

## - الإطار المرجعي للامتحان الوطني الموحد -

## الوحدة 11: قوانين نيوتن (LN) :

- معرفة تعبري كل من متجهة السرعة اللحظية ومتجهة التسارع.
- معرفة وحدة التسارع.
- معرفة إحداثيات متجهة التسارع في معلم ديكارتي وفي أساس فريفي.
- استغلال الجداء  $\vec{v} \cdot \vec{a}$  لتحديد نوع الحركة (متباطئة . متسارعة).
- معرفة المرجع الغاليلي.
- معرفة القانون الثاني لنيوتن  $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$  و  $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  ، ومجال صلاحيته.
- تعرف دور الكتلة في قصور مجموعة.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن لتحديد المقادير المتجهة الحركية  $\vec{v}_G$  و  $\vec{a}_G$  واستغلالها.
- معرفة واستغلال القانون الثالث لنيوتن.
- استعمال معادلة الأبعاد.

## الوحدة 12: السقوط الرأسي لجسم صلب (CVS) :

- معرفة واستغلال النموذجين التاليين لقوة الاحتكاك في الموائع :  $\vec{f} = -k \cdot v \cdot \vec{i}$  و  $\vec{f} = -k \cdot v^2 \cdot \vec{i}$ .
- استغلال المنحنى لتحديد:
  - ⊖ السرعة الحدية ؛
  - ⊖ الزمن المميز ؛
  - ⊖ النظام البدئي والنظام الدائم.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن للتوصل إلى المعادلة التفاضلية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط رأسي باحتكاك.
- معرفة طريقة أولير (Euler) وتطبيقها لإنجاز حل تقريبي للمعادلة التفاضلية.
- تعريف السقوط الرأسي الحر.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط حر.

## الوحدة 13: الحركات المستوية (MP) :

- تطبيق القانون الثاني لنيوتن على قذيفة:
  - ⊖ لإثبات المعادلات التفاضلية للحركة ؛
  - ⊖ لاستنتاج المعادلات الزمنية للحركة واستغلالها ؛
  - ⊖ لإيجاد معادلة المسار، وقمة المسار والمدى.
- معرفة مميزات قوة لورنتز (Lorentz) وقاعدة تحديد منحائها.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن على دقيقة مشحونة في مجال مغناطيسي منتظم في حالة  $\vec{V}_0$  عمودية على  $\vec{B}$  :
  - ⊖ لتحديد طبيعة الحركة؛
  - ⊖ لحساب الانحراف المغناطيسي.

## الوحدة 14: الأقمار الاصطناعية و الكواكب (SAT) :

- معرفة المرجع المركزي الشمسي والمرجع المركزي الأرضي.
- معرفة القوانين الثلاثة لكيبيلر في حالة مساردائري ومسار إهليلجي.
- تطبيق القوانين الثلاثة لكيبيلر في حالة مساردائري.
- معرفة التعبير المتجهي لقانون التجاذب الكوني.
- إثبات القانون الثالث لكيبيلر في حالة مساردائري.
- معرفة أن القوة التي يخضع لها مركز قصور قمر اصطناعي أو كوكب قوة انجاذبية مركزية.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور قمر اصطناعي أو كوكب لتحديد طبيعة الحركة

## الوحدة 15: العلاقة الكمية بين مجموع العزوم و التسارع الزاوي ( $\Sigma M=f(\ddot{\theta})$ ):

- معلمة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت بأفضوله الزاوي.
- معرفة تعبير التسارع الزاوي ووحدته.
- معرفة واستغلال تعبير المركبتين  $a_T$  و  $a_N$  بدلالة المقادير الزاوية.
- معرفة وتطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران حول محور ثابت لإثبات المعادلة التفاضلية للحركة وإيجاد حلها.
- معرفة أن وحدة عزم القصور هي  $(N.m^2)$ .
- معرفة واستغلال مميزات حركة الدوران المتغير بانتظام ومعادلاتها الزمنية.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن والعلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران على مجموعة ميكانيكية مركبة من جسمين على الأكثر في حالة إزاحة مستقيمة وآخر في حالة دوران حول محور ثابت لإثبات المعادلات التفاضلية ولتحديد مقادير حركية ومقادير تحريكية.

## الوحدة 16: المجموعات الميكانيكية المتذبذبة (SMO):

- معرفة الحركة التذبذبية.
- تعرف التذبذبات الحرة.
- تعرف خمود التذبذبات ومختلف أصنافه وأنظمتها.
- معرفة أن الدور الخاص يقارب شبه الدور في حالة الخمود الضعيف (نظام شبه دوري).
- معرفة مميزات قوة الارتداد المطبقة من طرف نابض على جسم صلب في حركة.
- استغلال مخطط المسافات  $x = f(t)$ .
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة المتذبذب (جسم صلب . نابض) في وضع أفقي أو رأسي أو مائل.
- تحديد طبيعة حركة المتذبذب وكتابة المعادلة الزمنية للحركة.
- معرفة مدلول المقادير الفيزيائية الواردة في تعبير المعادلة الزمنية للنواس المرن وتحديد انطلاقتها من الشروط البدئية.
- معرفة واستغلال تعبير الدور الخاص والتردد الخاص للمتذبذب (جسم صلب . نابض).
- تحديد صفي الخمود (الصلب والمائع) انطلاقا من أشكال مخططات المسافات  $x=f(t)$ .
- معرفة تعبير مزدوجة الارتداد المطبقة من طرف سلك اللي على جسم صلب في حركة تذبذبية.
- تطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة نواس اللي في حالة الاحتكاكات المهملة.
- تحديد طبيعة حركة نواس اللي وكتابة المعادلة الزمنية للحركة.
- معرفة مدلول المقادير الفيزيائية الواردة في تعبير المعادلة الزمنية لنواس اللي وتحديد انطلاقتها من الشروط البدئية.
- معرفة واستغلال تعبير الدور الخاص والتردد الخاص لنواس اللي.
- استغلال المخطط  $\theta=f(t)$  لتحديد المقادير المميزة لحركة النواس.
- تحديد صفي الخمود (الصلب والمائع) انطلاقا من أشكال المخططات  $\theta=f(t)$ .
- تطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة النواس الوازن في حالة الاحتكاكات المهملة والتذبذبات الصغيرة.
- تحديد طبيعة حركة النواس الوازن وكتابة المعادلة الزمنية للحركة.
- معرفة مدلول المقادير الفيزيائية الواردة في تعبير المعادلة الزمنية للنواس الوازن وتحديد انطلاقتها من الشروط البدئية.
- معرفة واستغلال تعبير الدور الخاص والتردد الخاص للنواس الوازن في حالة التذبذبات الصغيرة.
- استغلال المخطط  $\theta=f(t)$  لتحديد المقادير المميزة لحركة النواس الوازن في حالة التذبذبات الصغيرة.
- تعريف النواس البسيط المتواقت للنواس الوازن.
- معرفة تعبير الدور الخاص للنواس البسيط.
- تعرف المثير والرنان وظاهرة الرنين الميكانيكي وشروط حدوثها.
- تعرف تأثير الخمود على أنظمة الرنين.
- تطبيق القانون الثاني لنيوتن والعلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران على مجموعة ميكانيكية متذبذبة مركبة من جسم في حالة إزاحة مستقيمة وآخر في حالة دوران حول محور ثابت وفي وضعيات مختلفة، لإثبات المعادلات التفاضلية ولتحديد مقادير حركية ومقادير تحريكية.

## الوحدة 17: المظاهر الطاقية (AE):

- تحديد شغل قوة خارجية مطبقة من طرف نابض.
- معرفة واستغلال تعبير طاقة الوضع المرنة.
- معرفة واستغلال علاقة شغل قوة مطبقة من طرف نابض بتغير طاقة الوضع المرنة.
- معرفة واستغلال تعبير الطاقة الميكانيكية للمجموعة (جسم صلب . نابض).
- استغلال انحفاظ وعدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية للمجموعة (جسم صلب . نابض).
- استغلال مخططات الطاقة.
- تحديد شغل مزدوجة اللي.
- معرفة واستغلال تعبير طاقة الوضع للي.
- معرفة واستغلال علاقة شغل مزدوجة اللي بتغير طاقة الوضع للي.
- معرفة واستغلال تعبير الطاقة الميكانيكية لنواس اللي.
- استغلال انحفاظ وعدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية لنواس اللي.
- استغلال مخططات الطاقة.
- استغلال تعبير طاقة الوضع الثقالية والطاقة الحركية لتحديد الطاقة الميكانيكية للنواس الوازن في حالة التذبذبات الصغيرة.
- استغلال انحفاظ الطاقة الميكانيكية للنواس الوازن في حالة التذبذبات الصغيرة.

## الوحدة 18: الذرة و ميكانيك نيوتن (AMN):

- معرفة تعبير قوة التأثير البيئي التجاذبي، وقوة التأثير البيئي الكهرساكن.
- تعرف أن طاقة الذرة كمماة.
- معرفة أن ميكانيك نيوتن لا تمكن من تفسير كمية طاقة الذرة.
- معرفة واستغلال العلاقة  $\Delta E = h \cdot \nu$ .
- تفسير طيف الحزات.

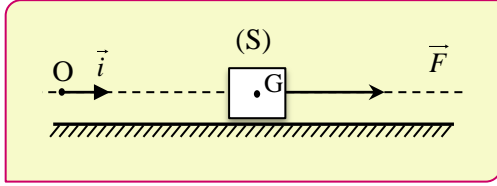
« *Ne jamais faire de calcul avant d'en connaitre le resultat* »

- Wheeler -

المجموع	حل مشكل	تطبيق حل تجريبي	استعمال الموارد (المعارف والمهارات)	المستويات المهارية المجالات المضامينية	نسبة الأهمية
27 %	9,45 %	10 %	13,5 %	الميكانيك	

- ◀ قوانين نيوتن.
- ◀ السقوط الرأسي لجسم صلب.
- ◀ الحركات المستوية.
- ◀ الأقمار الاصطناعية والكواكب.
- ◀ العلاقة الكمية بين مجموع العزوم و التسارع الزاوي.
- ◀ المجموعات الميكانيكية المتذبذبة.
- ◀ المظاهر الطاقية.
- ◀ الذرة و ميكانيك نيوتن.

