

## التحليل الديناميكي لظاهرة اهتزاز الثقل بكتلة واحدة وكتلتين في أثناء عملية الرفع

أ.د. وديع ياسين التكريتي  
كلية التربية الرياضية – جامعة الموصل

أ.د. صباح محمد جميل  
كلية الهندسة – جامعة الموصل

المؤتمر العلمي السنوي الأول لكلية التربية الأساسية (٢٣-٢٤/أيار/٢٠٠٧)

### ملخص البحث :

يعمل اهتزاز الثقل في أثناء الرفع على تكوين حالتين متضادتين الأولى إيجابية تساعد في استثمار الاهتزاز المصاحب لاتجاه الحركة في تسريع حركة الثقل والتخفيف من الجهد المبذول والثانية سلبية تعمل على زيادة العبء الملقى على المجموعات العضلية المشاركة في الرفع كونها تعمل عكس اتجاه الحركة .

إن نسبا عالية من أسباب فشل الرفعات الأولمبية يعزى إلى عدم الاستثمار الأمثل لظاهرة اهتزاز الثقل لذا يكتسب البحث أهميته في طرق هذه المشكلة .

تتضمن الدراسة تحليل رياضي كامل لإيجاد الذبذبة الحرة الطبيعية لكتلة واحدة وكتلتين لهما القيمة نفسها جاسئا في أحد طرفي قضيب الثقل فضلا عن إيجاد الطاقة الحركية في أثناء رفع كتلة واحدة وكتلتين إذ تم اختيار الأثقال الآتية :

١ . ٣٥ كغم كتلة واحدة و ١٥ كغم + ٢٠ كغم كتلتين

٢ . ٨٠ كغم كتلة واحدة و ٣٠ كغم + ٥٠ كغم كتلتين

اتضح من الدراسة انه باستطاعة اللاعب استثمار الطاقة الحركية لحالة تعدد الكتل اكبر من حالة الكتلة الواحدة وخاصة عند زيادة الأثقال إذ في حالة تعدد كتلة الـ ٣٥ كغم فان هناك زيادة بنسبة ١.٣ % في الطاقة الحركية .

أما في حالة زيادة الثقل إلى ٨٠ كغم فان هناك نسبة ٢.٣ % زيادة في الطاقة الحركية مما يعني انه بإمكان تدريب الرباع على زيادة الثقل ووضعه بكتلتين واستثمار الزيادة في الطاقة الحركية لمساعدته في عملية الرفع .

## Dynamic Analysis of Weight Bounce in one or two Mass during the Lift

**Prof. Dr. Wadee Yasen Al-Tekrete**  
*College of Basic Education*  
*University of Moul*

**Prof. Dr. Sabbh Mohammed Jameel**  
*Engineering College*

### Abstract:

The imbalance during lift creates two opposite cases: the first is positive utilizes the imbalance of movement direction to accelerate movement of weight, lessen the effort while the second is negative increase the burden on the participating muscular groups involved in lift due to the fact its working against Movement direction.

High percentage of failure of Olympic lifts is attributed to absence of utilizing the imbalance of weight, thus comes the importance of this research.

The research includes a full – scale athletical analysis to find the natural free frequency of one and two masses with the same value in one side of bar in addition to calculate motional energy while lifting one or two mass. The following weights were chosen.

1. 35 kgm solid and 15+20 Kgm on two phases
2. 80 kgm solid and 30+50 Kgm on two masses

The study showed that the player can utilize motional energy of multiple mass more than one specially if the weight was more than 35 Kgm resulting in increase of 1.3% of motional energy.

While when increasing the weight up to 80 Kgm, the in crease reaches 2.3% which mean we can train weight lifter to increase weight and divide it on two to utilize in lifting process for adapting to benefit from imbalance of motional energy of weight bar by increasing the weight and masses which affects on the accordance of imbalance of weight and the moment of burst (capacity) resulting in the necessity of weight lifter to be familiar with different timings of weight lifting (upper deformation) to and this case before the weight in back to deformation mood downwards.

## ١- التعريف بالبحث

### ١-١ المقدمة وأهمية البحث

أضفى التقدم التكنولوجي لصناعة أجهزة رفع الأثقال باستخدام معادن مطاوعة فائدة كبيرة للرباع للاستفادة من حركة اهتزاز الثقل بالاتجاهين الأسفل ثم الأعلى لكن هذه الذبذبة هي سلاح ذو حدين :

الأول تترتب عليه فوائد كبيرة تسهل مهمة رفع الرباع للثقل عندما تتوافق حركة صعود الثقل من الأسفل إلى الأعلى مع حركة الرفع الانفجاري في مرحلة السحب كذلك في مرحلة النتر لان الثقل هنا يصبح في حالة قصور ذاتي متحرك يسهل التغلب عليه بشكل افضل مما لو كان ثابتاً". أما الثاني فهي محاولة الرفع الانفجاري عندما يكون الثقل متجهاً إلى الأسفل أي إن عملية السحب أو الرفع تتم بشكل معاكس لحركة الثقل وهنا تضاف أعباء أخرى على الرباع أولها سحب ثقل إلى الأعلى وهو متجه إلى الأسفل (عكس اتجاه هدف الحركة) يعني مقاومة ثقل غير مستقر ومتجه نحو الأسفل والأخرى عدم استفادة الرباع من حركة الثقل المتحرك باتجاه هدف الحركة واخيراً إطالة زمن الحركة نتيجة بطئ حركة الثقل لشدة المقاومة التي يواجهها الرباع .

