الشغل Work

عندما يتغلب جسم على مقاومة ويستمر ولمسافة معينة فانه يكون قد بذل شغلا اي لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنه يكون قد انجز شغلا، ويمكن صياغة القانون الرياضي لمتغير الشغل كما يلي :

الشغل = القوة × المسافة

ش = ق × م

ومن خلال القانون اعلاه يتضح لنا ان الشغل يتناسب تناسبا طرديا مع القوة والمسافة فاذا ما استخدمت قوة على سبيل المثال قدرها (٢٠٠) نت لتحريك عربة مسافة (٤٠)م فمقدار الشغل المنجز لذلك هو :

ش = ٢٠٠ × ٤٠

= ٨٠٠٠ نيوتن \ م او جول

وحدات الشغل متعددة وأي وحدات للقوة يمكن ان تجمع مع أي وحدة لمسافة لتشكيل وحدة الشغل . وفي النظام المتري (جول) تعتبر الوحدة الشائعة المستخدمة ... الجول

تقاس المسافة في اتجاه القوة العاملة بغض النظر عن المسار الذي يسلكه الجسم المقاوم والمتغلب عليه ... فعلى سبيل المثال عند يرفع رباع وزن قدره ١١٠٠ نيوتن من الارض ووضعها فوق الرأس بارتفاع ٢م فالشغل المنجز هو ٢٢٠٠ جول . الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى بالشغل الموجب اما اذا انجز الشغل في اتجاه معاكس فيسمى بالشغل السالب ، فلو سلط الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠نيوتن في البينج بريس لرفع ثقل الى الاعلى مسافة (٠,٣م) كان الشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل . اما اذا سلط نفس الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن لخفض الثقل الى الاسفل مسافة ٠,٣م ، فالشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ويطلق عليه بالشغل السلبي لان اتجاه القوة المسلطة كان باتجاه معاكس لحركة الثقل . من الضروري ان نعرف بان مصطلح المسافة هو المستخدام بدلا من مصطلح الازاحة.

مثال :

ما هو مقدار الشغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة ١٠م عن موضعه الأصلي ، وما هو مقدار الشغل ، اذا كانت المسافة التي تحركها الجسم هي ٢٥م ؟

الشغل = ق × م

= ١٠٠ نت × ١٠م

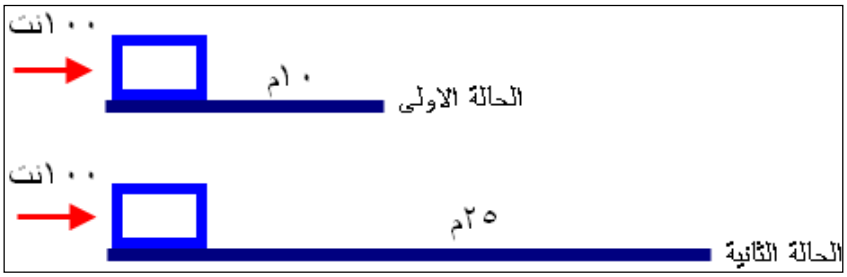
= ١٠٠٠ جول في الحالة الاولى

الشغل = ق × م

= ١٠٠ نت × ٢٥م

= ٢٥٠٠ جول في الحالة الثانية

ويكون الشغل المنجز في الحالة الثانية اكبر منه في الحالة الاولى لأن المسافة في الحالة الثانية اكبر.



الشكل (٣٧-٣) : يوضح مدى اعتماد الشغل على المسافة

مثال:

يتطلب من عداء ١٠٠ متر ان يصدر قوة مقدارها ضعف كتلته ويستمر حتى نهاية السباق علما ان كتلته ٨٢ كغم وانجازه ١٠,١٤ ثانية ، وعداء ٢٠٠ متر يصدر قوة مقدارها ٧٦٥ نت وينهي السباق بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، المطلوب حساب كمية الحركة والشغل المنجز لكل عداء

