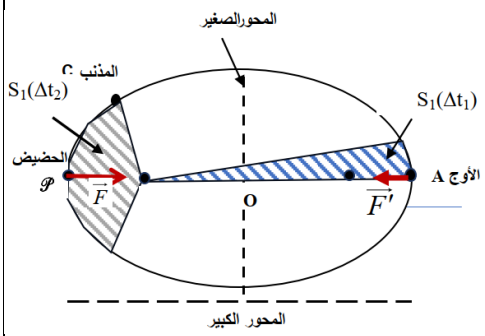
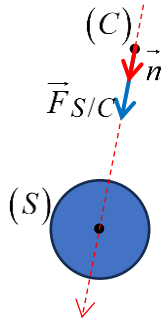
عناصر الإجابة	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
الموضوع الأول **التمرين الأول: (06 نقاط)** – **قانون الجذب العام:** **1. التمثيل على الشكل.1:**  	5x0,25	4,75
2. العبارة الحرفية لشعاع القوة $\vec{F}_{S/C}$: $\vec{F}_{S/C} = G.\frac{M_S.m}{r^2}.\vec{n}$ مع تمثيل القوة في الشكل الأعلى.	3x0,25	
– **دراسة حركة مذنب هالي:** **1. إثبات عبارة التسارع:** – الجملة: مذنب هالي (C). – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة في المرجع الهيليومركزي: $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a} \rightarrow \vec{F}_{S/C} = m.\vec{a}$  بإسقاط العبارة الشعاعية على المحور الناظمي: $F_{S/C} = m.a \rightarrow G\cdot\frac{M_S.\cancel{m}}{r^2} = \cancel{m}.a \rightarrow a = G\cdot\frac{M_S}{r^2}$	4x0,25	
2. تذكير بنص قانون الأدوار: يتناسب مربع الدور لمدار كوكب مع مكعب نصف طول المحور الكبير للمدار مهما كان الكوكب المعتبر $\frac{T^2}{a^3} = K$.	0,5	
3. استخراج عبارة قانون الأدوار: بما المسار دائري والتسارع ناظمي: $a = \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \frac{G.M_S}{r^2}\cdot r = \frac{G.M_S}{r} \rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_S}$	3x0,25	
4. 1.4. حساب زمن دورة واحدة لمذنب هالي: $T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{\left(2,69\times10^{12}\right)^3}{6,67\times10^{-11}\times2\times10^{30}}} = 2,4\times10^9\, s = 76\, ans$	0,5	

القيمة تتوافق مع ما ورد في النص.		
2.4. تحديد عدد الدورات: $n=\frac{2024-1682}{76}=4,5\,fois$	0,25	0,75
5. إثبات أن نصف المحور الكبير للمدار الاهليليجي لمذنب "بوب" أكبر منه لمذنب هالي: حسب قانون الأدوار: $\frac{T_C^2}{a_C^3}=\frac{T_B^2}{a_B^3}\rightarrow a_B=\sqrt[3]{\left(\frac{T_B}{T_C}\right)^2}\cdot a_C\rightarrow a_B=\sqrt[3]{\left(\frac{4000}{76}\right)^2}\cdot a_C=14\cdot a_C\rightarrow a_B>a_C$	0,5	
التمرين الثاني: (07 نقاط) **- الجزء الأول:** **1. تعريفات:** - التأريخ: هو تقنية فيزيائية تهدف إلى تحديد عمر عينة. - نظير مشع: هو نواة مشعة لنفس العنصر الكيميائي لها نفس العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي، تتفكك تلقائيا إلى نواة أكثر استقرارا مع اصدار اشعاعات. - آثار في العينة: كتلة العنصر مهملة أمام كتلة العينة.	3x0,25	03,5
2. كتابة معادلة تفكك الكربون 14: - بما أنه يحدث تحول نيترون إلى بروتون فإن نمط التفكك هو β^- ، وعليه: $^{14}_{6}C\rightarrow {}^{A}_{Z}X+{}^{0}_{-1}e$ بتطبيق قانون الانحفاظ لصودي: $Z=7$ $A=14$ وعليه النواة البنت الناتجة: $^{14}_{7}N$ $^{14}_{6}C\rightarrow {}^{14}_{7}N+{}^{0}_{-1}e$	4x0,25	
3. 1.3. كتابة عبارة قانون تناقص النشاط الإشعاعي $A(t)$: $A(t)=A_0.e^{-\lambda.t}$	0,25	
2.3. تحديد التاريخ التقريبي لبناء المسجد: $t=\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\cdot\ln\left(\frac{A_0}{A}\right)=\frac{5730}{\ln 2}\cdot\ln\left(\frac{13,6}{13,13}\right)=290,73\,ans$ وعليه: $t'=2024-290,73=1733,27$ إذن التاريخ التقريبي 1734م، وهو متوافق مع ما ورد في النص.	4x0,25	
4. تفسير التأريخ كائن حي عمر حوالي مليون سنة: لا يمكن تأريخ عينة هذا الكائن البشري لأن: $\Delta t>>7,2.t_{1/2}\left(^{14}C\right)$	0,5	