- ◀ قوانين نيوتن.
- ◀ السقوط الرأسي لجسم صلب.
- ◀ الحركات المستوية.
- ◀ الأقمار الاصطناعية و الكواكب.



- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، أثبت أن المعادلة التفاضلية التي يحققها  $x_G$  أفصول  $G$  في المعلم  $R(O, \vec{i})$  هي  $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F}{m}$  . استنتج طبيعة حركة  $G$  .
- 2 أوجد التعبير العددي لمتجه التسارع  $\vec{a}_G$  لحركة  $G$  .
- 3 احسب شدة القوة  $\vec{F}$  .

**تمرين رقم 1° | 10min | Appli**

إحداثيات متجهة الموضع  $\vec{OG}$  خلال حركة جسم صلب في معلم متعامد ممنظم  $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  هي :

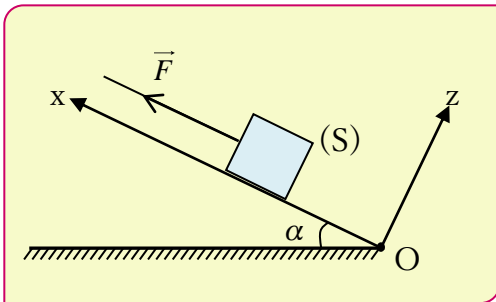
$$\vec{OG} \begin{cases} x = 4.t + 5 \\ y = 2.t^3 - t \\ z = 10.t^2 \end{cases}$$

- 1 حدد إحداثيات متجهة السرعة  $\vec{v}_G$  في نفس المعلم. ثم احسب  $v_G$  في اللحظة  $t=2s$  .
- 2 أوجد إحداثيات متجهة التسارع  $\vec{a}_G$  في نفس المعلم. واحسب قيمة  $a_G$  عند اللحظة  $t=1s$  .

**تمرين رقم 4° | 30min | Appli**

يتكون التركيب الممثل جانبه من جسم صلب (S) كتلته  $m=200g$  قابل للانزلاق على سكة مائلة بزاوية  $\alpha = 30^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي. نطبق بواسطة خيط غير قابل للامتداد، قوة ثابتة  $\vec{F}$  لجر الجسم (S) وفق الخط الأكبر ميلا بالنسبة للمستوى الأفقي. نعتبر خلال هذه الحركة أن شدة المركبة المماسية  $f = R_T$  للقوة التي يطبقها المستوى المائل على الجسم (S) وشدة مركبتها المنظمية تربط بينهما العلاقة:  $R_T = 0,25 R_N$  . عند اللحظة  $t=0$ ، ينطلق الجسم (S) من النقطة O بتسارع ثابت قيمته  $a = 1,2 m.s^{-2}$  .

- **نعطي:**  $g = 9,8 m.s^{-2}$  .

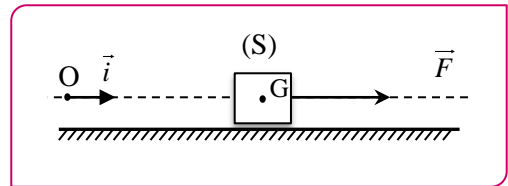


- 1 اجد ومثل القوى المطبقة على الجسم (S) .
- 2 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، احسب قيمة  $R_N$  واستنتج  $R_T$  .
- 3 احسب الشدة  $F$  .
- 4 اكتب، بدلالة الزمن  $t$  ، المعادلة الزمنية  $x(t)$  لحركة مركز قصور الجسم  $G$  باعتبار أن الجسم ينطلق بدون سرعة بدئية من النقطة O (أصل المعلم) .
- 5 ما هي المسافة التي قطعها الجسم عند اللحظة  $t = 10 s$  ؟
- 6 احسب قيمة  $v_G$  سرعة الجسم عند هاته اللحظة .

**تمرين رقم 2° | 30min | Appli**

نعتبر جسما صلبا (S) كتلته  $m=0,5Kg$  موضوعا فوق مستوى أفقي. لجر الجسم (S) نطبق عليه قوة أفقية شدتها  $F=2N$  .

- **نعطي:**  $g = 10 m.s^{-2}$  .



- 1 نفترض أن الحركة تتم بدون احتكاك، بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم (S) أثناء حركته ، أحسب قيمة تسارعه  $a_G$  .
- 2 استنتج طبيعة حركة مركز قصور الجسم الصلب .
- 3 ماذا سيحدث إذا تم حذف القوة  $\vec{F}$  ؟
- 4 نفترض، في هذه الحالة، أن الحركة تتم باحتكاك، وأن قوة الاحتكاك مكافئة لقوة شدتها  $f = R_T = 0,5N$  . أوجد التعبير الجديد للتسارع  $a_G$  ثم احسب قيمته .
- ب- نعرف معامل الاحتكاك  $k$  بالعلاقة  $k = \tan(\varphi)$  . أحسب  $k$  .

**تمرين رقم 3° | 30min | Type BAC**

نضع جسما صلبا (S) مركز قصوره  $G$  وكتلته  $m$  فوق مستوى أفقي، ونطبق عليه بواسطة خيط قوة  $\vec{F}$  ثابتة أفقية منحاهما هو منحى الحركة. لدراسة حركة  $G$  نختار معلما  $R(O, \vec{i})$  مرتبطا بالأرض، ونعتبر لحظة انطلاق  $G$  من A بدون سرعة بدئية أصلا للتواريخ  $(t=0)$  . يمر  $G$  من الموضع B في اللحظة  $t_B$  بسرعة  $v_B$  .

- **نعطي:**
  - $m = 0,25kg$  ;
  - $v_B = 2m.s^{-1}$  ;  $t_B = 2s$  : الاحتكاكات مهمة.

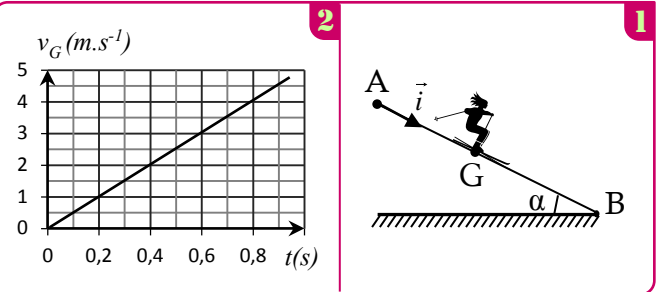


**تمرين رقم 5° | 15 min | Type BAC**

عند لحظة  $t=0$ ، ينطلق متزلج كتلته  $m$  من الموضع  $A$ ، فيزلق على سكة طولها  $AB=10m$ . لدراسة حركة  $G$  مركز قصور الجسم  $(S)$  نختار معلما  $(A, \vec{i})$  مرتبطا بالأرض حيث  $x_G=x_A=0$  عند  $t=0$ .

• **نعطي:**  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$

- الحركة تتم بدون احتكاك.



1 بين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها الأفصول  $x_G$  تكتب كما يلي:

$$\frac{d^2 x_G}{dt^2} = g \cdot \sin \alpha$$

استنتج طبيعة حركة  $G$ .

2 بعد تصوير حركة المتزلج بواسطة كاميرا رقمية ومعالجة المعطيات بواسطة برنامج مناسب تم الحصول على مخطط السرعة الممثل في الشكل 2.

أ- عين مبيانيا قيمة التسارع  $a_G$ .

ب- حدد قيمة المدة الزمنية التي قطع فيها المتزلج المسافة  $AB$ .

3 حدد سرعة المتزلج عند وصوله إلى النقطة  $B$ .

**تمرين رقم 6° | 30 min | Type BAC**

ينطلق متسابق كتلته  $m$  ومركز قصوره  $G$  عند اللحظة  $t_0=0$  من الموضع  $A$  بدون سرعة بدئية حيث  $x_G=x_A=0$ . خلال حركته، نعتبر أن المتسابق يخضع إلى احتكاكات مكافئة لقوة وحيدة متجهتها  $\vec{f}$  ثابتة ومنحاهها معاكس لمنحى الحركة.

• **نعطي:**

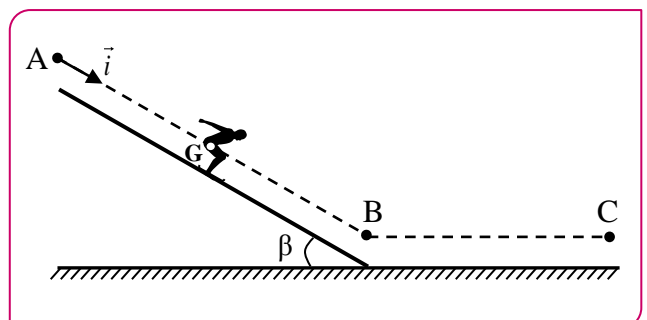
• مسار حركة  $G$  مستقيمي ؛

• شدة مجال الثقالة :  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$  ؛  $m=80 \text{ kg}$  ؛

•  $\beta=30^\circ$  ؛  $f=60 \text{ N}$  ؛  $AB=100 \text{ m}$ .

• سرعة المتسابق في الموضع  $C$  هي:  $v_C=25 \text{ m.s}^{-1}$ .

• طول الجزء  $BC$  هو  $L=90 \text{ m}$ .



- 1 بين أن تعبير منظم تسارع حركة  $G$  هو:  $a_G = g \cdot \sin \beta - \frac{f}{m}$ . احسب قيمة  $a_G$ .
- 2 ما طبيعة حركة المتسابق على هذا المسار؟
- 3 اكتب المعادلة الزمنية  $x(t)$  لحركة  $G$ .
- 4 استنتج اللحظة  $t_B$  التي يصل فيها المتسابق إلى النقطة  $B$ .
- 5 أوجد القيمة  $v_B$  لسرعة المتسابق في الموضع  $B$ .
- 6 أوجد تعبير الشدة  $f$  قوة الاحتكاك على الجزء  $BC$  بدلالة  $m$  و  $L$  و  $v_B$  و  $v_C$ . احسب  $f$ .

