة الشائعة للمسافة (m) ويصطلح عليها (J) الجول .

1 جول = القوة × المسافة

القــدرة Energy

هنالك مصطلح آخر يستخدم في تعابير مختلفة وهو القدرة وتعني من الناحية الميكانيكية مقدار الشغل الحركي المنجز في وقت معين .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$ق = \frac{ش}{ت2 - ت1}$$

باستخدام العلاقة المطروحة بوضوح، فان القدرة يمكن التعرف بأنها القوة في المسافة على التغير في الزمن

ولان السرعة مساوية للمسافة المتجهة مقسومة على التغير في الزمن فيمكن ان يعبر عن العلاقة كالاتي :

$$ق = \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

القدرة = القوة × السرعة .

اما وحدات القدرة فهي وحدات الشغل مقسومة على وحدات الزمن في النظام المتري ويصطلح على الجولات مقسومة على الثواني (W) الواط .

1 واط = 1 جول / ث

في بعض أنواع من الرياضة كالرمي والقفز وسباقات العدو ورفع الأثقال تصبح إمكانية الرياضي لبذل القدرة الميكانيكية أو القوة والسرعة حاسمة باتجاه تحقيق الانجاز الناجح. عينة المسالة التي تحتاج طاقة وشغلا حركيا موضحة في الشكل 10 – 19

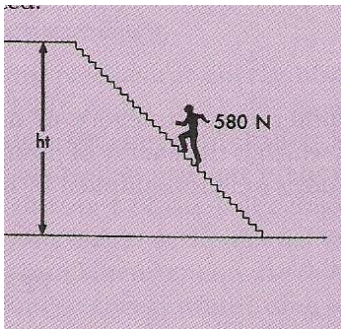
الطاقــة Energy

تعرف الطاقة على أنها القابلية على الشغل ولذلك فان الطاقة الحركية هي عبارة عن قابلية الشغل الحركي أما وحدات الطاقة الحركية هي ذاتها وحدات الشغل (الجول في النظام المتري) وهنالك صيغتين للطاقة الحركية POTENTIAL ENERGY – KINETIC ENERGY .

- ✓ عند زيادة سرعة الصدمة والحرارة فسيزداد معامل إعادة الحالة
- ✓ القدرة power:عبارة عن معدل الشغل الناتج الذي تحسب بواسطة الشغل مقسوم على
- ✓ الزمن الذي ينجز من خلاله الشغل .
- ✓ الشغلwork: إن تعبير الطاقة الحركية التي تحسب بالقوة مضروبة بإزاحة المقاومة باتجاه القوة.
- ✓ إن القابلية في إنتاج الطاقة الحركية مهم جدا في المنافسات الرياضية في سباقات الساحة والميدان السريعة.
- ✓ يكون الشغل الحركي الايجابي منجزا عند رفع الباب أو العارضة الصغيرة .
- ✓ الطاقة الحركية kinetic energy:هي القدرة على توليد الشغل عن طريق حركة الجسم

✓ الطاقة الكامنةpotential energy : فهي القدرة على توليد الشغل عن طريق وضع الجسم .

شكل 19-10 شخص يزن 580 نوتن يركض الى الأعلى 30 درجة صعودا (ارتفاع) 25 سم خلال 15 ث فما هو مقدار الشغل الميكانيكي منجز ؟ وما هو مقدار القدرة الميكانيكية المتولدة ؟



المعلوم :

القوة = 580 نيوتن

الارتفاع = 30 × 25 سم

الزمن = 15 ث

الحل :

الشغل = القوة × المسافة

= (580 نيوتن) (30×0,25 م)

ش = 4350 جول

القدرة الحركية :

$$\text{ق} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{ق} = \frac{4350 \text{ جول}}{15 \text{ ث}} = 290 \text{ واط}$$

إن الطاقة الحركية هي عبارة عن طاقة الحركة. فللجسم طاقة حركية عندما يكون في حالة حركة فقط ومن الناحية الشكلية فيمكننا استخراج قيمة الطاقة

الحركية عندما تكون حركة الجسم حركة خطية باستخدام العلاقة نصف واحد من كتلة الجسم مضروب بمربع سرعته.