إن القانون الدولي لرفع الأثقال (44 - 43 , I.W.F,1998 - 2000) قد حدد استخدام الأقراص ذات الأوزان الكبيرة إلى الداخل من اجل إقلال الاهتزاز الذي يعين الرباع على حركة الرفع ، كما حدد القانون الدولي استخدام الأقراص الأثقل وزناً للإقلال من عدد الكتل التي تبعد عن مركز قضيب الثقل وتزيد في قوة الذبذبة (مدى حركة طرفي الثقل إلى الأسفل ثم الأعلى) يكتسب البحث أهميته من خلال الأهمية الفنية لحركة اهتزاز الثقل ودورها الفاعل في الإنجاز .

### ٢-١ مشكلة البحث :

يواجه عدد كبير من الرباعين صعوبة في نتر الثقل من الصدر الى الاعلى بسبب عدم التوافق بين حركة الرفع المصحوبة بامتداد مفاصل الأطراف السفلى والرفع بالذراعين وحركة اهتزاز الثقل مما يؤدي إلى فشل الرباع في نتر الثقل وقد بلغت نسبتها لدى الرباعين العراقيين ٤١.٠٩% في المحاولة الأولى و ٤٧.٩٤% في الثانية و ٤٢.٤٦% في الثالثة... (التكرיתי ، وذياب ، ١٩٨٩ ، ١٢٣)

فضلاً عن الصعوبات التي يواجهها الرباع في استقبال الثقل في وضع القرفصاء في رفعة الخطف الذي بلغت نسبة الفشل لدى الرباعين العراقيين ٣٢.٨٧% في المحاولة الأولى و ٦٧.١٢% في الثانية و ٦٥.٧٥% في الثالثة ولدى الرباعيين الآسيويين ١٧.٢٨% في المحاولة الأولى و ٤٣.٢٠% في الثانية و ٦٥.٤٢% في الثالثة . إن الفشل يحدث معظمه بسبب عدم الاستثمار الأمثل لحركة اهتزاز الثقل فهي مشكلة تتطلب البحث والتحليل .

### ٣-١ أهداف البحث :

يهدف البحث إلى ما يأتي :

١. تحديد مقدار الذبذبة الحرة الطبيعية للاهتزاز عند وجود الكتلة الفردية في كل جانب من طرفي قضيب الثقل وزمنها .
٢. تحديد مقدار الذبذبة الحرة الطبيعية للاهتزاز عند وجود كتلتين في كل جانب من طرفي قضيب الثقل وزمنها .
٣. مقارنة اهتزاز القضيب بين الكتلة والكتلتين .
٤. إيجاد الطاقة الحركية الناتجة من الاهتزاز والتي بإمكان الرباع استثمارها في أثناء عملية الرفع .

### ٤-١ الرموز :

الوحدة	الرمز	التعريف
M	d	القطر
Hz	fn	التردد الطبيعي
rad / sec	$\omega_n$	التردد الطبيعي الزاوي
الثانية (s)	T	زمن التردد
M	L	الطول
$m^4$	I	العزم الثاني للمسافة
N	Mg	الوزن
Kg	m	الكتلة
$N / m^2$	E	معامل المرونة
Rad	$\theta$	زاوية الانحراف للقضيب
22\7	$\pi$	نسبة ثابتة
M	$\chi$	الإزاحة
M	$\delta$	الإزاحة السكونية
Joule	$\frac{1}{2} mv^2$	الطاقة الحركية
N / m	k	الجساءة

## ٢- الدراسات النظرية: ١-٢ أجهزة رفع الأثقال :

لكي نسهل للباحثين عملية تطبيق فكرة البحث على الأوزان المختلفة وبكتلها المتعددة وجد الباحثان وضع بعض المواصفات القانونية لأجهزة رفع الأثقال المستخدمة في المسابقات الرسمية التي تجري تحت إشراف الاتحاد الدولي لرفع الأثقال أو الاتحادات القارية والإقليمية والوطنية .

### الأجهزة والأدوات المستخدمة :

#### ٢-١-١ قضيب الثقل Bar

٢-١-١-١ يجب أن تؤدي مسابقات رفع الأثقال بمجموعات أثقال طبقاً لمواصفات محددة بمعرفة الاتحاد الدولي للعبة .

٢-١-٢ تتكون مجموعة الأثقال من الأجزاء الآتية :

(أ) قضيب الثقل

(ب) الأقراص

(ج) المحابس (كلبسات)

٢-١-٢-١ قضيب الثقل المستخدم في مسابقات الرجال يكون له المواصفات الآتية :

(أ) وزنه (٢٠) عشرون كيلو غرام .

(ب) طوله الكامل ٢٢٠ سم بنسبة خطأ  $\pm$  ملليمتر .

(ج) قطر القضيب (٢٨) ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٠٣ ملليمتر .

(د) قطر الاسطوانة الخارجية (٥٠) ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٠٢ ملليمتر .

(هـ) المسافة الداخلية للقضيب بين الحاجزين (١٣١ سم) . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٥ ملليمتر .

(و) عرض الحاجز الداخلي بما فيه اسطوانته ٣٠ ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,١ ملليمتر .

(ز) يجب أن يكون هناك شرشرة (غير ملساء) لتسهيل قبضة اللاعب ووضع اليدين .

٢-١-٣ مواصفات قضيب الثقل في مسابقات السيدات كالاتي :

(أ) وزنه (١٥) خمسة عشر كيلو غرام .

(ب) طوله الكامل ٢١٠ سم بنسبة خطأ  $\pm$  ١ ملليمتر .

(ج) قطر القضيب (٢٥) ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٠٣ ملليمتر .

