مواد عامة

ميكانيكا (٣)

الصف الثالث

العام التدريبي (٢٠٢٠ / ٢٠٢١)

تم الإعداد والتطوير بواسطة شركة يات لحلول التعليم
تليفون: 27498297 (202+) - **محمول:** 01001726642 (2+)
Website: www.YATLearning.com - **E-Mail:** info@yat.com.eg

الفهرس

الباب الأول: الدفع والتصادم Thrust and Collisions ٤
١. الدفع Thrust ٥
١-١ تعريف الدفع ٥
٢. التصادم Collisions ٧
٢-١ أنواع التصادم ٧
٢-١-١ التصادم المرن ٨
٢-١-٢ التصادم الغير المرن ٩
حالات معامل الارتداد ١٠
تحقق من فهمك (١) ١٥
الباب الثاني: الحركة الإهتزازية Oscillatory Motion ١٧
٢. الحركة الإهتزازية Oscillatory Motion ١٨
٢-١ الحركه الدوريه Periodic motion ١٨
٢-٢ الحركه التوافقيه البسيطه simple harmonic motion ١٩
٢-٢-١ مصطلحات الحركة التوافقيه البسيطه ١٩
٢-٢-٢ معادلات الحركة التوافقيه البسيطه ٢٠
٢-٢-٣ تجربة توضح المنحني الجيبي للحركة التوافقية البسيطة ٢٢
٢-٣ العلاقة بين منحنيات الموضع والسرعة والعجلة للجسم المهتز بالنسبة للزمن ٢٣
٢- ٤ الصيغة الرياضيه للزمن الدوري والتردد المصاحب للحركة التوافقية البسيطه ٢٣
٢-٥ الطاقة للحركة التوافقية البسيطه ٢٦
تحقق من فهمك (٢) ٢٩
الباب الثالث: نقل الحركة Transimission of Motion ٣١
٣- نقل الحركه ٣٢
٣-١ نقل الحركه بالطارات والسيور ٣٢
أولا: المجموعه البسيطة ٣٢
ثانيا: المجموعه المركبة ٣٣
٣-٢ نقل الحركه بالتروس ٣٥
أولا: المجموعه البسيطه ٣٥
ثانيا: المجموعة المركبة ٣٦
٣-٣ نقل الحركه بالجريدة والترس ٣٧
٣-٤ السرعه المحيطيه ونقل الحركه ٣٩
تحقق من فهمك (٣) ٤١
الباب الرابع: القدرة Power ٤٣

٤- القدرة Power ٤٤
٤-١ وحدات قياس القدرة ٤٥
٤-٢ القدرة في الحركة الخطية ٤٦
٤-٣ القدرات الميكانيكية ٤٨
٤-٣-١ محرك الديزل ٤٨
٤-٣-٢ أنواع القدرات الميكانيكية للمحرك ٤٩
٤-٣-٣ حساب القدره البيانيه(IP) ٤٩
٤-٣-٤ الجودة الميكانيكية η (m) ٥١
٤-٤ القدرة المنقولة ٥٢
٤-٤-١ القدرة المنقولة بالسيور ٥٢
٤-٤-٢ القدرة المنقولة بالتروس ٥٥
تحقق من فهمك (٤) ٥٩
الباب الخامس: آلات الرفع البسيطه Simple Levers ٦١
٥- آلات الرفع البسيطة ٦٢
٥-١ تعريفات ٦٢
٥-٢ وحدات القياس ٦٢
٥-٣ نماذج من آلات الرفع البسيطة ٦٣
٥-٣-١ الملفاف البسيط Simple wheel axle ٦٣
٥-٣-٢ الملفاف المركب Differential wheel axle ٦٦
٥-٣-٣ الونش البسيط Simple winch ٦٩
٥-٣-٤ الونش المركب compound winch ٧٠
٥-٣-٥ المكبس البسيط Simple press ٧٢
٥-٣-٦ الكوريك البسيط Simple screw jack ٧٣
٥-٣-٧ الكوريك المركب ذو الترسين Bevel gear jack ٧٤
٥-٣-٨ آلات الرفع ذات البكرات Pulleys ٧٦
تحقق من فهمك (٥) ٨١
الباب السادس: البكرات Pulleys ٨٤
٦-١ نموذج لدراسة الحركة لعناصر مجموعة بكرات ٨٥
٦-٢ استنتاج معادلات الموضع والسرعة والعجلة ٨٦
تحقق من فهمك (٦) ٩٠

مقدمة

عزيزي الطالب، بين يديك كتاب " ميكانيكا (٣) " وهو الجزء الثالث من منهج الميكانيكا الذي سوف تدرسه خلال فترة دراستك بمراكز مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني، وهو مكون من ستة أبواب، فنبدأ بالباب الأول " الدفع والتصادم" مرورا بالباب الثاني حيث دراسة الحركة الاهتزازية وأنواعها والقوانين المنظمة لها، ومن ثم نتحول إلى الباب الثالث لدراسة عمليات نقل الحركة والتي تستخدم في فهم العديد من العمليات الميكانيكية الأكثر تعقيدا.

الباب الرابع يقدم لك القدرة وأنواعها وتطبيقاتها المختلفة، بينما يقدم الباب الخامس أنواع آلات الرفع البسيطة، أخيرا نقدم في الباب الرابع البكرات والقوانين الحاكمة لها.

وبالتالي فإن الكتاب ملم بمعظم المعارف والنظريات التي سوف تساعدك على إتمام دراستك في باقي العلوم التطبيقية وفي ضوء ما سبق قد رعي في الكتاب أن يكون ذو أسلوب شيق وبسيط لضمان وصول المعلومة بطريقة سهلة وسريعة، وأن يشمل العديد من الأشكال والرسومات المرفقة مع النظريات والمعارف لتوضيح وتثبيت المعلومة وأخيرا أن يشمل أمثلة متدرجة في الصعوبة لتشمل مستويات التفكير المتنوعة مع تدريبات وأسئلة ينتهي بها كل درس.

أخيرا ... نتمني لك عزيزي الطالب كل النجاح والتفوق في حياتك الدراسية والعملية

فريق الإعداد والمراجعة

شركة يات لحلول التعليم

الباب الأول: الدفع والتصادم Thrust and Collisions

١. الدفع Thrust

هناك العديد من الأمثلة والتطبيقات للدفع ويتضح مفهوم الدفع حين نستعرض الأمثلة الآتيه:

- عند القفز يدفع الإنسان الأرض بقدمه إلى الخلف فيندفع إلى الأمام أو عاليا.
- عند تحرر فتحة بالونه مملوءة بالهواء فإن الهواء المحبوس يندفع للخلف فتندفع البالونه للأمام.
- إندفاع الهواء بقوة خلال المحرك النفاث وخروج العادم للخلف يؤدي لإندفاع الطائره للأمام. كما يمكن إنتاج الدفع العكسي للتحكم بسرعة الطائرة أو للمساعدة على كبح السرعة بعد هبوط الطائرة على الأرض.

شكل رقم ١: اندفاع الطائرة

١-١ تعريف الدفع

عند خضوع جسم كتلته m لتاثير قوة F لفتره زمنيه $\Delta t = t_2 - t_1$, فإننا نكتب قانون نيوتن الثاني على صورة $\vec{F} = \frac{\overrightarrow{dp}}{dt}$ حيث $\vec{p}$ يمثل متجه كمية الحركة.

بفصل المتغيرات على النحو التالي: $\vec{F} * dt = \overrightarrow{dp}$

ثم بتكامل المعادلة من الزمن t_1 إلى t_2 نحصل على:

$$\int_{P_1}^{P_2} \overrightarrow{dP} = \vec{F} * \int_{t_1}^{t_2} dt$$

متجه الدفع $\overrightarrow{I} = \vec{F} * (t_2 - t_1) = \overrightarrow{P_2} - \overrightarrow{P_1}$

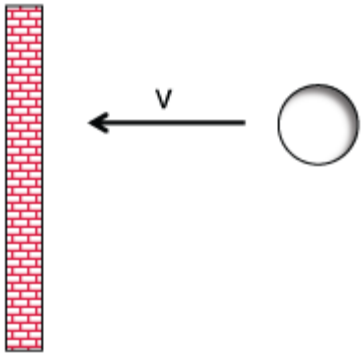
$$\therefore \overrightarrow{I} = \overrightarrow{\Delta P} = \Delta t * \vec{F}$$

من المعادلة السابقة يمكننا معرفة أن الدفع يأخذ اتجاه القوة كما يمكنا تعريف الدفع على النحو الآتي:

تعريف الدفع	**هو حاصل ضرب القوة المؤثرة في زمن تأثيرها يساوي التغير في كمية الحركة**
وحدات قياس الدفع:	• **وحدة كتلة x وحدة سرعة** ○ **$Kg.m/s$** • **وحدة قوه x وحدة زمن** ○ **$N.s$**

مثال (١-١)

تصطدم كرة كتلتها ٠,٤ كجم (m= 0.4kg) تسير أفقيا بسرعة ٣٠ م/ث (v_1 = 30 m/s) بحائط و ترتد عنه بسرعة ٢٠ م/ث (v_2 = 20 m/s). احسب القوة (F) التي أثر بها الحائط على الكرة إذا كان زمن التلامس ٠,١ ث ($\Delta t = 0.1\ s$)



الحل:

نستطيع إيجاد الدفع بالطريقه الآتيه:

$$\vec{I} = \overrightarrow{P_2} - \overrightarrow{P_1} = m * v_2 - m * v_1$$

$$\vec{I} = (0.4 * 20) - (0.4 * -30) = 20\ kg.m/s$$

قوة الدفع:

$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{20}{0.1} = 200N$ وتأخذ القوة اتجاه الدفع إي الأتجاه الموجب

مثال (١-٢)

إذا ضربت كرة ساكنه ($v_1 = 0$) كتلتها ٠,٠٨٥كجم (m= 0.085Kg) بمضرب، بقوة مقدارها ٢٧٢ نيوتن (F=272N) ، فأصبحت سرعتها ٦٢ م/ث (v_2 = 62 m/s). إحسب زمن تلامس الكرة بالمضرب (Δt)

الحل:

$$\vec{I} = \overrightarrow{P_2} - \overrightarrow{P_1} = m * v_2 - m * v_1$$

$$\vec{I} = (0.085 * 62) - (0.085 * 0) = 5.27\ kg.m/s$$

$$\vec{I} = \vec{F} * \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\vec{I}}{\vec{F}} = \frac{5.27}{272} = 0.019\ s$$

زمن تلامس الكره بالمضرب ٠,٠١٩ ثانيه

مثال (١-٣)

ضرب لاعب قرص هوكي مؤثرا فيه بقوة ثابتة مقدارها ٣٠ نيوتن (F=30N) في زمن قدره ٠,١٦ ث (Δt = 0.16s) ، فما هو مقدار الدفع ($\vec{I}$) المؤثر في القرص ؟

الحل:

$$\vec{I} = \vec{F} * \Delta t$$

$$\vec{I} = 30 * 0.16 = 4.8\ N.s$$

٢. التصادم Collisions

كثيرا ما نلاحظ تصادم الأجسام في حياتنا مثل تصادم كرات البلياردو مثلا، فالتصادم هو تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك بحيث يتم تفاعل مؤقت بينه وبين الجسم الآخر عن طريق تبادل التأثير بقوى الدفع حسب قانون نيوتن الثالث والذي يحدث خلال فترة قصيرة جدا.

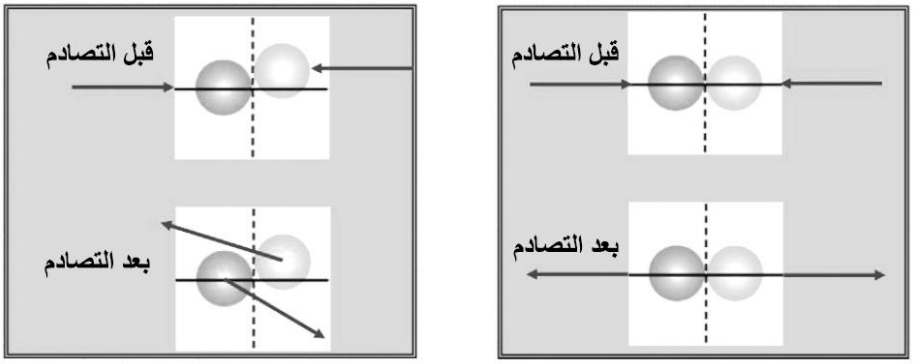
زمن التصادم هو زمن تأثير القوى المتبادلة بين الأجسام المتصادمة

٢-١ أنواع التصادم

ينقسم التصادم إلى ثلاث أنواع:

تصادم مرن	التصادم الذي تكون فيه كمية الحركة الكلية وطاقة الحركة الكلية محفوظة قبل وبعد التصادم
تصادم غير مرن	التصادم الذي تكون فيه كمية الحركة الكليه محفوظه وطاقة الحركة الكلية غير محفوظة قبل وبعد التصادم
تصادم عديم المرونة	التصادم الذي تكون فيه كمية الحركة الكليه محفوظه وطاقة الحركة الكلية غير محفوظه قبل و بعد التصادم ، و يحدث فقد كبير في الطاقة الحركية ، ويلتحم الجسمان كجسم واحد بعد التصادم

وستكون دراستنا للتصادم قاصره على التصادم في بعد واحد حيث أن محور مسار الحركه قبل التصادم هو نفسه محور مسار الحركه بعد التصادم كما هو موضح بالشكل



تصادم فى بعد واحد　　تصادم فى بعدين

شكل رقم ٢: التصادم في بعد واحد

٢-١-١ التصادم المرن

يكون مجموع كمية الحركه للأجسام قبل التصادم مساويا لمجموع كمية الحركه للأجسام بعد التصادم، وهذا مايعرف بـ **" قانون حفظ كمية الحركة "** كذلك بالنسبة إلى مجموع طاقة حركة الأجسام قبل التصادم يكون مساويا لمجموع طاقة حركة الأجسام بعد التصادم وهو ما يعرف بـ **" قانون حفظ طاقة الحركة "**، وتنفصل الأجسام مباشرة بعد التصادم دون أن يحدث لهما أى تغير في الشكل ودرجة الحرارة. وبناءا على ذلك فإن **كمية الحركة الكلية وطاقة الحركة الكلية محفوظة قبل وبعد التصادم**

التصادم المرن وحفظ كمية الحركة الخطية:

إذا تحرك جسمان كتلتيهما m_2 & m_1 بسرعتين v_2 & v_1 على الترتيب فيصطدمان ببعضهما بحيث تؤثر الأولى على الثانية بقوة دفع F_{12} تساوي في المقدار وتعاكس في الإتجاه قوة الدفع التي تؤثر بها الثانية على الأولى، فتصير سرعتيهما بعد التصادم v'_2 & v'_1 على الترتيب.

$$\overrightarrow{F_{12}} = \overrightarrow{F_{21}}$$

$$\overrightarrow{F_{12}} = \frac{\Delta p_1}{\Delta t} \ , \ \overrightarrow{F_{21}} = \frac{\Delta p_2}{\Delta t}$$

نستنتج مما سبق أن:

$$\overrightarrow{\Delta p_1} = -\overrightarrow{\Delta p_2}$$

$$= 0\Delta(\overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2})$$

أي أن كمية الحركة الخطية لا تتغير نتيجة التصادم وبذلك فإن كمية الحركة محفوظة خلال عملية التصادم.

أي أن:

مجموع كمية الحركة قبل التصادم = مجموع كمية الحركة بعد التصادم

$$m_1 * v_1 + m_2 * v_2 = m_1 * v_1' + m_2 * v_2'$$

$$m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_1)$$

التصادم المرن وحفظ طاقة الحركة:

مجموع طاقة الحركة قبل التصادم = مجموع طاقة الحركة بعد التصادم

$$\frac{1}{2}m_1{v_1}^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}^2=\frac{1}{2}m_1{v_1}'^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}'^2$$

$$m_1({v_1}^2-{v_1}'^2)=m_2({v_2}'^2-{v_2}^2)$$

$$v_1'=\left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right)v_1+\left(\frac{2m_2}{m_1+m_2}\right)v_2$$

$$v_2'=\left(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}\right)v_2+\left(\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right)v_1$$

سرعة التقارب والتباعد النسبية ومعامل الإرتداد:

- تسمى (v_1-v_2) بسرعة التقارب النسبيه قبل التصادم
- تسمى $({v_2}'-{v_1}')$ بسرعة التباعد النسبيه بعد التصادم

اما اثناء التصادم المرن لجسمين على خط مستقيم ينتج الآتى:

$$e=\frac{{v_2}'-{v_1}'}{v_1-v_2}=1$$

أى ان النسبة بين سرعة التباعد النسبية بعد التصادم وسرعة التقارب النسبية قبل التصادم تساوي واحد وتسمى هذه النسبة بمعامل الإرتداد

معامل الأرتداد هو النسبة بين سرعة التباعد النسبية إلى سرعة التقارب النسبية

٢-١-٢ التصادم الغير المرن

هو التصادم الذي تكون فيه كمية التحرك محفوظة مع وجود فقد في طاقة الحركة قبل وبعد التصادم:

$$m_1(v_1-v_1')=m_2(v_2'-v_1)$$

$$\Delta KE=\frac{1}{2}m_1{v_1}^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}^2-\frac{1}{2}m_1{v_1}'^2+\frac{1}{2}m_2{v_2}'^2$$

حيث ΔKE هى الفقد فى الطاقه

- إذا كان $\Delta KE>0$ فإن كمية الطاقه التى تتحرر نتيجة التصادم ويكون التصادم مصدر للطاقه
- إذا كان $\Delta KE<0$ فإن كمية الطاقة اللازم إعطاؤها للأجسام المتصادمة حتى يمكن للتصادم أن يتم ويكون التصادم ماص للطاقة
- إذا كان $\Delta KE=0$ فإن التصادم مرن

حالات معامل الارتداد

- إذا كان $0 < e > 1$ فإن التصادم غير مرن
- إذا كان $e = 1$ فإن التصادم مرن
- إذا كان $e = 0$ فإن التصادم عديم المرونة (الجسمان بعد التصادم لهما نفس السرعه)

معامل الارتداد ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين سرعات

مثال (١-٤)

تصطدم الكرة (1) وكتلتها ١ كجم ($m_1 = 1kg$) حيث تسير أفقيا بسرعة ١ م/ث ($v_1 = 1m/s$) فى بعد واحد بكره اخرى (2) ساكنه ($v_2 = 0$) كتلتها ٢ كجم ($m_2 = 2kg$) . أوجد مقدار واتجاه سرعة كل من الكرتين (v_1', v_2') بعد التصادم إذا كان التصادم مرنا

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب نحو اليمين:

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right) v_2$$

$$v_1' = \left(\frac{1-2}{1+2}\right) 1 + \left(\frac{2*2}{1+2}\right) 0 = -\frac{1}{3}\ m/s$$

إذن فسرعة الكره (A) بعد التصادم تساوى ($-\frac{1}{3}\ m/s$) و إتجاهها نحو اليسار

$$v_2' = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right) v_2 + \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_1$$

$$v_2' = \left(\frac{1-2}{1+2}\right) 0 + \left(\frac{2*1}{1+2}\right) 1 = \frac{2}{3}\ m/s$$

إذن فسرعة الكره (2) بعد التصادم تساوى ($\frac{2}{3}\ m/s$) وإتجاهها نحو اليمين

مثال (١-٥)

تصطدم الكرة (1) و كتلتها ٢ كجم ($m_1 = 2kg$) حيث تسير أفقيا بسرعة ١٠ م/ث ($v_1 = 10\ m/s$) فى بعد واحد بكره اخرى (2) كتلتها ١ كجم ($m_2 = 1kg$) وتتحرك بسرعة ٢,٥ م/ث ($v_2 = 2.5\ m/s$)

بعكس اتجاه حركة الكره (1). فإذا اصبحت سرعة الكره (1) بعد التصادم ٥ م/ث ($v'_1 = 5\ m/s$) فى نفس اتجاهها .

١- إحسب سرعة الجسم الثانى بعد التصادم (v'_2)

٢- إحسب معامل الارتداد (e) بين الجسمين وحدد نوع التصادم

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب نحو اليمين:

$$m_1 * v_1 + m_2 * v_2 = m_1 * v'_1 + m_2 * v_2'$$

$$2 * 10 + 1 * -2.5 = 2 * 5 + 1 * v_2'$$

$$v_2' = 20 - 2.5 - 10 = 7.5\ m/s$$

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = \frac{7.5 - 5}{10 - (-2.5)} = \frac{2.5}{12.5} = \frac{1}{5}$$

∴ التصادم غير مرن حيث أن $0 < e < 1$

مثال (١-٦)

تصطدم الكرة (1) بسرعة ٣ م/ث ($v_1 = 3\ m/s$) بكره اخرى (2) ساكنه ($v_2 = 0$). فإذا كانت للكرتين نفس الكتله (m)، وسكنت الكره الأولى بعد التصادم ($v'_1 = 0$).

