

البطاقة التربوية - نظرية

المستوى: 3 ت ر ، 3 ر ، 3 ع تج
 المجال: التطورات الرتبية
 رقم المذكرة: 01
 الوحدة: تطور جملة ميكانيكية

<p>الأسئلة الأساسية</p>	<p>مؤشرات الكفاءة</p> <p>- يفسر بواسطة الطاقة أو القانون الثاني لنيوتن حركة قذائف وحركة الكواكب أو الأقمار الاصطناعية. - يفسر حركة جسم صلب خاضع لعدة قوى بواسطة الطاقة أو القانون الثاني لنيوتن. - يفسر بواسطة معادلة تفاضلية حركة جسم صلب في الهواء و خاضع لاحتكاك. - يعرف حدود ميكانيك نيوتن.</p>
<p>الوسائل المستعملة والطرائق</p> <p>- عد إلى الوثائق التربوية التجريبية</p>	<p>المحتوى</p> <p>1- مقارنة تاريخية 2- تذكير : مبادئ الحركة والسكون 3- القوانين الثلاثة لنيوتن 4- شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي 1.4- خواص الحركة الدائرية المنتظمة 2.4- قوانين كبلر 5- دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم في الهواء 1.5- القوى المؤثرة 2.5- المعادلة التفاضلية للحركة 3.5- السقوط الحر 6- تطبيق غير شاقوليات 1.6- حركة قذيفة بسرعة ابتدائية غير شاقولية 2.6- حركة مركز عطالة جسم خاضع لعدة قوى 7- حدود ميكانيك نيوتن</p>
<p>أمثلة للنشاطات</p> <p>- محاكاة</p>	<p>التقويم</p> <p>مجموعة من التمارين</p>
<p>النقد الذاتي</p>	<p>المراجع</p> <p>- المنهاج التربوي - الكتاب المدرسي - الأنترنت</p>

1- مقارنة تاريخية

- * آرسطو : لكل من الميكانيك الفلكية والأرضية قوانين خاصة بها وكانت قوانينه معتمدة على الحدس
- * نيوتن : توحيد الميكانيك الفلكية و الميكانيك الأرضية ، اعتبار الزمن مطلق لا يتغير في كل المعالم
- * أينشتاين : يعتبر الزمن متغير بتغير المعلم المدروس ، ظهور الفضاء الزمني (البعد الرابع)

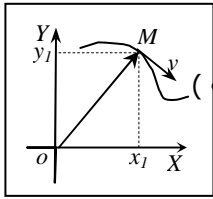
2- تذكير: مبادئ الحركة والسكون:

- 1-2- النقطة المادية: هي كل جسم مهمل الأبعاد الهندسية بالنسبة للمرجع الذي يدرس فيه
- 2-2- الجملة المادية: هي مجموعة من النقاط المادية المرتبطة فيما بينها (مطرقة ، كرسي ، قسم ، سيارة ...)
- 3-2- مركز العطالة : هو نقطة من الجسم أو الجملة المادية وتسمى كذلك مركز الكتلة تتبعه في كل تنقلاته وتعطى بالعلاقة

$$\vec{OM} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{OM}_i m_i}{\sum m_i}$$

O ، نقطة كيفية تقاس منها الأبعاد ، M : كتلة الجسم OM_i : بعد الجسم الأول عن النقطة

الكيفية



- 4-2- المرجع : هو المعلم الذي تدرس فيه حركة الأجسام وهو ثلاثة أنواع (خطي ، مستوي ، فضائي)
- خطي: يتكون من مستقيم موجه له مبدأ وشعاع وحدة (O, X) تدرس فيه الحركات المستقيمة
- مستوي يتكون من تعامد مستقيمين موجهين (O, X, Y) تدرس فيه الحركات المستوية (المنحنية)
- فضائي يتكون من تعامد 3 مستقيمات موجهة (O, X, Y, Z) تدرس فيه الحركات الفضائية
- 5-2 شعاع الموضع: هو الشعاع الذي يشير (يتتبع) إلى الجسم أثناء تنقله في معلم

وتتغير مركباته بحسب المعلم ويعطى في المعلم المستوي بالعلاقة: $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$

- 6-2- السرعة هي معدل الانتقال بالنسبة للزمن وحدتها m/s يمكن التعبير بـ km/h ($1 km/h = 3.6 m/s$)

نميز نوعان السرعة الوسطية: $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ، السرعة اللحظية: $v = \frac{dx}{dt}$ (مشتق المسافة بالنسبة للزمن)

3- القوانين الثلاثة لنيوتن

- 1-3- القانون الأول: (مبدأ العطالة) إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم معدومة فإن الجسم يكون ساكن أو يتحرك

$$\sum \vec{f} = \vec{0}$$

- 2-3- القانون الثاني: إذا أثرت قوة على جسم فإن ذلك يتسبب في تغير سرعته (اكتساب تسارع)