(د) قطر الاسطوانة الخارجية (٥٠) ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٠٢ ملليمتر .

(هـ) المسافة الداخلية للقضيب بين الحاجزين (١٣١ سم) . بنسبة خطأ  $\pm$  ٠,٥ ملليمتر .

- (و) عرض الحاجز الداخلي بما فيه اسطوانته ٣٠ ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm 0,1$  ملليمتر .  
 (ز) يجب أن يكون هناك شرشرة (غير ملساء) لتسهيل قبضة اللاعبة ووضع اليدين .

## ٢-١-٤ الأقراص يكون لها المواصفات الآتية :

(أ) تتوافر فيها الأوزان والألوان الآتية :

٢٥ كيلو غرام / لون احمر

٢٠ كيلو غرام / لون أزرق

١٥ كيلو غرام / لون أصفر

١٠ كيلو غرام / لون أخضر

٥ كيلو غرام / لون أبيض

٢.٥ كيلو غرام / لون أسود

١.٢٥ كيلو غرام / لون كروم

٠.٥ كيلو غرام / لون كروم

٠.٢٥ كيلو غرام / لون كروم

(ب) قطر اكبر الأقراص ٤٥٠ ملليمتر . بنسبة خطأ  $\pm 1$  ملليمتر .

(ج) القرص الذي يكون قطره ٤٥٠ ملليمتر يجب أن يغطى بالمطاط أو البلاستيك ومغلف بلون

ثابت أو على الأقل يطفى باللون على المحيط الخارجي .

(د) الأقراص التي يقل وزنها عن ١٠ كيلو غرام يمكن صنعها من المعدن الخالص .

(هـ) يجب أن يكتب على جميع الأقراص ما يفيد وزنها بوضوح .

## ٢-١-٥ المحابيس :

لكي يتم تثبيت الأقراص مع القضيب تستخدم لكل قضيب عدد اثنين من (المحابيس)

وزنة الواحدة منها ٢.٥ كيلو غرام .

٢-١-٦ نسبة الخطأ المسموح به في الأثقال التي تزيد عن (٥) كيلو غرامات يجب أن يكون +

٠.١ % ونسبة ٠.٠٥ % للأثقال التي تقل عن (٥) كيلو غرامات . بإجمالي قدره +

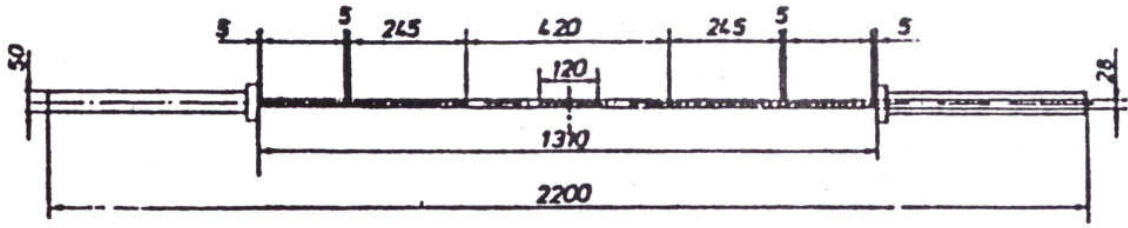
١٠ غرام فقط .

٢-١-٧ عند تركيب الأقراص في القضيب يجب أن يكون أكبرها من الداخل وأقلها الى الخارج

بالتدريج . كما يجب أن توضع بحيث يمكن للحكم قراءة الأوزان المكتوبة على

الأقراص . كما يجب قفل الأقراص الموجودة على القضيب باستخدام المحابيس . انظر

الشكل (١):



الشكل (١)

### قضيب الشغل

#### ٢-١-٨ زيادة الثقل في المسابقات :

- أ . يزداد الثقل عقب أي محاولة ناجحة بحد أدنى ٢٠٥ كيلو غرام .  
 ب. إن أقل ثقل يمكن رفعه في المسابقة هو ٢٧٠ كيلو غرام ، وذلك يعني القضيب والمحابس وأقراص وزن كل واحد ١٠٢٥ كيلو غرام على كل جانب . وأقل ثقل بالنسبة للسيدات هو ٢٢٠٥ كيلو غرام . إذ أن وزن القضيب هو ١٥ كيلو غرام . (الاتحاد الدولي ١٠٥، ١٩٩٩-١٢٢)

#### ٢-٢ مرونة المعادن :

نوضح في أدناه ملخصاً لما أورده (Barham . 1978 . 316 - 317) فيما يتعلق بمرونة المعادن وتحليل الحركة المرنة والتوافقية وبقاء الطاقة .

#### ٢-٢-١ مفهوم الحد المرن :

يشير هذا المصطلح إلى الحد الأقصى للتشوه الذي يتحمله جسم نتيجة لقوى الإجهاد دون تغييره ، وعند تجاوز هذا الحد يحدث تعطل في المادة .  
 تعني الرجوعية قدرة الجسم على تحمل أو ضغط دون تشوه دائمى وبعبارة أخرى يعد الجسم رجوعياً ضمن حدوده المرنة .

#### ٢-٢-٢ معامل المرونة :

تسمى مقاومة الجسم للتشويه (أو سرعة رجوعيته) بمرونته ، وقد نسمي هذه القوة المرنة أو المقاومة بقوة المقاومة أو في حالة الدفع قوة الارتداد لأنه كلما كانت مرونة الجسم أكبر كلما كان ميله للعودة إلى شكله الأصلي عند إزالة قوة التشويه أكبر ، وعند العودة إلى شكله الأصلي تسلط مادة الجسم قوة على وفق قانون نيوتن الثاني ، تحدد السرعات التي بوساطتها تفصل الأجسام التصادم التالي .