١- إحسب سرعة الكره الثانيه بعد التصادم (v'_2)

٢- ما نوع التصادم

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب نحو اليمين:

$$m * v_1 + m * v_2 = m * v'_1 + m * v_2'$$

$$m * 3 + m * 0 = m * 0 + m * v_2'$$

بالقسمة على m

$$\therefore v_2' = 3\ m/s$$

إذن فسرعة الكره (2) بعد التصادم هى 3 m/s وإتجاهها نحو اليمين

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = \frac{3-0}{3-0} = 1$$

∴ التصادم مرن حيث أن e = 1

مثال (١-٧)

إصطدمت الكرة (1) بسرعة ٤م/ث (v_1= 4m/s) وكتلتها ٤ كجم (m_1= 4kg) بكره اخرى (2) ساكنه (v_2 = 0) كتلتها ١٠كجم (m_2= 10kg). فإرتدت الاولى بسرعة ١ م/ث (v'_1= 1m/s) مباشرة فى الاتجاه المعاكس

١- احسب سرعة الكره الثانيه بعد التصادم (v_2')

٢- ما هو نوع التصادم

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب نحو اليمين:

$$m * v_1 + m * v_2 = m * v_1' + m * v_2'$$

$$4 * 4 + 10 * 0 = 4 * -1 + 10 * v_2'$$

$$10 * v_2' = 16 + 4 = 20$$

بالقسمة علي 10

$$\therefore v_2' = 2\ m/s$$

إذن فسرعة الكره (2) بعد التصادم هى 2 m/s وإتجاهها نحو اليمين

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = \frac{2-(-1)}{4-0} = \frac{3}{4}$$

∴التصادم غير مرن حيث أن 1 > e > 0

مثال (١-٨)

إصطدمت شاحنتان متساويتان في الكتله (m)، على طريق منزلق (تجاهل الاحتكاك)، وكانت إحدى الشاحنتين ساكنة (v_2 = 0)، فالتحمت الشاحنتان معا وتحركتا كجسم واحده بعد التصادم

١- احسب النسبة بين سرعة الشاحنة الأولى قبل وبعد التصادم

٢- ما نوع التصادم

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب نحو اليمين:

$$m * v_1 + m * v_2 = m * v_1' + m * v_2'$$

$$\cancel{m} * v_1 + \cancel{m} * 0 + = \cancel{m} * v' + \cancel{m} * v'$$

بالقسمة على m

$$v_1 = 2v'$$

أي أن سرعة الشاحنة الأولى قبل التصادم تساوي ضعف سرعة الشاحنتين بعد التصادم

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = \frac{v' - v'}{2v' - 0} = 0$$

إذن فالتصادم عديم المرونه حيث أن e = 0

مثال (١-٩)

تحركت رصاصة مطاطية كتلتها ٠,٠١٢ كجم (m_1= 0.012 kg) بسرعة متجهة مقدارها ١٥٠ م/ث، (v_1= 150 m/s) فاصطدمت بحجر أسمنتي ثابت (v_2 = 0) كتلته ٨,٥ كجم (m_2= 8.5 kg) موضوع على سطح عديم الاحتكاك) ، وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة متجهة ١٠٠ م/ث (v'_2= 100 m/s)، فما هي السرعة (v_2') التي سيتحرك بها الحجر بعد التصادم؟

الحل:

بفرض ان الاتجاه الموجب هو اتجاه حركة الرصاصه:

$$m_1 * v_1 + m_2 * v_2 = m_1 * v_1' + m_2 * v_2'$$

$$0.012 * 150 + 8.5 * 0 = 0.012 * (-100) + 8.5 * v_2'$$

$$1.8 = -1.2 + 8.5 * v_2'$$

$$v_2' = \frac{1.8 + 1.2}{8.5} = 0.35 \text{ m/s}$$

شكل رقم ٣: مثال ١-٩

تحقق من فهمك (١)

١- تصطدم كرة كتلتها ٠,٨ كجم (m= 0.8kg) تسير أفقيا بسرعة ١٢ م/ث (v_1 = 12 m/s) بحائط و ترتد عنه بسرعة ٥ م/ث (v_2 = 5m/s). احسب القوة (F) التي أثر بها الحائط على الكرة إذا كان زمن التلامس ٠,١ ث (Δt = 0.1s) .

٢- إذا ضربت كرة ساكنه (V_1 = 0) كتلتها ٠,٢كجم (m= 0.2Kg) بمضرب، بقوة مقدارها ١٥٠ نيوتن (F=150N) ، فأصبحت سرعتها ٣٠ م/ث (v_2 = 30 m/s). إحسب زمن تلامس الكرة بالمضرب (Δt)

٣- ضرب لاعب قرص هوكي مؤثرا فيه بقوة ثابتة مقدارها ٢٠ نيوتن (F=20N) في زمن قدره ٠,١ ث ($\Delta t = 0.1s$) ، فما هو مقدار الدفع ($\vec{I}$) المؤثر في القرص ؟

٤- تصطدم كره كتلتها ١ كجم (m_1 = 1kg) تتحرك بسرعة ٤ م/ث (v_1 = 4 m/s) بكره اخري ساكنه (v_2 = 0) كتلتها ٥ كجم (m_2 = 5kg) . أوجد مقدار واتجاه سرعة كل من الكرتين (v_1', v_2')، بعد التصادم إذا علم أن التصادم مرنا.

٥- يتحرك جسم كتلته ٢ كجم (m_1 = 2 kg) بسرعة ٦ م/ث (v_1 = 6 m/s) فيصطدم بأخر كتلته ١ كجم (m_2 = 1kg) يتحرك بسرعة ١,٥ م/ث (v_2 = 1.5 m/s) بعكس اتجاه حركة الأول. فإذا اصبحت سرعة الأول بعد التصادم ٣ م/ث (v'_1 = 3 m/s) فى نفس اتجاهها قبل التصادم

- إحسب سرعة الجسم الثانى بعد التصادم (v_2')
- إحسب معامل الارتداد (e) بين الجسمين وحدد نوع التصادم

٦- تصطدم كرة على طاولة البلياردو بسرعه ١ م/ث (v_1 = 1 m/s) بكره اخرى ساكنه (v_2 = 0). فإذا كانت للكرتين نفس الكتله (m) وسكنت الكره الأولى بعد التصادم (v'_1 = 0).

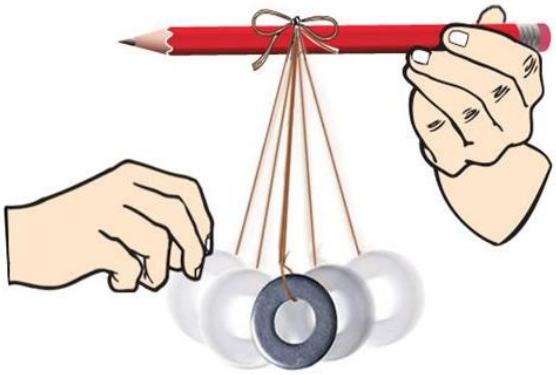
- ما هي سرعة الكرة الثانية بعد التصادم (v_2') ؟
- ما نوع التصادم؟

٧- إصطدمت كرة بسرعة ٤م/ث (v_1= 4m/s) وكتلتها ٤ كجم (m_1= 4kg) بكره اخرى ساكنه ($v_2 = 0$) كتلتها ١٠ كجم (m_2= 10 kg). فإرتدت الاولى بسرعة ١ م/ث (v'_1= 1m/s) بعد التصادم مباشرة. أوجد:

- سرعة الكرة الثانية بعد التصادم (v'_2)
- نوع التصادم الحادث

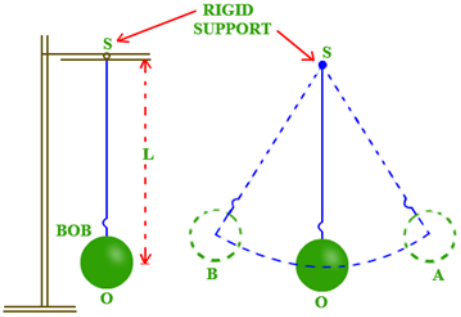
٨- تحركت رصاصة مطاطية كتلتها ٠,٠٢ كجم (m_1= 0.02 kg) بسرعة متجهة مقدارها ١٠٠ م/ث، (v_1= 100 m/s) فاصطدمت بحجر أسمنتي ثابت ($v_2 = 0$) كتلته ١٥ كجم (m_2= 15 kg) موضوع على سطح عديم الاحتكاك، وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة متجهة ٨٠ م/ث (v'_1= 80 m/s)، فما هي السرعة (v'_2) التي سيتحرك بها الحجر بعد التصادم ؟

الباب الثاني: الحركة الإهتزازية
Oscillatory Motion

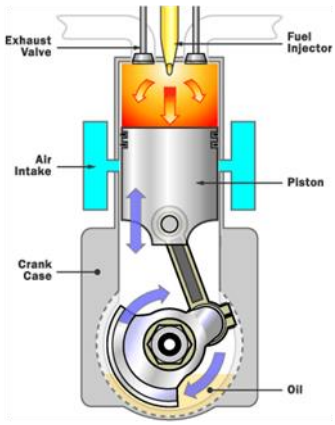


٢. الحركة الإهتزازية Oscillatory Motion

الحركة الإهتزازيه من أكثر الحركات المنتشرة في الطبيعه ولها تطبيقات كثيره في مجال الصناعة، فحركة المكبس داخل اسطوانة المحرك من أمثلة الحركه الأهتزازيه، كذلك حركة البندول البسيط، وحركة الأمواج الكهرومغناطيسية مثل أمواج الضوء وأمواج الرادار وأمواج الراديو التي تنتشر من خلال تذبذب مجالها الكهرومغناطيسي، كذلك التيار الكهربي المتردد الذي يتغير بصفة دورية مع الزمن.



حركة البندول البسيط

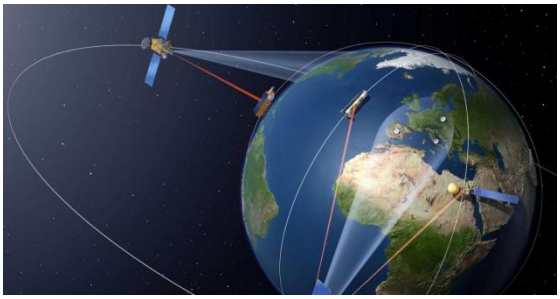


حركة المكبس داخل اسطوانة المحرك

شكل رقم ٤: امثلة على الحركة الإهتزازية

٢-١ الحركه الدوريه Periodic motion

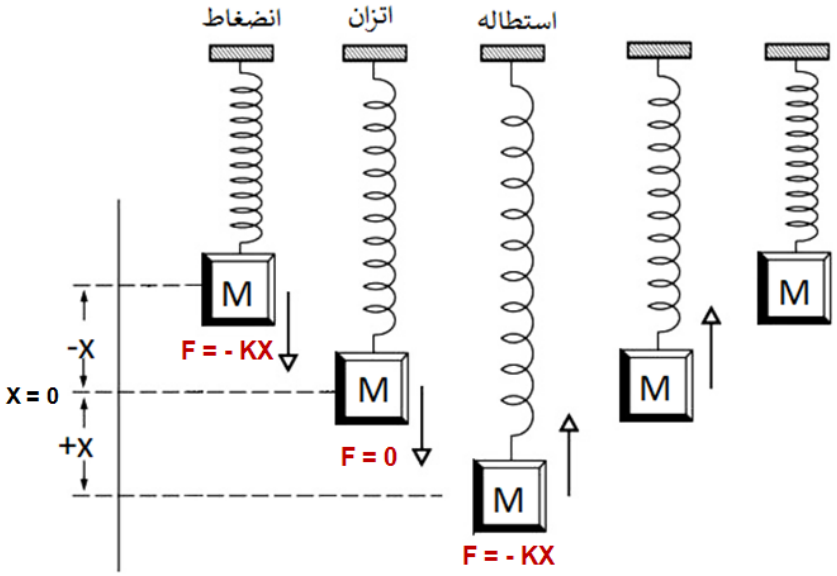
هي الحركة التي تكرر نفسها كل فترة زمنية ومن أمثلة الحركه الدوريه حركة الأقمار الصناعية حول الأرض، وحركة مكبس المحرك وكذلك حركة البندول البسيط. هناك حالة خاصة من الحركة الدورية تحدث للأنظمة المكيانيكية تكون فيها القوة الميكانيكية تتناسب طرديا مع موضع الجسم بالنسبة لنقطة اتزان ما. إذا كانت هذه القوة دائما في اتجاه نقطة الإتزان فإنه في هذه الحالة تعرف باسم الحركة التوافقيه البسيطه. أي أن القوة والإزاحة تتزايدان معا وتتناقصان معا وتنعدمان معا وهذا ما سوف نركز الدراسة عليه



شكل رقم ٥: حركة الاقمار الصناعية حول الارض

٢-٢ الحركه التوافقيه البسيطه simple harmonic motion

من أبسط الأمثلة على الحركة التوافقية البسيطة هي حركة جسم كتلته "M" معلق في نهاية يای ثابته، عند شد الكتلة وتحركها بعيدا عن موضع الإتزان كما بالشكل يبذل الياي قوة إرجاع وهي دائما في عكس اتجاه الحركه تعمل على اعادة الكتله مرة أخرى إلى وضعها السابق، وكلما اقتربت الكتلة من وضع الأتزان تتناقص قوة الإرجاع تدريجيا لأنها تتناسب طرديا مع الإزاحة حتى تنعدم عند X=0، وعند هذه النقطة يكون الجسم قد اكتسب طاقة حركية فيتعدى موضع الإتزان وعندها تظهر قوة الإرجاع مرة أخرى وتقوم بإبطاء الكتله تدريجيا حتى تنعدم سرعتها وتعود مرة أخرى لموضع الإتزان.



شكل رقم ٦: الحركة التوافقية البسيطة لياي

٢-٢-١ مصطلحات الحركة التوافقيه البسيطه

١- الإزاحه (Displacement x)

هي بعد الجسم المهتز من نقطة إتزانه في أي لحظة

٢- نقطة الإتزان (Equilibrium X=0)

هي النقطة التي تكون عندها إزاحة الجسم المهتز مساوية صفر وسرعته أقصى ما يكون

٣- الإهتزازة الكاملة (Period)

الحركة التي يقوم بها الجسم المهتز في الفترة الزمنية بين مروره بنقطة معينة في مسار حركته مرتين متتاليتين باتجاه واحد

٤- سعة الاهتزازة (A Amplitude)

هي اقصى ازاحة للجسم المهتز عن نقطة الإتزان.

٥- الزمن الدوري (Periodic Time T)

هو الزمن اللازم لإتمام اهتزازة (دورة) كاملة

٦- التردد (frequency f)

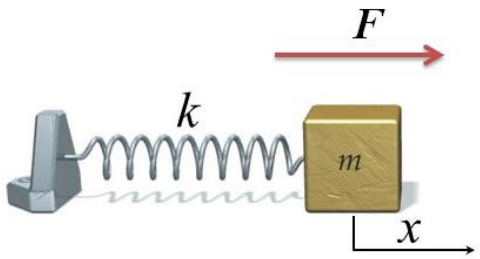
هو عدد الاهتزازات الكاملة التي يعملها الجسم المهتز في الثانية الواحدة و هو مقلوب الزمن الدوري، و يقاس بالهرتز ١ / ث (Hz= 1/s)

$$f = \frac{1}{T}$$

٢-٢-٢ معادلات الحركة التوافقيه البسيطه

ولدراسة الجسم المهتز يجب معرفة موضع وسرعة وعجلة الجسم المهتز عند كل لحظة حيث أن قوة الأرجاع للياى (F) تتناسب طرديا مع البعد عن نقطة الأتزان (X) فإن

$$F \propto X$$



شكل رقم ٧: معادلات حركة الياي

ومنه نستنتج قانون هوك على الصورة:

$$F = -K * X$$

والاشاره السالبة لأن الياى يؤثر على الجسم بقوة معاكسه لاتجاه حركته، حيث ان (K) ثابت التناسب ويسمي **ثابت الياي**. ومن قانون نيوتن الثاني نستنتج أن:

$$F = m * a$$

حيث ان: m هي كتلة الجسم بينما a هي عجلة حركتة

ومن المعادلتين نستنتج أن:

$$a = \frac{-K * X}{m}$$

من العلاقه السابقه يتضح أن العجلة ليست ثابته بل تتغير بتغير البعد عن موضع الإتزان ولذلك سيكون من الخطأ تطبيق قوانين الحركة بعجلة منتظمة. ويمكن كتابة المعادلة السابقة على الصوره التاليه:

$$\frac{d^2X}{dt^2} + \frac{K}{m} X = 0$$

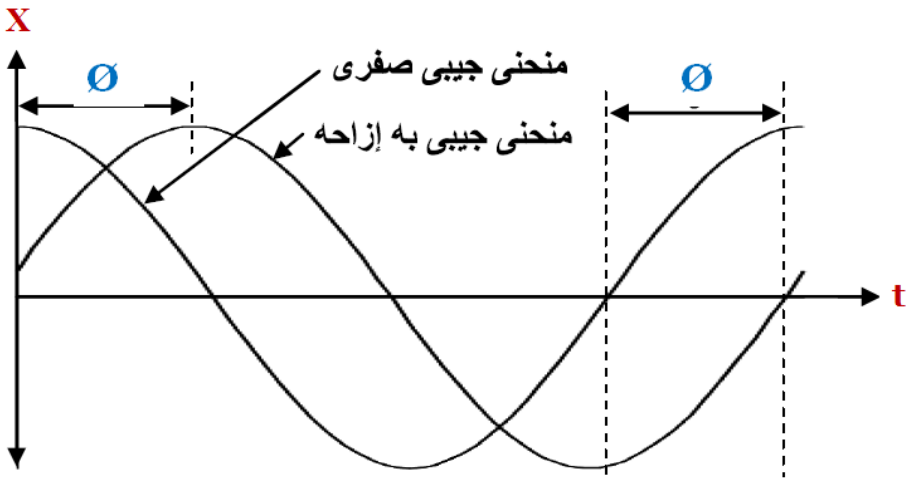
وبوضع $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ لأنه يمثل السرعة الزاويه و تكون المعادله على الصوره الآتيه:

$$\frac{d^2X}{dt^2} + \omega^2 X = 0$$

وهذه المعادله تسمى معادلة تفاضلية من الدرجه الثانيه ويمكن حلها على الصورة:

$$\mathbf{X = A * cos(\omega t + \emptyset)}$$

وتسمى المعادلة السابقة **معادلة الحركة التوافقية البسيطة** ، كما تسمي $\emptyset$ بثابت الطور الإبتدائي ويسمى المقدار $(\omega t + \emptyset)$ بالطور اللحظي



شكل رقم ٨: منحني معادلة الحركة التوافقية البسيطة

المنحني الجيبي الصفري:

هو المنحني الذي يمثل الحركة التوافقية البسيطة عندما نرصد الحركة ويكون الجسم في أقصي إزاحة موجبة $(\emptyset = 0)$

المنحني الجيبي ذو الإزاحة:

هو المنحني الذي يمثل الحركة التوافقية البسيطة عندما نرصد الحركة ويكون الجسم غير متواجد عند أقصي إزاحة موجبة $(\emptyset \neq 0)$

الطور الإبتدائي Ø:

ثابت الطور وهو قيمة إزاحة المنحني الجيبي للموجة عن المنحني الجيبي الصفري، ويقاس بالزاوية النصف قطرية (π)، ويمكن معرفة **معادلة سرعة الجسم** المهتز في أي لحظه (v) بإشتقاق معادلة الموضع $X = A * cos(\omega t + \emptyset)$ بالنسبه للزمن فيصبح شكل المعادله:

$$v = \frac{dX}{dt}$$

$$v = -A * \omega * \sin(\omega t + \emptyset)$$

وعند إشتقاق معادلة السرعه بالنسبه للزمن نحصل على **معادلة العجلة** في أي لحظة:

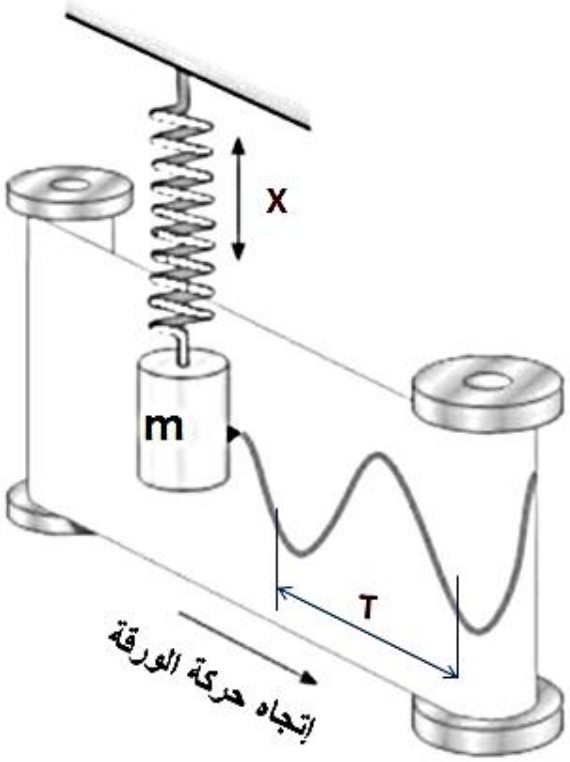
$$a = \frac{dV}{dt}$$

$$a = -A * \omega^2 * \cos(\omega t + \emptyset)$$

٢-٢-٣ تجربة توضح المنحني الجيبي للحركة التوافقية البسيطة

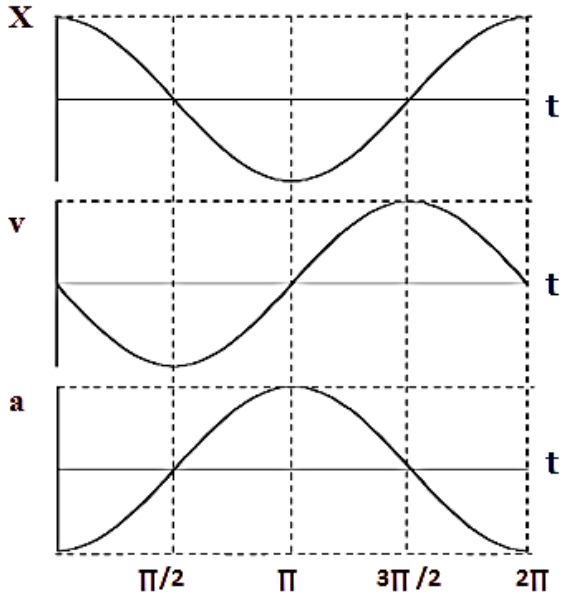
عند شد جسم كتلته " m " متصل بياي ليتذبذب رأسيا ومثبت على الجسم قلم كما هو موضح بالشكل، يتذبذب الجسم بمحاذاة ورقه تتحرك عموديا على اتجاه التذبذب فإن القلم سوف يرسم منحني جيبي يمثل معادله الموضع للحركة التوافقيه البسيطه

$$X = A * \cos(\omega t + \emptyset)$$



شكل رقم ٩: الحركة التوافقية البسيطة

٢-٣ العلاقة بين منحنيات الموضع والسرعة والعجلة للجسم المهتز بالنسبة للزمن



شكل رقم ١٠: منحنيات الموضع والسرعة والعجلة

الشكل السابق يوضح منحنيات الموضع والسرعة والعجله مع الزمن ونستنتج منها الأتي:

١- طور السرعة يختلف عن طور الموضع بمقدار $\pi/2$ زاويه نصف قطريه " ٩٠° " . فعندما يكون موضع الجسم المهتز عند أقصى قيمه فإن السرعة تساوي صفر. وعندما يكون موضع الجسم المهتز عند موضع الإتزان فإن السرعة تكون أقصى ما يمكن.