KE = 1/2 ك × س2

إذا كان الجسم في حال سكون (السرعة = صفر) فان طاقته الحركية ستكون صفرا . ونتيجة لان السرعة هي مربع الطاقة الحركية فان زيادة سرعة الجسم زيادة كبيرة جدا في طاقته الحركية . فعلى سبيل المثال ، كرة بوزن 2 كغم تدور بسرعة 1 م/ث تمتلك طاقة حركية من 1 جول :

الطاقة الحركية = 2/1 ك × س2

= (0,5) (2كغم) (1م/ث)2

= 1 جول

فإذا ازدادت سرعة الكرة الى 23 م/ث ، فان الطاقة الحركية ستزداد بشكل لافت للنظر . الطاقة الحركية ke = 2/1 ك س2

= (0,5) (2كغم) (3 م/ث2)

= (1 كغم) (9 م2 . ث2)

= 9 جول

هنالك النوع الأكبر للطاقة الحركية وهو الطاقة الكامنة (pe) والتي هي طاقة وضع الجسم وبشكل محدد ، فان الطاقة الحركية هي وزن الجسم مضروب بارتفاعه فوق سطح الأرض أو إي سطح أخر .

الطاقة الكامنة = الوزن × الارتفاع

الطاقة الحركية = الكتلة × تعجيل الجاذبية × الارتفاع

Pe= m ag h

يمثل حرف m الكتلة (ك) وحرف ag يشير الى تعجيل الجاذبية وحرف h للارتفاع .

ولانه عند التطبيقات البيوميكانيكية يكون وزن الجسم ثابت ، فان التغييرات في الطاقة الكامنة تكون عادة مستندة الى التغييرات في ارتفاع الجسم فعلى سبيل المثال عند رفع عارضة تزن 50كغم الى ارتفاع 1 م فان طاقته الكامنة في تلك النقطة هي 490,5 جول .

m ag h =Pe

الطاقة الكامنة = الكتلة × تعجيل الجذب الأرضي × الارتفاع

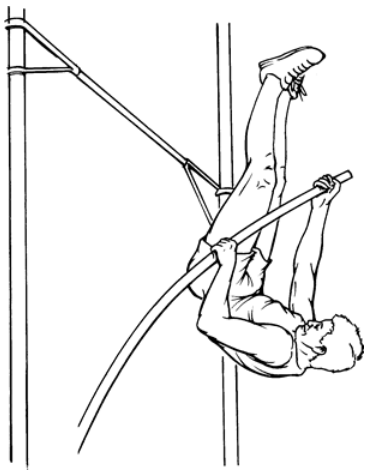
= (50كغم) (9,81م/ث2) (1م)

= 490,5 جول

ان الطاقة الكامنة يمكن ان تكون كذلك طاقة مخزونة. أن مصطلح كامن يشير الى الكامن معكوس الطاقة الحركية . هنالك صيغة خاصة للطاقة الكامنة وهي طاقة الشد strain energy (se) أو طاقة المرونة ويمكن صياغة طاقة الشد كالاتي :

طاقة الشد (SE) = نصف ثابت التمدد X x k

يشير حرف k الى ثابت التمدد يمثل الصلابة النسبية للمادة او قابلية خزن الطاقة فوق الشكل المتغير . وحرف x يشير الى المسافة التي تتغير عندها المادة عندما تمتد مادة معينة او يحدث فيها شد (تثنى) أو تغير شكلها بطريقة معينة ، فإنها ستخزن هذا الشكل الخاص من الطاقة الكامنة للاستخدام في ما بعد . فعلى سبيل المثال ، فعندما تكون العضلات ممدودة في جسم الإنسان ، فإنها ستخزن طاقة الشد التي تطلق لزيادة قوة الانقباض القادم . وكما نوقش في فصل 6 ، وبطريقة مشابهة فعندما تكون لوحة الغطس أو سطح الترامبولين مضغوط ، فان طاقة الشد ستولد التحول اللاحق للطاقة المخزونة للشد الى طاقة حركية حيث يساعد ذلك في عودة السطح الى شكله ومكانه الأصليين أما عصي الزانة المستخدمة بواسطة قافزي الزانة فتحتفظ بطاقة شد عندما تثنى ومن ثم تطلق طاقة حركية عندما تمتد عند تنفيذ عملية القفز في سباق الزانة .