- 1-2-3- ومفهوم التسارع : هو التغير في سرعة متحرك بالنسبة للزمن يرمز لشعاع التسارع \vec{a} وحدته m/s^2

نميز أنواع من التسارع بحسب معلم الدراسة

التسارع الوسطي: $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ، التسارع اللحظي: $a = \frac{dv}{dt}$ وهو مشتق السرعة بالنسبة للزمن

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

التسارع الناظمي: يظهر هذا النوع في الحركات المنحنية (الدائرية المنتظمة مثلا) ويعطى بالعلاقة

حيث r : نصف قطر انحناء المسار

$$\sum \vec{f} = m \cdot \vec{a}$$

يعبر في كل أنواع المعالم العطالية (الغاليلية) عن قانون نيوتن الثاني بالعلاقة:

- 3-3- قانون نيوتن الثالث: ويعرف بمبدأ الأفعال المتبادلة وينص على أنه إذا أثر جسم A على جسم B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \text{ حيث } \vec{F}_{B/A} \text{ وأيا بقوة } A \text{ يؤثر بدوره على الجسم } A$$

ملاحظة: يتم التطرق للمعادلات الزمنية في حالة حركة مستقيمة منتظمة وحركة مستقيمة متغيرة بانتظام وكذلك تمثيلاتها البيانية.

4- شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي.

1-4- خواص الحركة الدائرية المنتظمة: تتميز بـ :

- المسار الدائري ، التسارع الناظمي

- الدور هو الزمن اللازم لإكمال دورة واحدة كاملة يعطى بالعلاقة: $T = 2\pi.r/v$ وحدته (s)

- التواتر عدد الدورات المنجزة في الثانية الواحدة ويعطى بالعلاقة: $f = 1/T$ وحدته الهرتز (Hz)

- يخضع القمر أو الكوكب في الحركة الدائرية المنتظمة إلى قوة جاذبية مركزية تعطى بقانون نيوتن الثاني

$$f = ma_n = m v^2/r$$

- السرعة الثابتة في الشدة والمتغيرة في الجهة تسمى السرعة المدارية يمكن استخراجها من قانون نيوتن 2 وقانون

$$m v_{orb}^2/r = GMm/r^2$$

حيث ، M : كتلة الجسم الجاذب ، m : كتلة القمر أو الكوكب ، G : ثابت الجذب العام (6.67×10^{-11})

$$v_{orb} = \sqrt{GM/r}$$

- دراسة مثال تطبيقي 1 (حركة قمر اصطناعي يدور حول الأرض بسرعة ثابتة الشدة)

2-4- قوانين كيبلر kepler تدرس قوانين كيبلر حركة الكواكب التي تدور حول النجوم (الشمس) في مسارات اهليلجية

- المسار الأهليلجي هو مسار بيضوي يتميز بمحرتين f_1, f_2 توجد الشمس في أحدهما .

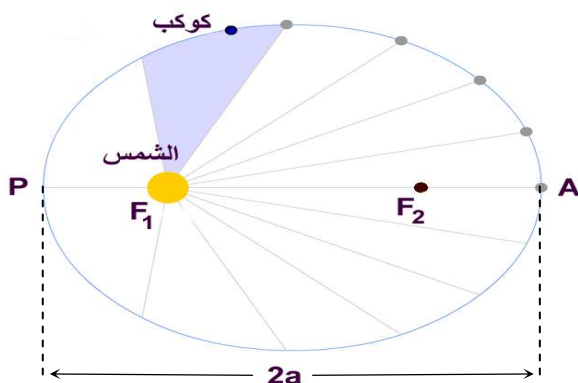
له قطر صغير ، وقطر كبير نسمي نقطة المدار الأقرب لمركز الدوران نقطة الرأس الأقرب والبعيدة نقطة الرأس الأبعد

1-2-4 القانون الأول: تتحرك الكواكب في مدارات اهليلجية تكون الشمس في أحد محرتيها.

2-2-4 القانون الثاني: المستقيم بين الكوكب والشمس يسمح مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية

3-2-4 مربع الدور لمدار الكوكب يتناسب طرذا مع مكعب البعد المتوسط

$$T^2/a^3 = k$$



$$k = 4\pi^2/GM$$

ثابت كيبلر مستقل عن كتلة الكوكب

- دراسة مثال تطبيقي 2 (حركة كوكب يدور حول الشمس)

5- دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:

نترك جسم خفيف الوزن يسقط حرا في الهواء ثم نصوره تصويرا متعاقبا وبعد تحليل الصور وحساب سرعات خلال المواضع المتتالية نحصل على الشكل المقابل .