**تمرين رقم 7° | 15 min | Type BAC**

يهدف هذا التمرين إلى دراسة الحركة الرأسية لحمولة أثناء رفعها بواسطة رافعة في أحد أورايش البناء.

بأحد أورايش البناء، تم تصوير حركة حمولة  $(C)$ ، مركز قصورها  $G$  وكتلتها  $m=400 \text{ kg}$ ، أثناء رفعها.

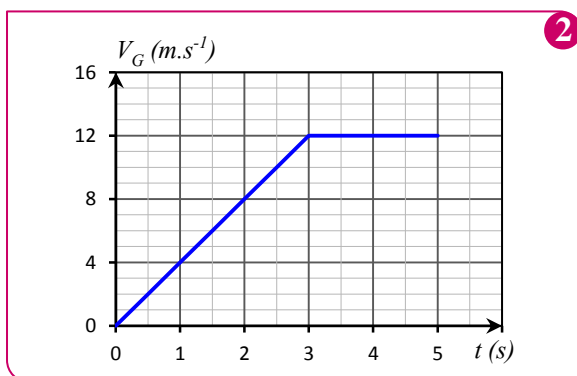
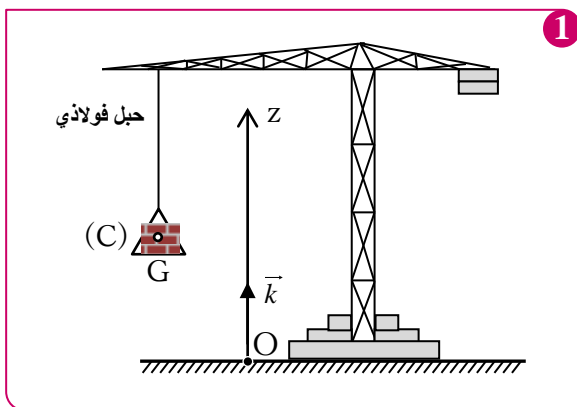
خلال الحركة، يطبق الحبل الفولاذي على  $(C)$  قوة ثابتة متجهتها  $\vec{T}$ . ندرس حركة  $G$  في معلم  $(O, \vec{k})$  مرتبط بالأرض نعتبره غاليليا. شكل 1. بعد معالجة شريط حركة  $(C)$  بواسطة برنم مناسب، نحصل على المنحنى الممثل في الشكل 2 الذي يمثل السرعة  $v_G(t)$ .

• نأخذ شدة الثقالة:  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$ .

• نهمل جميع الاحتكاكات.

1 حدد طبيعة حركة مركز القصور  $G$  في كل من المجالين الزمنيين  $[0 ; 3s]$  و  $[3s ; 4s]$ .

2 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد شدة القوة  $\vec{T}$  التي يطبقها الحبل الفولاذي في كل من المجالين الزمنيين  $[0 ; 3s]$  و  $[3s ; 4s]$ .



**Type BAC** | 30 min | 10° تمرين رقم

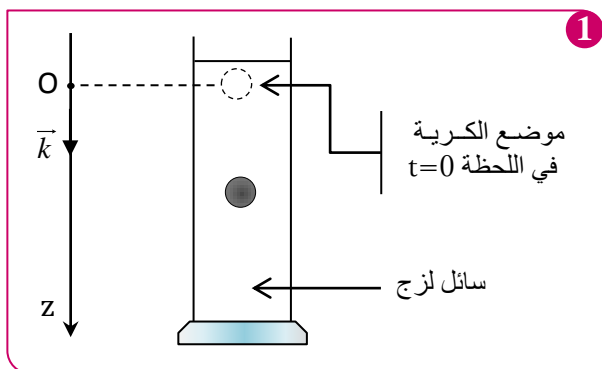
تتمكن دراسة سقوط جسم صلب متجانس في سائل لزج من تحديد بعض المقادير الحركية ولزوجة السائل المستعمل. نملاً أنبوباً مدرجاً بسائل لزج وشفاف كتلته الحجمية  $\rho$  ثم نسقط فيه كرة متجانسة كتلتها  $m$  ومركز قصورها  $G$  بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t=0$ . ندرس حركة  $G$  بالنسبة لمعلم أرضي نعتبره غاليليا.

نمعلم حركة  $G$  عند لحظة  $t$  بالأنسوب  $z$  على محور  $(O, \vec{k})$  رأسي ووجهه نحو الأسفل (شكل 1).

نعتبر أن موضع  $G$  منطبق مع أصل المحور  $(O, \vec{k})$  عند أصل التواريخ وأن دافعة أرخميدس  $F_A$  غير مهملة بالنسبة لباقي القوى.

ننمذج تأثير السائل على الكرة أثناء حركتها بقوة احتكاك  $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}_G$  حيث  $\vec{v}_G$  متجهة سرعة  $G$  عند لحظة  $t$  و  $k$  معامل ثابت.

- معطيات : شعاع الكرة:  $r = 6,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  ;
- كتلة الكرة :  $m = 4,10 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$  ;



1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية لحركة  $G$

تكتب على شكل  $\frac{dv_G}{dt} + A \cdot v_G = B$  ، محددًا تعبير  $A$  بدلالة  $k$  و

$m$  وتعبير  $B$  بدلالة شدة الثقالة  $g$  و  $m$  و  $\rho$  و حجم الكرة.

2 تحقق أن التعبير  $v_G = \frac{B}{A} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  حل للمعادلة التفاضلية، حيث  $\tau = \frac{1}{A}$  الزمن المميز للحركة.

3 أكتب تعبير السرعة الحدية  $v_{lim}$  لمركز قصور الكرة بدلالة  $A$  و  $B$ .

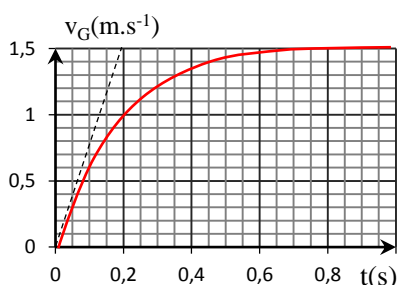
4 نحصل بعدة معلوماتية ملائمة على المنحنى أسفله، حدد  $v_{lim}$  و  $\tau$ .

5 أوجد قيمة المعامل  $k$ .

6 يتغير المعامل  $k$  مع شعاع الكرة و معامل اللزوجة  $\eta$  للسائل وفق العلاقة  $k = 6 \pi \eta r$ . حدد قيمة  $\eta$  للسائل المستعمل.

7 تكتب المعادلة التفاضلية لحركة  $G$  على شكل:  $\frac{dv}{dt} = 7,57 - 5v$

باعتقاد طريقة أولير و معطيات الجدول أوجد قيمتي  $a_1$  و  $v_2$ .

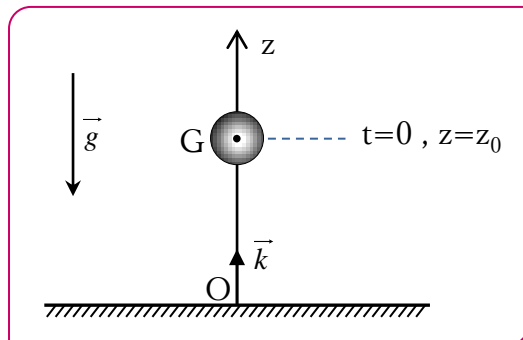


t (s)	$v_G$ (m.s <sup>-1</sup> )	a (m.s <sup>-2</sup> )
0	0	7,57
0,033	0,25	$a_1$
0,066	$v_2$	5,27

**Type BAC** | 30 min | 8° تمرين رقم

ندرس السقوط الحر لكرية كتلتها  $m$  في الفراغ. عند اللحظة  $t=0$  نحرر الكرة من ارتفاع  $z_0 = 100 \text{ m}$  بدون سرعة بدئية. نمعلم موضع الكرة عند اللحظة  $t$  على المحور الرأسي  $(O, \vec{k})$  لوجهه نحو الأعلى.

● نأخذ :  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$  ;



1 عرف السقوط الرأسي الحر.

2 اجد القوى المطبقة على الكرة، و اعط تعبيرها المتجهي.

3 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد تعبير متجهة التسارع  $\vec{a}_G$ . استنتج طبيعة حركة الكرة.

4 حدد تعبير متجهة السرعة و متجهة الموضع للكرية.

5 اكتب المعادلات الزمنية  $v_z(t)$  و  $z(t)$ .

6 أ- استنتج عند أي لحظة تلمس الكرة الأرض ؟

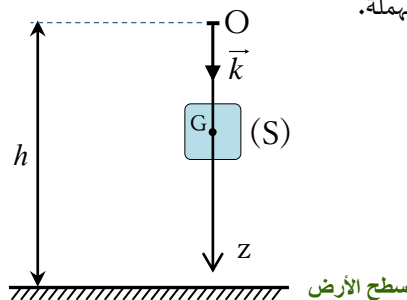
ب- ما سرعة الكرة عند هذه اللحظة (لحظة لمس السطح) ؟

**Type BAC** | 25 min | 9° تمرين رقم

توصل نيوتن إلى اكتشاف قانون التجاذب الكوني ، بعد تأمله في سقوط تفاحة. كما صاغ القانون الأساسي للحرك الذي يعرف بالقانون الثاني لنيوتن الذي يفسر حركة الأجسام .

عند اللحظة  $t=0$ ، نحرر بدون سرعة بدئية من موضع  $O$  يوجد على ارتفاع  $h = 100 \text{ m}$  من سطح الأرض، جسماً صلباً متجانساً كتلته  $m$ . ندرس حركة الجسم  $(S)$  في معلم  $R(O, z)$  مرتبط بالارض.

● الاحتكاكات مهملة.



1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها

سرعة مركز قصور الجسم  $(S)$  في المعلم  $R(O, z)$ .

2 استنتج طبيعة حركة الجسم  $(S)$ .

3 أكتب المعادلة الزمنية  $z(t)$  لحركة  $G$ .