في سباق القفز بالزانة فان انحناء عصا الزانة يخزن طاقة شد للانطلاق اللاحق كطاقة حركية وحرارية.

- ✓ عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة فأي تغيير في الطاقة الكامنة للجسم يتطلب تغيير مكافئ في طاقته الحركية.

في عام 1963 ، نسبت الزيادة الكبيرة الى مايقارب 23 سم في الرقم العالمي في القفز بالزانة للتطور في صناعة عصا القفز إذ كانت قد صنعت من الفايبر كلاس. وهذه المادة قادرة على الاحتفاظ بطاقة الشد أكثر من الخيزران، الفولاذ أو الألمنيوم التي كانت تصنع منها العصي في هذه المسابقة في السابق.

فيما يتعلق بالتغيرات التي تحدث في الطاقة الحركية للكرة المرمية أفقيا في الهواء (شكل 20–10). وبينما تكسب الكرة الارتفاع فهي كذلك ستكسب الطاقة الكامنة (mag h) ، وبما ان الكرة تفقد السرعة مع زيادة ارتفاع نتيجة تعجيل الجاذبية ، فإنها تفقد كذلك الطاقة الحركية (2/1 ك × س2) أما في قمة مسار الكرة (اللحظة بين الارتفاع والهبوط ، فان ارتفاعها وطاقتها الكامنة تكونان في اعلى قيمة ، وسرعتها والطاقة الحركية تكونان صفر. وبينما تبدأ الكرة بالسقوط فأنها ستكسب الطاقة الحركية باضطراد بينما تفقد من جانب آخر طاقتها الكامنة.

ان العلاقة بين الطاقتين الحركية والكامنة لكرة مرمية بشكل عمودي توضح فكرة مفادها ان استعمال جميع الأجسام عندما تكون القوة المؤثرة الخارجية الوحيدة هي الجاذبية وقد عرفت هذه الفكرة بقانون ضغط الطاقة الحركية والذي يمكن ان يحدد كالاتي :

عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة ، فان الطاقة الحركية ستبقى ثابتة . وبما ان الطاقة الحركية لجسم هي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة ، فيمكن ان يعبر عن العلاقة كالاتي :

الطاقة الحركية ke + الطاقة الكامنة C pe= طاقة الجسم C

في هذه الصيغة يمثل C الثابت وهو العدد الذي يبقى ثابتا خلال فترة من الزمن تكون فيها الجاذبية هي القوة المؤثرة الوحيدة خارجيا (شكل21–10) يوضح من الناحية الكمية هذا المبدأ .

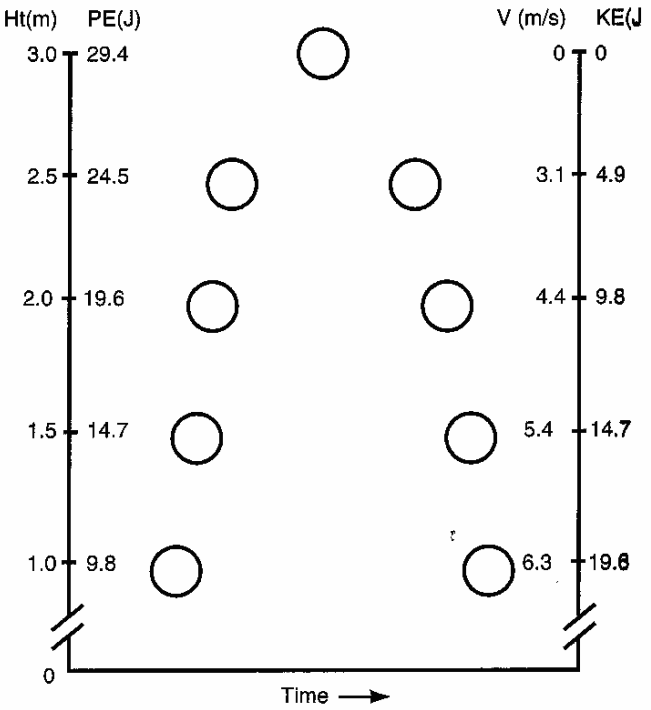
هنالك علاقة خاصة بين كميات الشغل الحركي والطاقة الحركية . توصف هذه العلاقة على أنها مبدأ الشغل والطاقة والتي يمكن ان يعبر عنها كالاتي :