إن المتتبع لسرعة الجسم يلاحظ أنها تزداد أسيا حتى تصل إلى

قيمة حدية تثبت عندها ، تسمى السرعة الحدية V_L

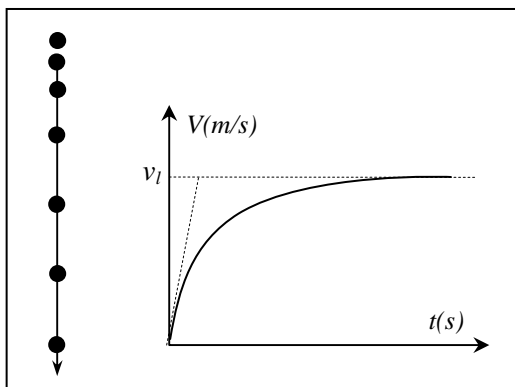
1.5- الدراسة التحليلية : القوى المؤثرة :

1- قوة النقل: هي قوة تتعلق بكتلة الجسم وجاذبية الأرض $\vec{p} = m \cdot \vec{g}$

2- قوة الاحتكاك مع الهواء تنشأ من مواجهة الجسم للهواء خلال حركته وهي قوة معاكسة لجهة الحركة حيث تزداد شدتها بزيادة السرعة وتعطى

في الحركات ذات السرعات الضعيفة بـ: $f = kv$

وفي الحركات ذات السرعات الكبيرة بـ: $f = k'.v^2$ يسمى k ثابت الاحتكاك



3- دافعة أرخميدس: هي قوة يطبقها المائع (سوائل والغازات) على الجسم المغمور فيها وتعلق بجاذبية الأرض ($m \cdot s^{-2}$)

حجم الجسم ($V(m^3)$) ، الكتلة الحجمية للمائع ($\rho(kg \cdot m^{-3})$) وتعطى بالعلاقة $\vec{\Pi} = -\rho \cdot V \cdot \vec{g}$

2.5- المعادلة التفاضلية للحركة : بتطبيق قانون نيوتن الثاني: $\sum \vec{f} = m \cdot \vec{a}$ نجد $\vec{p} + \vec{f} + \vec{\Pi} = m \cdot \vec{a}$ بالاسقاط على محور الحركة

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} \cdot v - m \cdot g \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right) = 0 \Leftrightarrow m \cdot g - k \cdot v - \rho \cdot V \cdot g = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

حيث ρ_1, ρ_2 : الكتلة الحجمية للمائع والجسم على الترتيب ، وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها أسيا متزايدا

من الشكل $v(t) = v_L (1 - e^{-k/mt})$ ، نسمي v_L : السرعة الحدية من البيان نستنتج أن ثابت الزمن $\tau = \frac{m}{k}$

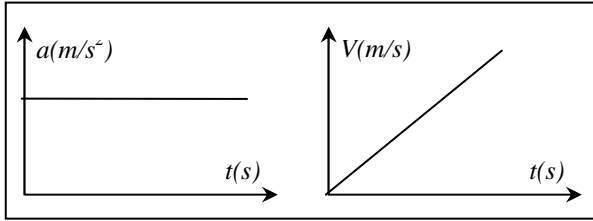
يمكن حساب السرعة الحدية من المعادلة التفاضلية حيث يتحقق $\frac{dv}{dt} = 0$ فيصبح $v_L = \frac{g}{k} \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$

3.5- الشروط الواجب توفرها لإهمال كل من الاحتكاك في الهواء ودافعة أرخميدس (السقوط الحر) عند سقوط الجسم في الفراغ تنعدم دافعة أرخميدس ومقاومة الهواء فيصبح القانون الثاني لنيوتن

$$\vec{p} = m \cdot \vec{a} \quad \text{أي أن} \quad \frac{dv}{dt} = g = cte$$

وهو مقدار ثابت أي أن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

تكون فيها السرعة دالة خطية في الزمن من الشكل $v(t) = gt$

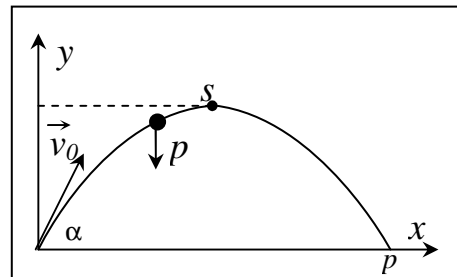
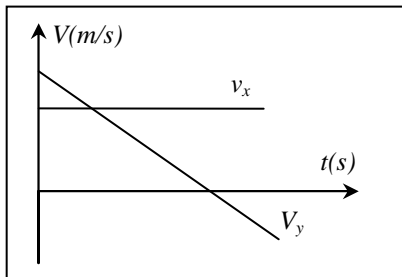


6- تطبيقات:

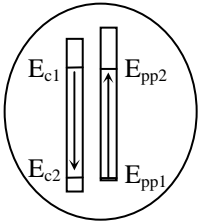
1-6- حركة قذيفة: هي حركة جسم مقذوف بسرعة ابتدائية v_0 يصنع

مع الأفق زاوية α ندرس حركة الجسم المقذوف في معلم مستوي (O, x, y) بتطبيق قانون نيوتن الثاني على المحورين

المحور OY :	المحور OX :
$p = m \cdot a_y \Rightarrow a_y = -g$ السرعة: $v_y(t) = -g \cdot t + v_y(0)$ ، $v_y(0) = v_0 \cdot \sin \alpha$ الفاصلة: $y(t) = -1/2 \cdot g \cdot t^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t + y_0$ ، $y_0 = 0$	$O = m \cdot a_x \Rightarrow a_x = 0$ السرعة: $v_x(t) = v_x(0)$ ، $v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha$ الفاصلة: $x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t + x_0$ ، $x_0 = 0$
معادلة المسار: $y = \frac{-g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + tg \alpha \cdot x$ ، المدى: $x_p = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ ، الذروة: $y_s = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g}$	



بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (كرة + أرض) (مرجع الارتفاعات هو سطح الأرض)



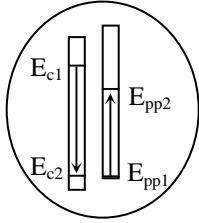
* عدم وجود قوى معيقة (القوة المؤثرة \vec{P})

تحتوي الجملة على طاقة حركية وطاقة كامنة ثقالية ، أثناء الصعود تقل الطاقة الحركية وتزداد الطاقة الكامنة الثقالية

حسب مبدأ انحفاظ الطاقة فإن: $E_{C1} + E_{PP1} = E_{C2} + E_{PP2}$ حيث $E_{PP1} = 0$

$$y_s = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2(\alpha)}{2.g} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m.v_0^2 = \frac{1}{2} m.v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha) + m.g.h$$

* وجود احتكاك:



حسب مبدأ انحفاظ الطاقة فإن: $E_{C1} + E_{PP1} = E_{C2} + E_{PP2} + w_m$ حيث $E_{PP1} = 0$

$$h = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2(\alpha)}{2.g} - \frac{w_m}{m.g} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m.v_0^2 = \frac{1}{2} m.v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha) + m.g.h + w_m$$

2-6- حركة مركز عطالة جسم صلب خاضع لعدة قوى

بفرض الجملة الموضحة بالشكل ، التي تنطلق من السكون ، نريد تحديد طبيعة حركتها واستخراج معادلاتها الزمنية بالاسقاط على الاتجاه الموجب للحركة نجد:

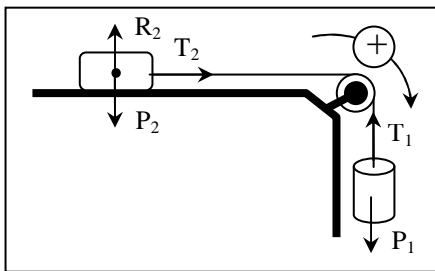
بتطبيق قانون نيوتن الثاني على كل جسم على حدة والإسقاط على اتجاه للحركة

$$\text{الجسم 1: } \vec{P}_1 + \vec{T}_1 = m_1 \cdot \vec{a} \Leftrightarrow P_1 - T_1 = m_1 \cdot a \quad (1)$$

$$\text{الجسم 2: } \vec{P}_2 + \vec{T}_2 + \vec{R}_2 = m_2 \cdot \vec{a} \Leftrightarrow T_2 = m_2 \cdot a \quad (2)$$

بما أن البكرة مهيمنة الكتلة فإن التوتر على طرفيها متساويين $T_1 = T_2$

بجمع (1) و (2) إلى طرف نجد : $P_1 = (m_1 + m_2) a$ حيث $P = m.g$



نخلص إلى أن $a = \frac{m_1 \cdot g}{m_1 + m_2} = cte$ بما أن التسارع مقدار ثابت موجب فإن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

معادلاتها الزمنية: السرعة $v(t) = a.t$ معادلة فاصلتها: $x(t) = \frac{1}{2} a.t^2$

7- حدود ميكانيك نيوتن: الانفتاح على العالمين الكمي والنسبي.

يهدف الانفتاح على عالمي الكم والنسبية إلى إبراز حدود ميكانيك نيوتن.