4 علماً أن الجسم  $(S)$  يلمس سطح الأرض عند اللحظة  $t = 4,51 \text{ s}$

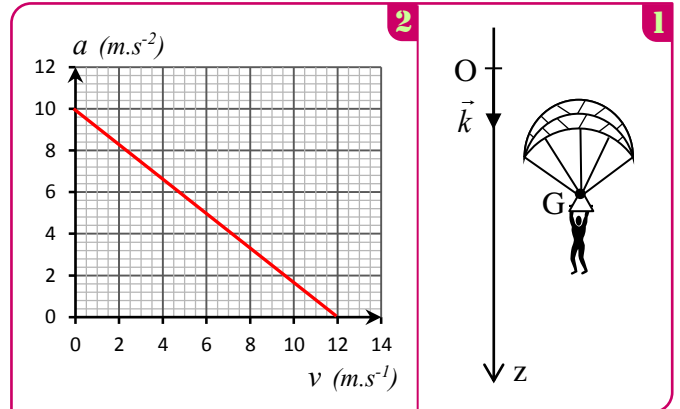
أحسب قيمة تقريبية لشدة الثقالة  $g$ .

5 أحسب سرعة الجسم  $(S)$  عند اللحظة  $t = 2,00 \text{ s}$ .

تمرين رقم 11° | 25 min | Appli

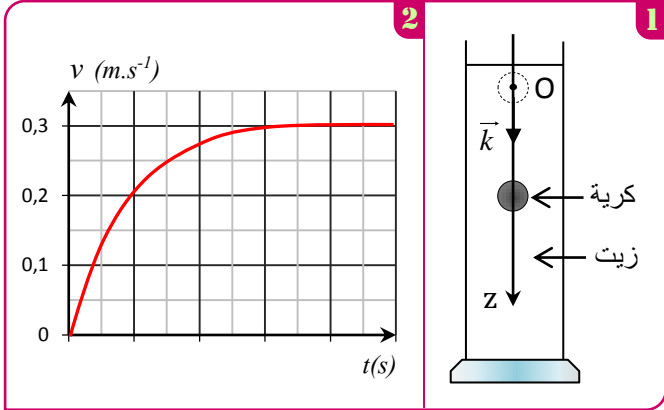
- يسقط مظلي كتلته مع لوازمه  $m=100\text{kg}$  سقوطا رأسيا من نقطة O بدون سرعة بدئية بالنسبة لمعلم أرضي محور  $(O, \vec{k})$  موجه نحو الأسفل. يخضع المظلي اثناء سقوطه إلى قوة مقاومة الهواء شدتها:  $f = k \cdot v$  (بحيث  $k$  معامل ثابت موجب).
- نهمل دافعة أرخميدس.

بواسطة عدة تجريبية و معلوماتية ملائمة تم الحصول على منحنى تغيرات التسارع  $a$  لمركز قصور المظلي بدلالة السرعة  $v$ . (الشكل 2).  
نرمز ب  $g$  لشدة مجال الثقالة.



- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية لحركة المظلي تكتب على شكل:  $\frac{dv}{dt} + A.v = B$ .
- حيث  $A$  و  $B$  ثابتان يجب تحديد تعبيرهما بدلالة  $m$  و  $k$  و  $g$ .
- حدد مبيانيا شدة مجال الثقالة  $g$  و السرعة الحدية  $v_{lim}$ .
- احسب قيمة الثابتين  $A$  و  $B$ .
- استنتج قيمة المقدار  $k$  محددًا وحدته.
- عند اللحظة  $t_0=0$  ينطلق المظلي من النقطة O بدون سرعة بدئية. باعتمادك على طريقة أولير، احسب قيمة السرعتين  $v_1$  و  $v_2$  عند اللحظتين  $t_1$  و  $t_2$ ، و التسارع  $a_2$  عند اللحظة  $t_2$ .  
ناخذ  $\Delta t=0,1\text{s}$  كخطوة للحساب.

- ندرس حركة الكرة في معلم  $(O, \vec{k})$  مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا.
- تخضع الكرة أثناء حركتها داخل الزيت إلى القوى التالية:
- دافعة أرخميدس:  $\vec{F} = -\rho_0 \cdot V \cdot g \cdot \vec{i}$ .
- وزنها:  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ ، مع  $m$  كتلة الكرة.
- قوة الاحتكاك المائع:  $\vec{f} = -6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \cdot \vec{i}$ ، مع  $v$  سرعة الكرة.



1 بين أن المعادلة التفاضلية لحركة الكرة تكتب على الشكل التالي:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = C$$

مع تحديد تعبير الثابتة  $C$  بدلالة  $g$  و  $\rho$  و  $\rho_0$ ، و تعبير الثابتة  $\tau$  (الزمن المميز) بدلالة  $\rho$  و  $r$  و  $\eta$ .

2 أثبت أن تعبير السرعة الحدية  $v_{lim}$  يكتب على شكل:

$$v_{lim} = \frac{2 \cdot g \cdot r^2}{9 \cdot \eta} (\rho - \rho_0)$$

3 يمثل المنحنى أعلاه تغير سرعة الكرة بدلالة الزمن، حدد قيمة السرعة الحدية  $v_{lim}$ ، ثم استنتج معامل اللزوجة  $\eta$  للزيت.

4 المعادلة التفاضلية للحركة تكتب على شكل  $\frac{dv}{dt} = 6,15 - 22,15 \cdot v$ .

بتطبيق طريقة أولير حدد قيمة السرعتين  $v_1$  و  $v_2$  عند اللحظتين  $t_1$  و  $t_2$ ، علما أن خطوة الحساب هي  $\Delta t = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  وأن الكرة تنطلق بدون سرعة بدئية  $v_0=0$ .

تمرين رقم 13° | 35 min | Type BAC

قياس معامل اللزوجة للغليسرين

في هذا التمرين سندرس حركة السقوط لكرية فلزية شعاعها  $r$  و كتلتها  $m$ ، في سائل لزج من الغليسرين معامل لزوجه  $\eta$ .  
ننمذج قوة الاحتكاك المائع المطبقة من طرف السائل على الكرة أثناء حركتها بـ  $\vec{f} = -6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot \vec{v}$ .

معطيات:

- الكتلة الحجمية للكرية الفلزية:  $\rho = 7800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- الكتلة الحجمية للغليسرين:  $\rho_0 = 1260 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- تسارع الثقالة:  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- شعاع الكرة:  $r = 1,6 \text{ mm}$ ; حجم الكرة:  $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ .
- دافعة أرخميدس المطبقة من طرف الغليسرين:  $F_A = \rho_0 \cdot V \cdot g$ .

تمرين رقم 12° | 25 min | Type BAC

يخضع كل جسم صلب مغمور في مائع إلى دافعة أرخميدس، وإذا كان هذا الجسم في حركة إزاحة داخل المائع فإنه يخضع كذلك إلى قوة احتكاك مائع.  
يهدف هذا التمرين إلى تحديد  $\eta$  معامل لزوجة الزيت، بدراسة حركة كرية من الزجاج داخل أنبوب مملوء بالزيت.

معطيات:

- الكتلة الحجمية للزجاج:  $\rho = 2600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- الكتلة الحجمية للزيت:  $\rho_0 = 970 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- تسارع الثقالة:  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- شعاع الكرة:  $r = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ .
- حجم الكرة:  $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ .

ينطبق موضع G مع أصل المحور  $(O, \vec{j})$  عند أصل التواريخ  $(t=0)$ .  
ننمذج تأثير الهواء على الجسم (S) أثناء حركته بالقوة:  $\vec{f} = -k \cdot v^2 \vec{j}$   
حيث  $\vec{v}$  متجهة سرعة G عند لحظة t و  $k=2,7$  في النظام العالمي للوحدات.

نهمل تأثير دافعة أرخميدس أمام القوى الأخرى المطبقة على (S).

1 اعتمادا على معادلة الأبعاد، حدد وحدة الثابتة k في النظام العالمي للوحدات.

2 أثبت أن المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة v تكتب كما يلي:

$$\frac{dv}{dt} + 9 \cdot 10^{-2} \cdot v^2 = 9,8$$

3 حدد السرعة الحدية  $V_{lim}$  للحركة.

4 علما أن سرعة مركز القصور G عند لحظة  $t_1$  هي

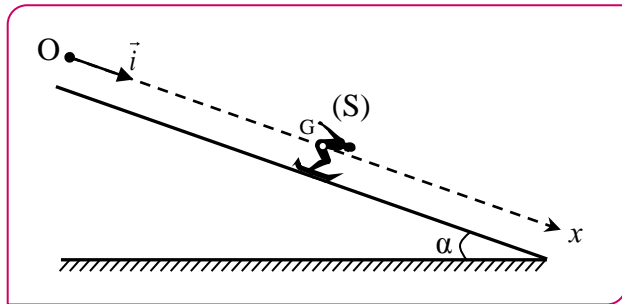
$v_1 = 2,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ، أوجد باعتماد طريقة أولير سرعتة  $v_2$  عند

اللحظة  $t_2 = t_1 + \Delta t$ ، حيث خطوة الحساب هي  $\Delta t = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ .

### تمرين رقم 15° | 15 min | Type BAC

يمثل الشكل أسفله منحدرًا للترزج وهو عبارة عن مسار مستقيمي مائل بزاوية  $\alpha = 13^\circ$ .

• **نعطي:** كتلة المتزج ولوزامه  $m = 60 \text{ kg}$  و  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



تخضع المجموعة (S) خلال حركتها لنوعين من الاحتكاكات:

أ- احتكاكات التماس بين السطح المائل و المجموعة (S)

ننمذجها بقوة ثابتة  $\vec{f}_1 = -6 \cdot \vec{i}$ .

ب- احتكاكات ناتجة عن تأثير الهواء، ننمذجها بالقوة

$\vec{f}_2 = -0,06 \cdot v^2 \cdot \vec{i}$  حيث v سرعة مركز القصور G.

1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أثبت أن المعادلة التفاضلية التي

تحققها v تكتب على شكل:  $\frac{dv}{dt} + 10^{-3} \cdot v^2 = 2,1$ .