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

١٠٠

كمية الحركة.. = ٨٢ × -

١٠,١٤

٢٠٠ ٧٦٥

كمية الحركة.٢٠ = ـ × ـ

٢٢,٤٨ ٩,٨١

الشغل = القوة × المسافة

الشغل.١٠ = ٨٢ × ٢ × ٩,٨١ × ١٠٠

الشغل.٢٠ = ٧٦٥ × ٢٠

القدرة Power

ان الشـغل المنجز سـواء انجز في ثانية او في دقيقة او في سـاعة هو نفس الشـغل من حيث كمية الشغل ، ولكن الذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وفي كثير من الفعاليات في مجالنا الرياضي هو ليس التفاضل بين مقدار الشغل المنجز ، ولكن بالزمن الذي انجز فيه هذا الشغل ، فالذي ينجز الشـغل بفترة زمنية اقل افضـل من الذي ينجز الشـغل نفسـه ولكن بفترة زمنية اطول حيث يطلق على العلاقة بين الشـــغل والزمن بالقدرة ، وعليه فيمكننا تعريف القدرة ميكانيكيا بانها القابلية على انجاز شغل خلال زمن معين.. أي ان :

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

نيوتن × متر (جول)

الوحدات هي ـــ

ثانية

او

$$\text{القدرة} = \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \frac{\text{المسافة}}{}$$

الزمن

او

القدرة = القوة × السرعة

او

القدرة = الكتلة × التعجيل × السرعة

ان الشخص الذي باستطاعته انجاز شغل اكبر في الوحدة الزمنية القليلة هو الاكثر قدرة . فالمعدل الزمني لانجاز الشـــغل مهم جدا لأنه عن طريق الزمن يمكن معرفة القدرة . والقانون يؤكد العلاقة بين القوة والقدرة ، ان الانجاز الجيد يعتمد على القدرة التي تعني (معدل الشـــغل المنجز خلال فترة زمنية معينة) كما وتعني قابلية الرياضـــي على اسـتخدام قوته بوقت ومسـافة محددتين (وقت قصـير – مسـافة كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما اسـتخدمت القوة لمسـافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما .

وبالرغم من ان عاملي القوة والسرعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة الا ان هنالك نسب مختلفة تحتاجها في تحديد القدرة للفعاليات المختلفة كما تؤكد بان الاداء الذي يتطلب القدرة ويتم ضد مقاومة كبيرة يعتمد على القوة اكثر من الاداء الذي يتم ضد مقاومة صغيرة والذي يعتمد على السرعة بشكل اكبر على انه لا يمكن الفصل بين هذين الحركتين عند دراسة القدرة وعلى هذا الاساس وبسبب كون الرمح خفيف بالمقياس بالثقل فانه يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز على القوة في رمي الثقل .

ان وحدة القياس في النظام المتري هو (الواط) وتسـاوي القدرة على انجاز شـغل مقداره جول واحد في ثانية واحدة ، ولو رجعنا الى المعادلة الجبرية للقدرة لوجدنا ان هناك علاقة حيوية بين القدرة والسرعة ، ومثلما واضح من كم الاشتقاقات الممكنة في المعادلات اعلاه.

مثال:

ما هي القدرة للرياضـــي الذي ينجز شـــغلا مقداره (٦٠٠ جول) في رفع ثقل فوق رأســـه بزمن قدره (١,٥ثانية) .

الشغل

القدرة = ـ

الزمن

٦٠٠

القدرة = ـ

١,٥

القدرة = ٤٠٠ واط قدرة الرياضي

مثال:

عداء ١٠٠ متر وزنه ٨٢٠ نيوتن ينهي السباق في زمن قدره ١٠,١٤ ثانية ، لو انهى العداء نفسه سباق ٢٠٠ متر بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، في أي السباقين يبذل زخما اكبر ؟ وفي ايهما يبذل شغلا اكبر ؟ ولماذا؟.