من أجل هذا، يمكن الاكتفاء، بتناول أمثلة بسيطة لطرح التساؤلين التاليين:

- لماذا تشغل الذرات المتماثلة التركيب الحجم نفسه ؟ إذا كانت ميكانيك نيوتن تنطبق على ذرة الهيدروجين مثلا، ليس هناك ما يتعارض لأن يكون لذرات الهيدروجين حجوما مختلفة، وأن الإلكترون المنجذب من طرف النواة بقوة متناسبة مع $\frac{1}{R^2}$ يستطيع

أن يتموقع على مسافات مختلفة بالنسبة للنواة، في حين يتأسس علم البلورات (cristallographie) على تماثل حجوم ذرات العنصر الواحد وكذا تماثل حجوم شواردها ؛ إن هذه الخاصية للمادة لا يمكن أن تفسر إلا في إطار نظرية جديدة تتلاءم والبنية الجزيئية؛ إنها نظرية الكم التي تفترض عدم استمرارية أبعاد الأجسام المجهرية.

- متى يمكن القول عن حادثين أنهما متزامنين؟

إن ميكانيك نيوتن تفترض أن زمن ملاحظة الظاهرة يوافق زمن حدوثها، هذا يفرض بأن المعلومة تنتقل أنيا من التركيبة المدروسة إلى الملاحظ، بينما نعلم بأنها تنتقل بسرعة انتشار الضوء وهذا يفند صلاحية ميكانيك نيوتن لدراسة الحركات ذات السرعة القريبة من سرعة انتشار الضوء وهو الحال في الفيزياء الفلكية تحديدا؛ إن نظرية النسبية هي الأكثر ملاءمة للدراسة في هذا الميدان.

نكتفي في هذا المستوى بالإشارة لنظريتي (الكم و النسبية)، دون المبالغة في التوسع، فنقتصر على ما يمكن أن يفهمه التلاميذ خلال حصة تدوم ساعة واحدة.

التقويم

التمرين 01

- ArabSat* أحد أول الأقمار الاصناعية العربية التي تستعمل في البث التلفزيوني يحتل الموقع الفلكي 26.0° شرق قرينيتش وفوق خط الاستواء ويدور بنفس سرعة دوران الأرض
- أي سرعة يقصد هنا (السرعة الزاوية $d\theta/dt$ ، السرعة الخطية dx/dt) ما العلاقة بين سرعتين
 - ماذا تسمى هذه الأنواع من الأقمار الاصناعية
 - إن القمر *ArabSat* ينجز دورة كاملة حول الأرض خلال 24 h
 - باستخدام قانون نيوتن الثاني احسب السرعة الخطية v له حول الأرض
 - أحسب ارتفاع القمر الاصناعي h عن سطح الأرض
 - إن أقمار المراقبة الجوية والتجسس تدور على ارتفاعات منخفضة فالمحطة العالمية (في طور الانجاز) تدور على ارتفاع حوالي $h = 400\text{ km}$ فوق سطح الأرض
 - ما هو دورها وكم تنجز من دورة عندما تكمل الأرض دورة كاملة واحدة حول نفسها
 - تعطى: كتلة الأرض $M = 5,97.10^{24}\text{ kg}$ ، نصف قطر الأرض $R = 6400\text{ km}$

التمرين 02

- أطلقت المحطة الأوربية Ariane عام 1989 قمر اصناعي اسمه Hipparcos مهمته القياسات الفلكية لكن بسبب عطب في أحد محركاته لم يصل إلى مداره الرسمي بل اتخذ مدارا اهليلجيا بين ارتفاعين $H_1 = 500\text{ km}$ ، $H_2 = 36000\text{ km}$
- ارسم شكلا تخطيطيا توضح فيه مسار القمر وموقع الأرض منه والارتفاعين H_1 ، H_2
 - احسب الدور T ل Hipparcos
 - احسب سرعته الدنيا والعظمي وعين موضعها من الرسم السابق
 - إن المدار الرسمي المرغوب الوصول إليه هو H_2
 - أثبت أن Hipparcos يصبح عند هذا الارتفاع مستقرا بالنسبة للأرض
 - تعطى كتلة الأرض $M_T = 5.94 \times 10^{24}\text{ kg}$ ، ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11}\text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

التمرين 03

- يسقط مضلي وزنه مع تجهيزه $m = 100\text{ Kg}$ من ارتفاع h عن سطح الأرض ، قطع ارتفاع 20 m بعد 4 s من سقوطه لتثبت سرعته عند القيمة الحدية $V_L = 5\text{ m/s}$ ، يصل إلى سطح الأرض بعد 30 s من سقوطه .
- باعتبار دافعة أرخميدس مهملة والقوى المعيقة ممثلة في قوة الاحتكاك $f = kV^2$
- 1 - مثل القوى المطبقة على المظلي أثناء سقوطه .
 - أ - استنتج مقدار الزمن المميز لسقوط المضلي .
 - ب - أحسب قيمة معامل الاحتكاك k .
 - ج - أحسب الارتفاع h الذي سقط منه المضلي .
 - 3 - في الحقيقة دافعة أرخميدس غير مهملة وقدرت بالقيمة $\pi = 510\text{ N}$:
 - أحسب مقدار السرعة الحدية V_L للمظلي عندئذ (من أجل نفس معامل الاحتكاك k) .