٢- طور العجله يختلف عن طور الموضع بمقدار π زاويه نصف قطريه " ١٨٠ ° " . فعندما يكون ا لموضع عند أقصى قيمه فإن العجله أقصى ما يمكن ولكن في الاتجاه المعاكس. وعندما يكون موضع الجسم المهتز عند موضع الأتزان فإن العجله تساوي صفر.

٣- عندما يكون الجسم أبعد ما يكون عن وضع الأتزان ($X= \pm A$) فإن السرعة تساوي صفر $v= 0$ والعجلة أكبر ما يمكن $a = \pm A * \omega^2$ أي أن القوة المؤثرة على الجسم أكبر ما يمكن وتحاول أرج اع الجسم في عكس الأتجاه

٤- عند وضع الاتزان x=0 فإن السرعة أكبر ما يمكن يمكن $v = \pm A * \omega$ والعجلة مساوية للصف ر (a=0) أى أن القوة المؤثرة على الجسم مساوية للصفر

٢-٤ الصيغة الرياضيه للزمن الدوري والتردد المصاحب للحركة التوافقية البسيطه

إذا كان الجسم عند الموضع " x " في اللحظة " t " فسيعود لنفس الموضع بنفس السرعة ونفس الأتجاه بعد زمن دوري واحد " T " كما هو موضح بالشكل السابق،

أي أن ف $x (t) = x (t + T)$

بالتعويض في المعادلة الموضع ينتج أن

$$A * cos(\omega t + \emptyset) = A * \cos(\omega(t + T) + \emptyset)$$

وهذه العلاقة لا تتحقق إلا إذا كان $\omega\ T = 2\ \pi$

$$\therefore \omega\ = \frac{2\ \pi}{T}$$

$$\because \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

من المعادلتين السابقتين نستنتج ان الزمن الدوري على الصوره

$$T = 2\ \pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

ومن هذا يتضح لنا أن التردد هو المعكوس الضربي للزمن الدوري أي أن

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = 2\ \pi\ f \quad \text{اي ان}$$

ومن المعادلتين السابقتين نستنتج التردد على الصوره

$$f = \frac{1}{2\ \pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

مثال ٢-١

موضع جسيم في الحركة التوافقية البسيطة يتحدد في أي لحظة بالمعادلة $X = 3\cos(2t)$ أوجد اكبر سرعة V_{max} و أكبر عجله a_{max} ، حيث أن المسافه مقاسه بالمتر والزمن بالثانية

الحل:

بالمقارنة مع معادلة الموضع:

$$x = A * \cos(\omega t + \emptyset)$$

$$x = 3\cos(2t)$$

$$\therefore A = 3\ m$$

$$\therefore \omega\ = 2\ rad/s$$

$$\therefore v_{max} = A * \omega = 3 * 2 = 6\ m/s$$

$$\therefore a_{max} = A * \omega^2 = 3 * 2^2 = 12\ m/s^2$$

مثال ٢-٢

جسم يتذبذب بحركة توافقية بسيطة على محور X، موقعه يتغير مع الزمن طبقا للمعادلة

$X = 4\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ ، حيث المتر وحدة المسافه والثانيه وحدة الزمن

- احسب السرعة (v) والعجلة (a) للجسم عند أي زمن
- أوجد الموضع (x) والسرعة (v) والعجلة (a) للجسم عند الزمن يساوي ١ ثانيه (t= 1 s)

الحل:

اولا: السرعة

$$x = 4 * \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$$

بالاشتقاق

$$v = -4\pi * sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$$

العجلة

$$a = -4\pi^2 * \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$$

ثانيا: حساب الموضع والسرعة والعجلة عند الزمن (t= 1 s):

$$X = 4\,cos\left(\pi * 1 + \frac{\pi}{4}\right) = -2\sqrt{2} \quad \text{m}$$

$$v = -4\pi * \sin\left(\pi * 1 + \frac{\pi}{4}\right) = 2\pi\sqrt{2} \quad \text{m/s}$$

$$a = -4\pi^2 * \cos\left(\pi * 1 + \frac{\pi}{4}\right) = 2\pi^2\sqrt{2} \quad \text{m/s}^2$$

مثال ٢-٣

موضع جسم يعطى بالعلاقه $X = 4\cos(3\pi t + \pi)$ ، حيث (X) بالمتر و (t) بالثانية

- أوجد التردد (f) والزمن الدوري للحركة (T)
- أوجد سعة الحركة (A) وثابت الطور (∅)

الحل:

بالمقارنة مع الصوره العامه لمعادلة الموضع

$$\because X = A * cos(\omega t + \emptyset)$$

$$\therefore \omega = 3\pi$$

∴ التردد

$$\therefore f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3\pi}{2\pi} = \frac{3}{2} \text{ Hz}$$

∴ الزمن الدوري

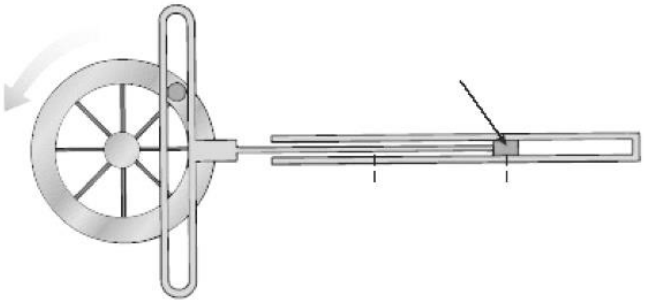
$$T = \frac{1}{f} = \frac{2}{3}s$$

∴ سعة الحركه A=4m

∴ ثابت الطور $\emptyset = \pi$

مثال ٢-٤

مكبس محرك بسيط يتحرك حركه توافقيه بسيطه. إذا كانت أقصى ازاحه لحركة المكبس من نقطة المركز هي ٥ سم (A = 5cm) أوجد أقصى سرعه (V_{max}) وأقصى عجله (a_{max}) للمكبس عندما يتحرك بمعدل ٣٦٠٠ لفة في الدقيقة (N=3600rpm)



شكل رقم ١١: مكبس بسيط

الحل:

$$\omega = \frac{2\,\pi\,N}{60} = \frac{2\pi}{60} * 3600 = 120\pi\ rad/s$$

يتم حساب اقصى سرعه عن طريق المعادله الآتيه:

$$V_{max} = A * \omega = 5 * 120\pi = 600\pi\ cm/s$$

يتم حساب اقصى عجله عن طريق المعادله الآتيه:

$$a_{max} = A * \omega^2 = 5 * (120\pi)^2 = 72000\,\pi^2\ cm/s^2$$

٢-٥ الطاقة للحركة التوافقية البسيطه

عندما يتصل جسم بياي ثابته K ويهتز صانعا مسافة X عن وضع الإتزان فإن طاقة وضعه تتضح من العلاقه الآتيه:

$$PE = \frac{1}{2}KX^2 = \frac{1}{2}m\omega^2X^2$$

أما طاقة الحركه فتتضح من المعادله التاليه:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

وبمعلومية $X = A * cos(\omega t + \emptyset)$ و $v = -A * \omega * \sin(\omega t + \emptyset)$

ينتج ان:

$$\mathrm{PE} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \emptyset)$$

$$\mathrm{KE} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \emptyset)$$

وللحصول على قيمة الطاقه الميكانيكيه يتم جمع المعادلتين السابقتين

$$\mathrm{E} = \mathrm{KE} + \mathrm{PE} = \frac{1}{2}\mathrm{m}\omega^2\mathrm{A}^2 \sin^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset) + \frac{1}{2}\mathrm{m}\omega^2\mathrm{A}^2 \cos^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset)$$

$$\because [\sin^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset) + \cos^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset)] = 1$$

$$\therefore \mathrm{E} = \frac{1}{2}\mathrm{m}\omega^2\mathrm{A}^2 * \cancel{[\sin^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset) + \cos^2(\omega\mathrm{t} + \emptyset)]} = \frac{1}{2}\mathrm{m}\omega^2\mathrm{A}^2 = \frac{1}{2}\mathrm{KA}^2$$

ويتضح من المعادلة السابقة أن الطاقة الميكانيكيه ستكون ثابته أثناء الحركة التوافقيه البسيطه، وبمقارنة المعادلة السابقة بالمعادلة التي تمثل طاقة الوضع وطاقة الحركه نستنتج أن الطاقه الميكانيكية تساوي طاقة الوضع القصوى المختزنة في الياى أو طاقة الحركة القصوى لأن وصول إحداهما للقيمة القصوى يقابله تلاشي الأخرى ويمكننا استخدام مبدأ الطاقه لتعيين سرعة الجسم عند أي موضع

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

$$\mathrm{E} = \frac{1}{2}\mathrm{KA}^2 = \frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 + \frac{1}{2}\mathrm{KX}^2$$

$$\mathrm{v} = \pm\sqrt{\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{m}} * (\mathrm{A}^2 - \mathrm{X}^2)} = \pm\omega\sqrt{(\mathrm{A}^2 - \mathrm{X}^2)}$$

والمعادلة السابقة تحدد سرعة الجسم المهتز بدلالة موضعه ، وعند النظر لهذه المعادله ترى أن سرعة الجسم تساوي صفر عند $\mathrm{X} = \pm\mathrm{A}$ وتصل السرعة القيمة القصوى عند وضع الأتزان $\mathrm{X} = 0$

مثال ٢-٥

كتلة مقدارها ١ كجم (m=1kg) معلقة بياى تتحرك حركة توافقية بسيطة وتتغير إزاحتها حسب المعادلة الآتيه $\mathrm{X} = 20\ \cos(10\mathrm{t})$ ، حيث تقاس المسافه بالمتر والزمن بالثانية

- احسب إزاحة (x) الكتلة وسرعتها (v) وعجلتها (a) عند زمن قدره ٠,٤ ث (t=0.4s)
- طاقة الوضع (PE) وطاقة الحركة (KE) والطاقة الكلية (E) عند هذه الإزاحة

الحل:

$$\because X = 20\ \cos(10\mathrm{t})$$

وبإشتقاق الموضع بالنسبة للزمن

$$\therefore v = -20 * 10\ sin(10t) = -200\, sin(10t)$$

وبإشتقاق السرعة بالنسبة للزمن

$$\therefore a = -200 * 10\ \cos(10t) = -2000 \cos(10t)$$

بالتعويض فى الزمن t=0.4s

$$X = 20\ \cos\ (10t) = 20 \cos(10 * 0.4) = 19.9\ m$$

$$v = -200 \sin(10t) = -200 \sin(10 * 0.4) = -13.9\ m/s$$

$$a = -2000 \cos(10t) = -2000\ \cos(10 * 0.4) = -1995\ m/s^2$$

عند مقارنة المعادلة السابقة بالمعادلة العامة للموضع نستنتج أن $\omega = 10\ rad/s$

إذا حساب الطاقات سيكون كالتالي:

$$PE = \frac{1}{2} m\omega^2 X^2 = \frac{1}{2} * 1 * 10^2 * 19.9^2 = 19800.5\ J$$

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} * 1 * (-13.9)^2 = 96.6\ J$$

$$E = PE + KE = 19800.5 + 96.6 = 19897.1\ J$$

مثال ٢-٦

مكبس محرك بسيط كتلته ٠,٥ كجم (m = 0.5kg) يتحرك حركه توافقيه بسيطه، إذا كانت أقصى إزاحه لحركة المكبس من نقطة المركز هي ٠,٠٦ م (A= 0.06m) ، ويتحرك بمعدل ٢١٠ لفة في الدقيقة (N = 210 rpm).

- احسب سرعة (v) المكبس عندما يكون على بعد (x=0.02 m)
- احسب كلا من طاقة الحركة (KE) وطاقة الوضع (PE) عندما تكون على بعد (x = 0.02m)

الحل:

$$\omega = \frac{2\,\pi\,N}{60} = \frac{2\pi}{60} * 210 = 22\ rad/s$$

بالنسبة لسرعة المكبس على بعد (x = 0.02m) هي

$$v = \omega\sqrt{(A^2 - X^2)} = 22\sqrt{(0.06^2 - 0.02^2)} = 1.2\ m/s$$

اما بالنسبة لطاقة الوضع على بعد (x = 0.02m) هي

$$PE = \frac{1}{2} m\omega^2 X^2 = \frac{1}{2} * 0.5 * (22)^2 * (0.02)^2 = 0.048\ J$$

وطاقة الحركة على نفس البعد تساوي

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} * 0.5 * (1.2)^2 = 0.36\ J$$

تحقق من فهمك (٢)

١- موضع جسيم في الحركة التوافقية البسيطة يتحدد في أي لحظة بالمعادلة $X = 5\cos(3t)$ أوجد اكبر سرعة (V_{max}) و أكبر عجله (a_{max}) ، حيث أن المسافه مقاسه بالمتر والزمن بالثانيه

٢- مكبس محرك بسيط يتحرك حركه توافقيه بسيطه. إذا كانت أقصى إزاحة لحركة المكبس من نقطة المركز هي ٦ سم (A = 6cm) اوجد أقصى سرعة (V_{max}) وأقصى عجله (a_{max}) للمكبس عندما يتحرك بمعدل ٣٠٠٠ لفة في الدقيقة (N=3000rpm)

٣- جسم يتذبذب بحركة توافقية بسيطة على محور X ، موقعه يتغير مع الزمن طبقا للمعادلة $X = 2\cos\left(4t + \frac{\pi}{2}\right)$ حيث المتر وحدة المسافه والثانيه وحدة الزمن

- احسب السرعة (v) والعجلة (a) الجسم عند أي زمن
- أوجد الموضع (x) والسرعة (v) والعجلة (a) للجسم عند الزمن ١,٥ ث (t=1.5s)

٤- علق جسم كتلته ٠,٥ كجم (m =0.5kg) بياي ثابته (K= 200N/m) ويترك ليهتز بشكل حر، أوجد سرعته الزاوية (ω) والتردد (f) والزمن الدوري (T).

٥- موضع جسم يعطى بالعلاقه $X = 2\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ حيث أن المسافه حيث (X) بالمتر و (t) بالثانية

- التردد (f) والزمن الدوري للحركه (T)
- سعة الحركه (A) وثابت الطور (Ø)

٦- كتلة مقدارها ٠,٥ كجم (m=0.5 kg) معلقة بياي تتحرك حركة توافقية بسيطة وتتغير إزاحتها حسب المعادلة $X = 10\ \cos(6t)$ حيث أن المسافه مقاسه بالمتر والزمن بالثانيه

- أوجد إزاحة الكتلة (x) وسرعتها (v) وعجلتها (a) عند زمن قدره ٠,٨ ث (t=0.8s)
- طاقة الوضع (PE) وطاقة الحركة (KE) والطاقة الكلية (E) عند هذه الإزاحة

٧- مكبس محرك بسيط كتلته ٠,٥ كجم (m = 0.5 kg) يتحرك حركه توافقيه بسيطه. إذا كانت أقصى إزاحه الحركة المكبس من نقطة المركز هي (A= 0.05 m) و يتحرك بمعدل بمعدل ٤٢٠ لفة في الدقيقة (N = 420 rpm).

- ما هي سرعة المكبس عندما يكون على بعد (x = 0.03 m)
- أوجد كلا من طاقة الحركة (KE) وطاقة الوضع (PE) عندما تكون على بعد (x = 0.03 m)

الباب الثالث: نقل الحركة
Transimission of Motion

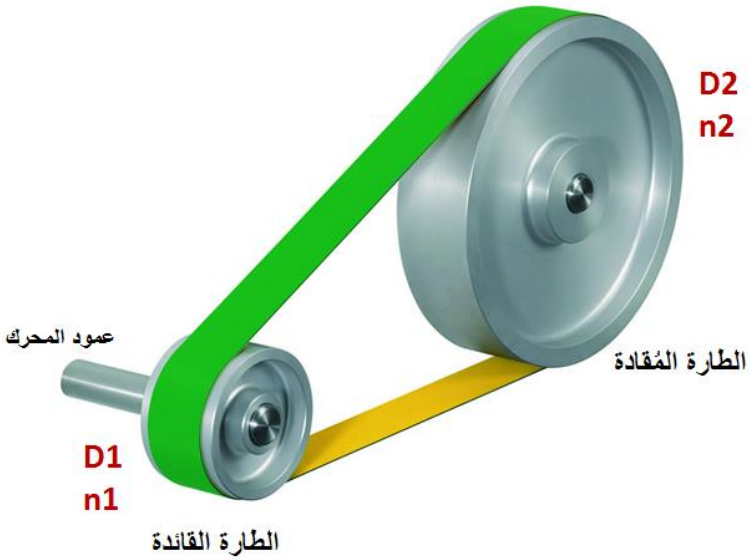
٣- نقل الحركه

يحدث النقل للحركة عن طريق نقل الحركه الدورانية من عمود قائد لعمود مقاد. ومن هذه الطرق:

٣-١ نقل الحركه بالطارات والسيور

أولا: المجموعه البسيطة

تتكون المجموعة البسيطه من طارتين مثبتتين على عمودين متباعدتين و يصل بينهما سير نقل الحركة، وعندما تدور الطاره القائدة والتي قطرها D_1 ليكون عدد لفاتها n_1 فتدفع السير الحركه نتيجة الإحتكاك ليؤثر على الطاره الثانية والتي قطرها D_2 وتعمل على دورانها فتصنع عدد لفات n_2



شكل رقم ١٢: المجموعة البسيطة

السرعه المحيطيه للطاره v = محيط دائرة الطاره مضروب في عدد اللفات في الثانية

$$v = \pi D n$$

حيث ان D قطر الطاره و n هو عدد لفاتها في الثانية ونظرا لأن الطارتين متصلتين بسير لنقل الحركه فإن: السرعة المحيطية للطارة الأولى القائده = السرعة المحيطية للطارة الثانية المنقادة

$$v = \pi D_1 n_1 = \pi D_2 n_2$$

وتعرف نسبة السرعة i بالقانون التالى:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i = \frac{\text{عدد لفات الطارة القائدة}}{\text{عدد لفات الطارة المقادة}} = \frac{\text{قطر الطارة المقادة}}{\text{قطر الطارة القائدة}}$$

مثال ٣-١

مجموعة بسيطة تتكون من طارتين قطر الطارة القائدة ٦٠ سم ($D_1 = 60$ cm) و تدور بمعدل ٢٠٠ لفة/دقيقة (n_1=200rpm) وقطر الطاره المقاده ٨٠ سم ($D_2 = 80$ cm) فما هو عدد لفات الطاره المقاده (n_2)؟

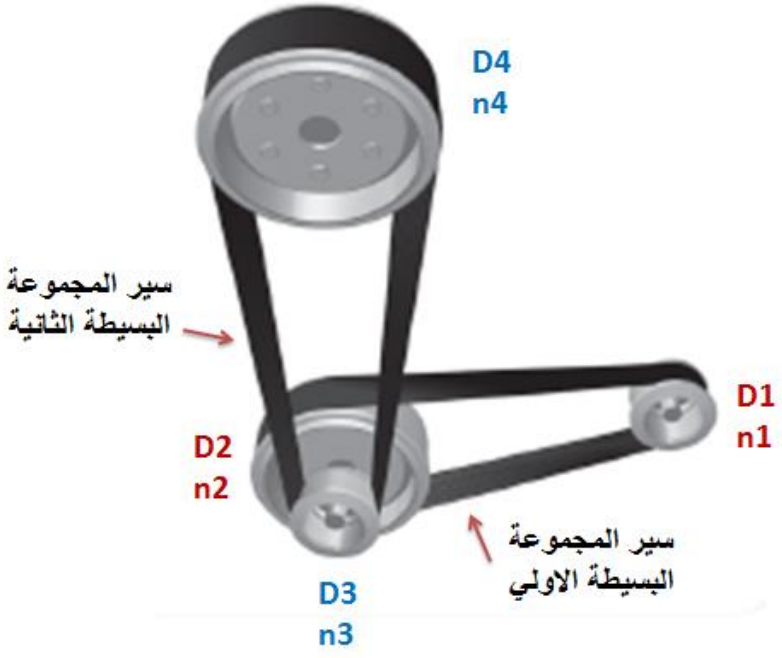
الحل:

$$\because i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\therefore n_2 = \frac{n_1 D_1}{D_2} = \frac{200 * 60}{80} = 150 \text{ rpm}$$

ثانيا: المجموعه المركبة

تتكون من مجموعتين بسيطتين أو أكثر كما هو موضح بالشكل وأقطار الطارات القائده D_1 و D_3 و عدد لفاتهم على الترتيب هو n_1 و n_3 و وأقطار الطارات المقاده D_2 و D_4 و عدد لفاتهم على الترتيب هو n_2 و n_4



شكل رقم ١٣: المجموعة المركبة

وتكون نسبة السرعه لكل مجموعه بسيطة على حدة على الصوره التاليه:

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i_2 = \frac{n_3}{n_4} = \frac{D_4}{D_3}$$

مع الأخذ في الإعتبار أن $n_2 = n_3$ ينتج عن ذلك:

$$\frac{n_1 * \cancel{n_3}}{\cancel{n_2} * n_4} = \frac{D_2 * D_4}{D_1 * D_3}$$

بمعنى ان حاصل قسمة عدد لفات الطارة الأولى على عدد لفات الطارة الأخيرة يساوى حاصل ضرب أقطار الطارات المنقادة على حاصل ضرب أقطار الطارات القائدة وتكون حاصل هذه القسمة مساويا لنسبة السرعة الكلية للمجموعة

$$i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{D_2 * D_4}{D_1 * D_3}$$

مثال ٣-٢

مجموعة مركبة مكونة من أربع طارات أقطارها (D) على الترتيب 20، 35، 25، 60 سم، كم عدد لفات الطارة الأولى (n_1) إذا كانت الطارة الأخيرة تدور بمعدل ١٠٠ لفة في الدقيقة ($n_4 = 100$ rpm)

الحل:

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{D_2 * D_4}{D_1 * D_3}$$

$$n_1 = \frac{n_4 * D_2 * D_4}{D_1 * D_3} = \frac{100 * 35 * 60}{20 * 25} = 420 \text{ rpm}$$

مثال ٣-٣

مجموعة مركبة مكونة من ستة طارات أقطارها (D) على الترتيب 40، 50، 30، 75، 15، 45 سم، كم عدد لفات الطارة الأولى (n_1) إذا كانت الطارة الأخيرة تدور بمعدل ٦٤ لفة في الدقيقة $n_6 = 64$ (rpm)

الحل:

$$\because \frac{n_1}{n_6} = \frac{D_2 * D_4 * D_6}{D_1 * D_3 * D_5}$$

$$\therefore n_1 = \frac{n_6 * D_2 * D_4 * D_6}{D_1 * D_3 * D_5} = \frac{64 * 50 * 75 * 45}{40 * 30 * 15} = 600\ rpm$$

٣-٢ نقل الحركه بالتروس

أولا: المجموعه البسيطه

تتكون من ترسين معشقين معا وتنتقل الحركة عن طريق الضغط بين أسنان الترسين. وعندما يدور الترس القائد والذي عدد اسنانه z_1 ويكون عدد لفاته n_1 عكس عقارب الساعه فيدور الترس الثاني تبعا والذي عدد اسنانه z_2 ليكون عدد لفاته n_2 مع عقارب الساعه ، والخطوة p للترسين واحده حتى تتمكن الأسنان من الضغط على بعضها كما ينبغى.