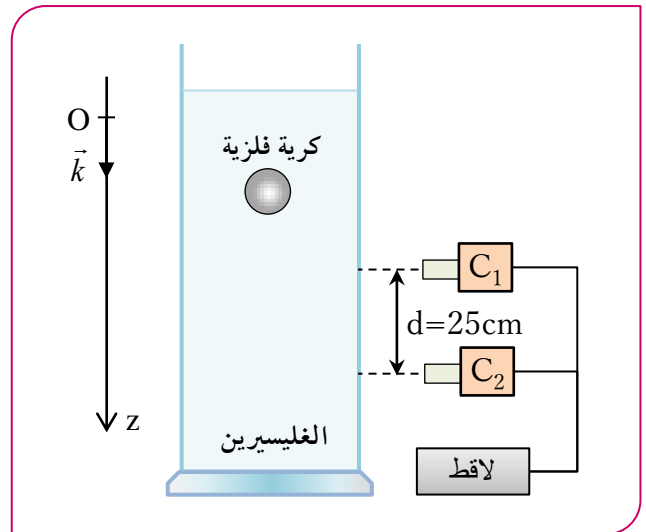
2 استنتج قيمة السرعة الحدية  $V_{lim}$ .

3 باعتماد الجدول أسفله وباستعمال طريقة أولير، احسب القيمتين

$a_{i+1}$  و  $v_{i+2}$ .

t(s)	v (m.s <sup>-1</sup> )	a (m.s <sup>-2</sup> )
$t_i = 3,6$	7,503	2,044
$t_{i+1} = 4,0$	8,320	$a_{i+1}$
$t_{i+2} = 4,4$	$v_{i+2}$	2,017

نملاً أنبوباً زجاجياً شفافاً بالجليسرين ثم نسقط فيه الكرة الفلزية،  
تنطلق الكرة من النقطة O عند اللحظة  $t=0$  بدون سرعة بدئية.  
لدراسة حركة الكرة نختار محورا  $(O, \vec{k})$  موجه نحو الأسفل.



1 اجرد القوى المطبقة على الكرة ومثلها على الشكل بعد نقله.

2 بين أن المعادلة التفاضلية للحركة تكتب على شكل:

$$\tau \frac{dv}{dt} + v = A$$

مع تحديد الثابتين A و  $\tau$  بدلالة r و g و  $\rho$  و  $\rho_0$  و  $\eta$ .

3 استنتج أن تعبير السرعة الحدية  $v_{lim}$  يكتب على الشكل التالي:

$$v_{lim} = \frac{2g r^2}{9\eta} (\rho - \rho_0)$$

4 يبدأ النظام الدائم عندما تصل الكرة إلى اللاقط الأول  $C_1$  حيث

تبقى سرعة الكرة ثابتة. يمكن اللاقط الثاني  $C_2$  من قياس المدة

الزمنية  $\Delta t$  التي تستغرقها الكرة لقطع المسافة  $d = 25 \text{ cm}$

(انظر الشكل أعلاه).

أ- علما أن  $\Delta t = 1 \text{ s}$ ، حدد قيمة السرعة الحدية  $v_{lim}$ .

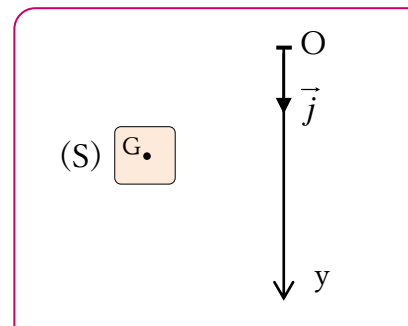
ب- استنتج قيمة معامل اللزوجة  $\eta$  للجليسرين مع تحديد الوحدة.

ج- استنتج قيمة الزمن المميز  $\tau$  للنظام البدئي.

### تمرين رقم 14° | 20 min | Type BAC

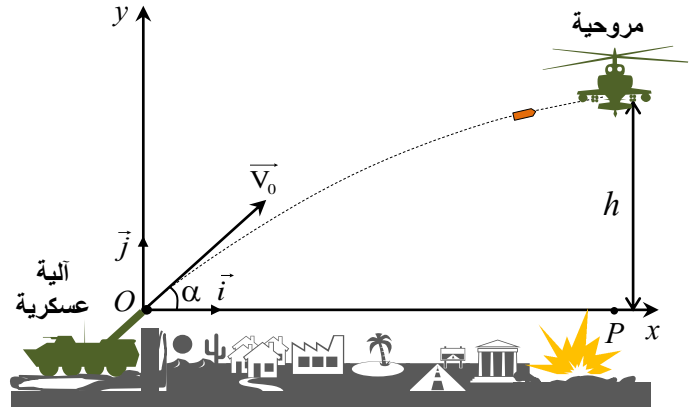
عند ارتفاع معين، يسقط جسم صلب (S) كتلته  $m = 30 \text{ kg}$ ، بدون سرعة بدئية.

• **نعطي:**  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .



تمرين رقم 16° | 20 min | Appli

في الرسم أسفله، تم تمثيل وضعية دفاع حربية الهدف منها هو إسقاط مروحية مقاتلة بواسطة آلية عسكرية خاصة. لإسقاط المروحية يرمج الجندي مدفع الآلية على زاوية  $\alpha$  بالنسبة للمستوى الأفقي بعد ذلك يتم إطلاق قذيفة كتلتها  $m$  فتغادر فوهة المدفع بسرعة بدئية  $\vec{V}_0$  تكون زاوية  $\alpha$  مع الخط الأفقي عند اللحظة  $t=0$ .



- معطيات: جميع الاحتكاكات مهملة.
- $OP=1 \text{ km}$  ;  $h=400 \text{ m}$
- $g=10 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $\alpha=45^\circ$

- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيتون، أوجد تعبير المعادلتين الزميتين  $x(t)$  و  $y(t)$  لحركة القذيفة في المعلم  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ .
- 2 استنتج أن تعبير معادلة المسار يكتب على الشكل التالي: 
$$y = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha$$
- 3 حدد قيمة السرعة البدئية  $V_0$  التي تمكن من إصابة المروحية.
- 4 تغادر القذيفة فوهة المدفع عند اللحظة  $t=0$ . في أية لحظة تصل القذيفة إلى المروحية؟

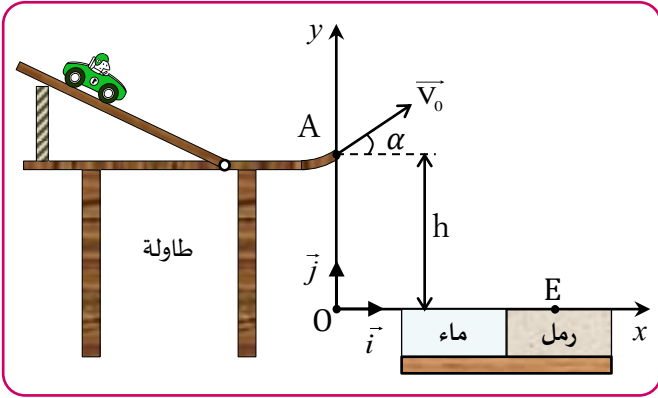
تمرين رقم 17° | 25 min | Type BAC

يمثل الشكل جانبه رسم مبسط للعبة أطفال. يرتكز مبدأ اللعبة على إسقاط السيارة في الرمل أي في النقطة E وتجنب سقوطها في الماء. يتكون مسار السيارة من جزء مستقيمي مائل و جزء مستقيمي أفقي و جزء دائري. عندما تصل السيارة إلى النقطة A تغادرها بسرعة منظما  $V_A$  يكون اتجاهها زاوية  $\alpha$  مع الخط الأفقي. نمذج السيارة بنقطة مادية كتلتها  $m$ . ونهمل جميع الاحتكاكات

• معطيات:

انظر الرسم التالي:

- $\alpha=30^\circ$
- $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- $OE=80 \text{ cm}$
- $OA=h=50 \text{ cm}$



ندرس الحركة في معلم متعامد ممنظم  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

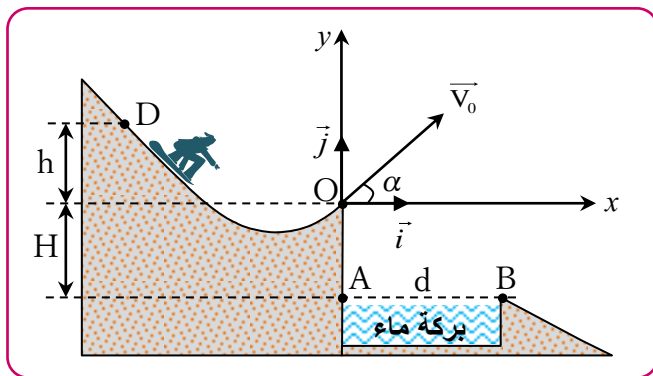
- 1 أوجد المعادلتين الزميتين  $x(t)$  و  $y(t)$  لحركة السيارة.
- 2 بين أن تعبير معادلة المسار في المعلم  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$  يكتب على شكل:

$$y(x) = -\frac{g}{2V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha + h$$

- 3 حدد قيمة السرعة البدئية  $V_A$  لكي تسقط السيارة في النقطة E. (أي لتسقط في الرمل؛ حيث تكون المحاولة ناجحة).
- 4 حدد اللحظة  $t_E$  التي تصل فيها السيارة إلى النقطة E.
- 5 أوجد قيمة  $X_S$  أفصول قمة مسار السيارة.

تمرين رقم 18° | 20 min | Type BAC

يتزلج متزلج على سطح جبل مكسو بطبقة من الجليد توجد في سفحه بركة ماء. يبين الشكل التالي مكان بركة الماء بالنسبة للنقطة O التي يكون عندها المتزلج مضطرا لمغادرة سطح الجبل بسرعة  $\vec{V}_0$  تكون متجهتها زاوية  $\alpha$  مع المستقيم الأفقي. انطلق المتزلج من نقطة D توجد على ارتفاع  $h$  بالنسبة للمستوى الأفقي المار من النقطة O.