تكون قوة الشغل مساوية للتغير في الطاقة التي تتولد في المادة المؤثرة عليها يمكن تمثيلها جبريا :

ش = التغير في الطاقة الحركية + التغير في الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية

$$W = \Delta KE + \Delta PE + \Delta TE$$

KE هي الطاقة الحركية ، PE هي الطاقة الكامنة ، TE هي الطاقة الحرارية وان الحالة الجبرية لمبدأ الشغل والطاقة تشير الى ان التغير في كمية الطاقة الناتجة عن طريق القوة هي متساوية من الناحية الكمية ، الشغل الحركي المنجز عن طريق تلك القوة.



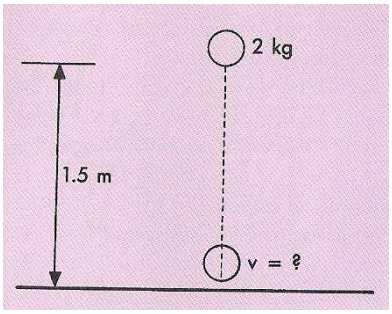
شكل (20–10) الارتفاع،السرعة،الطاقة الكامنة والطاقة الحركية 1كغم لكرة مرمية للأعلى من ارتفاع 1 م لاحظ ان الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = ثابت عند الرمي

عندما ترمى كرة تنس في الهواء بواسطة الة رمي الكرة ، فان الشغل الحركي المنجز على الكرة بواسطة الالة يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية . قبل عملية الرمي تكون الطاقة الكامنة معتمدة على وزن وارتفاع الكرة وطاقتها الحركية صفر . تزيد الالة عند رمي الكرة الطاقة الميكانيكية عن طريق نقل الطاقة الحركية إليها . في هذه الحالة ،اما التغير في الطاقة الحرارية للكرة هو غير مهم . شكل (20–10) يعطي توضيح كمي عن مبدأ الشغل والطاقة .

تكون العلاقة بين الطاقة – الشغل دليلا لحركات جسم الإنسان فعلى سبيل المثال، فالأقواس في أقدام العداء تؤثر كمرونة حركية يمكن الاحتفاظ بها وإمكانية العودة لاحقا . طاقة الشد عندما يتغير شكلها ومن ثم تستعيد شكلها

الطبيعي عند الراحة. لرجل يزن 70 كغم يركض بـ 4,5م/ث فكل قوس يحتفظ بما يقارب 17 جول من الطاقة عند الوقوف الوسطي . يشكل ما يقدر 25جول مخزون عن طريق كل من وتري (اخيل) في القدم . وهذا يساوي المخزون والعودة الجزئية ما يقارب واحد – نصف الطاقة الحركية أو واحد – نصف الشغل الحركي المطلوب من العضلات في مرحلة الوقوف . ان قابلية الأقواس للعمل كنابض مرن يقلل من مقدار الشغل الحركي والذي يكون مطلوبا عند العدو.

شكل 21–10 كرة تزن 2 كغم تسقط من ارتفاع 1,5 م . ما هي سرعتها قبل الاصطدام بالأرض ؟



المعلوم :

ك = 2 كغم

ر = 1,5 م

الحل :

يمكن ان يستخدم مبدأ حفظ الطاقة الحركية في حل هذه المسالة . الطاقة الكلية المستحوذة بواسطة الكرة عندما تكون على ارتفاع 1,5 هو طاقتها الكامنة. وآنيا قبل الاصطدام أو قبل سقوط الكرة فورا فان ارتفاع الكرة (والطاقة الكامنة) يمكن ان تصبح صفر و 100 % من طاقتها في تلك النقطة هي طاقة حركية .