شكل رقم ١٤: نقل الحركة بالتروس

الخطوة p للترس : هي المسافة المحيطية المحصورة بين سنة والأخري

∵ السرعة المحيطيه للترس = محيط دائرة الترس مضروب في عدد لفاته

$$\therefore v = npz$$

حيث p خطوة الترس، z عدد أسنانه، n عدد لفاته

∵ السرعة المحيطية للترس الأول القائد = السرعة المحيطيه للترس الثاني المنقاد

$$\therefore n_1 p_1 z_1 = n_2 p_2 z_2$$

$$\therefore i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i = \frac{\text{عدد لفات الترس القائد}}{\text{عدد لفات الترس المقاد}} = \frac{\text{عدد أسنان الترس المقاد}}{\text{عدد أسنان الترس القائد}}$$

مثال ٣-٤

مجموعة بسيطة مكونة من ترسين عدد أسنان الترس القائد 30 سنة (Z_1=30) وعدد أسنان الترس المقاد 150 سنة (Z_2=150) وسرعة دوران الترس المقاد ٢٥ لفة في الدقيقة (n_2 = 25 rpm) أوجد سرعة دوران الترس القائد (n_1).

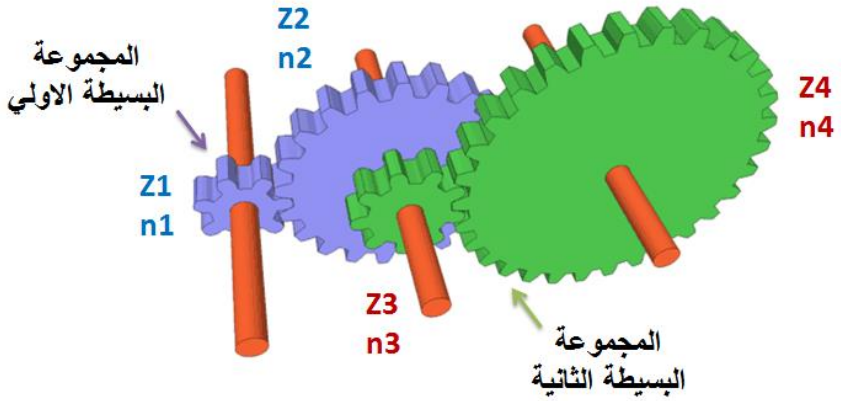
الحل:

$$\because i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\therefore n_1 = \frac{n_2 * z_2}{z_1} = \frac{25 * 150}{30} = 125 \text{ rpm}$$

ثانيا: المجموعة المركبة

تتكون من مجموعتين بسيطتين أو أكثر كما هو موضح بالشكل، وعدد أسنان التروس القائده z_1 و z_3 وعدد لفاتهم على الترتيب هو n_1 و n_3 وعدد أسنان التروس المقاده z_2 و z_4 وعدد لفاتهم على الترتيب هو n_2 و n_4



شكل رقم ١٥: مجموعة مركبة من التروس

وتكون نسبة السرعه لكل مجموعه بسيطه على حدة على الصوره التاليه:

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i_2 = \frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3}$$

مع الأخذ في الاعتبار ان $n_2 = n_3$ ينتج عن ذلك:

$$i_t = \frac{n_1 * \cancel{n_3}}{\cancel{n_2} * n_4} = \frac{z_2 * z_4}{z_1 * z_3}$$

$$i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{z_2 * z_4}{z_1 * z_3}$$

مثال ٣-٥

مجموعة مركبة من أربع تروس عدد أسنانها (z) على الترتيب50 ، 60، 30، 150 سن

فإذا دار الترس الأول ١٢٠ لفة في الدقيقة (n_1=120 rpm) فما عدد لفات الترس الأخير (n_4)؟

الحل:

$$\because i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{z_2 * z_4}{z_1 * z_3}$$

$$\therefore n_4 = \frac{n_1 * z_1 * z_3}{z_2 * z_4} = \frac{120 * 50 * 30}{60 * 150} = 20\ rpm$$

مثال ٣-٦

مجموعة مركبة من ستة تروس عدد أسنانها (z) على الترتيب 64، 136، 68، 256، 70، 140 سن

فإذا دار الترس الأول١٦٠ لفة في الدقيقة (n_1=160 rpm) فما عدد لفات الترس الأخير (n_6)؟

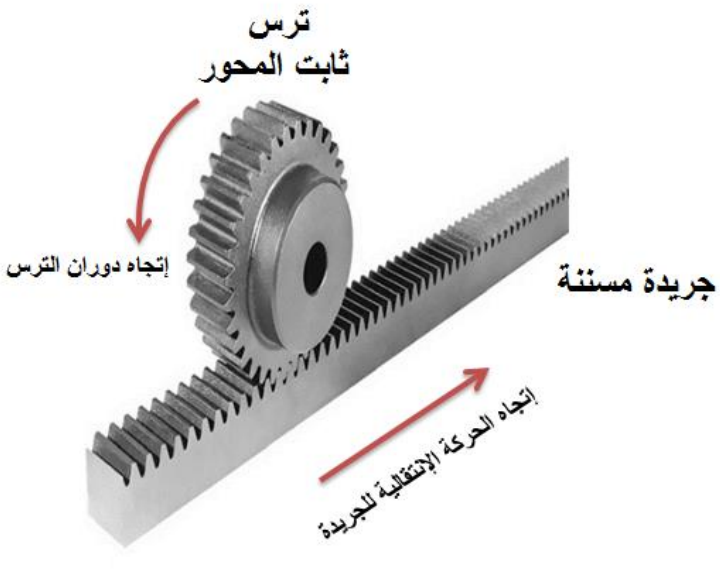
الحل:

$$\because i_t = \frac{n_1}{n_6} = \frac{z_2 * z_4 * z_6}{z_1 * z_3 * z_5}$$

$$\therefore n_6 = \frac{n_1 * z_1 * z_3 * z_5}{z_2 * z_4 * z_6} = \frac{160 * 64 * 68 * 70}{136 * 256 * 140} = 10\ \text{rpm}$$

٣-٣ نقل الحركه بالجريدة والترس

من خلالها تتحول الحركة الدورانية المسلطة على الترس ثابت المحور إلى حركة انتقالية من خلال الجريدة كما هو موضح بالشكل.



شكل رقم ١٦: نقل الحركة بالجريدة والترس

∵ مسافة تحرك الجريدة المسننة الأنتقاليه x = محيط دائرة الترس

حيث p خطوة الترس، z عدد أسنانه ، n عدد لفاته و d قطره :

مسافة تحرك الجريدة المسننة $\therefore x = npz$

محيط دائرة الترس $\therefore x = \pi dn$

$$\therefore x = \pi dn = npz$$

مثال ٣-٧

ما هي المسافة (x) التي تتحركها الجريدة المسننة خلال لفة واحدة (n=1) لترس قطره ٢١ سم (d=21cm) ؟

الحل:

$$x = \pi dn = \pi * 21 * 1 = 66\ cm$$

مثال ٣-٨

تعشيقة مكونة من جريدة و ترس فإذا تحركت الجريدة مسافة ٩٠ سم (x=90cm) تحت تأثير ترس قائد عدد أسنانه ٣٠ سن (z=30) وخطوته تساوى ٠,٦ سم (p= 0.6 cm).

احسب عدد لفات الترس القائد.

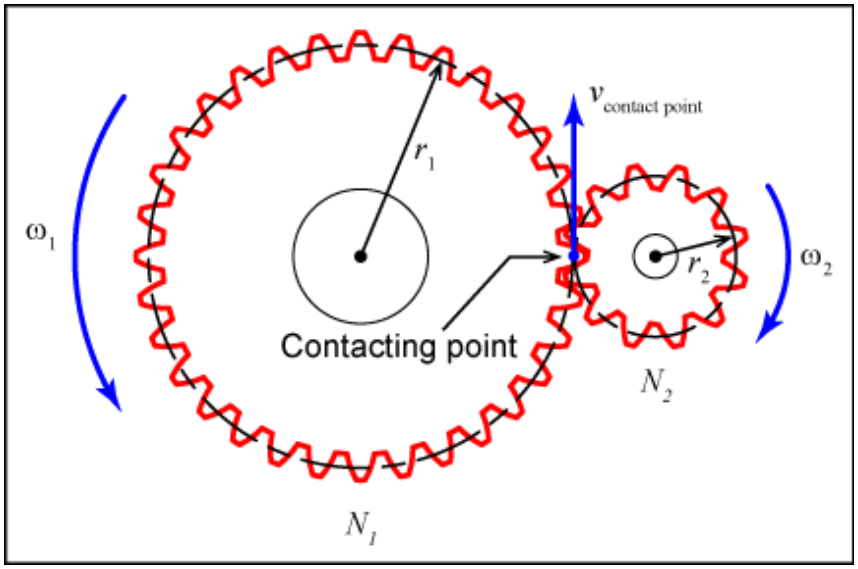
الحل:

$$\because x = npz$$

$$\therefore n = \frac{x}{p * z} = \frac{90}{0.6 * 30} = 5\ \text{rounds}\ (\text{لفات})$$

٣-٤ السرعه المحيطيه ونقل الحركه

عند نقل الحركه بإستخدام نقل الحركة الدورانية من عمود قائد لعمود مقاد لابد أن تكون السرعة المحيطية للطارة القائده أو للترس القائد (v_1) تساوي السرعة المحيطية للطارة (v)المقاده أو للترس المقاد كما هو موضح



شكل رقم ١٧: السرعة المحيطية

∵ مسافة السرعة المحيطية للطاره او الترس القائد:

$$v_1 = \omega_1 r_1$$

∵ مسافة السرعة المحيطية للطاره او الترس المنقاد:

$$v_2 = \omega_2 r_2$$

$$\therefore v_1 = v_2$$

$$\therefore \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

مثال ٣-٩

ترس نصف قطره ٠,٠٦م (r_1=0.06m) تتداخل أسنانه مع أسنان ترس نصف قطره ٠,١٥ م (r_2=0.15m) كما هو موضح بالشكل ، حيث يبدأ الترس الأصغر الحركة من السكون بعجلة زاوية ثابته ٢ زاوية نصف قطرية /ث^2 ($\alpha_1 = 2rad/s^2$).

أوجد الزمن (t) اللازم حتى تكون سرعة الترس الأكبر الزاوية ٥٠ زاوية نصف قطرية /ث

.(ω_2= 50rad/s)

الحل:

السرعات المحيطية لكلا الترسين:

$$v_1 = \omega_1 r_1 \;\&\; v_2 = \omega_2 r_2$$

لأن الترسين متلامسين نستنتج أن السرعات المحيطيه متساويه

$$\therefore v = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$\therefore \omega_1 = \frac{\omega_2 r_2}{r_1} = \frac{50 * 0.15}{0.06} = 125\ rad/s$$

اما بالنسبة للزمن اللازم حتى تكون السرعة الزاوية للترس الأكبر تساوي 50 rad/s

$$\because \omega_1 = \alpha * t$$

$$\therefore t = \frac{\omega_1}{\alpha} = \frac{125}{2} = 62.5s$$

مثال ٣-١٠

ترس نصف قطره٠,٠٢٥ م (r_1 = 0.025m) تتداخل أسنانه مع أسنان ترس نصف قطره قطره ٠,١ م (r_2 = 0.1 m) ، حيث يبدأ الترس الأصغر الحركة من السكون بعجلة زاوية ثابته ٢ زاوية نصف قطرية /ث^2 (α_1 = 2rad/s^2) . أوجد الزمن (t) اللازم حتى تكون سرعة الترس الاكبر الزاوية ٢٥ زاوية نصف قطرية /ث(ω_2= 25rad/s).

الحل:

السرعات المحيطية لكلا الترسين:

$$v_1 = \omega_1 r_1 \;\&\; v_2 = \omega_2 r_2$$

لأن الترسين متلامسين نستنتج أن السرعات المحيطيه متساويه

$$v = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_2 r_2}{r_1} = \frac{25 * 0.1}{0.025} = 100 rad/s$$

$$\omega_1 = \alpha * t$$

$$t = \frac{\omega_1}{\alpha} = \frac{100}{2} = 50s$$

تحقق من فهمك (٣)

١- مجموعة بسيطة تتكون من طارتين قطر الطارة القائدة ٤٠ سم ($D_1 = 40$ cm) وتدور بمعدل $n_1=160$ rpm وقطر الطاره المنقادة ١٠٠ سم ($D_2 = 100$ cm) فما هو عدد لفات الطاره المنقادة (n_2)؟

٢- مجموعة مركبة مكونة من أربع طارات أقطارها (D) على الترتيب 40، 50، 25، 80 سم، كم عدد لفات الطارة الأولى (n_1) إذا كانت الطارة الأخيرة تدور بمعدل ٨٠ لفة في الدقيقة ($n_4 = 80$ rpm)

٣- مجموعة مركبة مكونة من ستة طارات أقطارها (D) على الترتيب 40، 60، 30، 80 ، 20، 100 سم، كم عدد لفات الطارة الأولى (n_1) إذا كانت الطارة الأخيرة تدور بمعدل 30 لفة في الدقيقة ($n_6 = 30$ rpm)

٤- مجموعة بسيطة مكونة من ترسين عدد أسنان الترس القائد 40 سنة ($Z_1=40$) وعدد أسنان الترس المقاد ١٦٠ سنة ($Z_2=160$) وسرعة دوران الترس المقاد ٢٠ لفة في الدقيقة ($n_2 = 20$ rpm)

أوجد سرعة دوران الترس القائد (n_1).

٥- مجموعة مركبة من أربع تروس عدد أسنانها (z) على الترتيب60 ، 120، 40، 180 سن، فإذا دار الترس الأول ١٨٠ لفة في الدقيقة ($n_1=180$ rpm) فما عدد لفات الترس الأخير (n_4)؟

٦- مجموعة مركبة من ستة تروس عدد أسنانها (z) على الترتيب 75، 150، 60، 240، 80، 160 سن، فإذا دار الترس الأول ٢٤٠ لفة في الدقيقة ($n_1=240$ rpm) فما عدد لفات الترس الأخير (n_6)؟

٧- ما هي المسافة (x) التي تتحركها الجريدة المسننة خلال لفة واحدة (n=1) لترس قطره ١٤ سم (d=14cm)؟

٨- تعشيقة مكونة من جريدة و ترس فإذا تحركت الجريدة مسافة ٨٠ سم (x=80cm) تحت تأثير ترس قائد عدد أسنانه ٤٠ سن (z = 40) وخطوته تساوى ٠,٥ سم (p= 0.5 cm).احسب عدد لفات الترس القائد (n).

٩- ترس نصف قطره ٠,٠٥م (r_1=0.05m) تتداخل أسنانه مع أسنان ترس نصف قطره ٠,٢ م (r_2=0.2m) كما هو موضح بالشكل ، حيث يبدأ الترس الأصغر الحركة من السكون بعجلة زاوية ثابته ٣ زاوية نصف قطرية /ث^2 (α_1 = 3 rad/s^2)، أوجد الزمن (t) اللازم حتى تكون سرعة الترس الأكبر الزاوية ٦٠ زاوية نصف قطرية /ث (ω_2= 60rad/s).

١٠- ترس نصف قطره٠,٠٣ م (r_1 = 0.03m) تتداخل أسنانه مع أسنان ترس نصف قطره قطره ٠,١٥ م (r_2 = 0.15 m) ، حيث يبدأ الترس الأصغر الحركة من السكون بعجلة زاوية ثابته ٢ زاوية نصف قطرية /ث^2

(α_1 = 2 rad/s^2) . أوجد الزمن (t) اللازم حتى تكون سرعة الترس الاكبر الزاوية ٣٠ زاوية نصف قطرية /ث(ω_2= 30 rad/s).

الباب الرابع: القدرة Power

٤- القدرة Power

لاحظ واستنتج:

- إذا قام عدة أشخاص بالعمل ذاته فربما ستجد أن كل واحد منهم ينجزه في وقت مختلف عن الآخر.

أي الأشخاص يكون أكفأ بالنسبة لك؟ ولماذا؟

شكل رقم ١٨

- عند استخدامك مضختي ماء لملء خزانين لهما الحجم ذاته إلى سطح البناء نفسه، نجد أن إحدى المضختين تملأ الخزان في ١٥ دقيقة والأخرى في ٢٠ دقيقة

فأي المضختين الأفضل برأيك، ولماذا؟

شكل رقم ١٩: محركات

- إذا بذلت آلة شغل قدره 200 J في 4 دقائق وبذلت آلة أخرى شغل قدره 100 J في دقيقة واحدة.

أي الآلتين يكون أقدر بالنسبة لك؟ ولماذا؟

ولمقارنة القدرات بين الأشخاص أو الآلات، علينا **حساب الشغل الذي ينجزه كلا منهم خلال وحدة الزمن** .

ونسمي هذا المفهوم بالقدرة.

إذا:

القدرة P هي مقدار الشغل المبذول في وحدة الزمن

أي أن

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} \quad \& \quad P = \frac{W}{t}$$

٤-١ وحدات قياس القدرة

- وحدة قياس القدرة P في النظام العالمي هي الوات ويرمز له بالرمز " W " حيث يعرف الوات بانه القدرة على بذل شغل مقداره 1 J في زمن مقداره 1 s.

أي أن:

$$1\ (W) = \frac{1\ (J)}{1(s)}$$

- أيضا من الوحدات الشائعة لقياس القدرة هي الحصان البخاري ويرمز له بالرمز hp وهو يعادل 735 W.

أي أن:

$$1\ hp = 735\ W$$

مثال ٤-١

أثرت قوة مقدارها (F=50 N) على جسم فحركته (d=150 m) في (t=10 s). أوجد

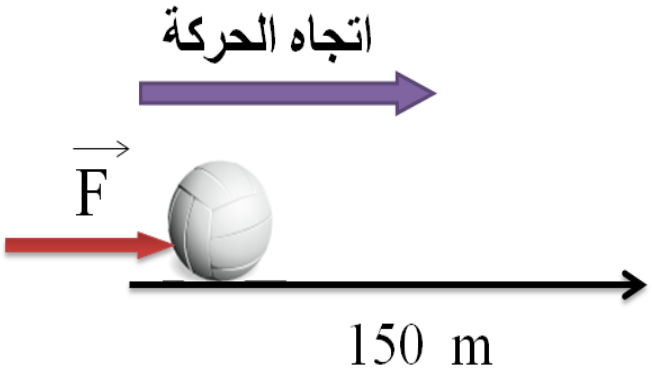
١. الشغل المبذول من هذه القوة (W)
٢. القدرة (P)

الحل

أولا: الشغل المبذول

∵ القوة F = 50 N & المسافة المقطوعة من الجسم d = 150 m

$$W = F \times d = 50 \times 150 = 7500\ J \quad \therefore$$



ثانيا: القدرة

∵ الشغل = 7500 J & الوقت الذي تم فيه الشغل t= 10 s

$$P = \frac{W}{t} = \frac{7500}{10} = 750\ W \quad \therefore$$

٤-٢ القدرة في الحركة الخطية

اذا أثرت قوة $\vec{F}$ علي جسم فاكسبته سرعة $\vec{v}$ فإن قدرة هذه القوة تكون مساوية لحاصل ضرب مقدار القوة المؤثرة في سرعة الجسم.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times d}{t} = F \times v$$

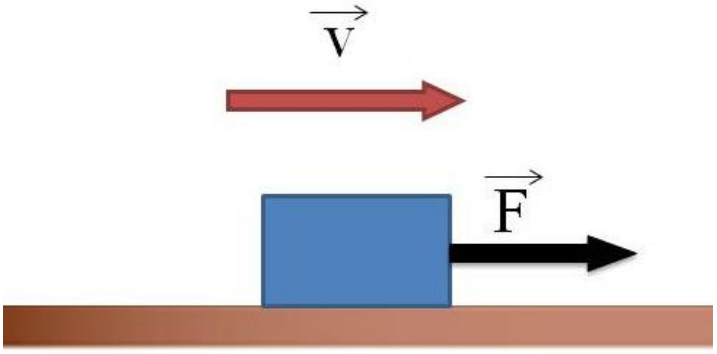
$$P = F \times v$$

حيث أن:

P: القدرة ووحدة قياسها W

F : القوة المؤثرة ووحدة قياسها N

v: سرعة الجسم ووحدة قياسها m/s



مثال ٤-٢

سيارة كتلتها (m=2T) تتحرك على طريق أفقي بسرعة منتظمة مقدارها (v= 108 km/h) ضد مقاومات تعادل (F=30 N) احسب قدرة (P) محركها بالوات.