التمرين 04

- I - في الشكل المبين الجسم نقطي كتلته $m = 10\text{ kg}$ ينزلق من السكون دون احتكاك على المستوي المائل AB الذي يميل عن الأفق بـ $\alpha = 30^\circ$ عديم الاحتكاك طوله 40 m ، ثم مستوى أفقي $BC = 10\text{ m}$ به قوة احتكاك
- 1 - احسب السرعة عند B

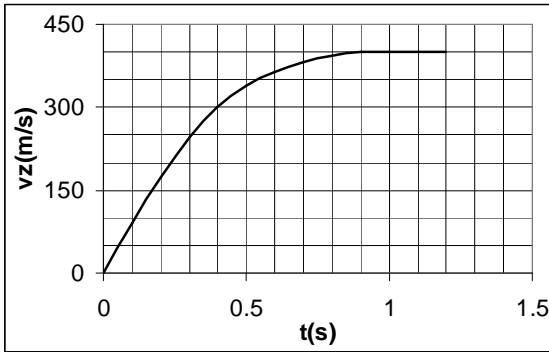


تعطى $g = 10\text{ N/Kg}$

- 1 - احسب السرعة عند B
- أ / بين طبيعة الحركة على BC
- ب / يصل الجسم إلى النقطة C بالسرعة $V_C = 17\text{ m/s}$
- ج / احسب شدة قوة الاحتكاك
- II - يواصل الجسم حركته على المسار الدائري الشاقولي الأملس CD
- فيصل إلى النقطة D بالسرعة $v_D = 15\text{ m/s}$
- 1- احسب فيمه r
 - 2- ما طبيعة حركة الجسم بعد مغادرته CD .
 - 3- احسب الارتفاع الأعظمي الذي يبلغه

التمرين 06

تم تصوير السقوط الشاقولي لكرة داخل الزيت وبعد معالجة المعطيات بالعلام الآلي ثم الحصول على تطور السرعة $v(t)$ للكرة



خلال الزمن على المحور (Oz) المتجه نحو الأسفل

1- ما هي السرعة الابتدائية v_0 للكرة وهاهي سرعتها الحدية v_L

2- حدد الزمن المميز للسقوط

3- حدد بواسطة المنحنى قيمة التسارع في اللحظة $t = 0$ S

إن المعادلة التفاضلية لحركة الكرة تعطى بالعلاقة:

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} = g \left(1 - \rho \frac{V}{m}\right) - \frac{k}{m} v_z$$

4- استنتج قيمة دافعة أرخميدس Π وثابت الاحتكاك k

المعطيات: $m = 13.3$ g ، $g = 9.8$ N.kg⁻¹

التمرين 7

تطير طائرة أفقياً على ارتفاع $h = 4500$ m بسرعة ثابتة مقدارها $v = 750$ km/h ألقت قنبلة كتلتها $m = 400$ kg عند مرورها

بالشاقول المار بالنقطة (A) على الأرض

- وضح برسم مسار القنبلة في معلم يطلب تعيينه

- أكتب معادلة مسار القنبلة في المعلم السابق

- بعد كم من الزمن تصل القنبلة على الأرض

- على أي بعد من النقطة (A) تسقط القنبلة

- ما هي المسافة الأفقية التي تقطعها الطائرة عند وصول القنبلة إلى الأرض

- احسب الطاقة الحركية للقنبلة عند وصولها إلى الأرض

البطاقة التربوية لعمل مخبري

المستوى : 3 م تج

رقم المذكرة :

المجال : الظواهر الرتيبة

الوحدة : تطور جملة ميكانيكية

عنوان التجربة : تحقيق قانون نيوتن الثاني - تعريف التسارع -**مؤشرات الكفاءة :**

- الوصول إلى تعريف التسارع
- تحقيق قانون نيوتن الثاني
- يتحكم في بعض الكفاءات التجريبية
- يدرس تأثير زاوية الميل على تسارع حركة مركز عطالة الجسم

البروتوكول التجريبي**- الأجهزة والأدوات والوسائل**

- تستخدم التجهيز التجريبي المبين في الشكل والذي يتكون من :
- النضد الهوائي
- نابض مرن
- قرص