في إحدى المحاولات، مر المتزلج من النقطة O أصل المعلم بسرعة معينة فسقط في بركة الماء. نريد تحديد القيمة الدنيا  $h_m$  للارتفاع  $h$  للنقطة D التي يجب أن ينطلق منها المتزلج، بدون سرعة بدئية، لكي لا يسقط في بركة الماء.

- معطيات: كتلة المتزلج ولوازمه:  $m=60 \text{ kg}$
- $H=0,50 \text{ m}$  ;  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$
- $\alpha=30^\circ$  ;  $d=AB=10 \text{ m}$
- جميع الاحتكاكات مهملة.



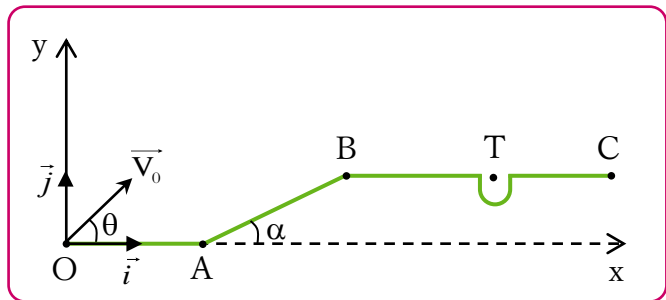
**تمرين رقم 20°** | 20 min | Type BAC

**دراسة حركة كرة الغولف في مجال الثقالة المنتظم**

يتكون أحد مدارات ملعب الغولف من 3 أجزاء:

- جزء أفقي OA طوله  $OA=2,2$  m
- جزء AB طوله  $AB=4$  m ومائل بزاوية  $\alpha=24^\circ$
- جزء BC أفقي به حفرة مركزها T يبعد عن النقطة B بالمسافة  $BT=2,1$  m

توجد النقط B و T و C على استقامة واحدة. (الشكل أسفله)  
نهمل تأثير الهواء و أبعاد كرة الغولف.



تتم دراسة حركة الكرة في المعلم  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  المرتبط بالأرض نعتبره غاليليا. عند اللحظة  $t=0$ ، تم ارسال كرة الغولف من النقطة O نحو المركز T للحفرة بسرعة بدئية  $V_0=10 \text{ m.s}^{-1}$ . تكون المتجهة  $\vec{V}_0$  زاوية  $\theta=45^\circ$  مع المحور الأفقي (Ox).

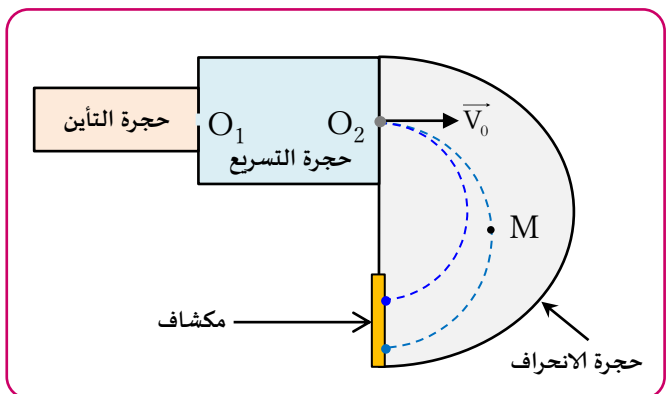
- 1 تطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلتين الزميتين  $x(t)$  و  $y(t)$  لحركة الكرة.
- 2 استنتج معادلة مسار الكرة.
- 3 حدد قيمة  $x_G$  أفصول قمة مسار الكرة.
- 4 تحقق أن الكرة تمر من النقطة T مركز الحفرة.

**تمرين رقم 21°** | 20 min | Appli

راسم الطيف للكتلة جهاز يمكن من فرز أيونات ذات كتل أو شحن مختلفة.

نريد فرز الأيونات  $^{22}_{11}\text{Na}^+$  عن الأيونات  $^{24}_{11}\text{Na}^+$  كتلتاهما بالتتابع هما:  $m_1=36,5 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$  و  $m_2=39,8 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ . لهذا الغرض نستعمل راسم الطيف المبين في الشكل أسفله.

- نهمل وزن الأيونات أمام القوى الأخرى.



- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها كل من إحداثي متجهة سرعة المتزلج في المعلم  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ .
- 2 بين أن معادلة المسار تكتب في المعلم الديكارتي على الشكل التالي:

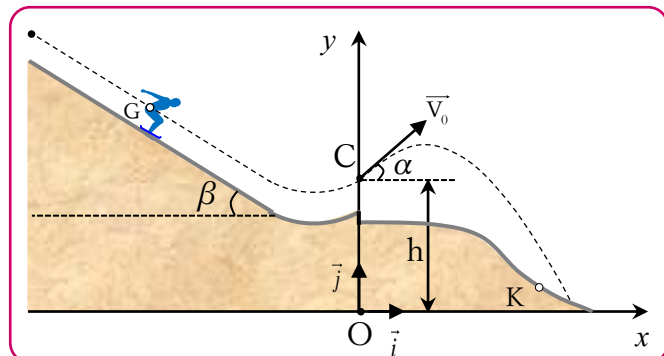
$$y(x) = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha$$

- 3 بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين D و O بين أن تعبير السرعة البدئية عند النقطة O يكتب على شكل:  $V_0 = \sqrt{2g \cdot h}$
- 4 حدد القيمة الدنيا  $h_m$  للارتفاع h لكي لا يسقط المتزلج في بركة الماء.

**تمرين رقم 19°** | 20 min | Type BAC

يعتبر القفز التزلجي من الرياضات الشتوية المشهورة حيث ينزلق فيها المتسابق وفق منحدر ليقفز في الهواء بسرعات تصل قيمتها إلى 95km/h تقريبا وتكون متجهاتها زاوية تقارب  $11^\circ$  مع المستوى الأفقي، وذلك لتحقيق أحسن إنجاز ممكن.

تتكون حلبة السباق من منحدر مستقيمي مائل بزاوية  $\beta$  بالنسبة للمستوى الأفقي ومن جزء مقعر ومنطقة سقوطه على الجليد شكلها منحنى (انظر الشكل أسفله).



يمر المتسابق عبر الجزء المقعر ليقفز في الهواء من الموضع C بسرعة بدئية  $\vec{V}_0$  تكون زاوية  $\alpha$  مع المستوى الأفقي المار من C. لدراسة حركة G في مجال الثقالة المنتظم نختار معلما متعامدا ممنظما  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$  ونعتبر لحظة مرور G من C أصلا للتواريخ  $t=0$ .

**• معطيات:**

- $OC=h=86 \text{ m}$  ;  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$
- $\alpha=11^\circ$  ;  $V_0=25 \text{ m.s}^{-1}$
- جميع الاحتكاكات مهملة.

- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن تعبير المعادلتين الزميتين  $x(t)$  و  $y(t)$  لحركة G هما:

$$\begin{cases} x(t) = (V_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (V_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t + h \end{cases}$$

- 2 استنتج التعبير الحرفي لمعادلة المسار  $y=f(x)$ .
- 3 احسب قيمة  $V_G$  سرعة المتزلج عند اللحظة  $t=4 \text{ s}$ .
- 4 تعتبر القفزة ناجحة إذا تجاوز المتسابق عند سقوطه، الموضع المعلم بالحرف K أفصوله  $x_K=90 \text{ m}$ . يسقط المتسابق على الجليد عند اللحظة  $t=4 \text{ s}$  في موضع يكون أفصول G هو  $x_G$ . تحقق أن قفزة المتسابق كانت ناجحة.



- حدد الاتجاه والمنحى و الشدة لقوة لورنتز المطبقة على الدقيقة  $Li^+$  في النقطة O .
- حدد منحى المتجهة  $\vec{B}$  مستعملا الرمز  $\odot$  إذا كان نحو الأمام أو الرمز  $\otimes$  إذا كان نحو الخلف.
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع غاليلي، بين أن حركة الأيون  $Li^+$  حركة منتظمة و مسارها دائري يكتب على شكل:

$$R_{Li} = \frac{m_{Li} \cdot V}{e \cdot B}$$

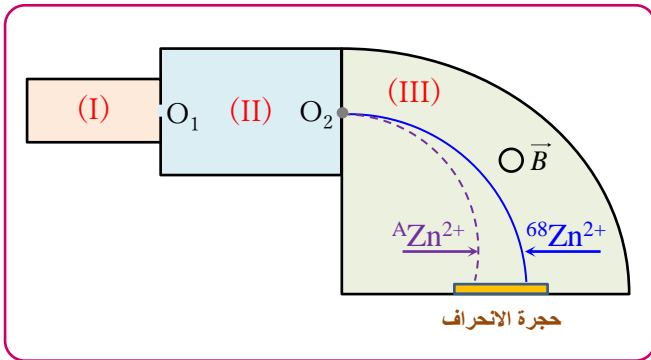
- باستغلال معطيات الشكل 1، حدد النسبة  $\frac{R_X}{R_{Li}}$ ، حيث شعاع مسار الدقيقة  $X^{2+}$ .
- تعرف، معللا جوابك، على الدقيقة  $X^{2+}$  علما أنها توجد ضمن الأيونات الثلاثة المقترحة في الجدول التالي:

الأيون	$^{40}_{20}Ca^{2+}$	$^{26}_{12}Mg^{2+}$	$^{24}_{12}Mg^{2+}$
كتلة الأيون بـ (u)	39,952	25,983	23,985

### تمرين رقم 23° | 25 min | Type BAC

راسم الطيف للكتلة لجهاز يمكن من فرز أيونات ذات شحن مختلفة أو كتل مختلفة، ويتكون من:

- حجرة التأين (I).
- حجرة التسريع (II).
- حجرة الانحراف (III).



نضع في حجرة التأين خليطا من نظيري عنصر الزنك بحيث تتحول أيوناته إلى  $^{68}Zn^{2+}$  و  $^{A}Zn^{2+}$  ذات الكتلة على التوالي  $m_1$  و  $m_2$ . في الحجرة (II) يتم تسريع هذه الأيونات بعد خروجها من الثقب  $O_1$  بسرعة مهمة.