والرقم الذي يعبر عن نسبة السرعة التي بواسطتها ينفصل جسمان بعد الاصطدام إلى سرعة اقترابهما قبل التصادم يعرف بأنه معامل المرونة أو المقاومة (r) وهكذا فان :

$$\text{معامل المرونة (المقاومة)} = \frac{\text{سرعة الانفصال}}{\text{سرعة الاقتراب}} \text{ او } \frac{\text{الاجهاد}}{\text{الانفعال}}$$

الانفعال = الاجهاد

### ٢-٢-٣ تحليل الحركة المرنة التوافقية :

تميز كثير من الاجسام مثل السلك والنابض او القضيب المعدني بخاصية تسمى المرونة، فعندما يستطيل الجسم او ينضغط تحت تاثير قوة مسلطة فانه يميل الى العودة الى طوله الاصلي عند ازالة القوة. وهذه الحالة تسمى بقاعدة تعرف الان بقانون هوك: "عندما يمتد جسم مرن او يتشوه باي صورة اخرى فان مقدار التشوه يتناسب خطياً مع القوة المشوّهة".

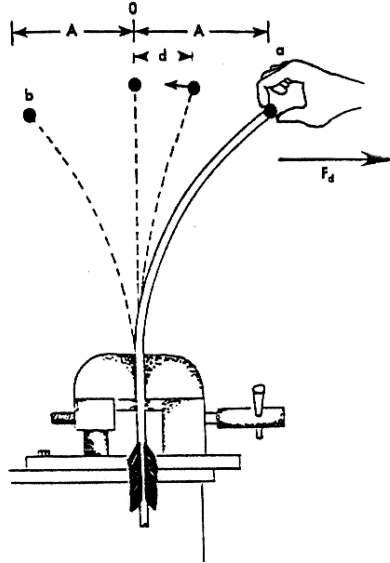
ولكون الانفعال كمية ليس لها وحدات فان وحدات معامل المرونة هي وحدات الاجهاد نفسها. ان معامل المرونة يكون كبيراً عندما يسبب الاجهاد الكبير انفعالا صغيراً فقط وعليه فان معامل المرونة مقياس لجودة المادة، وهناك عدة انواع من معاملات المرونة. وهذا يتوقف على تفاصيل الطريقة التي تستطيل بها المادة او تتحني او تتشوه باي طريقة اخرى من الطرائق (Bueche and Jerde. 1995. 325-327).

لكي نفهم هذا الموضوع يفضل البدء بمثال:

نفترض أن سهما معدنيا تم شده بملزمة (منكّنة) عموديا وربط بجسم صغير بحافته العليا

كما هو موضح في الشكل المرقم (٢):





الشكل (٢)

عند سحبنا أعلى السهم إلى جهة اليمين لمسافة (d) فأننا نكون قوة استعادة مرنة في السهم توجه إلى اليسار أي إننا أوجدنا حالة ضرورية لبدء حركة مرنة توافقية . فعند تحريرنا للسهم فان قوة الاستعادة للسهم ستؤثر عليه وتعمل على تعجيل الجسم باتجاه وضع التوازن . وهكذا سيتحرك باتجاه المركز بسرعة متزايدة ولن تكون نسبة زيادة السرعة (أي التعجيل) ثابتة لان قوة التعجيل تصبح اصغر باقتراب الجسم من المركز وعند وصول الجسم إلى المركز فان قوة الاستعادة تكون قد تناقصت إلى الصفر ولكن تكون السرعة قد تم اكتسابها فان الجسم يتجاوز وضع التوازن ويستمر بالانتقال نحو اليسار وحال تجاوز وضع التوازن تتوجه قوة الاستعادة نحو اليمين ، وبانتقال الجسم إلى ما وراء وضع التوازن تمتلك قوة الاستعادة تأثير تخفيض سرعة الجسم عند نسبة تزداد بزيادة المسافة عن المركز وسيستقر الجسم عند نقطة معينة إلى يسار المركز ويكرر حركته في الاتجاه المعاكس، وإذا لم يكن هناك فقدان للطاقة بسبب الاحتكاك فان الحركة الخلفية والأمامية للسهم ستستمر متى ما تبدأ .

## ٢-٢-٤ الحركة التوافقية وبقاء الطاقة :

تمثل حركات السهم في المثال السابق بقاءً مستمراً لطاقة الوضع (الطاقة الكامنة) إلى طاقة الحركة والى الخلف .

وبانتقال جسم ما في حركة توافقية ما وراء وضع توازنه يفقد الطاقة الحركية ويكتسب طاقة كامنة ، وبانتقاله تجاه وضع توازنه يكتسب طاقة حركية ويفقد طاقة كامنة .