**طريقة العمل**

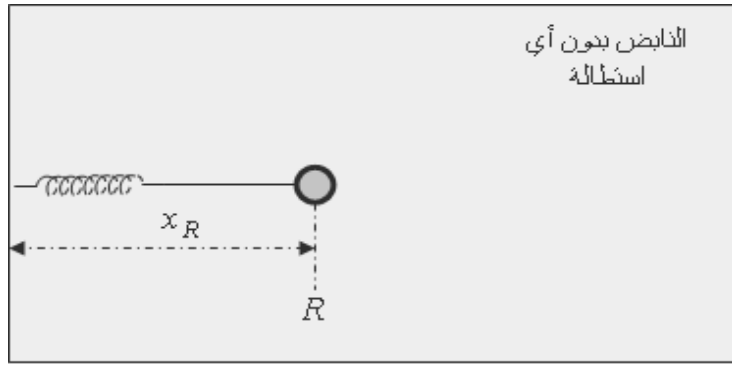
الهدف من هذا النشاط هو تعريف التسارع a_G لمركز عطالة القرص و كذلك تبيان أن $\vec{F} = m \vec{a}_G$.

لتحقيق هذه التجربة نستعمل جهاز النضد الهوائي المبين على الصورة المرفقة:

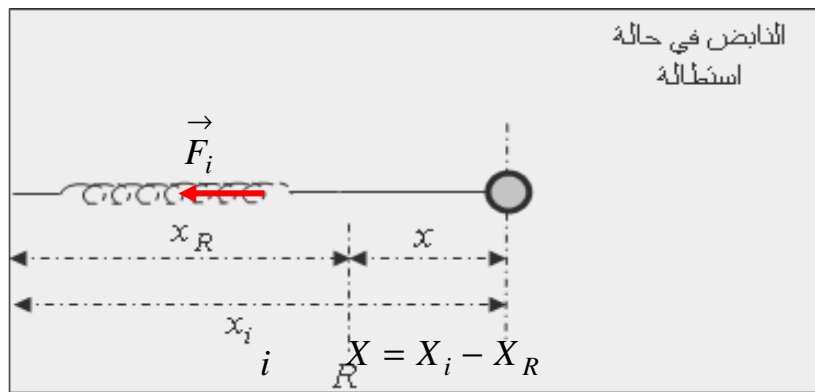
نستعمل نابضا مرنا ثابت مرونته $K = 7,16N/m$. نثبتته من إحدى نهايتيه في حافة النضد الهوائي و تثبت نهايته الأخرى في القرص.

نعين الوضع R للقرص لما يكون النابض بدون أي استطالة و لا أي انضغاط كما هو مبين على الشكل فنجد:

$$X_R = 28,9cm$$



نحذب القرص حتى يصبح النابض في أقصى استطالة ممكنة له ثم نحرره في اللحظة $t = 0$. عند هذه اللحظة يبدأ جهاز مناسب في تسجيل مختلف الأوضاع التي يشغلها مركز عطالة القرص أثناء حركته على النضد الهوائي، و هذا خلال كل $40ms$ (الفاصل الزمني بين تسجيلين متعاقبين هو $\tau = 40ms$).



نلخص نتائج القياس في الجدول التالي:

الوضع i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
الفاصلة $x_i (cm)$	0	0,65	1,60	3,00	4,80	7,00	9,55	12,40	15,55

لحساب استطالة النابض لما يكون القرص في وضع (i) نطبق القانون:

$$X = X_i - X_R$$

و بالتالي فشددة القوة \vec{F} التي يؤثر بها النابض على القرص، بالنسبة للمحور $x'x$ ، عند الوضع (i) تحسب بالعلاقة:

$$F = KX = K(X_i - X_R)$$

1 - ندرس كيف تؤثر قوة الإرجاع \vec{F} للنابض على التغير في مقدار السرعة بجوار النقطة رقم 4 من التسجيل مثلاً.

نذكر أنه لحساب السرعة اللحظية V_i عند وضع (i) نستعمل العلاقة:

$$V_i = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2\tau}$$

أ / أكمل الجدول التالي:

8	7	6	5	4	3	2	1	0	الوضع i
15,55	12,40	9,55	7,00	4,80	3,00	1,60	0,65	0,00	الفاصلة $x_i (cm)$
/								/	السرعة $V_i (m/s)$

ب / أحسب التغير ΔV الخاص بإحداثي شعاع السرعة و هذا بجوار الوضع رقم 4 : $\Delta V = V_5 - V_3$ ، $\Delta V = V_6 - V_2$ ، $\Delta V = V_7 - V_1$ ، خلال المجالات الزمنية 2τ ، 4τ و 6τ على الترتيب.

ج / كيف يؤثر Δt على ΔV ؟ وكذلك على $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ ؟

2 - نعرف الإحداثية a_i لشعاع التسارع الخاص بمركز عتالة القرص عند اللحظة t_i على أنها تساوي قيمة مشتق السرعة بالنسبة للزمن و هي تعطى بالعلاقة التالية:

$$a_i = \left(\frac{dV}{dt} \right)_{t_i}$$

أ / بالمطابقة مع التعين التجريبي للسرعة، ما هي، من بين مجموعة قيم الكسر $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ المحسوبة في السؤال 1 - ب

، القيمة التي تقارب أحسن قيمة a_i ؟

ب / ما هي وحدة السرعة في جملة الوحدات الدولية ؟ استنتج وحدة التسارع .