فتكون الطاقة الحركية (الثابتة) الكلية المستحوذة بواسطة الكرة هي :

الثابت = طاقة حركية + كامنة

الثابت (C) = 2/1 ك س2 + (الارتفاع) (الوزن)

= صفر + (1,5م) (9,81 م/ث2) (2كغم) = 29,43 جول

سرعة الكرة قبل الاصطدام بالأرض

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = 29,43 جول

الوزن × الارتفاع + 2/1 ك س2

(2كغم) (9,81) (صفر) + 2/1 (2كغم) س2 = 29,43 جول

س2 = 29,43 جول / كغم

س = 5,42 م/ث

تساعد عضلات الجسم ذات المفصلين في نقل الطاقة الميكانيكية من مفصل الى اخر وبالنتيجة تقليل الشغل الحركي للعضلات المارة بالمفصل الثاني خلال حركة معينة ، فعلى سبيل المثال عند الارتقاء للقفز العمودي عندما تقوم عضلات مد الورك بشغل مركزي لتوليد مد الورك، فإذا بقت عضلات الفخذ المستقيمة منقبضة فان التأثير الثانوي سيكون هو عزم تدوير مسلط على الركبة وفي مثل هذه الحالة فهي عضلات مد الورك التي تقوم بتوليد عزم تدوير عضلات مد الركبة ، بما ان طول العضلة الفخذية المستقيمة لن يتغير فقد اشار البحث انه خلال القفز العمودي ومرحلة الاندفاع في العدو او الركض ، بان العضلات الفخذية المستقيمة والعضلة gastrocnemius التوامية الساقية (عضلة بطن الساق) تساعد في مد المفاصل البعيدة حيث تمر الطاقة الحركية المنقولة من المفاصل القريبة للساق حتى المفاصل الأخرى البعيدة .

في مرحلة الهبوط وامتصاص الصدمة عند الركض فالعملية ستكون معكوسة. حيث تقوم العضلات التي تربط مفصلين بنقل الطاقة من المفاصل البعيدة الى المفاصل القريبة الأخرى ومن ثم تبديد الطاقة الحركية .

من المهم جدا أن لا تربك عملية أنتاج الطاقة الحركية والشغل الحركي بواسطة عضلات جسم الإنسان باستهلاك الطاقة الحركية أو الإنفاق الحراري حيث ان عوامل مثل التقلصات العضلية المركزية المضادة لغير المركزية ، وإعادة استخدام الطاقة . ونقل الطاقة بين أقسام الجسم إضافة إلى، تحديد معدلات حركة المفاصل والحساب الكمي للعلاقة بين معدلات الطاقة

السيكولوجية والحركية . ما يقارب 25% من الطاقة المستهلكة بواسطة العضلات ستتحول الى شغل ، والباقي يتغير إلى حرارة أو يستخدم في عمليات الجسم الحركية .

الملخص SUMMARY

ان علم الحركة الخطية هو العلم الذي يدرس القوى المرتبطة بالحركة الخطية . ان العلاقات الداخلية بين كميات الحركة الأساسية مشخصة في القوانين الفيزياوية المؤلفة عن طريق العالم نيوتن .

ان الاحتكاك هو عبارة عن القوة المتولدة في الوجه الداخلي لسطحين عند الاتصال عندما يكون هنالك حركة او ميل الى الحركة لسطح بالنسبة لسطح اخر. أن مقادير أقصى احتكاك ثابت والاحتكاك الحركي تحدد بواسطة معامل الاحتكاك بين السطحين وقوة رد الفعل الطبيعية التي تضغط كلا السطحين مع بعضيهما . يكون اتجاه قوة الاحتكاك دائما معاكسه لاتجاه الحركة او الميل للحركة . هنالك عوامل أخرى تؤثر على سلوك الأجسام عند الاحتكاك وهي الزخم والمرونة . ان الزخم الخطي هو حاصل كتلة المادة وسرعتها اما الزخم الكلي في نظام معين يبقى ثابتا حادا من نشاط القوى الخارجية . ان التغيرات في الزخم تنتج من الحوافز او الدوافع – القوى الخارجية التي تؤثر لفترة زمنية معينة . مرونة الصدمة تتحكم بمقدار السرعة الموجودة في الترتيب الذي سيعقب الصدمة . ان المرونة النسبية لجسمين في حالة تصادم تمثل بواسطة معامل اعادة الحالة .

ان الشغل الميكانيكي هو ناتج القوة والمسافة التي تؤثر خلالها القوة . ان القوة الحركية هي الشغل الحركي المنجز والكامن . عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة فان كمية الطاقتين الكامنة والحركية المستحوذة بواسطة الجسم تبقى ثابتة . التغيرات في طاقة الجسم مساوية للشغل الميكانيكي المنجز بواسطة قوة خارجية .