## ٢-٢-٥ قوانين نيوتن والحركة المرنة التوافقية :

- يمكن تطبيق قوانين نيوتن الثلاثة في تحليل الحركة التوافقية ، وقوانينه الثلاثة كالآتي :
- القانون الأول : إن أي جسم ذو شكل معين سيحتفظ بذلك الشكل ، والجسم المستقر سيبقى في حالة الاستقرار ما لم تؤثر عليه قوة تشويه صافية ، وإذا كان الجسم في حركة توافقية فإنه سيبقى في حركة توافقية ذات إزاحة متساوية ما لم تؤثر عليه قوة غير متوازنة .
  - القانون الثاني : إن تعجيل الجسم في عودته لوضع توازنه أو شكله بعد تشويبه يتناسب بشكل مباشر وناجح ثابت قوة الجسم (k) وإزاحته (d) ويتناسب عكسياً مع كتلته (m).  

$$a = K d/m$$
  - القانون الثالث : لكل قوة تشويه جسم ضمن حدود مرونته هناك قوة استعادة متساوية ومضادة تنتج في الجسم تميل لاعادة الجسم إلى شكله الأصلي أو وضع التوازن وبمعنى آخر ، لكل قوة فعل - تشويه مؤثرة على جسم هناك ضمن الجسم قوة رد فعل - تشويه مساوية ومعاكسة لها. (Barham. 1978)

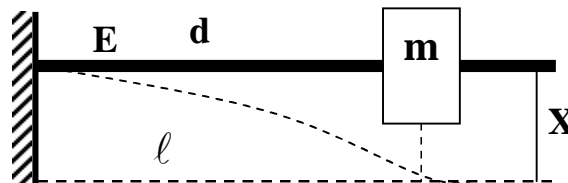
### ٣- إجراءات البحث :

- إن الثقل الذي يمكن رفعه من قبل الرباع يمكن تمثيله بكتلة متشابهة في جانبي قضيب جاسيء (مستقرة) على الأرض كما في الشكل المرقم (٣) أو على يدي الرباع كما في الشكل (٤) أو صدره وبصورة منظمة كما في الشكل (٥).
- ويلاحظ من خلال رفع اوزان ثقيلة في المسابقات أن هناك تقوس في قضيب الثقل يختلف هذا التقوس حسب الثقل المثبت في القضيب ونوع الرفعة لان في رفعة الخطف تقترب اليدين من الثقل في حين في قسمة رفعة النتر تكون المسافة بين اليدين والثقل اكبر. وتشير الرموز المثبتة على كل شكل متغيرات البحث التي سيتم تحليلها.

### ٣-١-١ إيجاد الذبذبة الحرة الطبيعية:

Determination of natural frequency (Wn) rad / s or (Fn) Hertz.

الثقل بمثابة كتلة واحدة انظر الشكل الرقم (٦)



الشكل (٦)

لو عدّينا أن القضيب عديم الوزن وان الإزاحة الحرة لكتلته في نهاية القضيب تمثل بـ :

$$\delta = X = \frac{P l^3}{3EI} = \frac{mg l^3}{3EI}$$

كما أن الإزاحة السكونية

$$\delta = X = \frac{P}{K} = \frac{mg}{K}$$

$$\therefore \frac{mg l^3}{3EI} = \frac{mg}{K}$$

جساءة القضيب

$$W_{n1} = \sqrt{\frac{K}{m}} \text{ ولكن } K = \frac{3EI}{l^3}$$

$$W_{n1} = \sqrt{\frac{3EI}{m l^3}} \text{ rad / s}$$

إن الذبذبة الحرة هي

$$f_{n1} = \frac{\omega_{n1}}{2\pi}$$

or

$$f_{n1} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

or

$$fn1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{m l^3}}$$

كما أن الفترة الزمنية للاهتزازات يمكن أن تمثل بـ

$$\omega_{n1} \cdot t_1 = 2\pi$$

$$\therefore t_1 = \frac{2\pi}{\omega_{n1}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \text{ sec}$$

$$\therefore t_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m l^3}{3EI}} \text{ sec}$$

or

$$t_1 = \frac{1}{f_{n1}} \text{ sec}$$

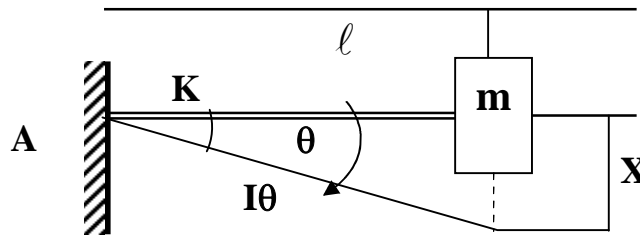
٣-١-٢ طريقة اخرى لايجاد  $(\omega_{n1})$ : انظر الشكل المرقم (٧)

$$\sum M_A = I\ddot{\theta}$$

$$I\ddot{\theta} = -k \cdot \chi \cdot \ell$$

but  $\chi = \ell\theta$

$$\therefore I\ddot{\theta} = -k \cdot \ell\theta \cdot \ell = -k \cdot \ell^2 \cdot \theta$$



الشكل (٧)

معادلة الحركة

$$I\ddot{\theta} + k \ell^2 \theta = 0$$

$$I\ddot{\theta} + \frac{k \ell^2}{I} \theta = 0$$

$$\therefore \omega_{n1} = \sqrt{\frac{K \ell^2}{I}}$$

But  $I = m \ell^2$

$$\therefore \omega_{n1} = \sqrt{\frac{K \ell^2}{m \ell^2}}$$

$$\therefore \omega_{n1} = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{3EI}{m \ell^3}}$$

اذ ان  $K =$  جساءة قضيب الثقل  $(N/M)$

$I =$  العزم الثاني للمسافة لقضيب ذو مقطع دائري قدره  $d$  ( $m^4$ )

٣-١-٣ الثقل بمثابة كتلتين:

انظر الشكل المرقم (٨) والشكل المرقم (٩).