الحل

∵ الجسم يتحرك بسرعة منتظمة

∴ الجسم في حالة اتزان ومجموع محصلة القوي تساوي صفر وبالتالي فإن $F= F_f = 30$ N.

∵ سرعة السيارة هي 108 km/h

$$v = \frac{108 \times 1000}{3600} = 30 \text{ m/s}$$

قدرة المحرك بالوات =

$$\mathbf{P = F \times v = 30 \times 30 = 900\ W}$$

مثال ٤-٣

محرك يرفع جسما، كتلته m = 200 kg، بسرعة ثابتة v = 3 cm/s ، احسب القدرة (P) بالوات، ثم بالحصان البخاري.

الحل

∵ كتلة الجسم 200 kg & السرعة 3 cm/s

∵ $P = F \times v$

∵ الحركة رأسيه لأعلي

∴ القوة المؤثرة هي قوة الوزن

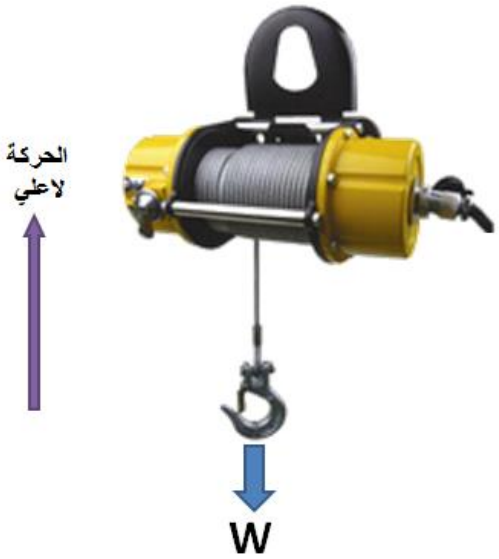
$$\mathbf{F=W=mg = 200 \times 10 = 2000\ N}$$

∴ قدرة المحرك بالوات =

$$\mathbf{P = 2000 \times \frac{3}{100} = 60\ W}$$

∴ قدرة المحرك بالحصان البخاري

$$P = \frac{60}{735} = 0.082 \text{ hp}$$

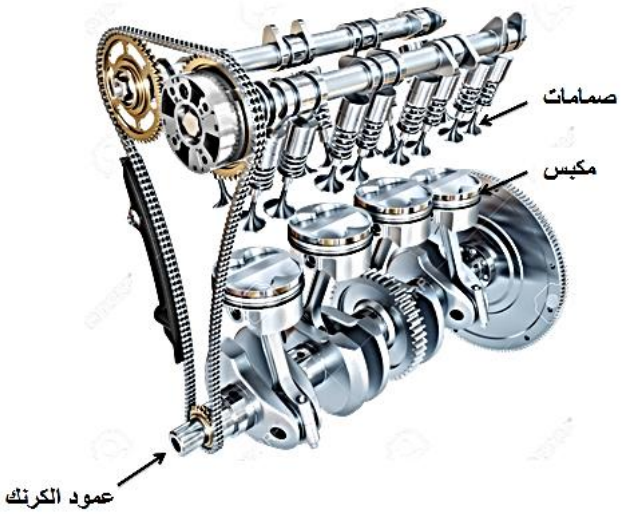


٤-٣ القدرات الميكانيكية

من المعروف أن كل محرك يقوم بتوليد قدرة ميكانيكية يستفاد منها في رفع أجسام وتدوير آلات ومعدات مختلفة، وللتعرف على القدرات الميكانيكيه لابد أولا من التعرف على تركيب وعمل محرك الديزل كمثال للمحركات التي سنتناول دراسة القدرات الميكانيكية لها.

٤-٣-١ محرك الديزل

يتكون المحرك كما هو موضح بالشكل التالي من مجموعة من المكابس تتناوب في حركة إزاحيه ذهابا وإيابا داخل أسطوانات المحرك من أجل إدارة عمود (الكرنك) وبذلك تتولد حركة دورانية من حركة المحرك الأهتزازية المنتظمة.



شكل رقم ٢٠: محرك الديزل

٤-٣-٢ أنواع القدرات الميكانيكية للمحرك

تسمى أقصى قدرة نظرية لخرج المحرك بقدرة المحرك البيانية التي يمكن الحصول عليها من تمدد الغازات في الأسطوانات، إلا أنه في الحقيقة لا يمكن الإستفادة من كامل القدرة التي يولدها المحرك نظرا لأن جزء م ن هذه القدرة يفقد في الاحتكاك وفي تدوير عمود المحرك الذي ينقل القدرة إلى الآلات المراد تشغيلها لذلك فإ ن القدرة التي يمكن الاستفادة منها (الفرمليه) تقل عن القدرة النظرية (البيانية) التي يولدها المحرك بمقدار ا لفقد في القدرة (القدره المفقوده)

- **القدرة البيانيه** IP: القدرة الفعلية المتولدة داخل أسطوانة المحرك.
- **القدرة المفقوده** FP: القدرة المفقوده بسبب الإحتكاك بين أجزاء المحرك.
- **القدرة الفرمليه** BP: القدرة المستفاد بها من عمود إدارة المحرك.

ومما سبق يتضح أن

القدرة البيانيه = القدرة الفرمليه + القدرة المفقوده بالإحتكاك

الرموز المستخدمه عند حساب القدره البيانيه (IP) :

- **p_m:** الضغط المتوسط الفعال و هو الضغط على وحدة مساحات المكبس.
- **L:** طول شوط المكبس وهو المسافة التي يتحركها المكبس نتيجة الضغط الناشئ من إحتراق الغازات
- **A:** مساحة سطح المكبس
- **n:** عدد المشاوير الفعاله في الدقيقه و تتوقف على نوع المحرك (عدد اللفات / دقيقه)
- **K:** عدد الأسطوانات

العلاقه بين عدد المشاوير الفعاله (N) و عدد اللفات / دقيقه (n)

١- محرك بخاري مقرد التأثير: $n = N\ (rpm)$

٢- محرك بنزين أو ديزل ثنائي الدورة: $n = N\ (rpm)$

٣- محرك بخاري مزدوج التأثير: $n = 2 \times N\ (rpm)$

٤- محرك بنزين أو ديزل رباعى الدورة: $n = \frac{1}{2} \times N\ (rpm) = \frac{N}{2}$

٤-٣-٣ حساب القدره البيانيه (IP)

إذا كان مكبس مساحة سطحه " A " يتعرض لضغط عمودي على مساحة سطحه " P " فإن القوة التي يتع رض لها سطح المكبس هي

$$F = p \times A$$

حيث أن المكبس يتحرك خلال مشوار واحد مسافة " **L** " فإن

الشغل خلال مشوار واحد

$$W = p \times A \times L$$

وسيكون الشغل الكلى للمحرك المكون من أسطوانات عددها " **K**" هو

الشغل الكلى للمحرك

$$W = p \times A \times L \times K$$

<u>الوحدات الشائعة عند حساب القدرة البيانيه</u>

يوضح الجدول التالي وحدات القياس الأكثر استخداما عند حساب قدرة المحرك وذلك ليكون الناتج دائما با لوحدة العالمية (W)

الكمية	الضغط	طول الشوط	مساحة المكبس	عدد اللفات	القدرة
الرمز	**P**	**L**	**A**	**n**	**P**
الوحدة	N/m^2	m	m^2	rpm	W

جدول رقم ١: وحدات القدرة

عند استخدام الوحدات الموضحه فإن قانون القدرة البيانيه يكون على الصورة

$$IP = \frac{p_m \times A \times L \times n \times K}{60} \quad W$$

التحويل من الحصان إلى الوات والعكس للمعرفة فقط.

اما الجدول التالي وحدات القياس الأكثر استخداما عند حساب قدرة المحرك وذلك ليكون الناتج دائما بالوحدة الانجليزية " الحصان" (hp)

الكمية	الضغط	طول الشوط	مساحة المكبس	عدد اللفات	القدرة
الرمز	P	L	A	n	P
الوحدة	Kgf /cm^2	M	cm^2	rpm	hp

عند استخدام الوحدات الموضحه فإن قانون القدرة البيانيه يكون على الصورة

$$IP = \frac{p_m \times A \times L \times n \times K}{4500} \text{ hp}$$

٤-٣-٤ الجودة الميكانيكية (η_m)

النسبة بين القدرة الفرمليه والقدرة البيانيه، وهي تعبر عن القدرة التي يمكن الاستفادة منها من تمدد الغازات باسطوانات المحرك.

$$\text{الجودة الميكانيكيه} = \frac{\text{القدرة الفرملية}}{\text{القدرة البيانية}} \times ١٠٠ \%$$

$$\eta_m = \frac{BP}{IP} \times 100 \%$$

مثال ٤-٤

محرك ديزل ثنائي الدورة ذو أسطوانة واحدة (k=1) مساحة سطح مكبسه ٠,٠١٨ م^٢، ($A=0.018\ m^2$) والضغط المتوسط الفعال ٧٠٠٠٠٠ نيوتن/متر^٢ ($p_m = 700000\ N/m^2$) ويدور عمود مرفقة ٤٠٠ لفة / دقيقه، ($N = 400\ rpm$) وطول الشوط ٠,٢ م ($L = 0.2\ m$) أوجد قدرة المحرك الفرمليه (BP) إذا كانت الجودة الميكانيكيه ٨٠ % ($\eta_m = 80\ \%$)

الحل

أولا حساب القدرة البيانية:

$$\because IP = \frac{P_m \times A \times L \times n \times K}{60}$$

$$= \frac{700000 \times 0.018 \times 0.2 \times 400 \times 1}{60} = 16800\ W$$

ثانيا القدرة الفرملية للمحرك:

$$\because \eta_m = \frac{BP}{IP} \times 100 \%$$

$$\therefore BP = IP \times \eta_m = 16800 \times 0.8 = 13440\ W$$

مثال ٤-٥

محرك ديزل رباعى الدورة ذو أسطوانتين (k=2) واحدة مساحة سطح مكبسه ٠,٠٣ م^2 ($A=0.03\ m^2$) والضغط المتوسط الفعال ٧٠٠٠٠٠ نيوتن /متر^2 ($p_m = 700000\ N/m^2$) ويدور عمود مرفقة ٤٨٠ لفة / دقيقه ($N = 480\ rpm$) وطول الشوط ٠,٧٥ م ($L = 0.75\ m$) أوجد قدرة المحرك الفرمليه (Bp) إذا كانت الجودة الميكانيكيه ٧٥ % ($\eta_m = 75\ \%$)

الحل

بما ان المحرك رباعي

$$\therefore n = \frac{N}{2} = \frac{480}{2} = 240\ rpm$$

أولا القدرة البيانية للمحرك:

$$\because \mathbf{IP} = \frac{P_m \times A \times L \times n \times K}{60} = \frac{700000 \times 0.03 \times 0.75 \times 240 \times 2}{60}$$

$$\therefore IP = 126000\ W$$

ثانيا القدرة الفرملية للمحرك:

$$\therefore BP = IP \times \eta_m = 126000 \times 0.75 = 94500\ W$$

٤-٤ القدرة المنقولة

يتم نقل القدره من المحرك للاستفادة منها في مكان آخر خارج المحرك بعدة طرق سنتناولها بعضها على ال نحو التالي:

٤-٤-١ القدرة المنقولة بالسيور

يتم نقل القدره من الطاره القائده للطاره المقاده بواسطة سير حيث أن الشد على جانبي السير غير متساوي فيكون كبيرا في الجانب الذي تسحبه الطاره القائده " T_1 " وأقل منه في الجانب الأخر " T_2 " كما هو مو ضح بالشكل

شكل رقم ٢١: القدرة المنقولة بالسيور

الرموز المستخدمه عند حساب القدره المنقوله بالطارات

- T_1: الشد الأكبر في الجانب المشدود
- T_2: الشد الأصغر في الجانب المرتخي
- d: قطر الطاره الناقلة للقدره
- n: عدد اللفات / د.
- v: السرعة المحيطيه للطارة

حساب القدره المنقوله بالطارات

القدره المنقوله من الطاره القائده إلى الطاره المنقاده تتضح من العلاقه:

القدرة المنقولة = القوة المسببة لعزم الدوران x السرعة المحيطية المنتظمة الطارة

وحيث أن القوة المسيبه لعزم الدوران هي الفرق بين الشدين الواقعين على جانبي السير.

∴ القوة المسببة لعزم الدوران

$$F = T_1 - T_2$$

∴القدرة المنقولة

$$P = (T_1 - T_2) \times v$$

ويمكن كتابة القدره المنقوله بصوره أخرى حيث أن

∵ السرعة المحيطيه =

$$v = \pi dn$$

∴ القدرة المنقوله في هذه الصورة تساوي

$$P = \pi\, dn\, (T_1 - T_2)$$

الوحدات الشائعة عند حساب القدرة المنقوله بالطارات

الكمية	الشد الأكبر	الشد الأصغر	السرعة المحيطية	عدد اللفات	قطر الطارة	القدرة
الرمز	T_1	T_2	v	n	d	P
الوحدة	N	N	m/s	rpm	m	w

جدول رقم ٢: القدرة المنقولة بالطارات

عند استخدام الوحدات الموضحه فإن قوانيين القدرة المنقولة بالطاره تكون على الصورة

القدرة المنقولة =

$$P = (T_1 - T_2) \times v \qquad (W)$$

القدرة المنقولة =

$$P = (T_1 - T_2) \times \frac{\pi\, d\, n}{60} \qquad (W)$$

مثال ٤-٦

طارة تدور بواسطة سير سرعته ٥ متر / ث (v= 5 m/s)، إذا كان الشد في الجانب المشدود للسير ١٣٠ نيوتن (T_1 = 130 N) و في الجانب الأخر للسير ٦٠ نيوتن (T_2 = 60 N). أوجد القدرة المنقولة

الحل

$$\because\ P = (T_1 - T_2) \times v$$

$$\therefore P = (130 - 60) \times 5 = 350\ W$$

مثال ٤-٧

أوجد القدرة المنقولة بواسطة سير إذا كان قطر الطارة ١٠٥ سم (d= 105 cm) وعدد لفاتها ١٥٠ لفة / دقيقة (n= 150 rpm) وكان الشد الجانب المشدود للسير ١٣٠ نيوتن (T_1 = 130 N) و في الجانب الأخر للسير ٧٠ نيوتن (T_2 = 70 N).

الحل

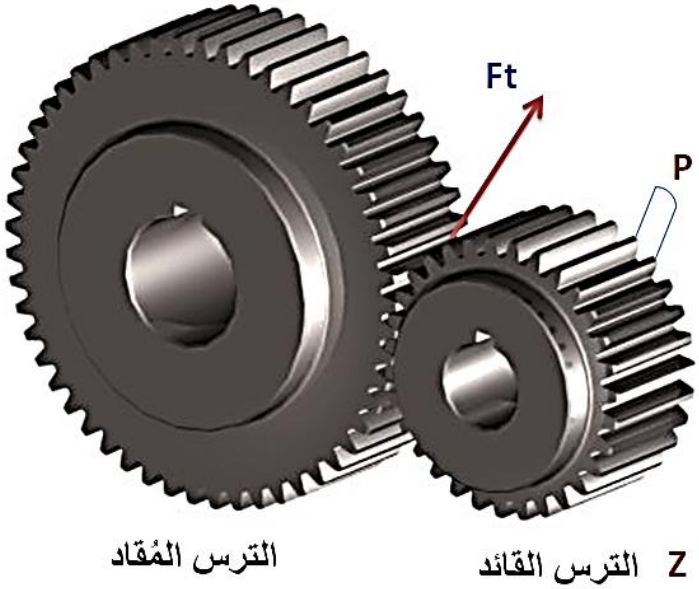
$$d = \frac{105}{100} = 1.05\ m$$

$$\because\ P = (T_1 - T_2) \times \frac{\pi\, d\, n}{60}$$

$$\therefore P = (130 - 70) \times \frac{\pi \times 1.05 \times 150}{60} = 495\ W$$

٤-٤-٢ القدرة المنقولة بالتروس

عندما تتداخل أسنان الترسين ويؤثر المحرك على الترس القائد يتولد عزم دوران يسبب ضغطا مماسيا على محيط دائرة التماس بين أسنان كل من الترسين مما يسبب عنه دوران الترس المقاد. وتنقل القدره من الترس القائد الترس المقاد.



شكل رقم ٢٢: القدرة المنقولة بالتروس

الرموز المستخدمه عند حساب القدرة المنقوله بالتروس

- F_t: الضغط المماسي على محيط الترس
- d: قطر الترس

- n: عدد اللفات / د.
- Z: عدد أسنان الترس.
- p: خطوة الترس.
- v: السرعة المحيطيه للترس.

حساب القدرة المنقوله بالتروس

القدرة المنقولة = القوة x السرعة المحيطيه المنتظمة للطارة.

وحيث أن القوة المسببه لعزم الدوران هي الضغط المماس بين أسنان الترسين المعشقين على محيط دائرة ال تماس فإن القدرة المنقوله يمكن كتابتها على الشكل

$$P = F_t \times v$$

∵ السرعة المحيطيه (v) = محيط دائرة التماس x سرعة الدوران.

∴ السرعة المحيطيه (v)

$$p\ z\ n = \pi\ d\ n$$

ومما سبق يمكن استنتاج القدره المنقوله بالعلاقتين التاليتين

القدرة المنقوله =

$$P = F_t \times p\ z\ n$$

$$P = F_t \times \pi\ d\ n$$

الوحدات الشائعة عند حساب القدرة المنقوله بالتروس

ويوضح الجدول التالي وحدات القياس الأكثر استخداما عند حساب القدرة المنقوله بالطارات وذلك ليكون النا تج دائما بالوحدة العالمية " الوات " (w)

الكمية	الضغط	السرعة المحيطية	عدد اللفات	خطوة الترس	قطر الترس	القدرة
الرمز	F_t	v	n	p	d	P
الوحدة	N	m/s	rpm	m	m	w

جدول رقم ٣: وحدات القدرة المنقولة بالتروس

عند استخدام الوحدات الموضحه فإن قوانيين القدرة المنقولة بالترس تكون على الصورة

- القدرة المنقولة بالترس =

$$Ft \times v \quad (w)$$

- القدرة المنقولة بالترس =

$$P = F_t \times \frac{p\ z\ n}{60} \quad (w)$$

- القدرة المنقولة بالترس =

$$P = F_t \times \frac{\pi\ d\ n}{60} \quad (w)$$

مثال ٤-٨

احسب القدرة المنقولة (P) بواسطة ترس إذا كانت سرعته المحيطيه ٥ متر / ث (v= 5 m/s)، والضغط الواقع على محيط دائرة التماس ٢٢٥ نيوتن (F_t = 225 N)

الحل

$$\because\ P = F_t \times v$$

$$\therefore P = 225 \times 5 = 1125\ W$$

مثال ٤-٩

ترس يدور بمعدل ٢١٠ لفه / د (n= 210 rpm) . احسب قدرته (P) إذا كان الضغط الواقع على محيط دائرة التماس ١٥٠ نيوتن (F_t = 150 N) و قطر دائرته ٥٠ سم (d= 50 cm)

الحل

$$d = \frac{50}{100} = 0.5\ m$$

$$\because \ P = F_t \times \frac{\pi \, d \, n}{60}$$

$$\therefore \ P = 150 \times \frac{\pi \times 0.5 \times 210}{60} = 825 \ w$$

مثال ٤-١٠

احسب القدرة (P) المنقولة بواسطة ترس خطوته ٢٠ مم (p = 20 mm) و عدد آستانه ١٢٠ سنه (z= 120) ويدور بمعدل ٣٠٠ لفه / د (n= 300 rpm) علما بأن الضغط بين أسنان دائرة التماس ٢٢٥ نيوتن (F_t= 225 N)

الحل

$$p = \frac{20}{1000} = 0.02 \ m$$

$$\because \ P = F_t \times \frac{p \, z \, n}{60}$$

$$\therefore \ P = 225 \times \frac{0.02 \times 120 \times 300}{60} = 2700 \ w$$

تحقق من فهمك (٤)

١- أوجد بالوات قدرة (P) سيارة تسير بسرعة منتظمة قدرها (v= 108 km/h) على طريق أفقي إذا كانت قوة المحرك (F= 75 N).

٢- آلة تتحرك بواسطة سير مشدود قوته (F= 120 N) وسرعته (v= 180 m/s). احسب القدرة (P) المنقولة بالوات.

٣- محرك طائرة يعطى قوة مقدارها ($F= 32.2 \times 10^4$ N) عندما تكون سرعة الطائرة (v= 900 km/h). احسب قدرة (P) المحرك بالوات.

٤- شاحنة كتلتها (m= 6T) تتحرك على طريق أفقي بسرعة منتظمة مقدارها (v= 54 km/h) كانت المقاومة للشاحنة (F= 20 N)، أحسب قدرة (P) محرك الشاحنة.