#### معطيات:

- كتلة الأيون  $^{68}Zn^{2+}$  :  $m_1 = 1,13 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
- $E = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- شعاع مسار الأيون  $^{68}Zn^{2+}$  :  $R_1 = 26,6 \text{ cm}$
- شعاع مسار الأيون  $^{A}Zn^{2+}$  :  $R_2 = 27 \text{ cm}$
- كتلة البروتون = كتلة النيوترون =  $m$  بحيث:
- $m = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- نهمل كتلة الإلكترون.

تتحول ذرات الصوديوم في حجرة التأين إلى أيونات  $Na^+$  التي تغادر هذه الحجرة عند الثقب  $O_1$  ثم تسرع في حجرة التسريع. لتكن  $V_1$  و  $V_2$  بالتتابع سرعة الأيونين  $^{22}Na^+$  و  $^{24}Na^+$  عند مرورهما بالثقب  $O_2$ . بعد خروج الأيونات من الثقب  $O_2$  تدخل إلى حجرة الانحراف التي يوجد بها مجال مغناطيسي منتظم متجهته  $\vec{B}$ .

• معطيات:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$B = 0,2 \text{ T}$

$V_1 = 93600 \text{ m.s}^{-1}$

$V_2 = 89700 \text{ m.s}^{-1}$

- أنقل الشكل إلى ورقة تحريرك و مثل عليه في النقطة M متجهة المجال المغناطيسي  $\vec{B}$  باستعمال الرمز  $\odot$  إذا كان المنحى نحو الأمام أو الرمز  $\otimes$  إذا كان المنحى نحو الخلف.
- بين أن سرعة الأيونات داخل حجرة الانحراف ثابتة.
- بين أن تعبير شعاع مسار الأيون  $^{22}Na^+$  هو:  $R_1 = \frac{m_1 \cdot V_1}{e \cdot B}$ . استنتج تعبير شعاع مسار الأيون الثاني  $^{24}Na^+$ .
- لتكن  $M_1$  و  $M_2$  بالتتابع نقطتي اصطدام الأيونين  $^{22}Na^+$  و  $^{24}Na^+$  بالمكشاف. أحسب المسافة  $M_1M_2$ .

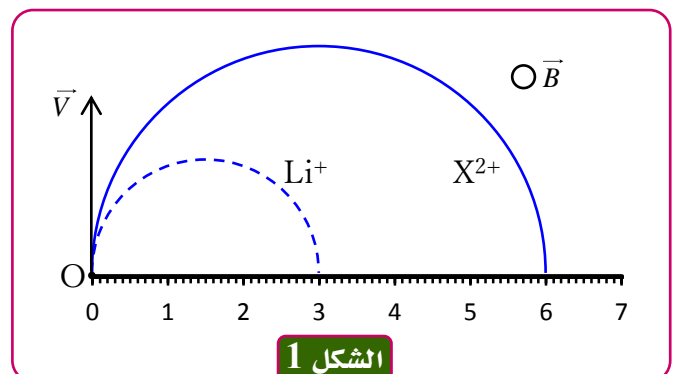
### تمرين رقم 22° | 25 min | Type BAC

#### دراسة حركة دقيقة مشحونة في مجال مغناطيسي منتظم

تدخل دقيقتان مشحونتان  $Li^+$  و  $X^{2+}$  من نقطة O، بنفس السرعة البدئية متجهتها  $\vec{V}$ ، في حيز من الفضاء به مجال مغناطيسي منتظم، متجهته  $\vec{B}$  عمودية على المتجهة  $\vec{V}$ . تمثل  $q_X$  و  $m_X$  على التوالي الشحنة الكهربائية و الكتلة للدقيقة  $X^{2+}$ . نعتبر أن  $Li^+$  و  $X^{2+}$  تخضعان فقط لقوة لورنتز (Lorentz).

#### معطيات:

- السرعة البدئية:  $V = 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- شدة المجال المغناطيسي:  $B = 0,5 \text{ T}$
- قيمة الشحنة الابتدائية:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- كتلة الأيون  $Li^+$  :  $m_{Li} = 6,015 \text{ u}$
- $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- يمثل الشكل أسفله مساري الدقيقتين في المجال المغناطيسي  $\vec{B}$ ؛
- نذكر أن تعبير قوة لورنتز هو:  $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$ .

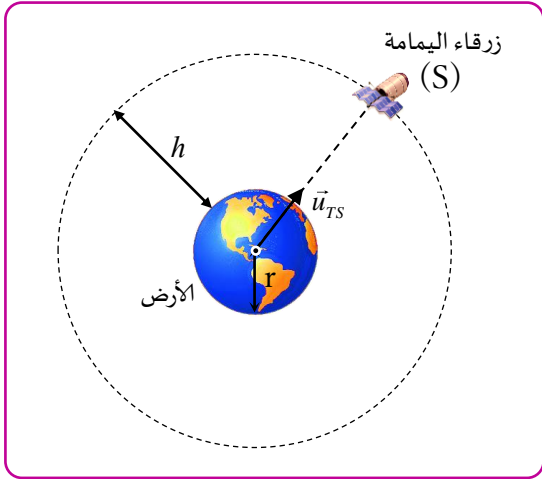


الشكل 1

**Type BAC** | **30 min** | **25° تمرين رقم**

زرقاء اليمامة، قمر اصطناعي مغربي يقوم بمهام مراقبة الحدود الجغرافية للمملكة وبالتواصل والاستشعار عند بعد وقد انجز هذا القمر من طرف خبراء المركز الملكي للاستشعار البعدي بتعاون مع خبراء دوليين. تم وضع زرقاء اليمامة في مداره يوم 10 دجنبر 2001 على ارتفاع  $h$  من سطح الأرض.

ينجز هذا القمر الاصطناعي حوالي 14 دورة حول الأرض في يوم واحد. نفترض أن مسار القمر (S) دائريا، ونعتبر أن الأرض ذات تماثل كروي لتوزيع الكتلة، كما نهمل أبعاد (S) أمام المسافة الفاصلة بينه وبين مركز الأرض.



- ◆ **نعطي:** ◆ ثابتة التجاذب الكوني:  $G=6,67.10^{-11}(\text{SI})$  ;  
 ◆ شعاع الأرض:  $r_T=6350\text{km}$  ;  
 ◆ شدة الثقالة على سطح الأرض:  $g_0=9,8\text{m.s}^{-2}$  ;  
 ◆ دور الأرض:  $T=84164\text{s}$  ;  
 ◆ الارتفاع  $h=1000\text{km}$  ;  
 ◆  $\vec{u}_{TS}$  متجهة واحدة موجة من O نحو S.

- 1 انقل تبيانة الشكل أعلاه و مثل عليها متجهة السرعة  $\vec{V}_S$  للقمر الاصطناعي و مثل كذلك متجهة قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على القمر الاصطناعي (S).
- 2 أعط التعبير المتجهي لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على القمر الاصطناعي (S).
- 3 اكتب في أساس فريني، تعبير متجهة التسارع لحركة (S).
- 4 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور (S) :  
 أ- بين أن حركة (S) دائرية منتظمة.  
 ب- اكتب تعبير  $V_S$  بدلالة  $g_0$  و  $r_T$  و  $h$  ; و احسب قيمتها.
- 5 بين أن كتلة الأرض هي  $M_T=6.10^{24}\text{kg}$ .
- 6 بين أن القمر الاصطناعي (S) لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي.
- 7 يقوم قمر اصطناعي (S') بالدوران حول الأرض بسرعة زاوية  $\omega$  بحيث يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي، يستعمل في التوقعات الجوية .  
 أ- أثبت العلاقة:  $\omega^2(r_T+z)^3=cte$  ; حيث  $z$  تمثل المسافة الفاصلة بين سطح الأرض و القمر الاصطناعي .  
 ب- أوجد قيمة  $z$ .

- 1 للأيونين  $^{68}\text{Zn}^{2+}$  و  $^{68}\text{Zn}^{2+}$  نفس الطاقة الحركية عند النقطة  $O_2$ ، أوجد تعبير النسبة  $\frac{V_1}{V_2}$  بدلالة  $m_1$  و  $m_2$ .
- 2 بعد خروج الأيونات من الثقب  $O_2$  تدخل حجرة الانحراف التي يوجد بها مجال مغناطيسي منتظم متجهته  $\vec{B}$  متعامدة مع مستوى الشكل.  
 أ- حدد الاتجاه و المنحى لقوة لورنتز  $\vec{F}$  المطبقة على الدقيقة  $^{68}\text{Zn}^{2+}$  في النقطة  $O_2$ .  
 ب- حدد منحنى المتجهة  $\vec{B}$  مستعملا الرمز  $\otimes$  إذا كان نحو الأمام أو الرمز  $\otimes$  إذا كان نحو الخلف.  
 ج- علما أن حركة دقيقة شحنتها  $q$  و كتلتها  $m$  في مجال مغناطيسي منتظم متجهته  $\vec{B}$  هي حركة دائرية منتظمة، أوجد تعبير مسار الأيون  $^{68}\text{Zn}^{2+}$  بدلالة  $m_1$  و  $e$  و  $B$  و  $V_1$ .
- 3 مستعينا بنتائج السؤالين (1) و (ج) أوجد تعبير النسبة  $\frac{R_1}{R_2}$  بدلالة  $m_1$  و  $m_2$ .
- 4 احسب  $m_2$  ثم استنتج A.

**تمرين رقم 24°** | **15 min** | **Appli**

أجب بصحيح أو خطأ.