$$\sum M_A = I\ddot{\theta}$$

$$I\ddot{\theta} = -k(\chi_1 l_1 + \chi_2 l_2)$$

$$= -k(l_1 \theta + l_2 \theta)$$

$$= -k\theta(l_1^2 + l_2^2)$$

also

$$I = m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2$$

$$\therefore (m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2)\ddot{\theta} = -k\theta(l_1^2 + l_2^2)$$

$$\ddot{\theta} + \frac{K(l_1^2 + l_2^2)}{m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2} \theta = 0$$

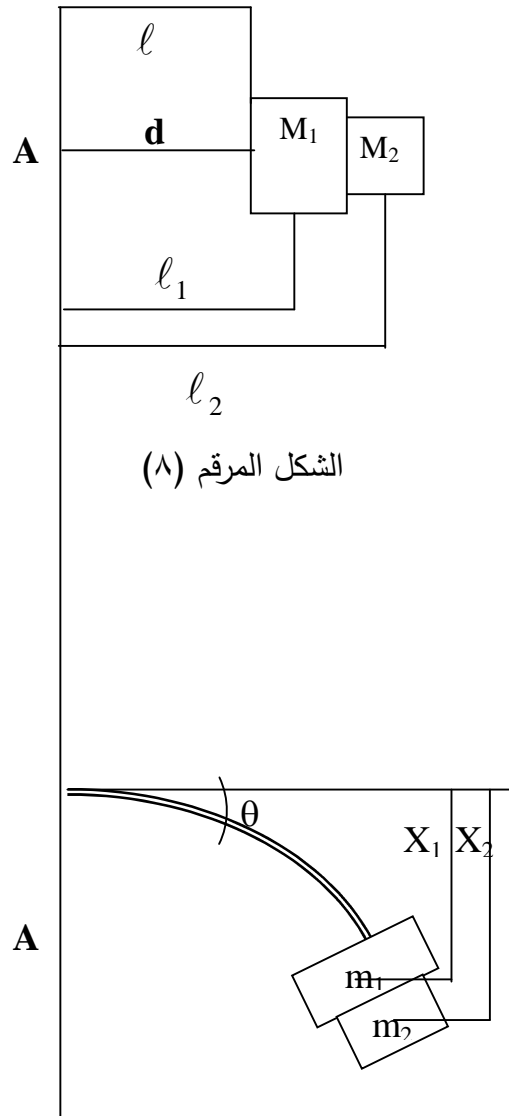
$$\ddot{\theta} + \omega_{n2}^2 \theta = 0$$

$$\therefore \omega_{n2} = \sqrt{\frac{K(l_1^2 + l_2^2)}{m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2}}, \quad K = \frac{3EI}{l^3}$$

$$\therefore \omega_{n2} = \sqrt{\frac{3EI(l_1^2 + l_2^2)}{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2)l^3}} \text{ rad / s}$$

$\therefore f_{n2} = \frac{\omega_{n2}}{2\pi}$  لذا فان الذبذبة الحرة الطبيعية هي:

$$\therefore f_{n2} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI(l_1^2 + l_2^2)}{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2)l^3}} \text{ Hz}$$



$$t_2 = \frac{2\pi}{\omega_{n2}} \quad \text{وان الفترة الزمنية للتذبذب هي:}$$

$$t_2 = 2\pi \sqrt{\frac{(m_1 \ell_1^2 + m_2 \ell_2^2) \ell^3}{3EI (\ell_1^2 + \ell_2^2)}} \quad \text{Sec}$$

$$\text{or } t_2 = \frac{1}{f_{n2}} \quad \text{Sec}$$

٤- نتائج البحث

٤-١ المعالجات

٤-١-١ (الحالة الاولى) كتلة واحدة:

دعنا الان نحدد وزن الكتلة

$$m = 80 \text{ Kg}$$

$$L = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$d = 1 \frac{1}{4}'' = 32 \text{ mm} = 0.032 \text{ m}$$

$$E = 200 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

الحديد المرن:

$$f_{n1} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{m \ell^3}}$$

أ- كتلة واحدة Single mass

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (0.032)^4}{64}$$

$$= 51 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\therefore f_{n1} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3(200*10^9)(51*10^{-9})}{(35)(0.3)^3}}$$

$$\therefore f_{n1} \cong 19 \text{ Hz}$$

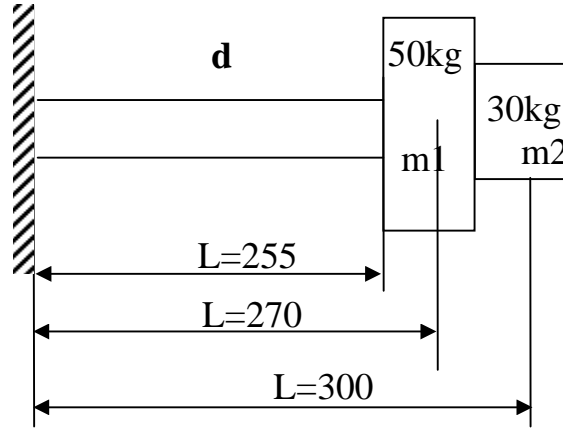
$$\text{and } t_1 = \frac{1}{f_{n1}} = \frac{1}{19} = 0.0526 \text{ S}$$

$$\omega_{n1} = 2\pi f_{n1} = 119 \text{ rad/s}$$

ب- كتل متعددة Multi-mass

دع سمك الكتلة = 30mm

لان الكتلة 80kg يمكن ان تقسم الى 50kg و 30kg



الشكل (١٠)

#### ٢-١-٤ الحالة الثانية

أ. كتلة واحدة: Single mass

$$m = 35 \text{ kg}$$

$$\ell = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$d = 1\frac{1}{4} \approx 32 \text{ mm} = 0.032 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ (steel)}$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{mL^3}}$$