٥- محرك ديزل ثنائي الدورة ذو أسطوانة واحدة (K= 1) مساحة سطح مكبسه ($A= 0.012\ m^2$) والضغط المتوسط الفعال (P_m = 90000 N/m2) ويدور عمود مرفقه (N= 300 rpm) وطول الشوط (L= 0.15 m) أوجد قدرة المحرك الفرمليه (Bp) إذا كانت الجودة الميكانيكية (η_m = 70%)

٦- محرك ديزل رباعى الدورة ذو أسطوانتين (k= 2) مساحة سطح المكبس ($A= 0.02\ m^2$) ويدور عمود مرفقه (N= 360 rpm) والضغط المتوسط الفعال على سطح المكبس (P_m = 80000 N/m2) وطول مشوار المكبس (L= 0.4 m) أوجد قدرته الفرمليه (Bp) إذا كانت الجودة الميكانيكيه (η_m = 65%)

٧- طارة تدور بواسطة سير سرعته (v= 2 m/s) ، إذا كان الشد في الجانب المشدود للسير (T_1 =150 N) و في الجانب الأخر للسير (T_2 =75 N) أوجد القدرة المنقولة (P).

٨- أوجد القدرة المنقولة (P) بواسطة سير إذا كان قطر الطارة (d= 100 cm) وعدد لفاتها (n= 100 rpm) وكان الشد في الجانب المشدود (T_1 =180 N) وفي الجانب الأخر (T_2 =80 N).

٩- احسب القدرة المنقولة (P) بواسطة ترس إذا كانت سرعته المحيطيه (v= 180 m/s) والضغط الواقع على محيط دائرة التماس (F_t= 200 N).

١٠- ترس يدور بمعدل (n= 250 rpm). احسب قدرته (P) إذا كان الضغط الواقع على محيط دائرة التماس (F_t= 100 N) وقطر دائرته (d= 25 cm).

١١- احسب القدرة المنقولة (P) بواسطة ترس خطواته (p= 10 mm) وعدد أسنانه (z= 80) ويدور بمعدل (n= 150 rpm) علما بأن الضغط بين أسنان دائرة التماس (F_t= 300 N) .

الباب الخامس: آلات الرفع البسيطه
Simple Levers

٥- آلات الرفع البسيطة

الآلة البسيطة هي آلة ميكانيكية تغير اتجاه أو قيمة القوة. وتستخدم الات الرفع البسيطه لرفع أحمال كبيره بواسطة قوة صغيره. مثل رفع مواد البناء بالأوناش البسيطه وكرفع السيارات بالكوريك البسيط

٥-١ تعريفات

نسبة السرعة IMA: هي النسبة بين المسافة التي يتحركها الجهد X_E إلى المسافة التي يتحركها الحمل X_W

$$\mathbf{IMA} = \frac{\boldsymbol{X_E}}{\mathbf{X_W}}$$

الفائدة الأليه AMA: هي النسبة بين الحمل المراد رفعه W والجهد المبذول لرفع هذا الحمل E

$$\mathbf{AMA} = \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{E}}$$

الجودة الآلية η: هي النسبة بين الشغل المستفاد في رفع الحمل والشغل المبذول بواسطة الجهد

$$\boldsymbol{\eta} = \frac{\mathbf{AMA}}{\mathbf{IMA}} \mathbf{x\ 100}$$

٥-٢ وحدات القياس

الكميه	الرمز	الوحده
الحمل	W	N, Dyne, Kgf, gf
الجهد	E	N, Dyne, Kgf, gf
مسافة الحمل	X_W	m, mm, cm
مسافة الجهد	X_E	m, mm, cm
نسبة السرعة	IMA	بدون وحدة
الفائدة الاليه	AMA	بدون وحدة
الجودة الآليه	η	بدون وحدة

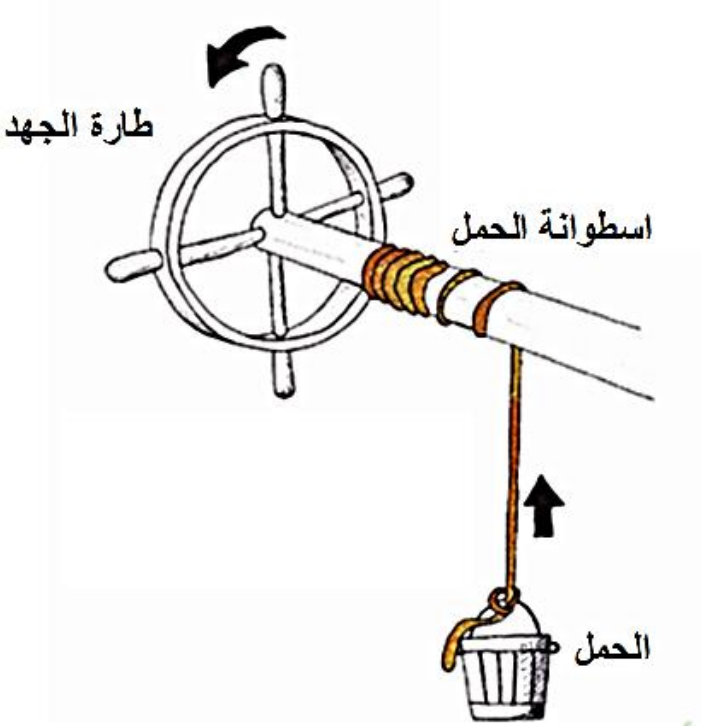
جدول رقم ٤: وحدات القياس

٥-٣ نماذج من آلات الرفع البسيطة

ابتكر الانسان الكثير من آلات الرفع البسيطه وسنعرض بعض منها فيما يلي:

٥-٣-١ الملفاف البسيط Simple wheel axle

يتكون من أسطوانة ملفوف حولها حبل الحمل ومثبت عند محورها طارة الجهد أو ذراع الجهد بحيث دوما قطر الطارة أو طول الذراع أكبر من نصف قطر الأسطوانة كما هو موضح بالشكل.



شكل رقم ٢٣: الملفاف البسيط بطارة الجهد

فى حالة استخدام طارة الجهد يتم استخدام العلاقات التاليه:

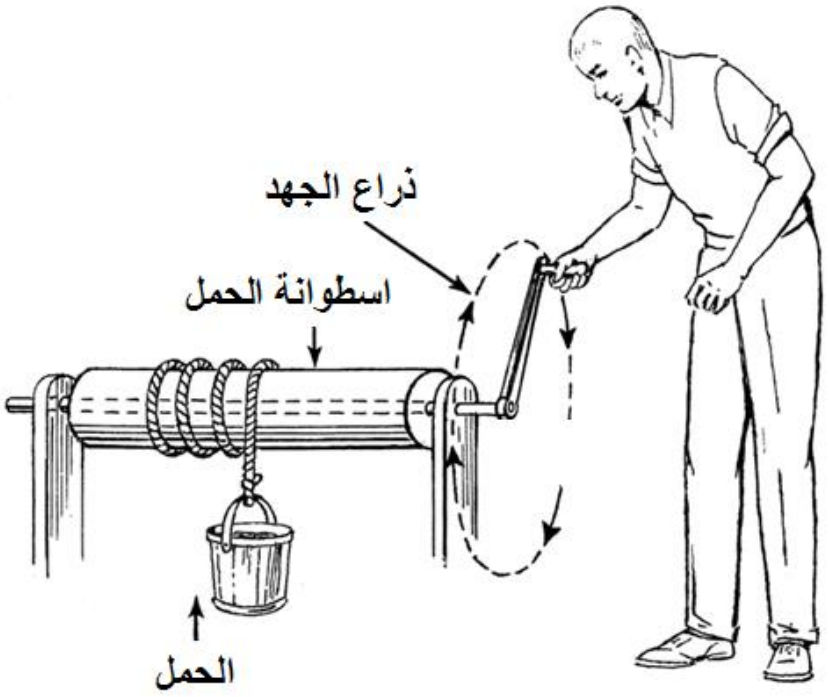
$$X_E = \pi D n \,, \qquad X_W = \pi d n$$

حيث D يرمز إلى قطر طارة الجهد و d يرمز إلى قطر أسطوانة الحمل و n هو عدد اللفات

وتكون نسبة السرعة في هذه الحالة تساوي النسبة بين قطر الطارة وقطر الاسطوانة

$$\therefore IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{\pi D n}{\pi d n} = \frac{D}{d}$$

أما فى حالة استخدام ذراع جهد كما هو موضح في الشكل التالي



شكل رقم ٢٤: الملفاف البسيط بذراع الجهد

يتم استخدام العلاقات التاليه:

$$X_E = 2\pi Ln\,, \qquad X_W = \pi dn$$

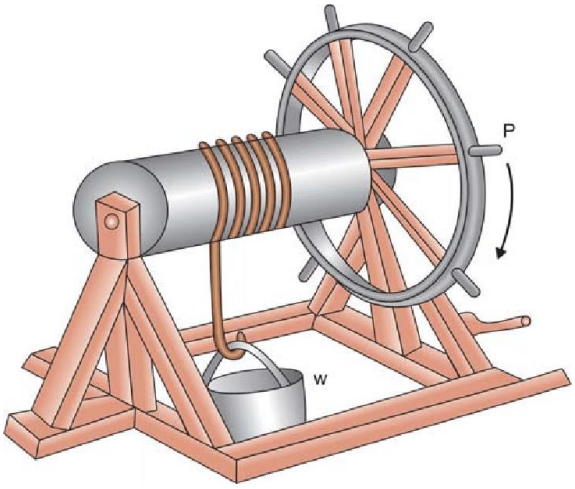
حيث L يرمز إلى طول ذراع الجهد و d يرمز إلى قطر أسطوانة الحمل و n هو عدد اللفات، وتكون نسبة السرعة في هذه الحالة تساوي النسبة بين ضعف طول ذراع الجهد وقطر الأسطوانة

$$\therefore IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2\pi Ln}{\pi dn} = \frac{2L}{d}$$

مثال ٥-١

ملفاف بسيط قطر طارته ٤٠ سم (D= 40cm) وقطر اسطوانته ١٠ سم (d= 10cm) فإذا كان الجهد المؤثر على الطارة ٥ نيوتن (E = 5 N) والجودة الآلية ٧٥% (η = 75 %) فاحسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- مقدار الحمل (W)



الحل:

- نسبة السرعة:

$$\text{IMA} = \frac{\text{D}}{\text{d}} = \frac{40}{10} = 4$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\text{AMA}}{\text{IMA}} \text{ x } 100$$

$$\therefore \text{AMA} = \text{IMA} * \eta = 4 * 0.75 = 3$$

- مقدار الحمل:

$$\because \text{AMA} = \frac{\text{W}}{\text{E}}$$

$$\therefore \text{W} = \text{AMA} * \text{E} = 3 * 5 = 15 \text{ N}$$

مثال ٥-٢

ملفاف بسيط يرفع حملا قدره ١٢٨ نيوتن (W = 128 N) فإذا كان قطر اسطوانة الحمل ١٥ سم (d=15 cm) ، وطول ذراع الجهد ٣٠ سم (L= 30cm) ، و الجودة الآلية ٨٠ % (η = 80 %) فأحسب:

١. نسبة السرعة (IMA)
٢. الفائدة الآلية (AMA)
٣. مقدار الجهد (E)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = \frac{2L}{d} = \frac{2 * 30}{15} = 4$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{AMA}{IMA} \text{ x } 100$$

$$\therefore AMA = IMA * \eta = 4 * 0.8 = 3.2$$

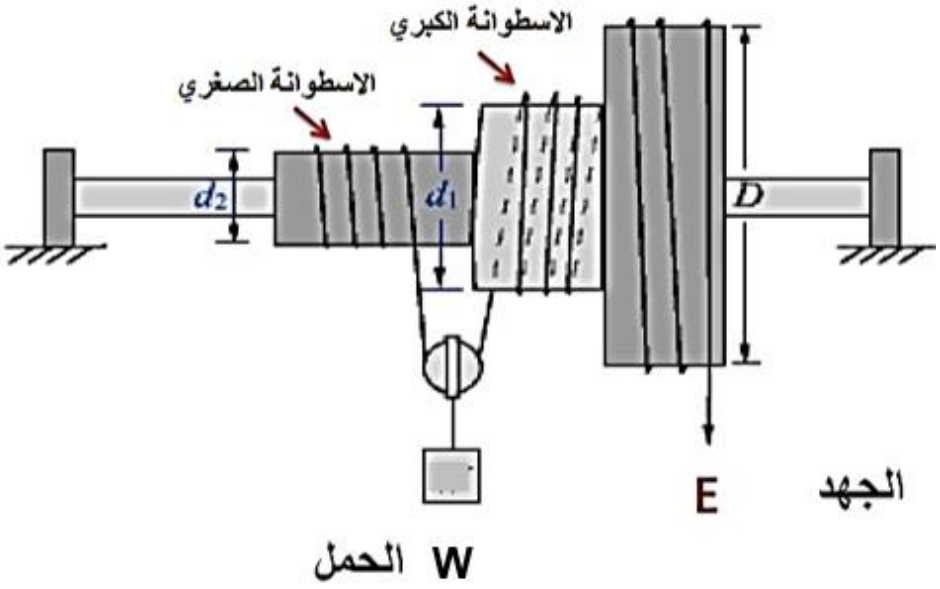
- مقدار الجهد:

$$\because AMA = \frac{W}{E}$$

$$\therefore E = \frac{W}{AMA} = \frac{128}{3.2} = 40 \text{ N}$$

٢-٣-٥ الملفاف المركب Differential wheel axle

الملفاف المركب يشبة الملفاف البسيط ولكن له اسطوانتين للحمل ومثبت أحد طرفي حبل الحمل بمحيط الأسطوانة الصغرى والطرف الأخر مثبت بمحيط الأسطوانة الكبرى ولكن في الإتجاه المعاكس، ومثبت عند محور الأسطوانة طارة الجهد أو ذراع الجهد كما هو موضح بالشكل



شكل رقم ٢٥: الملفاف المركب

فى حالة استخدام طارة الجهد يتم استخدام العلاقات التاليه:

$$X_E = \pi D n$$

$$X_W = \frac{\pi(d_1 - d_2)n}{2}$$

حيث أن D هو قطر طارة الجهد و d_1 هو قطر طارة الحمل الكبيره و d_2 هو قطر طارة الحمل الصغيره.

$$IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{\pi D n}{\frac{\pi(d_1 - d_2)n}{2}} = \frac{2D}{(d_1 - d_2)}$$

أما فى حالة استخدام ذراع جهد:

$$X_E = 2\pi L n$$

$$X_W = \frac{\pi(d_1 - d_2)n}{2}$$

حيث أن L هو طول ذراع الجهد

$$IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2\pi L n}{\frac{\pi(d_1 - d_2)n}{2}} = \frac{4L}{(d_1 - d_2)}$$

مثال ٥-٣

ملفاف مركب قطر طارته ٨٠ سم (D= 80cm) و قطر اسطوانتيه ٣٦ سم (d_1 = 36cm)، ٣٢ سم (d_2 =32 cm) و جودتة الآلية ٧٥% (η = 75 %) فاحسب:

١. نسبة السرعة (IMA)

٢. الفائدة الآلية (AMA)

٣. الحمل (W) الممكن رفعه إذا أثر على الطارة جهدا مقداره ٢٠ نيوتن (E=20 N)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = \frac{2D}{(d_1 - d_2)} = \frac{2 * 80}{36 - 32} = 40$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\text{AMA}}{\text{IMA}} \text{ x } 100$$

$$\therefore AMA = IMA * \eta = 40 * 0.75 = 30$$

- مقدار الحمل الممكن رفعه:

$$\because \text{AMA} = \frac{\text{W}}{\text{E}} \quad \& \quad \text{E} = 20 \text{ N}$$

$$\therefore \text{W} = \text{AMA} * \text{E} = 30 * 20 = 600 \text{ N}$$

مثال ٥-٤

ملفاف مركب طول ذراعه L= 50cm و قطر اسطوانتيه ٥٠، ٤٥ سم

(d1 = 50cm ، d2 = 45cm) و جودتة الآلية ٧٥% (η = 75 %) ، احسب:

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (AMA)

٣- الحمل (W) الممكن رفعه إذا أثر على الطارة جهدا مقداره ١٠ نيوتن (E=10 N)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$\text{IMA} = \frac{4\text{L}}{(\text{d}_1 - \text{d}_2)} = \frac{4 * 50}{50 - 45} = 40$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\text{AMA}}{\text{IMA}} \text{ x } 100$$

$$\therefore \text{AMA} = \text{IMA} * \eta = 40 * 0.75 = 30$$

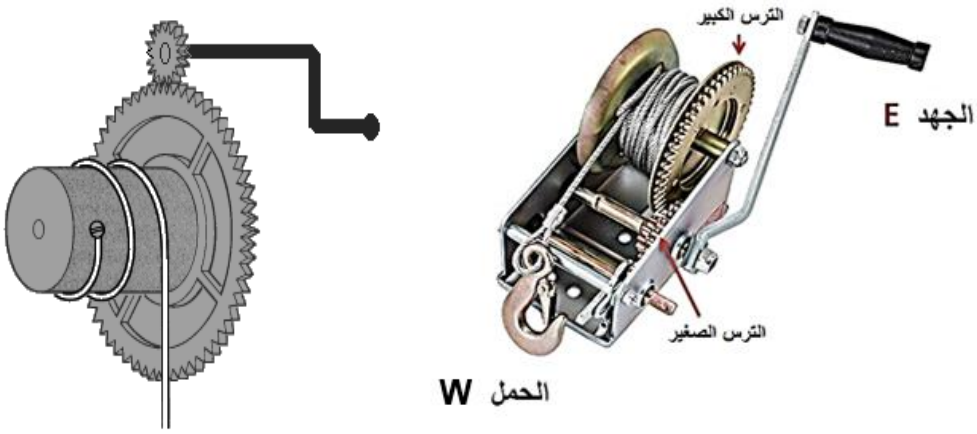
- مقدار الحمل الممكن رفعه:

$$\because \text{AMA} = \frac{\text{W}}{\text{E}} \quad \& \quad \text{E} = 20\ \text{N}$$

$$\therefore \text{W} = \text{AMA} * \text{E} = 30 * 10 = 300\ \text{N}$$

٥-٣-٣ الونش البسيط Simple winch

اليد تدير ترس صغير معشق مع أخر أكبر منه، ومثبت في نفس محور الترس الكبير أسطوانة ملفوف حولها حبل لرفع الحمل كما هو موضح بالشكل



شكل رقم ٢٦: الونش البسيط

فإذا كان:

طول ذراع الجهد L وقطر اسطوانة الحمل d

z_2 & z_1 هما عدد أسنان الترس القائد والترس المقاد على الترتيب

n_3 & n_2 & n_1 هما عدد لفات الترس القائد والترس المقاد وأسطوانة الحمل على الترتيب

فإن:

$$\mathbf{X_E = 2\pi L n_1, \quad X_W = \pi d n_3}$$

بما ان الترس الأكبر والاسطوانة على نفس محور الدوران

$$\therefore \mathbf{n_3 = n_2}$$

$$\because \mathbf{i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}}$$

$$\therefore \mathbf{IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2\pi L n_1}{\pi d n_3} = \frac{2 * L * z_2}{d * z_1}}$$

مثال ٥-٥

ونش بسيط طول ذراعه ٤٠ سم (L= 40 cm) ، و قطر اسطوانته ٢٤ سم (d =24cm)، وعدد أسنان الترسان ٢٠، ١٢٠ (Z_2 =120, Z1=20)، فإذا علم أن الفائدة الآلية لهذا الونش

16 (AMA = 16) فأحسب:

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الجودة الآلية (η)

٣- القوة (E) اللازمة لرفع حمل مقداره ٤٠٠ نيوتن (W = 400 N)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = \frac{2 * L * z_2}{d * z_1} = \frac{2 * 40 * 120}{24 * 20} = 20$$

- الجودة الألية:

$$\eta = \frac{AMA}{IMA} \times 100 = \frac{16}{20} * 100 = 80\%$$

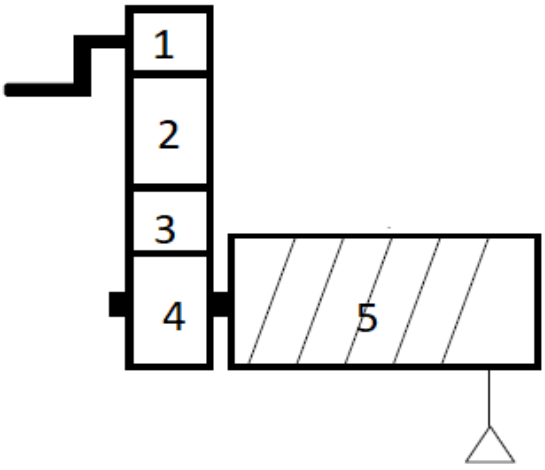
- القوة اللازمة لرفع حمل مقداره ٤٠٠ نيوتن:

$$\because AMA = \frac{W}{E} = 16 \quad \& \quad W = 400\ N$$

$$\therefore E = \frac{W}{AMA} = \frac{400}{16} = 25\ N$$

٤-٣-٥ الونش المركب compound winch

يحتوي الونش المركب على مجموعة مركبة من التروس. اليد تدير ترس صغير(1) معشق مع أخر أكبر منه (2) والذى بدوره معشق مع ترس ثالث آخر (3) الذي بدوره معشق مع آخر أكبر منه (4) و مثبت في نفس المحور المثبت به الترس الأخير أسطوانة (5) ملفوف حولها حبل لرفع الحمل كما هو موضح بالشكل



شكل رقم ٢٧: الونش المركب

فإذا كان:

طول ذراع الجهد L وقطر اسطوانة الحمل d

فأن:

$$\mathbf{X_E = 2\pi L n_1,} \qquad \mathbf{X_W = \pi d n_5}$$

$$\because \boldsymbol{n_4 = n_5}$$

$$\because \boldsymbol{i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{z_2 * z_4}{z_1 * z_3}}$$

$$\therefore \mathbf{IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2\pi L n_1}{\pi d n_5} = \frac{2 * L * z_2 * z_4}{d * z_1 * z_3}}$$

مثال ٥-٦

ونش مركب طول ذراعه ٤٥سم (L=45 cm) و قطر اسطوانته ٣٠ سم (d=30cm)، و عدد اسنان الترسين الصغيرين القائدين ٢٠، ٢٥ (Z_1=20 ، Z_3=25) ، و عدد اسنان الترسين الكبيرين المنقادين ١٠٠ ، ١٢٠(Z_2=100 ، Z_4=120) ، يستخدم لرفع حمل مقداره ١٠٨٠ نيوتن (W=1080 N) ، فإذا كانت الجودة الآلية ٧٥% (η = 75 %)فاحسب:

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (AMA)

٣- القوة اللازمة لرفع الحمل (E)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$\mathrm{IMA} = \frac{2 * \mathrm{L} * \mathrm{z_2} * \mathrm{z_4}}{\mathrm{d} * \mathrm{z_1} * \mathrm{z_3}} = \frac{2 * 45 * 100 * 120}{30 * 20 * 25} = 72$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\mathrm{AMA}}{\mathrm{IMA}} \times 100$$

$$\therefore \mathrm{AMA} = \mathrm{IMA} * \eta = 72 * 0.75 = 54$$

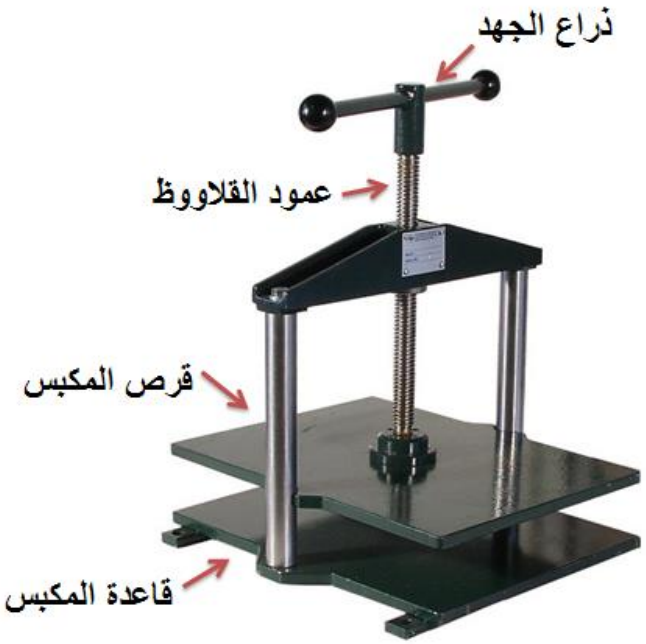
- القوة اللازمة لرفع الحمل:

$$\because \mathrm{AMA} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{E}} = 54 \quad \& \qquad \mathrm{W} = 1080\ \mathrm{N}$$

$$\therefore \mathrm{E} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{AMA}} = \frac{1080}{54} = 20\ \mathrm{N}$$

٥-٣-٥ المكبس البسيط Simple press

يسلط الجهد على الذراع فيتحرك عمود القلاووظ في اتجاه القوة ويعمل على ضغط الجسم بين قرص المكبس وقاعدة المكبس. ويمثل الحمل في هذه الحالة الضغط الواقع على قرص المكبس، كما هو موضح بالشكل التالي.