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

كمية الحركة.. ١ = ٨٢٠ / ٩,٨١ × ١٠٠ / ١٠,١٤ ـ

كمية الحركة.. ١ = ٨٣,٥٩ × ٩,٨٦

كمية الحركة.. ١ = ٨٢٤,٢٠ كغم.م/ثا

كمية الحركة.. ٢ = ٨٢٠ / ٩,٨١ × ٢٠٠ / ٢٢,٤٨ ـ

كمية الحركة.. ٢ = ٨٣,٥٩ × ٨,٩٠

كمية الحركة.. ٢ = ٧٤٣,٩٥ كغم.م/ثا

الشغل = القوة × المسافة

الشغل.. ١ = ٨٢٠ × ١٠٠

الشغل.. ١ = ٨٢٠٠٠

الشغل.. ٢ = ٨٢٠ × ٢٠٠

الشغل.. ٢ = ١٦٤٠٠٠ جول

الشغل

القدرة = ـ

الزمن

٨٢٠٠٠

القدرة١٠٠ = ـ

١٠,١٤

القدرة١٠٠ = ٨٠٨٦,٧٨ واط

١٦٤٠٠٠

القدرة٢٠٠ = ـ

٢٢,٤٨

القدرة٢٠٠ = ٧٢٩٥,٣٧ واط

الطاقة

وتعني (قدرة الجسم على انجاز شغل ما) . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر ، وهناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكة ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، حيث ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعني حاصل ضرب نصف الكتلة الجسم في مربع سرعته ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت كتلة عداء ١٠٠كغم يركض بسرعة ٦م\اثا يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته ٨م\اثا ، من هنا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة التالية :

١

الطاقة الحركية = ـ × الكتلة × (السرعة)^{٢}

$$\text{او}$$

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

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

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

كما ويمكن توضـيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسـم في الحركات الخطيـة كمـا هو عليـه في الحركـات الدائريـة من خلال المثال التـالي : فـالراكض اثنـاء الحركـة الخطية نجد ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معينا وهي الطاقة (١) ، والطاقة (٢) والطاقة (٣) ... وهكذا وحيث ان الطاقة الحركية للجسـم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزاءه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقا للعلاقة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية الكلية} = \text{ط}_{\text{ح}_{1}} + \text{ط}_{\text{ح}_{2}} + \text{ط}_{\text{ح}_{3}}$$

ولو لاحظنا الطاقة الحركية في الحركات الدائرية نجدها تختلف في سـرعتها فيما بينها وذلك لاختلاف بعد كل منها عن محور الدوران ، لهذا نجد على سبيل المثال عندما يقوم اللاعب بالدوران حول محور ما فان سـرعة أجزاءه تختلف عن بعضـها ، حيث ان سـرعة دوران الجزء البعيد اكبر من سرعة دوران الجزء القريب من المحور وذلك بسبب اختلاف في أطوال (أنصاف القطر) الأجزاء ، وان الطاقة الحركية الدورانية يمكننا الحصول عليها طبقا للعلاقة التالية :

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

$$\text{طح الدورانية} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{نق}^2 \times \text{س}_{ز}^2$$

ويلاحظ بان

عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^2

مثال :

لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء الســباق بســرعة قدرها ١٠ م/ثا ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب طاقة حركته.

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

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{٨٦ \times (١٠)^2}{2}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{٨٦٠٠}{2}$$

الطاقة الحركية = ٤٣٠٠ جول

مثال :

لوحظ ان عداء يبذل طاقة مقدارها ٤٣٠٠ جول خلال ركضــه احدى اجزاء الســباق ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب سرعته.

الكتلة × (السرعة)^2

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{ـ}}{2}$$

بضرب الوسطين في الطرفين

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

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

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{\text{الطاقة الحركية} \times 2}{\text{الكتلة}}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{٤٣٠٠ \times 2}{٨٦}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{٨٦٠٠}{٨٦}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{١٠٠}$$

السرعة = ١٠ م/ثا

وهناك نوع اخر من الطاقة الميكانيكة هو ما يســـمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضـــع ويقصـــد بها الطاقة التي يمتلكها الجســـم في وضـــع معين اثناء الثبات ففي حالة رمي الثقل الى

الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سـرعته تناقص اثناء الصـعود تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شـكل اخر يخزن في الجسـم تسـمى بالطاقة الكامنة عندما يتوقف الجسم في اعلى نقطة ممكنة الوصول اليها عندئذ تصبح الطاقة الحركية صفرا أي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع .

وكذلك يمكن ملاحظة ما ذكر في اعلاه في المثال التالي ايضـا. في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بكبس الكرة فانه يتحرك حركة عمودية الى الاعلى بطاقة حركية الا ان سـرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصـل الى درجة الصـفر في اعلى نقطة يصـلها جسـمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسـم في تلك النقطة فيستطيع استخدامه في اداء حركة الكبس. ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع عن سطح الارض