وباستخدام معادلة

نحصل على

$$28.64 \text{ Hz} = f_n$$

$$180 \text{ rad/sec} = \omega_n$$

$$0.035 \text{ S} = t$$

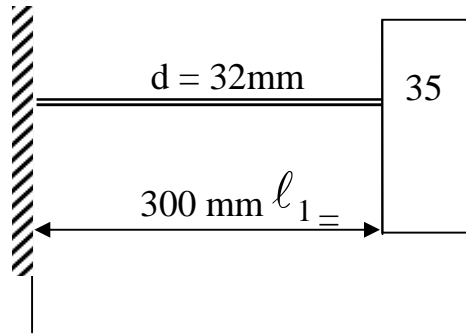
و

$$K.E = \frac{1}{2} mL^2 \omega_n^2$$

وباستخدام معادلة الطاقة الحركية

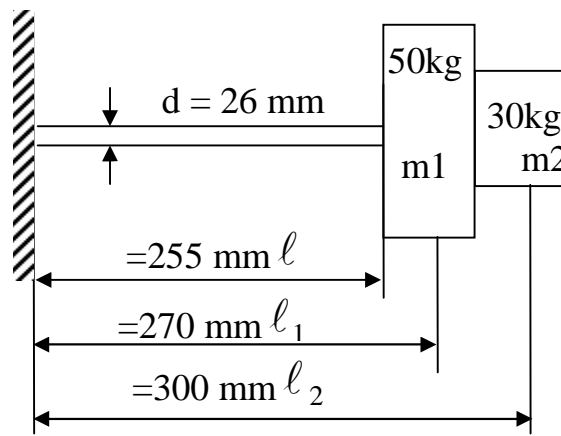
$$K.E = 51030 \text{ Joule}$$

نحصل على



الشكل (١١)

ب. تعدد الكتل Multi-mass



$$fn_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI(\ell_1^2 + \ell_2^2)}{(m_1\ell_1^2 + m_2\ell_2^2)\ell^3}}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(0.026)^4}{64} = 22.4 \times 10^{-9} m^4$$

$$fn_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3(200 \times 10^9)(22.4 \times 10^{-9})(0.27^2 + 0.3^2)}{(20 \times 0.27^2 + 15 \times 0.3^2)(0.255)^3}}$$

$$= 34.5 \text{ Hz}$$

$$t = \frac{1}{fn} = \frac{1}{34.5} = 0.029 \text{ s}$$

$$\omega_n = 2\pi f_n = 217 \text{ rad/sec}$$

$$K.E = \frac{1}{2} \omega_n^2 (m_1\ell_1^2 + m_2\ell_2^2)$$

$$= \frac{1}{2} (217)^2 [20(0.27)^2 + 15(0.3)^2]$$

$$= 66115 \text{ Joule}$$



### ٤-١-٣ الطاقة الحركية:

فيما يخص الطاقة الحركية فأنا لاحظنا إنها تحدث بقيمتها القصوى في الوضع الوسطي (Mid - position) وهذا يعني إنها متساوية في حالة الصعود والنزول ، وعلى اللاعب (رافع الثقل) أن يستغل فترة صعود الكتلة للاستفادة من الطاقة الحركية التي تمتلكها والتي سوف تساعده كثيرا" في رفع الثقل بجهد اقل وبسرعة .

من ملاحظة الجدول (١) يتبين أن الطاقة الحركية لحالة تعدد الكتل تكون اكبر من حالة الكتلة الواحدة بما يساوي تقريبا" ثلاث مرات وهذا يعني أن حالة تعدد الكتل سوف تكون مفيدة جدا" للاعب لأنها سوف تخفف عنه الجهد كثيرا" في أثناء رفع الثقل مع حالة صعود الكتلة في أثناء التردد (يجب ملاحظة أن نزول الكتلة مضر في هذه الحالة) .

إذن يمكن القول إن حالة تعدد الكتل افضل من حالة الكتلة الواحدة من ناحية الطاقة الحركية ولكن بشرط أن يستثمر اللاعب فترة صعود الكتلة إلى الأعلى وليس نزولها وإلا ستكون وبالاً" عليه .

### ٤-٢ عرض نتائج البحث :

في حالة الـ 80 kg (كتلة واحدة)

و 50 kg + 30 kg (كتلتان)

الجدول (١)

المتغيرات	80 kg (كتلة واحدة)	50 kg + 30 kg (كتلتان)
$\omega_n$ (rad / sec.)	119	220
$F_n$ (Hz)	19	35
$t$ (sec)	0.0526	0,0286
(K.E (J	50 980	153 550

في حالة الـ 35 kg (كتلة واحدة)

و 20 kg + 15 kg (كتلتان)

الجدول (٢)

المتغيرات	35 kg (كتلة واحدة)	20 kg + 15 kg (كتلتان)
$\omega_n$ (rad / sec.)	180	217
(Fn (Hz	28.64	34.5
(t (sec	0.035	0.029
(K.E (J	51 030	66 113

الجدول (٣)

المتغيرات	Single mass	كتلة واحدة
	35 kg	80 kg
$\omega_n$ (rad / sec.)	180	119
(Fn (Hz	28.64	19
(t (sec	0.035	0.526
(K.E (J	51.030	50.980

الجدول (٤)

المتغيرات	Multi – masses	كتلتان
	20 kg + 15 kg	50 kg + 30 kg
$\omega_n$ (rad / sec.)	217	220
(Fn (Hz	34,5	35
(t (sec	0.029	0.0286
(K.E (J	66.113	153.550