		- الجزء الثاني:
	3x0,25	**1. تعريف الاندماج النووي، وكتابة معادلة التفاعل:** هو تفاعل نووي مفتعل، ناتج عن التحام نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل أكثر استقرارا مع تحرير طاقة. $${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$$
03,5	4x0,25	**2. تحديد الفيزيائي لـ (a) و (b) وحساب قيمة كل منهما:** - يمثل (a) و (b) الطاقة الكتلية (طاقة كتلة الجسيمات). $$a = \left(2.m_p + 3.m_n\right).c^2 = \left(2\times 1,0073 + 3\times 1,0087\right).931,5 = 4695,41MeV$$ $$b = a - \Delta E_1 = \left(a - \left(E_l\left({}_1^2H\right) + E_l\left({}_1^3H\right)\right)\right)$$ $$= \left(4695,41 - \left(1,11\times 2 + 2,82\times 3\right)\right) = 4684,73MeV$$
	0,5	**3. استنتاج الطاقة المحررة من هذا التفاعل مقدرة بالجول (J):** $$Elib = -\Delta E_3 = -\left(4667,00 - 4684,73\right) = 17,73MeV = 2,84\times 10^{-12}\ J$$
	3x0,25	**4. حساب الطاقة الناتجة عن تفاعل $m = 2\,g$ من أنوية الدوتيريوم ${}_1^2H$:** $$E_T = N.Elib = \frac{m}{M\left({}_1^2H\right)}\cdot N_A \cdot Elib = \frac{2\times 6,02\times 10^{23}\times 2,84\times 10^{-12}}{2} = 1,7\times 10^{12}\ J$$
	0,5	**5. مقارنة مصدر الطاقة الجديد:** $\frac{E_T\left({}_1^2H\right)}{E_T(C)} = \frac{1,7\times 10^{12}}{390\times 10^3} = 4,35\times 10^6$ الطاقة التي يحررها الاندماج أكبر بكثير من طاقة المصادر القديمة وبكتلة مستعملة أقل.
		التمرين التجريبي: (07 نقاط)
		I. بعض خواص حمض الاسكوربيك:
	0,25	**1. تحديد كمية المادة الابتدائية n_0 لحمض الأسكوربيك المستعملة لتحضير المحلول:** $$n_0 = \frac{m}{M\left(C_6H_8O_6\right)} = \frac{1,0}{176} = 5,68\times 10^{-3}\ mol$$
01	0,25	**2. تعريف الحمض الضعيف حسب برونشتد، وتبيان أن حمض الأسكوربيك هو حمض ضعيف:** هو كل فرد كيميائي قادر على تحرير بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي، يكون تشرده جزئيا في الماء.
	2x0,25	$$\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_0} = \frac{10^{-2,6}}{\frac{5,68\times 10^{-3}}{50\times 10^{-3}}} = 0,022 \approx 2,2\%$$ بما أن τ_f فإن حمض الأسكوربيك هو حمض ضعيف.

DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

3. إعطاء عبارة ثابت الحموضة Ka بدلالة $\left[H_3O^+\right]_{eq}$ و $\left[H_3O^+\right]_{eq}$، وتبيان أن $pKa \approx 4,2$: — 0,5

$$Ka = \frac{\left[C_3H_7O_6^-\right]_{eq}.\left[H_3O^+\right]_{eq}}{\left[C_3H_8O_6\right]_{eq}} = \frac{\left(\left[H_3O^+\right]_{eq}\right)^2}{C - \left[H_3O^+\right]_{eq}} = 5,679\times10^{-5}$$

$$pKa = -\log\left(5,679\times10^{-5}\right) \approx 4,2$$

II. حمض الاسكوربيك في برتقالة الكليمونتين:

1. جدول تقدم التفاعل (1)، وكتابة عبارة $n_f(I_2)$: — 5x0,25

المعادلة		$C_3H_8O_6$ + I_2 = $C_6H_6O_6$ + $2\,I^-$ + $2\,H^+$				
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)				
ابتدائية	0	n'_0	n_1	0	0	0
وسطية	x	$n'_0 - x$	$n_1 - x$	x		
نهائية	x_f	$n'_0 - x_f$	$n_1 - x_f$	x_f	$2x_f$	$2x_f$

بما أن التفاعل تام و I_2 موجود بوفرة، فإن $C_3H_8O_6$ متفاعل محد، وعليه:

$$n_f(I_2) = C_1V_1 - x_{max}$$

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

2. تبيان أن كمية مادة ثنائي اليود المتبقي تساوي $1,7\times10^{-5}\,mol$: — 0,25

عند نقطة التكافؤ يكون المزيج ستوكيومتري، وعليه:

$$n_f(I_2) = \frac{n_E\left(S_2O_3^{2-}\right)}{2} = \frac{C_2.V_2}{2} = 1,7\times10^{-5}\,mol$$ — 0,25

3. حساب كتلة حمض الأسكوربيك الموجود في برتقالة الكليمونتين، وتحديد عدد البرتقالات اللازمة لتلبية الاحتياجات اليومية من حمض الاسكوربيك لشخص بالغ: — 0,25

بما أن $C_3H_8O_6$ متفاعل محد، فإن $n'_0 = x_{max}$ الموجودة في حجم $50\,mL$، وعليه:

$$n'_0 = C_1V_1 - n_f(I_2) = 4,1\times10^{-5}\,mol \rightarrow m'_0 = n'_0\times M = 7,216\,mg$$ — 0,25

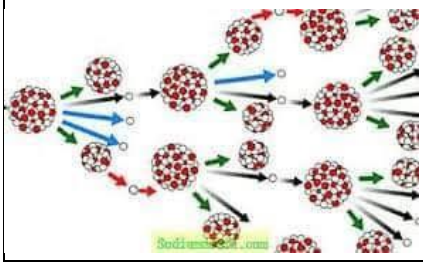
$$m_0 = \frac{250\times7,216}{50} = 36,08\,mg$$ — 0,25

لحساب عدد البرتقالات الضرورية: $x = \frac{100}{36,08} = 2,77 \approx 3$ حوالي 3 حبات برتقال. — 0,25

III. دراسة حركية تفاعل الاسكوربيك مع أزرق الميثيلين:

1. كتابة المعادلات النصفية ثم المعادلة الاجمالية لتفاعل أكسدة إرجاع الحادث:

03,25

	3x0,25	$C_3H_8O_6 = C_3H_6O_6 + 2H^+ + 2e^-$ $BM^+ + H^+ + 2e^- = BMH$ $C_3H_8O_6 + BM^+ = BMH + C_3H_6O_6 + H^+$
02,75	2x0,25	**2. إثبات عبارة السرعة الحجمية للتفاعل:** نعلم أن: $[C_6H_8O_6]_t = [C_6H_8O_6]_t - \frac{x}{V_T}$ بالاشتقاق نجد: $\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt} = -\frac{1}{V_T}\cdot\frac{dx}{dt}$ منه: $v_{Vol} = -\frac{d[C_6H_8O_6]}{dt}$
	0,5	**3. حساب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل الأعظمية عند درجة حرارة $20°C$:** $v_{Vol}\|_{t=0} = -\frac{0 - 22\times10^{-5}}{20-0} = 1{,}1\times10^{-5}\, mol.L^{-1}.s^{-1}$
	2x0,25 2x0,25	**4. تحديد العاملين الحركيين التي يبرزهما منحنيي الشكل.3:** العوامل الحركية التي يبرزها المنحنيين: تراكيز المتفاعلات وتأثير درجة الحرارة. * التركيز المولي: تتناقص سرعة التفاعل بالنسبة للتجربة الأولى والثانية مع مرور الزمن بسبب انخفاض تواتر التصادمات الفعالة. * درجة الحرارة: سرعة التفاعل للتجربة (2) أكبرها في التجربة (1) بسبب زيادة درجة الحرارة التي أدت إلى ارتفاع تواتر التصادمات الفعالة.
01,25		**الموضوع الثاني** **التمرين الأول: (06 نقاط)**
	0,25	**I. دراسة الغواصة الأمريكية من فئة "يو إس إس أوهايو":** **1. المقصود بالانشطار النووي:** هو تفاعل نووي مفتعل، ناتج قذف نواة ثقيلة بنيترون بطيء ينتج عنه نواتين أخف أكثر استقرارا، نيترونات وطاقة.
	0,25	**2. تحديد قيمة a:** بتطبيق قانون الانحفاظ الكتلي لصودي: $a = 235 + 1 - (94 + 140) = 2$
	0,5	**3. شرح عبارة تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا:** يتم قذف نواة اليورانيوم مرة واحدة فقط، أما النيترونات الناتجة تقوم بقذف أنوية اليورانيوم المتبقية في العينة وتتواصل العملية حتى انتهاء كل أنوية اليورانيوم الموجودة في العينة. 
	0,25	**4. تبيان أن الطاقة المحررة من انشطار نواة اليورانيوم هي $E_{lib} = 2{,}94\times10^{-11}\, J$:** $E_{lib} = \Delta m.c^2 = \left(m\left({}^{235}_{92}U\right) + m\left({}^{1}_{0}n\right) - m\left({}^{94}_{38}Sr\right) - m\left({}^{140}_{54}Xe\right) - 2m\left({}^{1}_{0}n\right)\right)\times 931{,}5 = 2{,}94\times10^{-11}\, J$

5. حساب كتلة اليورانيوم الذي تحمله الغواصة لتبحر لمدة 03 أشهر: — 0,75

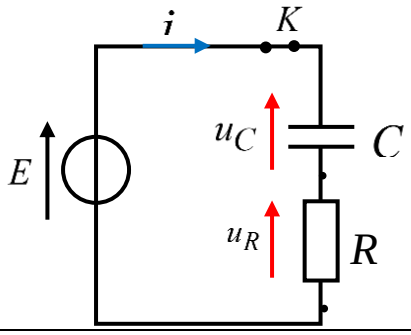
$$r=\frac{P\times\Delta t}{\frac{m}{M\left(^{235}_{92}U\right)}\cdot N_A\cdot E_{lib}}\times 100\rightarrow m=\frac{100\cdot P\cdot\Delta t\cdot M\left(^{235}_{92}U\right)}{r\cdot N_A\cdot E_{lib}}$$

$$\rightarrow m=\frac{100\times 220\times 10^6\times 3\times 30\times 24\times 3600\times 235}{40\times 6{,}02\times 10^{23}\times 2{,}94\times 10^{-11}}=56786{,}22\,g\approx 56{,}8\,kg$$