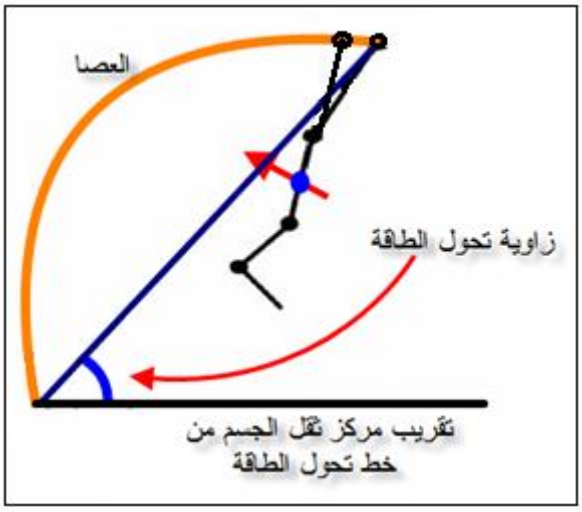
طك = و × ع

واخيرا من الجدير بالذكر ان هناك اشـكالا من الطاقة الكامنة فهناك الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضـية . فعلى سـبيل المثال ان نزول لاعب الجمناسـتيك على (الترامبولين) يؤدي الى تقعره نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة ويؤدي ذلك الى اتسـاع مساحة رقعة الترامبولين . ان هذا التقعر ما هو الا عملية خزن للطاقة اي تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كامنة ، وعندما يبدأ اللاعب بالصـعود الى الاعلى فأن الطاقة التي تم خزنها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .

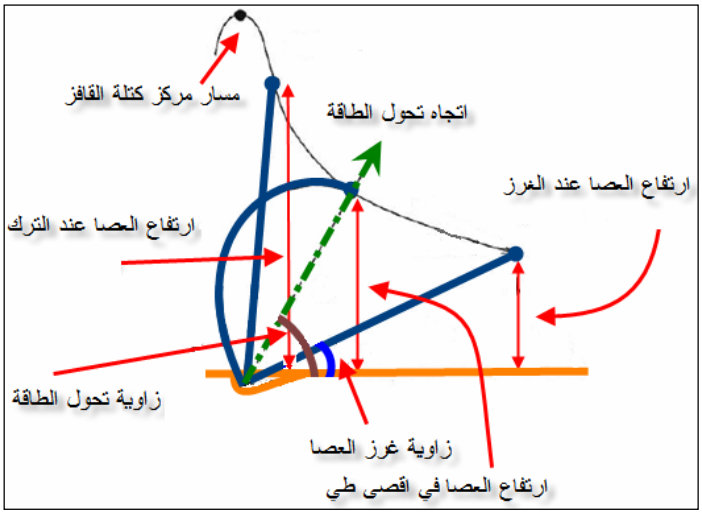
ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسـم وهو على ارتفاع معين عن سـطح الارض يتناسـب تناسـبا طرديا مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسـم وارتفاعه كما في المعادلة الرياضية المشار اليها سابقا .

ان المثال الشـائع في المجال الرياضـي هو الاسـتفادة من الطاقة المخزونة في عصـا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.

الشكل (٣٨-٣) : يوضح عصا الزانا كمثال للطاقة الكامنة



الشكل (٣٩-٣) : يوضح بعض المتغيرات في فعالية القفز بعصا الزانا



الشكل (٤٠-٣) : يوضح تحول مسار مفصل الورك وفقا لتحول الطاقة في عصا الزانا

مثال :

احسب سرعة الكرة قبل اصطدامها بالأرض اذا علمت إنها تسقط من ارتفاع (١,٥ متر) وان كتلتها (٢ كغم) .

ان تحول الطاقة من شكل الى اخر لايقلل من قيمة الطاقة الكلية وعليه فان

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = ثابت

الثابت = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة

وبما ان الجسم عند اعلى نقطة لاتمتلك سرعة فان الطاقة الحركية تساوي صفرا

الثابت = صفر + (الوزن × الارتفاع)

الثابت = صفر + (٢× ٩,٨١ ×١,٥)

الثابت = صفر + ٢٩,٤٣

الثابت = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة

$$\text{الثابت} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{2} + \text{الوزن} \times \text{الارتفاع}$$

وبما ان الجسم عند السقوط لايمتلك ارتفاعا

$$٢٩,٤٣ = \frac{٢ \times (\text{السرعة})^2}{2} + ٢ \times ٩,٨١ \times \text{صفر}$$

$$٢٩,٤٣ = (\text{السرعة})^2$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{٢٩,٤٣}$$

السرعة = ٥,٤٢ متر/ثانية