شكل رقم ٢٨: المكبس البسيط

فإذا كان:

طول ذراع الجهد L و خطوة القلاووظ p

فإن:

$$X_E = 2\pi L \quad , \quad X_W = p$$

$$\therefore IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2 * \pi * L}{p}$$

مثال ٥-٧

مكبس بسيط خطوة القلاووظ به ١,٢ سم (p= 1.2cm)، والقوة المسلطة على اليد ٣٠ نيوتن (E= 30N) ونصف قطر اليد ٢١ سم (L= 21cm) فإذا كانت الجودة الآلية ٤٠% (η = 40 %) أوجد:

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (AMA)

٣- مقدار الضغط (W)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = \frac{2 * \pi * l}{p} = \frac{2 * 22 * 21}{1.2 * 7} = 110$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{AMA}{IMA} \text{ x } 100$$

$$\therefore AMA = IMA * \eta = 110 * 0.4 = 44$$

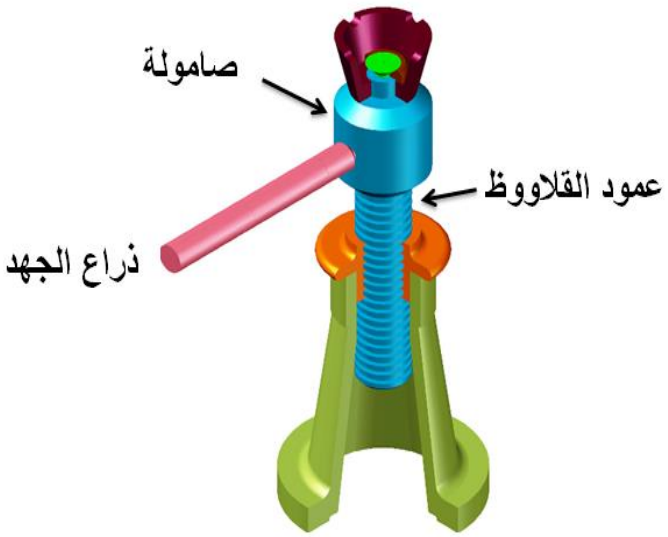
- مقدار الضغط:

$$\because AMA = \frac{W}{E} = 44 \quad \& \quad E = 30 \text{ N}$$

$$\therefore W = AMA * E = 44 * 30 = 1320 \text{ N}$$

٦-٣-٥ الكوريك البسيط Simple screw jack

يتكون من عمود قلاووظ وفي أعلاه ذراع مثبت عند طرفه صامولة تتحرك لأعلى ولأسفل نتيجة دوران الذراع مع أو عكس عقارب الساعة



شكل رقم ٢٩: الكوريك البسيط

فإذا كان:

طول ذراع الجهد L و خطوة القلاووظ p

فإن:

$$\mathbf{X_E = 2\pi L \quad , \quad X_W = p}$$

$$\mathbf{\therefore IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2 * \pi * L}{p}}$$

مثال ٥-٨

مرفاع لولبي بسيط (كوريك) طول ذراعه ٢٨ سم (L= 28 cm) وخطوة القلاوظ ٥ مم (p= 5 mm) فإذا كانت الجودة الآلية ٦٠% (η = 60 %) فأوجد

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (AMA)

٣- القوة اللازمة (E) لرفع حمل مقداره ٣١٦٨ نيوتن (W = 3168 N)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = \frac{2 * \pi * l}{p} = \frac{2 * 22 * 28}{0.5 * 7} = 352$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{AMA}{IMA} \times 100$$

$$\therefore AMA = IMA * \eta = 352 * 0.6 = 211.2$$

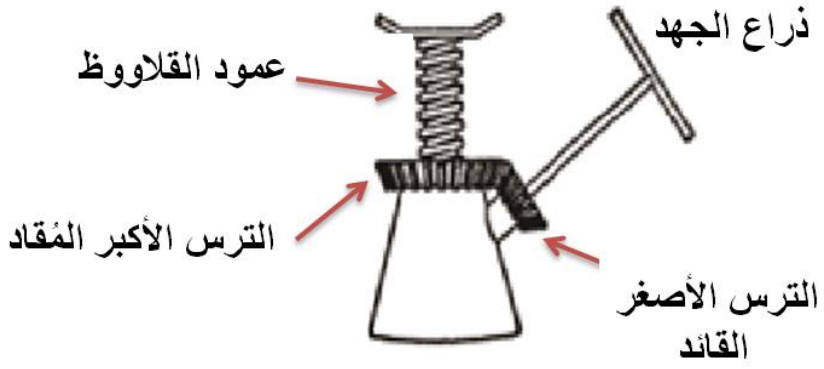
- القوة اللازمة لرفع الحمل:

- $\because AMA = \frac{W}{E} = 211.2 \quad \& \quad W = 3186\ N$

$$\therefore E = \frac{W}{AMA} = \frac{3186}{211.2} = 15\ N$$

٥-٣-٧ الكوريك المركب ذو الترسين Bevel gear jack

يتركب من عمود قلاووظ يستمد حركته من ترس مخروطي مقاد معشق مع ترس مخروطى قائد أصغر منه مثبت على طرف محور ذراع يتم تحريكه يدويا ليقوم برفع العمود المقلوظ



شكل رقم ٣٠: الكوريك المركب ذو الترسين

$$X_E = 2\pi L n_1 \quad , \quad X_W = p n_2$$

$$\because \ i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\therefore \text{IMA} = \frac{X_E}{X_W} = \frac{2 * \pi * L * z_2}{p * z_1}$$

حيث L هو طول ذراع الجهد، p هو مقدارخطوة القلاووظ و z_1 & z_2 هما عدد أسنان الترس القائد والترس المقاد على الترتيب

مثال ٥-٩

إذا كان طول ذراع المرفاع المركب ذو الترسين ٥٦ سم (L= 56 cm) و خطوة قلاوظه ١ سم (p= 1cm)، و عدد أسنان الترسان ٢٠، ١٢٠ (Z_1=20 ، Z_2=120) فإذا كانت الجودة الآلية ٢٠% (η = 20 %) فأوجد

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (AMA)

٣- القوة اللازمة (E) لرفع حمل مقداره ٦٣٣٦ نيوتن (W = 6336 N)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$\text{IMA} = \frac{2 * \pi * l * z_2}{p * z_1} = \frac{2 * 22 * 56 * 120}{7 * 1 * 20} = 2112$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\text{AMA}}{\text{IMA}} \text{ x } 100$$

$$\therefore \text{AMA} = \text{IMA} * \eta = 2112 * 0.2 = 422.4$$

- القوة اللازمة لرفع الحمل:

$$\because \text{AMA} = \frac{W}{E} = 422.4 \quad \& \quad W = 6336 \text{ N}$$

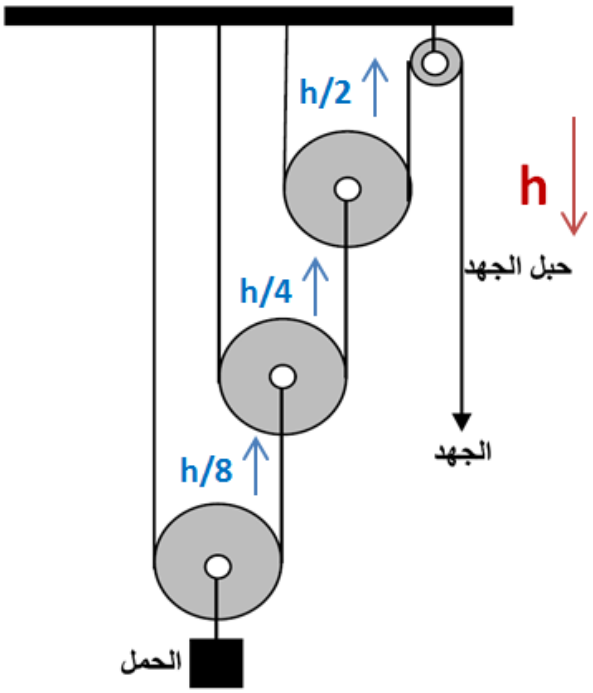
$$\therefore E = \frac{W}{\text{AMA}} = \frac{6336}{422.4} = 15 \text{ N}$$

٥-٣-٨ آلات الرفع ذات البكرات Pulleys

تعتبر البكرات من أشهر الآلات المستخدمه في الرفع ولها مجموعات كثيرة تتركب كل منها بشكل معين يخدم عملية الرفع ومن أمثلتها

١- مجموعة بكرات ذات حبال معلقة

عند جذب حبل الجهد مسافة h فإن البكرة العليا ترتفع مسافة رأسيه تساوى h/2 لأن الحبل يوزع على طرفي البكرة بالتساوي وبالمثل ترتفع جميع البكرات التي عددها n ، فتكون المسافات المقطوعه لكل البكرات بالترتيب على النحو التالى : $\frac{h}{2}$, $\frac{h}{4}$ ← ... ... $\frac{h}{2^n}$



شكل رقم ٣١: مجموعة بكرات ذات حبال معلقة

$$\because X_E = h \quad , \quad X_W = \frac{h}{2^n}$$

$$\therefore IMA = \frac{X_E}{X_W} = \frac{\cancel{h}}{\frac{\cancel{h}}{2^n}} = 2^n$$

مثال ٥-١٠

رافعة مجموعة بكرات ذات حبال معلقة عدد بكراتها (n= 3) فما هي نسبة سرعتها (IMA). إذا كان جودتها الآلية ٦٠ % (η = 60 %) والحمل المراد رفعه ٢١٦ نيوتن (W = 216 N) . أوجد قيمة

الفائدة الآلية (η)، و القوة (E) اللازمة لرفع الحمل، وطول الجزء المطوي من حبل الجهد (X_E) عندما يرتفع الحمل ١,٥ م (X_W=1.5 m).

الحل:

- نسبة السرعة:

$$IMA = 2^n = 2^3 = 8$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{AMA}{IMA} \times 100$$

$$\therefore AMA = IMA * \eta = 8 * 0.6 = 4.8$$

- القوة اللازمة لرفع الحمل:

$$\because AMA = \frac{W}{E} = 4.8 \quad \& \quad W = 216\ N$$

$$E = \frac{W}{AMA} = \frac{216}{4.8} = 45\ N$$

- طول الجزء المطوي من حبل الجهد عندما يرتفع الحمل ١,٥ م:

$$\because IMA = \frac{X_E}{X_W}$$

$$X_E = IMA * X_W = 8 * 1.5 = 12\ m$$

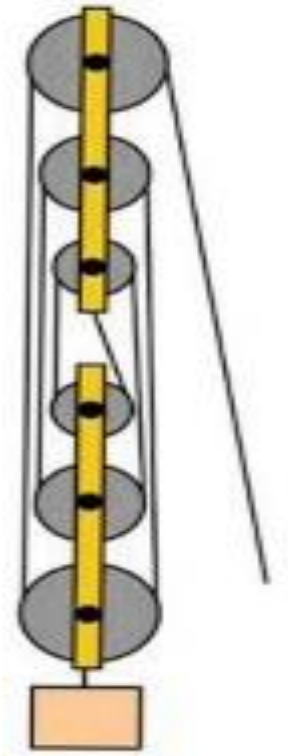
٢- مجموعة بكرات ذات الحبل الواحد:

إذا تحرك الحمل مسافة h فإن مسافة الجهد لمجموعة بكرات عددها n هى n*h كما هو موضح فى الشكل.

∵ نسبة السرعة = مسافة الجهد ÷ مسافة الحمل

$$IMA = \frac{X_E}{X_W}$$

$$\therefore IMA = \frac{n * h}{h} = n$$



شكل رقم ٣٢: مجموعة بكرات ذات حبال معلقة

مثال ٥-١١

آلة رافعة تتكون من مجموعة بكرات من النوع الثاني ذات الحبل الواحد عدد بكراتها (n= 8). فإذا كان الجهد المسلط على الطرف الحر للحبل ٣٠ نيوتن (E = 30 N) وجودتها الآلية ٧٠ % (η = 70 %)، وإذا طوى من حبل الجهد مسافة ١٦ م (X_E=16 m) فأوجد:

١- نسبة السرعة (IMA)

٢- الفائدة الآلية (η)

٣- الحمل المرفوع (W)

٤- المسافة التي يرتفعها الحمل (X_W)

الحل:

- نسبة السرعة:

$$\text{IMA} = n = 8$$

- الفائدة الألية:

$$\because \eta = \frac{\text{AMA}}{\text{IMA}} \text{ x } 100$$

$$\therefore \text{AMA} = \text{IMA} * \eta = 8 * 0.7 = 5.6$$

- القوة اللازمة لرفع الحمل:

$$\because AMA = \frac{W}{E} = 5.6 \quad \& \qquad E = 30\ N$$

$$W = AMA * E = 5.6 * 30 = 168\ N$$

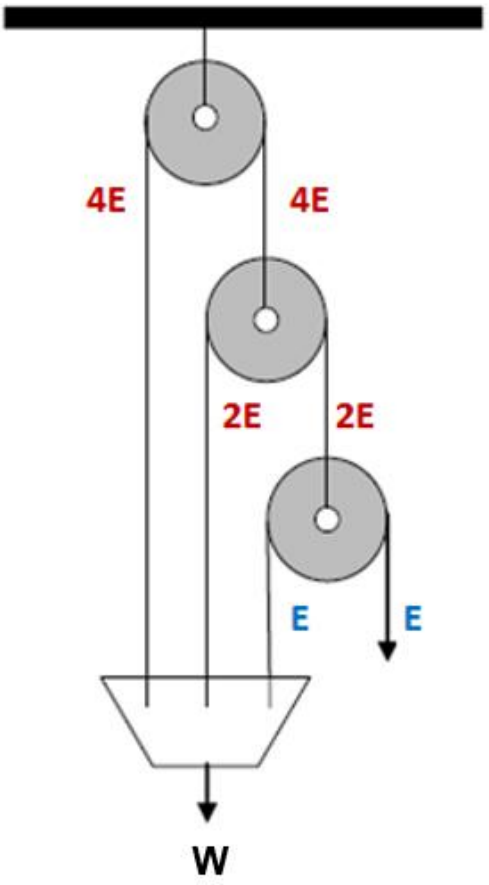
- المسافة التي يرتفعها الحمل إذا طوى من حبل الجهد مسافة ١٦ م

$$\because IMA = \frac{X_E}{X_W}$$

$$X_W = \frac{X_E}{IMA} = \frac{16}{8} = 2\ m$$

٣- مجموعة البكرات ذات الحمل المعلق في الحبال:

في هذا النوع يتم تعليق الحمل على مجموعة من البكرات عددها n، وبناء على ذلك سيكون الحمل مساويا لمجموع قوى الشد في حبال جميع البكرات المعلق منها كما هو موضح بالشكل



شكل رقم ٣٣: بكرات ذات الحمل المعلق

لتسهيل حساب نسبة السرعة نفرض أن الجودة الآليه 100%، ومنه ينتج أن نسبة السرعة تساوي الفائدة الأليه.

IMA = AMA

- **الجهد المبذول (E)**

- **الحمل (W) = الشد في الحبل الأول + الشد في الحبل الثاني +. . . . . + الشد في الحبل n**

$$\mathbf{L = E + 2E + 4E + \cdots\cdots + 2^{n-1}E}$$

$$\mathbf{IMA = AMA = \frac{W}{E} = \left(\frac{(1 + 2 + 4 + \cdots\cdots + 2^{n-1})\ \cancel{E}}{\cancel{E}}\right) = 2^n - 1}$$

مثال ٥-١٢

مجموعة بكرات ذات حمل معلق في الحبال عدد بكراتها (n=4) استخدمت في رفع حمل مقداره ٩٠٠ نيوتن (W = 900 N). أوجد نسبة السرعة (IMA) والفائدة الآلية (AMA) المسافة المشدودة من حبل الجهد X_E إذا ارتفع الحمل مسافة ٢م (X_W = 2m) وما هي القوة (E) المسلطة على حبل الجهد اللازمة لرفع الحمل إذا كانت الجودة ١٠٠ % (η = 100 %).

الحل:

- نسبة السرعة:

$$\mathrm{IMA} = 2^n - 1 = 16 - 1 = 15$$

- الفائدة الآلية:

$$\mathrm{AMA} = \mathrm{IMA} * \eta$$

$$\mathrm{IMA} = 15 * \frac{100}{100} = 15$$

- القوة اللازمة لرفع الحمل:

$$\because \mathrm{AMA} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{E}} = 15 \quad \& \quad \mathrm{W} = 900\ \mathrm{N}$$

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{AMA}} = \frac{900}{15} = 60\ \mathrm{N}$$

- المسافة المشدودة من حبل الجهد X_E إذا ارتفع الحمل مسافة ٢م

$$\because \mathrm{IMA} = \frac{\mathrm{X_E}}{\mathrm{X_W}}$$

$$\mathrm{X_E} = \mathrm{IMA} * \mathrm{X_W} = 15 * 2 = 30\ \mathrm{m}$$

تحقق من فهمك (٥)

١- ملفاف بسيط قطر طارته ٤٥ سم (D= 45 cm) وقطر اسطوانته ٩ سم (d= 9 cm) فإذا كان الجهد المؤثر على الطارة ٩ نيوتن (E = 9 N) والجودة الآلية ٨٠% (η = 80 %) فاحسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- مقدار الحمل (W)

٢- ملفاف بسيط يرفع حملا قدره ١٤٠ نيوتن (W = 140 N) فإذا كان قطر اسطوانة الحمل ١٠ سم (d=10 cm) ، وطرف ذراع الجهد ٤٠ سم (L= 40cm) ، و الجودة الآلية ٧٠ % (η = 70 %) فأحسب :

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- مقدار الجهد (E)

٣- ملفاف مركب قطر طارته ٧٠ سم (D= 70cm) و قطر اسطوانتيه ٤٠ سم (d1 = 40 cm)، ٣٥ سم (d2 =35 cm) و جودتة الآلية ٧٠% (η = 70 %) فاحسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- الحمل (W) الممكن رفعه إذا أثر على الطارة جهدا مقداره ١٨ نيوتن (E=18 N)

٤- ملفاف مركب طول ذراعه L= 60cm وقطر اسطوانتيه ٥٠، ٤٠ سم

(d1 = 50cm ، d2 = 40cm) و جودتة الآلية ٨٠% (η = 80)% ، احسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- الحمل (W) الممكن رفعه إذا أثر على الطارة جهدا مقداره ١٠ نيوتن (E=10 N)

٥- ونش بسيط طول ذراعه ٥٠ سم (L= 50 cm) ، و قطر اسطوانته ٢٠ سم (d =20 cm)، وعدد أسنان الترسان ٢٠، ١٠٠ (Z_2 =100, Z1=20)، فإذا علم أن الفائدة الآلية لهذا الونش 12 فحسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الجودة الآلية (η)
- القوة (E) اللازمة لرفع حمل مقداره ٣٠٠ نيوتن (W = 300 N)

٦- ونش مركب طول ذراعه ٤٥سم (L=45 cm) و قطر اسطوانته ٣٠ سم (d=30cm)، و عدد اسنان الترسين الصغيرين القائدين ٢٢، ٣٠ (Z_1=22 ، Z_3=30) ، و عدد اسنان الترسين الكبيرين المنقادين ١١٠ ، ١٥٠(Z_2=150 ، Z_4=110) ، يستخدم لرفع حمل مقداره ١٠٠٠ نيوتن (W=1000 N) ، فإذا كانت الجودة الآلية ٨٠% (η = 80 %)فاحسب:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- القوة اللازمة لرفع الحمل (E)

٧- مكبس بسيط خطوة القلاوظ به ١ سم (p=1 cm)، والقوة المسلطة على اليد ٤٠ نيوتن (E=40 N) ونصف قطر اليد ٢٨ سم (L= 28 cm) فإذا كانت الجودة الآلية ٥٠% (η = 50 %) فأوجد:

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- مقدار الضغط (W)

٨- مرفاع لولبي بسيط (كوريك) طول ذراعه ٤٠ سم (L= 40 cm)وخطوة القلاوظ ٤ مم (p= 4 mm) فإذا كانت الجودة الآلية ٧٠% (η = 70 %) فأوجد

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- القوة (E) اللازمة لرفع حمل مقداره ٤٢٠٠ نيوتن (W = 4200 N)

٩- إذا كان طول ذراع المرفاع المركب ذو الترسين ٤٠ سم (L= 40 cm) و خطوة قلاوظه ١ سم (p= 1cm)، و عدد أسنان الترسان ٢٠، ١٠٠ (Z_1=20 ، Z_2=100) فإذا كانت الجودة الآلية ٣٠% (η = 30 %) فأوجد

- نسبة السرعة (IMA)
- الفائدة الآلية (AMA)
- القوة (E) اللازمة لرفع حمل مقداره ٥٠٠ نيوتن (W = 500 N)

١٠-رافعة مجموعة بكرات ذات حبال معلقة عدد بكراتها (n= 3) وجودتها الآلية ٥٠% (η = 50 %) والحمل المراد رفعه ٢٥٠ نيوتن (W = 250 N) . أوجد:

- نسبة السرعه (IMA)
- قيمة الفائدة الآلية (AMA)
- القوة الازمة لرفع الحمل (E)
- طول الجزء المطوي من حبل الجهد (X_E) عندما يرتفع الحمل مسافة ١٢ م (X_W=12 m).