II. دراسة الغواصة الفرنسية من فئة سكوربين:

1. دراسة مكثفة فائقة السعة:

1.1. تمثيل الدارة الكهربائية: — 0,5



DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

2.1. إيجاد المعادلة التفاضلية لتطور u_C بين طرفي المكثفة:

بتطبيق قانون جمع التوترات: $u_R+u_C=E\rightarrow R.i+u_C=E\rightarrow RC\cdot\frac{du_C}{dt}+u_C=E\rightarrow\frac{du_C}{dt}+\frac{u_C}{RC}=\frac{E}{RC}$ — 0,25

3.1. استخراج عبارة τ_1 بدلالة مميزات الدارة:

باشتقاق عبارة u_C وتعويضها في المعادلة التفاضلية، نجد: — 2x0,25

$$\frac{E}{\tau_1}e^{-t/\tau_1}+\frac{E-E.e^{-t/\tau_1}}{RC}=\frac{E}{RC}\rightarrow Ee^{-t/\tau_1}.\left(\frac{1}{\tau_1}-\frac{1}{RC}\right)+\frac{E-E}{RC}=0\rightarrow\tau_1=RC$$

4.1. استنتاج قيمة τ_1 والتأكد من سعة المكثفة:

لدينا: $u_C(\tau_1)=0{,}63\times E=189V$ بالإسقاط على منحنى الشكل.1، نجد: $\tau_1=1575\,s\approx 1600\,s$ — 0,25

وعليه: $C=\frac{\tau_1}{R}=\frac{1600}{2}=800\,F$ — 0,25

5.1. حساب الطاقة الأعظمية المخزنة في المكثفة: $E'_C(\max)=\frac{1}{2}CE^2=3{,}6\times 10^7\,J$ — 0,25

2. دراسة عمل الغواصة الفرنسية:

1.2. تحديد نوع ربط المكثفات، واستنتاج قيمة C_{eq}:

بما أن $E_C(\max)>E'_C(\max)$ فإن $C_{eq}>C$ وعليه تم ربط المكثفات على التفرع، وعليه — 0,25

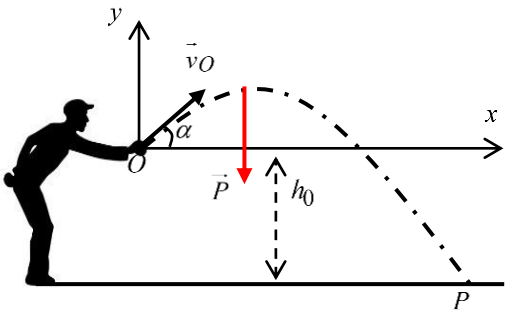
فإن سعة المكثفة المكافئة $C_{eq}=240.C=192000\,F$ — 0,25

2.2. تحديد ثابت الزمن لدارة التفريغ τ_2:

اعتمادا على مماس اللحظة $t=0$، نجد: $\frac{\tau_2}{2}=13h\rightarrow\tau_2=26h$ — 0,25