### ٤-٣ مناقشة النتائج :

نلاحظ من النتائج المعروضة في الجدول المرقم (١):

١. ان قيمة التردد في حالة تعدد الكتل (35 Hz) تساوي تقريبا "ضعف التردد في حالة الكتلة الواحدة (19 Hz) وهذا يعني أن عدد مرات صعود ونزول الكتلة في حالة تعدد الكتل سوف يكون اكثر أي تقريبا" ضعف عدد مرات الصعود والنزول في حالة الكتلة الواحدة وهذا واضح من قيمة الفترة الزمنية (0.0526 s) في حين تكون اقل بنسبة (1.839 مرة) في حالة تعدد الكتل (0.0286 s) وهذا يعني أن فرصة اللاعب في استثمار فترة صعود الكتلة ستكون اكبر بكثير في حالة الكتلة الواحدة لان تردد الكتلة سيكون أبطأ بكثير من الحالة الأخرى (حالة تعدد الكتل) .

إذن يمكن القول إن حالة الكتلة الواحدة (single mass) افضل من حالة تعدد الكتل (multi- mass) من ناحية قيمة التردد والفترة الزمنية التابعة له .

٢. في حالة الكتلة ذات ٣٥ كغم و(١٥ كغم + ٢٠ كغم) فانه من الواضح في الجدول المرقم (٢) ان هناك زيادة في الطاقة الحركية بمعدل 11.083 جول .

٣. إذا ما تم مقارنة الأوزان ٣٥ كغم و ٨٠ كغم فان نسبة الزيادة هي ٢.٢٨ فانه من الملاحظ ان هناك زيادة في الطاقة الحركية بمعدل 87.437 جول (الجدول المرقم ٤) في حالة الكتلتين .

وهذا بطبيعة الحال يمكن للرباع الاستفادة من ذلك عند تدريبيه إذ يمكن زيادة الثقل واستثمار طاقته الحركية في أثناء الرفع إلى الأعلى .

### ٥- الاستنتاجات والتوصيات :

#### ٥-١ الاستنتاجات :

٥-١-١ إن نسبة زيادة وزن الأثقال في طرفي قضيب الثقل تعطي ما يقارب الزيادة نفسها أو اكثر بقليل في نسبة الزيادة في الطاقة الحركية عند تعدد الكتل .

٥-١-٢ إن الطاقة الحركية التي تنتجها كتلتان مقارنة بكتلة واحدة تساويها في الوزن تكون اكبر في حالة الكتلتين (الجدول ١) .

٥-١-٣ يزداد إنتاج الطاقة الحركية بزيادة تعدد الكتل (الجدول المرقم ٢) .

٥-١-٤ تتساوى الطاقة الحركية تقريبا" عند وجود كتلة واحدة مختلفة الأوزان (الجدول المرقم ٣) .

٥-١-٥ عند تساوي تعدد الكتل ترجح كفة الكتل المتعددة الأثقل وتحقق طاقة حركية اكبر (الجدول المرقم ٤) .

## ٢-٥ التوصيات :

١-٢-٥ ضرورة تدريب كافة رافعي الأثقال على ظاهرة الاهتزازات التي تحدث نتيجة للحركة الديناميكية لعملية الرفع .

٢-٢-٥ من خلال التدريب يمكن استثمار الطاقة الحركية لكتلتين او اكثر في أثناء حركة النقل إلى الأعلى في عملية الرفع مما يقلل الجهد كثيرا" على رافعي الأثقال .

٣-٢-٥ وضع الاقراص الثقيلة بعيدا عن مركز قضيب النقل خلال التدريب أي وضع الاقراص الأقل وزنا قريبا من الرباع لتحقيق طاقة حركية عالية عند الرفع بنسبة تقترب من القيم القصوى.

٤-٢-٥ إجراء دراسة عملية للاستفادة من الطاقة الحركية لاهتزازت القضيب في إنشاء عمليات الرفع وامكانية الحصول على معادلة تعطي العلاقة بين نسب الزيادة في الطاقة الحركية عند زيادة الأثقال إذ سيمكن رافعي الأثقال من تحقيق أرقام عالية في عمليات الرفع مستثمرين خصوصية الطاقة الحركية للاهتزازات .

٥-٢-٥ اجراء دراسة تطبيقية على رفعات حقيقية في المسابقات من خلال التحليل الحركي ومقارنة الحسابات النظرية والواقع العملي للرفعات الاولمبية.

## المصادر

- ١ . الاتحاد الدولي لرفع الأثقال ، القانون واللوائح الهيئة الفنية الدولية لرفع الأثقال ، ترجمة علي بن محمد العلي ، السعودية ، ١٩٩٩ .
- ٢ . التكريتي ، وديع ياسين وذياب ، صادق فرج ، دراسة لتحديد أسباب فشل الرفعات الأولمبية في المسابقات لدى رافعي الأثقال العراقيين ، مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية ، جامعة البصرة ، ١٩٨٩ .
3. International weight lifting federation (I.W.F): Hand Book 1998-2000 (2nd edition) constitution By - Laws, Technical Rules, Anti - Doping Policy, Directory Hungary, 1998.
4. Barham, J: Mechanical Kinesiology, C.V.Mosby Company, Saint Louis, 1978.
5. Bueche, F. and Jerde. D: Principles of Physics, Mc Graw-Hill, 1995.
6. Daniel, J. Engineering vibration - prentice Hall International - New Jersey, V.S.A., 1994.
7. Diamorogonas A. Vibration For Engineers, Washington University 2<sup>nd</sup> Editi