أختبر معلوماتك

1. ما مقدار القوة التي يتوجب استعمالها بواسطة مهاجم لكرة ثابتة تزن 2,5 كغم بتعجيل 40م/ث2 ؟ (100نيوتن) .
2. لاعب قفز عالي بوزن 712 نيوتن يبذل قوة 3 كيلو باتجاه الأرض عند الارتقاء. ما مقدار القوة المبذولة عن طريق الأرض على القافز؟(3 كيلو/ نيوتن)
3. ماهي العوامل التي تؤثر على معامل الاحتكاك؟
4. إذا كان معامل الاحتكاك الثابت بين حذاء كرة السلة والساحة هو 0,56 وقوة رد الفعل التي تؤثر على الحذاء هي 350 نيوتن ، فما مقدار القوة العمودية المطلوبة التي تسبب انزلاق الحذاء ؟ (1962 نيوتن) .
5. لاعب كرة قدم يدفع زلاجة بوزن 670 نيوتن . معامل الاحتكاك الثابت بين الزلاجة والعشب هي 0,73 ومعامل الاحتكاك الحركي بين العشب والزلاجة هو 0,68

- ✓ ما مقدار القوة التي يجب ان يبذلها اللاعب لبدء حركة الزلاجة ؟
- ✓ ما مقدار القوة المطلوبة للحفاظ على حركة الزلاجة ؟
- ✓ اجب عن نفس السؤالين لعربة تزن 100كغم تقف على ظهر الزلاجة ؟ (989,12نيوتن ، 455,6 نيوتن، 1205,22 نيوتن،1122,7نيوتن)

6. مراقب خط كتلته 100 كغم يتحرك لسرعة 4م/ث ، فعندما يصطدم مباشرة مع مراقب خط آخر يزن 90 كغم يتحرك بسرعة 4,5 م/ث ، فإذا بقيا كلاهما على أقدامهما ما الذي سيحدث ؟
(سيدفع مراقب الخط الأول مراقب الخط الثاني الى الخلف بسرعة 0,03 م/ث).

7. لاعبي تزلج يتزلجان على الجليد ركض احدهما نحو الأخر مباشرة فإذا صد احدهما الآخر واستمر بالحركة بعد الاصطدام . فكم ستكون السرعة الناتجة ؟ للزلاج أ سرعة 5م/ث وكتلته 65 كغم . وللزلاج ب سرعة 6م/ث وكتلة 60 كغم . ؟ (28 م/ث في الاتجاه الأصلي المستحوذ بواسطة الزلاج ب)
8. كرة ساقطة على سطح بارتفاع 2م ترتد لارتفاع 0,98م . فما هو معامل اعادة الحالة بين الكرة والسطح ؟
9. مجموعة من 20 درجة لكل درجة ارتفاع 20 سم ترتقيها رجل بوزن 700 نيوتن في فترة 1,25 ثانية . احسب مقدار الشغل الحركي ، القدرة والتغير في الطاقة الكامنة عند الصعود .؟(ش= 2800جول ق = 2240 واط الطاقة الكامنة = 2800 جول)
10. كرة مرمية بوزن 1كغم تصل الى قفاز لاعب يتحرك بسرعة 28م/ث .
   - ✓ ما مقدار زخم الكرة ؟
   - ✓ ما مقدار الدافع المطلوب لإيقاف الكرة ؟
   - ✓ إذا كانت الكرة في احتكاك مع قفاز اللاعب الماسك لمدة 0,5 ثانية عند المسك.ما مقدار معدل القوة المستعملة بواسطة القفاز ؟ (أ-28 كغم.م/ث ب-28نيوتن جـ - 56 نيوتن)
11. شخص ثلاثة أمثلة عملية لكل قانون من قوانين نيوتن ووضح كيف يمثل المثال القانون ؟
12. اختر إحدى الرياضات أو إحدى النشاطات اليومية وحدد الطرق التي يوجد فيها مقدار من الاحتكاك بين سطوح الاتصال والتي تؤثر على ناتج الانجاز؟

13.قطعة بلوك تزن 2كغم موضوعة فوق سطح عمودي خاضعة لقوة عمودية بوزن 7,5 نيوتن فإذا كان التعجيل الناتج من قطعة البلوك 3م/ث2 فما مقدار قوة الاحتكاك المضادة للحركة قطعة البلوك ؟ (1,5 نيوتن)

14.وضح العلاقات الداخلية بين الشغل والحركة ، القدرة ، والطاقة داخل تعبير مهارة حركة الإنسان المحددة .