ج / الحساب التجريبي لقيمة التسارع a_i يكون بالعلاقة:

$$V_i = \frac{V_{i+1} - V_{i-1}}{2\tau}$$

8	7	6	5	4	3	2	1	0	الوضع i
15,55	12,40	9,55	7,00	4,80	3,00	1,60	0,65	0,00	الفاصلة $x_i (cm)$
/								/	السرعة $V_i (m/s)$
/	/						/	/	$a_i (m/s^2)$
									$F_i (N)$
/	/						/	/	$\frac{F_i}{a_i}$

أكمل الجدول التالي:

بأخذ بعين الاعتبار الأخطاء الناتجة عند القياس، ماذا يمكن قوله فيما يخص $\frac{F_i}{a_i}$ ؟

د / قارن قيمة المقدار $\frac{F_i}{a_i}$ مع كتلة القرص.

3 - اعتمادا على هذه النتائج التجريبية، اقترح نص للقانون الثاني لنيوتن يربط بين التسارع $a_G \rightarrow$ لمركز عطالة القرص، الكتلة m و القوة $F \rightarrow$.

النتائج - تحليل النشاط

الوضع i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
الفاصلة $x_i (cm)$	0,00	0,65	1,60	3,00	4,80	7,00	9,55	12,40	15,55
السرعة $V_i (m/s)$	/	0,20	0,29	0,40	0,50	0,59	0,68	0,75	/

أ / إكمال الجدول:

ب / الحساب :

$$\Delta V = V_5 - V_3 = 0,19 m/s$$

$$\frac{\Delta V}{2\tau} = \frac{0,19}{2 \times 0,04} = 2,38 \quad \text{و}$$

$$\Delta V = V_6 - V_2 = 0,39 m/s$$

$$\frac{\Delta V}{4\tau} = \frac{0,39}{4 \times 0,04} = 2,44 \quad \text{و}$$

$$\Delta V = V_7 - V_1 = 0,55 m/s$$

$$\frac{\Delta V}{6\tau} = \frac{0,55}{6 \times 0,04} = 2,29 \quad \text{و}$$

ج / نلاحظ أن Δt يؤثر طرديا على ΔV و لكن يؤثر قليلا على $\frac{\Delta V}{\Delta t}$.

د / نعلم أن القيمة اللحظية لمقدار فيزيائي ما هي قيمة القيمة المتوسطة لهذا المقدار في مجال زمني ضيق جدا بالنسبة لمدة الحادثة الفيزيائية. بلغة أخرى:

$$a_i = \left(\frac{dV}{dt} \right)_{t_i} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

و من هذا يمكن القول أن قيمة الكسر $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ التي تقارب $a_i = \left(\frac{dV}{dt} \right)_{t_i}$ هي القيمة التي يكون فيها Δt الأصغر،

و هي طبعا :

$$a_4 = \frac{V_5 - V_3}{2\tau}$$

ب / وحدة السرعة في جملة الوحدات الدولية هي m/s ووحدة التسارع هي:

$$[a] = \frac{[V]}{[t]} = \frac{m/s}{s}$$

و منه نجد:

$$[a] = \frac{m/s}{s} = m/s^2$$

جـ / إكمال الجدول:

8	7	6	5	4	3	2	1	0	الوضع i
15,55	12,40	9,55	7,00	4,80	3,00	1,60	0,65	0,00	الفاصلة $x_i (cm)$
/	0,75	0,68	0,59	0,50	0,40	0,29	0,20	/	السرعة $V_i (m/s)$
/	/	2,00	2,25	2,38	2,62	2,5	/	/	$a_i (m/s^2)$
0,96	1,18	1,38	1,57	1,72	1,85	1,95	2,02	2,07	$F_i (N)$
/	/	0,690	0,697	0,723	0,706	0,780	/	/	$\frac{F_i}{a_i}$

يمكن أن نقول أن الكسر $\frac{F_i}{a_i}$ ثابت في حدود أخطاء التجربة.

د / كتلة القرص هي : $m = 0,716Kg$ و نلاحظ أنها تساوي $\frac{F_i}{a_i}$ في حدود أخطاء القياس طبعاً: $\frac{F_i}{a_i} = m$

3 - اعتماداً على هذه النتيجة التجريبية يمكن إعطاء العلاقة التي تربط بين القوة المطبقة على جسم بكتلة الجسم و كذلك تسارع مركز عطالته كما يلي:

$$\vec{F} = m \vec{a}_G$$