03,5

01,25	0,25 0,25	**1.3.2. إيجاد t_d مدة اشتغال الغواصة بعد كل عملية شحن ومقارنتها مع τ_2:** نعلم أن $Ec(t_d)=0,01\times Ec_{\max}=8,64\times10^7\ J$ بالإسقاط على منحنى الشكل.2، نجد: $t_d=65h$ المقارنة: $\frac{t_d}{\tau_2}=2,5$
	0,5	**2.3.2. حساب حجم وقود الديزل اللازم لاشتغال الغواصة لمدة 30 يوم:** – حساب الطاقة الكهربائية المخزنة خلال 30 يوم: $Ec(total)=\frac{720\times8,64\times10^9}{65}=9,57\times10^{10}\ J$ – حساب مقدار الطاقة الناتجة عن احتراق وقود الديزل: $r=\frac{Ec(total)}{E_d(total)}\times100\rightarrow E_d(total)=2,22\times10^{11}\ J$ – حساب حجم الوقود الديزل المستعمل: $V=\frac{2,22\times10^{11}}{38\times10^9}=5,84m^3$
	0,25	**4.2. المقارنة بين الغواصتين:** خلال 03 أشهر مدة اشتغال لكل غواصة، الغواصة الأمريكية أحسن من الفرنسية لأن: $E_U=4,27\times10^{15}\ J\ >\ E_C=2,87\times10^{11}\ J$ ومن جهة أخرى الطاقة المستعملة في الغواصات الأمريكية تستغرق فترة أطول بكثير حتى تنتهي عكس الغواصات الفرنسية التي يجب أن تشحن الطاقة من جديد كل $65h$.
04,25		**التمرين الثاني: (07 نقاط)** – **الجزء الأول:**
	0,25	**1. تعريف الحمض حسب برونشتد:** هو كل فرد كيميائي قادر على تحرير بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي.
	01	**2. كتابة معادلة تفاعل المعايرة:** $RCOOH(aq)+HO^-(aq)=RCOO^-(aq)+H_2O(l)$
	01	**3. استخراج احداثيات نقطة التكافؤ:** بالاعتماد على طريقة المماسين نجد: $E_a(16mL;7)\ ;\ E_b(16mL;8)$
	01	**4. تحديد المنحنى الموافق لمعايرة المحلول (S_2)، وتبيان أنه حمض قوي:** المنحنى (a) يوافق المحلول (S_2) وهو حمض قوي لأن $pH_E=7$.
	01	**5. حساب التركيز المولي لكل من المحلولين (S_1) و (S_2):** بما أن $V_{b,E1}=V_{b,E2}=16mL$، فإن: $C_1=C_2=\frac{C_b.V_{b,E}}{V_a}=0,016mol.L^{-1}$

02,75	0,75	**6. استنتاج قيمة ثابت الحموضة pKa للثنائية $\left(RCOOH / RCOO^{-}\right)$:** عند نقطة نصف التكافؤ $V_{1/2}=\frac{V_{b,E}}{2}=8mL$ بالإسقاط على منحنى (b) نجد: $pKa=4,2$
	0,5	**- الجزء الثاني:** **1. تحديد الصيغة نصف المنشورة للحمض الكربوكسيلي $RCOOH$: C_6H_5COOH**
	0,75	**2. تحديد كمية مادة الإستر المتشكل عند نهاية التفاعل:** $n_f(E)=n_1-n_f(ac)=5,8\times10^{-3}mol$ ملاحظة: يمكن انجاز جدول تقدم التفاعل وتوظيفه في الإجابة عن السؤال.
	0,75	**3. حساب مردود التصنيع:** $r=\frac{n_f(E)}{n_1}\times100=70,73\%$
02	0,25	**التمرين التجريبي: (07 نقاط)** **1. تذكير بنص المبدأ الأساسي للتحريك:** في معلم غاليلي المجموع الشعاعي للقوة المؤثرة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها. $\sum\vec{F}_{ext}=m.\vec{a}$
	0,25	**2. المقصود بـ "يهمل تأثير الهواء":** يهمل تأثير احتكاك الهواء ودافعة أرخميدس.
	01	**3. 1.3. إيجاد المعادلات الزمنية للسرعة $v_x(t)$ و $v_y(t)$، ثم المعادلات الزمنية للموضع $x(t)$ و $y(t)$:**  - الجملة: الكرة - المرجع: سطحي أرضي نعتبره عطالي. - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة: $\sum\vec{F}_{ext}=m.\vec{a}\rightarrow\vec{P}=m.\vec{a}\rightarrow\vec{a}=\vec{g}$ بإسقاط العبارة الشعاعية في المعلم (Ox,Oy): $\begin{cases}a_x=0\\a_y=-g\end{cases}\rightarrow\begin{cases}v_x=v_O.\cos(\alpha)\\v_y=-g.t+v_O.\sin(\alpha)\end{cases}\rightarrow\begin{cases}x=v_O.\cos(\alpha).t\\y=-\frac{1}{2}g.t^2+v_O.\sin(\alpha).t\end{cases}$
	0,5	**2.3. تبيان عبارة النسبة $\frac{y}{x}$:** انطلاقا من المعادلات الزمنية للموضع: $\frac{y}{x}=\frac{-\frac{1}{2}g.t^2+v_O.\sin(\alpha).t}{v_O.\cos(\alpha).t}=\frac{-\frac{1}{2}g.t^2}{v_O.\cos(\alpha).t}+\frac{+v_O.\sin(\alpha).t}{v_O.\cos(\alpha).t}$ $\rightarrow\frac{y}{x}=-\frac{g}{2.v_O.\cos(\alpha)}\cdot t+\tan(\alpha)$