15.وضح ما هي الطرق التي يرتبط أو لا يرتبط الشغل الحركي مع الإنفاق الحراري ضمن في إجابتك الفرق بين الشغل الايجابي والسلبي وتأثير العوامل الانثروبومترية .

16.مضرب كولف بطول 1,8 سم ووزن 0,73 كغم تأرجح لمدة 3 ثواني بتعجيل ثابت من نق/ث2 . ما هو الزخم الخطي لرأس المضرب عندما يصطدم بالكرة ؟ (3,9كغم/ث)

17.كرة تزن 6,5 نيوتن ترمى بسرعة ابتدائية وقدرها 20م/ث2 في زاوية 35 درجة من ارتفاع 1,5 م .

- ✓ ما هي سرعة الكرة اذا مسكت على ارتفاع 1,5 م ؟
- ✓ إذا مسكت الكرة على ارتفاع 1,5م فما مقدار الشغل المطلوب ؟ (أ- 20م/ث ب-132,5جول) .

18.شخص يزن 50كغم ينفذ أقصى قفز أفقي بسرعة ابتدائية او سرعة بدء 2م/ث .

- ✓ ما هي أقصى طاقة حركية للاعب عند القفز ؟
- ✓ ما هي أدنى طاقة حركية للاعب خلال القفز ؟
- ✓ ما هي أقصى طاقة كامنة للاعب خلال القفز ؟
- ✓ ما مقدار مركز كتلة المرفوع للاعب عند القفز ؟

الجواب (100 جول ، 100 جول ، صفر ، 20 سم)

19.باستخدام مبدأ حفظ الطاقة الحركية ، احسب أقصى ارتفاع منجز عن طريق كرة مرمية تزن 7 نيوتن أفقيا بسرعة ابتدائية وقدرها 10 م/ث ؟ (5,1 م)

20.اختر واحد من الفعاليات الرياضية التالية وتامل التغيرات التي تحدث بين الطاقة الحركية والطاقة الكامنة .

- ✓ دعم الساق المنفردة خلال العدو.
- ✓ ضرب التنس.
- ✓ انجاز القفز بالزانة.
- ✓ الغطس من اللوحة المتحركة.

21.غير احد الأحذية من مجموعتك.واستخدم مقياس متحرك لتحديد مقدار أقصى احتكاك ثابت لكل جدار فوق سطوح مختلفة.اكتب نتائجك في لوحة واكتب قطعة إنشائية موضحا النتائج.

22.ضع طوليا ثلاثة أو أربعة قطع من الخشب بإحجام مختلفة واوزان علة سطح رقيقة ، مائلة منفصلة عن بعضها البعض بـ 80 – 10 سم

23.باستخدام عصا طويلة مثل عصا المتر توضع في كل نهايتين . استعمل قوة معادلة لكل قطعة بنفس الوقت . راقب المسافات المختلفة للقطع . اكتب تفسيرا وصفيا عن نتائجك.

24.أدي أقصى قفز أفقي فوق منصة قوة.استخدم البلانيميتر planimeter لقياس الحوافز المتولدة مقابل المنصة خلال الارتقاء والهبوط على سجل القوة – الزمن للقفز.وضح التشابهات والاختلافات في دوافع الارتقاء والهبوط.

25.اسقط خمس كرات مختلفة من ارتفاع 2 م فوق سطحين مختلفين بعناية وسجل ارتفاعات الارتداد . واحسب معامل إعادة الحالة لكل كرة فوق كل سطح واكتب قطعة إنشائية موضحا نتائجك.

26.باستخدام ساعة إيقاف ، اكتب وقت كل واحد من المجموعة عند الركض لصعود سلم . استخدم مسطرة لقياس ارتفاع درجة واحدة ثم اضرب بعدد الدرجات لحساب التغير الكلي في الارتفاع . احسب الشغل ، الطاقة والتغير في الطاقة الكامنة لصعودك.