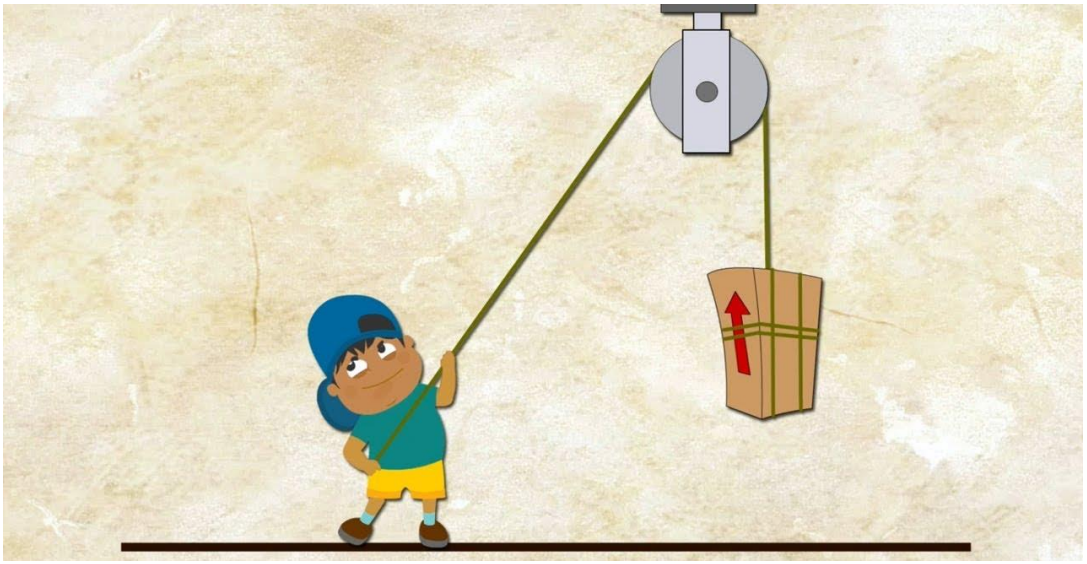
١١- آلة رافعة تتكون من مجموعة بكرات ذات الحبل الواحد عدد بكراتها (n= 6). فإذا كان الجهد المسلط على الطرف الحر للحبل ٢٠ نيوتن (E = 20 N) وجودتها الآلية ٨٠ % (η = 80 %) فاوجد:

- نسبة السرعه (IMA)
- قيمة الفائدة الآلية (AMA)
- مقدار الحمل المرفوع (W)
- المسافة التي يرتفعها الحمل (X_W) إذا طوى من حبل الجهد مسافة ١٢ م (X_E=12 m)

١٢-مجموعة بكرات ذات حمل معلق في الحبال عدد بكراتها (n= 4) استخدمت في رفع حمل مقداره ١٠٠٠ نيوتن (W = 1000 N) فإذا كانت الجودة الآلية ١٠٠ % (η = 100 %). أوجد:

- نسبة السرعة (IMA)
- قيمة الفائدة الآلية (AMA)
- المسافة المشدودة من حبل الجهد X_E إذا ارتفع الحمل مسافة ٤م (X_W = 4m)
- القوة (E) المسلطة على حبل الجهد اللازمة لرفع الحمل (η = 100 %).

الباب السادس: البكرات Pulleys



٦-١ نموذج لدراسة الحركة لعناصر مجموعة بكرات

يوضح الشكل التالى حركة مجموعه من البكرات تحت تأثير جهد عند نقطة A وحمل تقوم برفعه البكره المتحركه ٢ ، ويعتبر الحبل المحدد بالنقاط A B C D E F O هو المتحكم في حركة المجموعه لإيجاد الموضع والسرعه والعجلة التي تتحرك بها عناصر المجموعة لابد من الأخذ في الاعتبار كل مما يأتي:

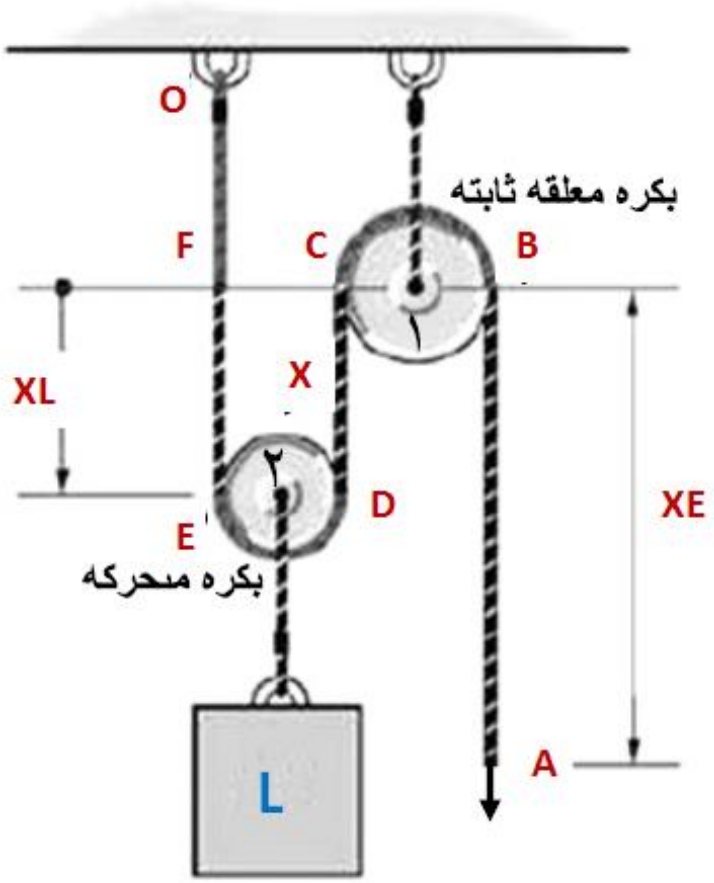
١- الحبل غير مرن ولا تحدث فيه استطاله ناتجه عن تأثير الحمل والجهد عليه

٢- الحبل المتصل بالبكرات طوله الكلى ثابت لا يتغير، وذلك عند اشتقاق الطول الكلي الثابت للحبل فهو يساوي صفر

٣- الأجزاء التي تلامس البكرات من الحبل مثل القوس " BC " والقوس " DE " هي أجزاء ثابتة الطول لا تؤثر في موضع كل عنصر من عناصر المجموعه وبذلك لا تؤثر على سرعته وعجلته

٤- الأجزاء من الحبل التي تعلو محور البكرات الثابته مثل طول القطعة المستقيمة " FO " هي أجزاء ثابته الطول لا تؤثر في موضع كل عنصر من عناصر المجموعه وبذلك لا تؤثر على سرعته وعجلته

٥- الأجزاء من الحبل التي تؤثر في موضع عناصر المجموعه هي X_E, X, X_L .



شكل رقم ٣٤: دراسة لحركة البكرات

٦-٢ استنتاج معادلات الموضع والسرعة والعجلة

$$\therefore \mathbf{L} = \mathbf{X_E} + \mathbf{X} + \mathbf{X_L}$$

وتسمى المعادلة السابقة معادلة الموضع حيث أن L هو الطول الكلي للحبل مطروحا منه الأطوال الثابته التى لا تؤثر على أماكن البكرات. بإشتقاق معادلة الموضع بالنسبة للزمن يمكننا الحصول على معادلة السرعه كما يلي:

$$\frac{\mathbf{dL}}{\mathbf{dt}} = \frac{\mathbf{dX_E}}{\mathbf{dt}} + \frac{\mathbf{dX}}{\mathbf{dt}} + \frac{\mathbf{dX_L}}{\mathbf{dt}}$$

$$\boldsymbol{v_E} + \boldsymbol{v} + \boldsymbol{v_L} = \mathbf{0}$$

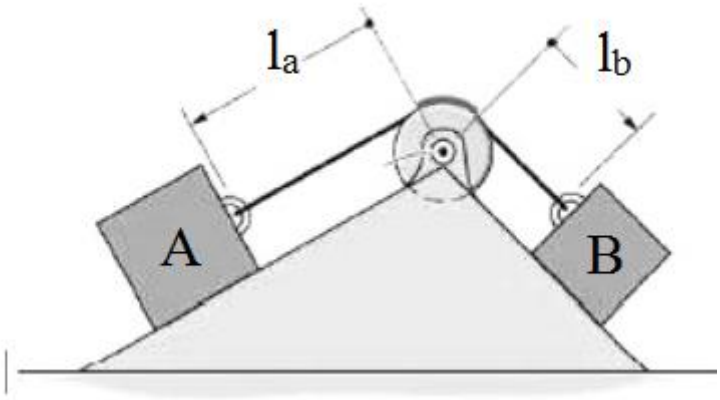
بإشتقاق المعادلة السابقة بالنسبة للزمن يمكن الحصول على معادلة العجله على النحو التالي

$$\frac{\mathbf{dv_E}}{\mathbf{dt}} + \frac{\mathbf{dv}}{\mathbf{dt}} + \frac{\mathbf{dv_L}}{\mathbf{dt}} = \mathbf{0}$$

$$\boldsymbol{a_E} + \boldsymbol{a} + \boldsymbol{a_L} = \mathbf{0}$$

مثال ٦-١

حبل غير مرن ثابت الطول، نهايتاه مثبتتان بجسمين A و B موضوعتين على مستويين مائلين أملسين ويمر الحبل خلال بكره ملساء كما هو موضح بالشكل، إذا كانت سرعة الجسم A تساوى ٢ م/ث (v_A=2m/s) في اتجاه المستوى المائل لأسفل، أوجد سرعة الجسم B



الحل:

- طول الحبل : L= $l_a + l_b$

باشتقاق معادلة الموضع بالنسبه للزمن نحصل على معادلة السرعه:

$$\frac{\mathrm{dL}}{\mathrm{dt}} = \frac{\mathrm{dL_a}}{\mathrm{dt}} + \frac{\mathrm{dL_b}}{\mathrm{dt}}$$

$$\therefore v_a + v_b = 0$$

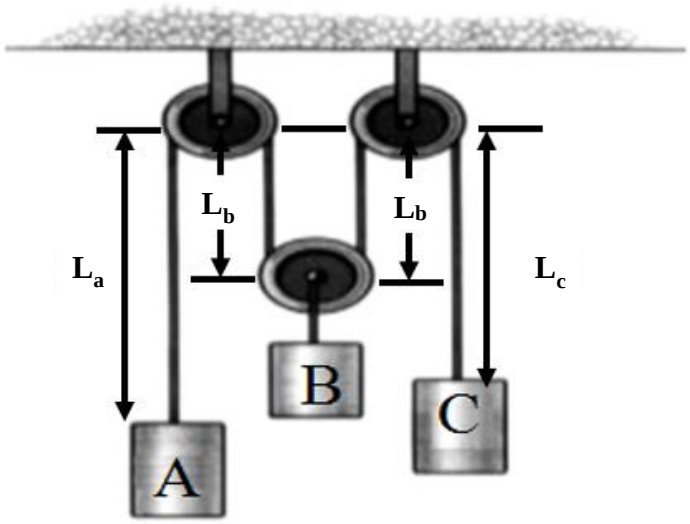
$$\because v_a = 2m/s$$

$$\therefore v_b = -2m/s$$

والاشاره السالبة تعني أن الجسم B يتحرك في اتجاه المستوى لأعلى

مثال ٦-٢

مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، تتحرك الكتله A رأسيا لأسفل بسرعة ٢ م/ث (v_A=2m/s) بينما تتحرك الكتله C رأسيا لأعلى بسرعة ١ م/ث (v_c=1 m/s) ، حدد سرعة الكتلة B.



الحل:

$$\mathbf{L = l_a + 2l_b + l_c}$$

باشتقاق معادلة الموضع بالنسبه للزمن نحصل على معادلة السرعه

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dl_a}{dt} + 2\frac{dl_b}{dt} + \frac{dl_c}{dt}$$

$$\therefore v_a + 2v_b + v_c = 0$$

بإعتبار أن الأتجاه لأعلى موجب ولأسفل سالب ينتج ان:

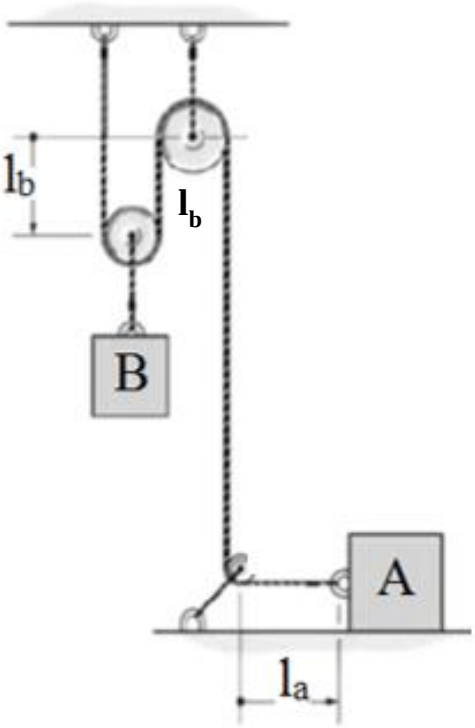
$$-2 + 2v_b + 1 = 0$$

$$\therefore v_b = \frac{1}{2}m/s$$

وذلك يعنى أن إتجاه الحركه لأعلى.

مثال ٦-٣

مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، تتحرك المجموعة عندما تؤثر قوة شد رأسيه لأسفل على الجسم B ليتحرك بسرعة 3m/s رأسيا لأسفل ، أوجد سرعة الجسم A



الحل:

$$L = l_a + 2l_b$$

بإشتقاق معادلة الموضع بالنسبه للزمن نحصل على معادلة السرعه

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dl_a}{dt} + 2\frac{dl_b}{dt}$$

وحيث أن الطول الكلى L لا يتغير مع تغيرموضع الأجسام، فإنه من العلاقه السابقة يمكننا الحصول على معادلة السرعه التاليه:

$$\therefore v_a + 2v_b = 0$$

$$\because v_b = 3m/s$$

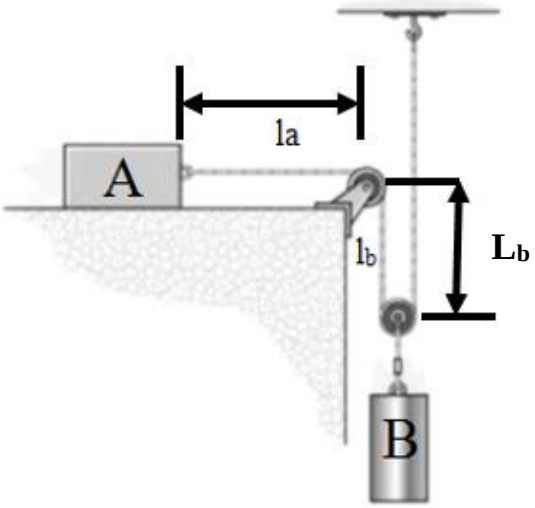
$$\therefore v_a + 2 * 3 = 0$$

$$\therefore v_a = -6m/s$$

وإتجاه الحركه نحو اليسار

مثال ٦-٤

مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، إذا كانت سرعة الجسم " B " ٤ م/ث (v_b=4 m/s) رأسيا لأسفل فأوجد سرعة الجسم A.



الحل:

$$L = l_a + 2l_b$$

باشتقاق معادلة الموضع بالنسبه للزمن نحصل على معادلة السرعه

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dl_a}{dt} + 2\frac{dl_b}{dt}$$

$$\therefore v_a + 2v_b = 0$$

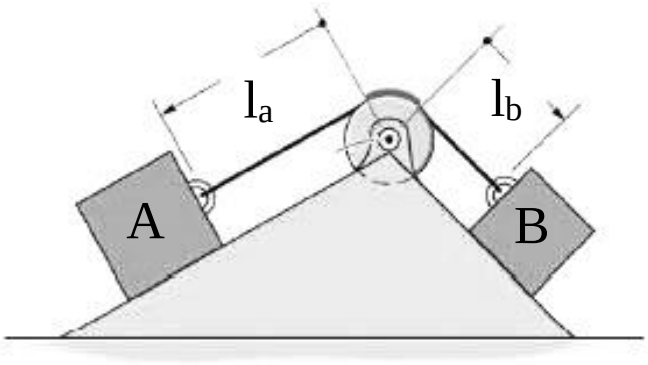
$$\because v_b = 4m/s$$

$$\therefore v_a = -8m/s$$

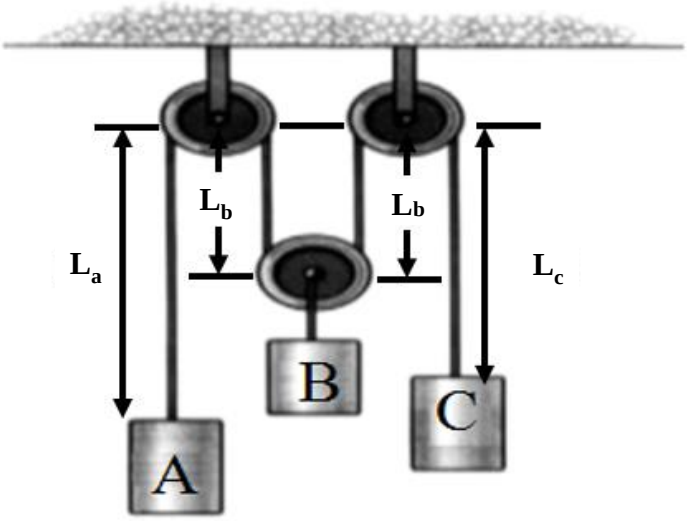
والحركه أفقيه نحو اليمين

تحقق من فهمك (٦)

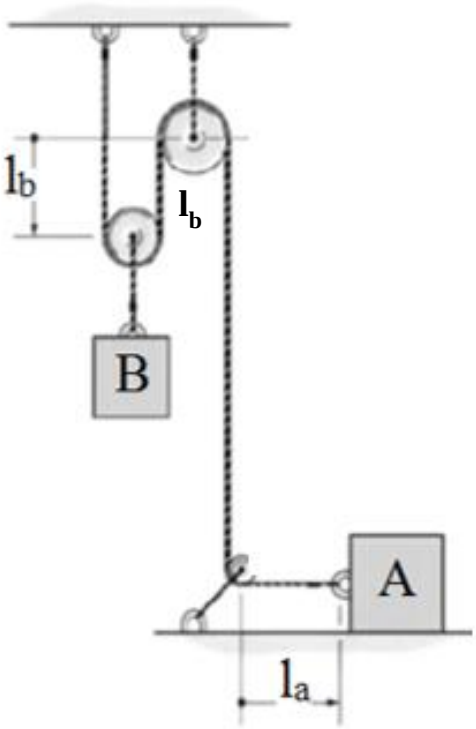
١- حبل غير مرن ثابت الطول ، نهايتاه مثبتتان بجسمين A و B موضوعتين على مستويين مائلين أملسين ويمر الحبل خلال بكره ملساء كما هو موضح بالشكل ، إذا كانت سرعة الجسم A تساوى ٤ م/ث (4m/s) في اتجاه المستوى المائل لأسفل ، أوجد سرعة الجسم B



٢- مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، تتحرك الكتله A رأسيا لأسفل بسرعة ٣م/ث (3m/s) بينما تتحرك الكتله C رأسيا لأعلى بسرعة ٢م/ث (2 m/s) ، حدد سرعة الكتلة B



٣- مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، تتحرك المجموعة عندما تؤثر قوة شد رأسيه لأسفل على الجسم B ليتحرك بسرعة ٣م/ث (3m/s) رأسيا لأسفل ، أوجد سرعة الجسم A



٤- مجموعة بكرات كما هو موضح بالشكل، إذا كانت سرعة الجسم " B " ٤م/ث (4m/s) رأسيا لأسفل فأوجد سرعة الجسم A.