4. 1.4. تحديد قيمة كل من α، v_{Ox} و v_O:

العبارة البيانية (الشكل.6): $\frac{y}{x} = -0,81 \times t + 0,875$

العبارة البيانية (الشكل.5): $x = 6.t$

*زاوية القذف α: $\tan(\alpha) = 0,875 \rightarrow \alpha = 41,18°$

*المركبة الأفقية للسرعة v_{Ox}: $v_{Ox} = 6 m.s^{-1}$

*السرعة الابتدائية v_O: $v_O = \frac{v_{Ox}}{\cos(\alpha)} \approx 8 m.s^{-1}$

0,75

2.4. الجاذبية g والارتفاع h_0:

*الجاذبية الأرضية g: $-\frac{g}{2.v_O.\cos(\alpha)} = -0,81 \rightarrow g = 9,75 m.s^{-2}$

*الارتفاع h_0: $\frac{y_p}{x_p} = -0,175 \rightarrow y_p = -0,175 \times 7,8 = -1,365 \rightarrow h_0 = 1,365 m$

01

3.4. زمن بلوغ الجسم الموضع P، وسرعته آنذاك:

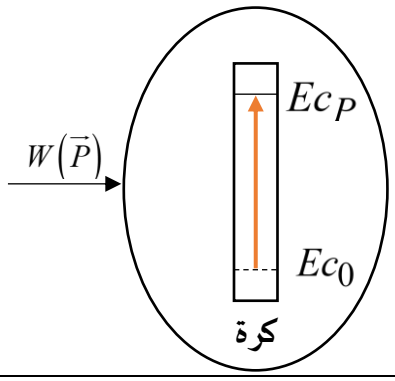
*زمن بلوغ الكرة الموضع P: $t_P = 1,3 s$

*سرعة الكرة v_P: $v_P = \sqrt{(v_{P,x})^2 + (v_{P,y})^2} = \sqrt{6^2 + (-7,40)^2} = 9,53 m.s^{-1}$

01

05

5. 1.5. تمثيل الحصيلة الطاقوية للجملة (كرة) بين الموضعين O و P:



01

2.5. التحقق من قيمة v_P:

بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة للجملة السابقة:

$Ec_O + W(\vec{P}) = Ec_P \rightarrow v_P = \sqrt{v_O^2 + 2.g.h_0} = 9,52 m.s^{-1}$

0,5

3.5. مميزات شعاع السرعة $\vec{v}_P$:

*المبدأ: الموضع P. *الطويلة: $v_P = 9,52 m.s^{-1}$

*الحامل والاتجاه: يحدد بالزاوية β (بين حامل شعاع السرعة $\vec{v}_P$ و $\vec{v}_{Ox}$)

$\cos(\beta) = \frac{v_{Ox}}{v_P} = 0,63 \rightarrow \beta = 50,9°$

0,75