1 يتعلق دور حركة كوكب حول الشمس بـ:	
أ	كتلة الكوكب
ب	كتلة الشمس
ج	المسافة الفاصلة بين الكوكب و الشمس
2 يكون لساتل ساكن بالنسبة للأرض:	
أ	دور مداري يساوي سنة
ب	دور مداري يساوي يوم فلكي
ج	مدار دائري ينتمي لمستوى خط الاستواء
3 يمكن زيادة سرعة حكة ساتل في حركة حول كوكب و ذلك:	
أ	بإبقائه في نفس المدار الدائري
ب	بوضعه في مدار شعاعه أصغر
ج	بوضعه في مدار شعاعه أكبر
4 قيمة الثابتة $T^2/r^3 = cte$ هي نفسها بالنسبة:	
أ	لجميع كواكب المجموعة الشمسية
ب	لجميع أقمار كوكب معين
ج	لجميع أقمار و كواكب المجموعة الشمسية
5 المرجع الملائم لدراسة حركة الأرض حول الشمس هو:	
أ	المرجع المركزي الأرضي
ب	المرجع المركزي الشمسي (مرجع كوبرنيك)
ج	معلم فريني.

تمرين رقم 26° | 30 min | Type BAC

يهدف هذا التمرين إلى تحديد شعاع مسار المريخ وسرعته وكتلته. نعتبر أن حركة المريخ في المرجع المركزي الشمسي دائرية، سرعتها  $V$  و شعاع ومسارها  $r$  (نهمل أبعاد المريخ أمام المسافة الفاصلة بينه وبين مركز الشمس).

معطيات:

◆ كتلة الشمس:  $M_S = 2.10^{30} \text{ kg}$

◆ شعاع المريخ:  $R_M = 3400 \text{ km}$

◆ ثابتة التجاذب الكوني:  $G = 6,67.10^{-11} \text{ (SI)}$

◆ دور حركة المريخ حول الشمس:  $T_M = 687 \text{ jours}$

◆  $1 \text{ j} = 86400 \text{ s}$

◆ نعتبر أن للشمس وللمريخ تماثلا كرويا لتوزيع الكتلة.

1 مثل على تبيانة القوة التي تطبقها الشمس (S) على المريخ (M).

2 اكتب بدلالة  $G$  و  $M_S$  و  $M_M$  و  $r$  تعبير الشدة  $F_{S/M}$  لقوة

التجاذب الكوني التي تطبقها الشمس على المريخ.

3 أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن حركة المريخ حركة دائرية

منتظمة.

ب- بين أن:  $\frac{T_M^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$  ؛ وأن  $r = 2,3.10^{11} \text{ m}$

ج- أوجد السرعة  $V$ .

4 نعتبر أن القمر فوبوس (أحد أقمار المريخ القمر الثاني يسمى ديموس)

يوجد في حركة دائرية حول المريخ على المسافة  $Z = 6000 \text{ km}$  من

سطحه. دور هذه الحركة هو  $T_P = 460 \text{ min}$  (نهمل أبعاد القمر

فوبوس أمام باقي الأبعاد).

بدراسة حركة فوبوس في مرجع أصله منطبق مع مركز المريخ والذي

نعتبره غاليليا، أوجد:

أ- الكتلة  $M_M$  للمريخ.

ب- شدة مجال الثقالة  $g_{0M}$  على سطح المريخ وقارنها بالقيمة

$g_{Mex} = 3,8 \text{ N.kg}^{-1}$  التي تم قياسها على سطحه باعتماد

أجهزة متطورة.

تمرين رقم 27° | 25 min | Type BAC

يظهر القمر الاصطناعي نايلسات «NILESAT» ساكنا بالنسبة للملاحظ يوجد على سطح الأرض، وهو يستعمل للاتصالات والبث الإذاعي والتلفزي.

يرتفع القمر نايلسات عن سطح الأرض بالارتفاع  $h$  ويدور حول الأرض وفق مسار دائري.

معطيات:

◆ ثابتة التجاذب الكوني:  $G = 6,67.10^{-11} \text{ (SI)}$

◆ كتلة الأرض:  $M_T = 5,974.10^{24} \text{ kg}$

◆ دور دوران الأرض حول محورها:  $T = 86164 \text{ s}$

◆ شعاع الأرض:  $R_T = 6378 \text{ km}$

1 ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي نايلسات ؟

2 هل يمكن أن يوجد قمر اصطناعي ساكن بالنسبة للأرض فوق مدينة ترجيست ؟ علل جوابك.

3 مثل في تبيانة، وبدون سلم، القمر الاصطناعي في مداره الدائري و متجهة سرعته  $\vec{V}_S$  وقوة التجاذب الكوني  $\vec{F}_{T/S}$  التي تطبقها الأرض.

4 بين أن حركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة.

5 بين أن القانون الثالث لكيبلا يكتب على شكل  $\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = K$  ،

مع تحديد تعبير الثابتة  $K$  بدلالة  $M_T$  و  $G$ .

6 تحقق أن  $h = 3,578.10^4 \text{ km}$ .

تمرين رقم 28° | 30 min | Type BAC

القمر الاصطناعي SPOT 5 هو آخر قمر من سلسلة الأقمار الاصطناعية SPOT ، و هي أقمار مسخرة لأغراض مدنية تهتم بملاحظة و دراسة سطح الأرض.

ينجز القمر SPOT 5. 369 دورة كاملة حول الأرض خلال كل 26 يوما شمسيا متوسطا.

يدور القمر SPOT حول الأرض وفق مدار دائري.

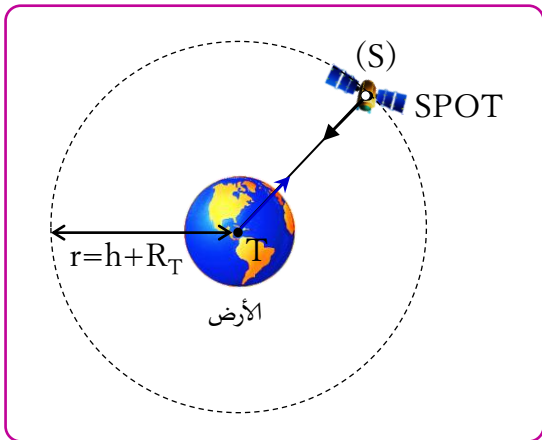
معطيات:

◆ شعاع الأرض:  $R_T = 6387 \text{ km}$

◆ ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض:  $h = 822 \text{ km}$

◆ كتلة القمر الاصطناعي (S):  $m_S = 3000 \text{ kg}$

◆ ثابتة التجاذب الكوني:  $G = 6,67.10^{-11} \text{ (SI)}$



1 ذكر بالقانونين الأول والثاني ولكيبلا.

2 ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي SPOT ؟

3 أعط التعبير المتجهي لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على القمر الاصطناعي ثم مثلها على الشكل.

4 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن حركة القمر الاصطناعي SPOT دائرية منتظمة.

5 أوجد تعبير السرعة  $V$  و الدور المداري  $T$  لهذا القمر الاصطناعي بدلالة  $G$  و  $R_T$  و  $h$  و  $M_T$  كتلة الأرض.

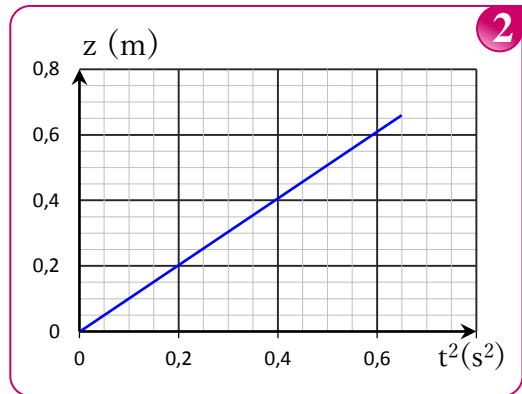
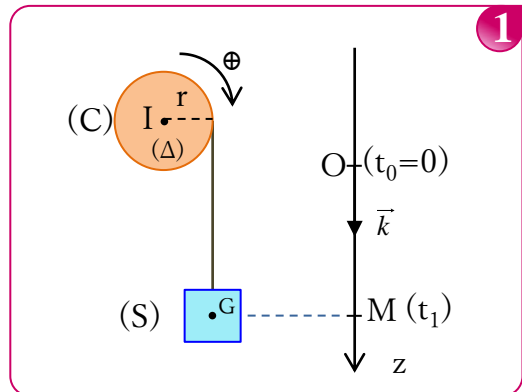
6 بين أن علاقة القانون الثالث لكيبلا تكتب على الشكل التالي:

$$\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_T}$$

7 احسب قيمة الدور المداري  $T$  ثم استنتج كتلة الأرض  $M_T$ .

Appli | 20 min | 29° تمرين رقم

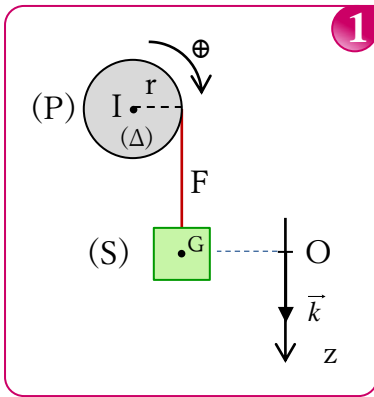
نعتبر أسطوانة (C) متجانسة شعاعها  $r=5\text{cm}$  قابلة للدوران بدون احتكاك حول محور أفقي ( $\Delta$ ) ثابت يمر من مركزها I. ليكن  $J_{\Delta}$  عزم قصور الأسطوانة بالنسبة للمحور ( $\Delta$ ). نلف حول (C) خيطا غير ممدود وذو كتلة مهملة، ونربط بطرفه الأسفل جسما صلبا (S) كتلته  $m_S=50\text{g}$ . الخيط لا يتزلق على الأسطوانة (الشكل 1).  
نحرر الأسطوانة بدون سرعة بدئية في اللحظة ذات التاريخ  $t_0=0$ . الدراسة التجريبية لحركة الجسم (S) مكنت من تخطيط منحنى تغير أنسوب G، مركز قصور (S)، بدلالة  $t^2$  (انظر الشكل 2 أسفله).  
شدة الثقالة:  $g=9,8\text{ m.s}^{-2}$  **نعطي:**



- حدد طبيعة حركة (S).
- عين مبيانيا تسارعه a.
- يقطع (S) مسافة  $h=1\text{m}$  عند اللحظة  $t_1$ . احسب  $t_1$ .
- ما طبيعة حركة الأسطوانة؟
- احسب عدد الدورات التي أنجزتها الأسطوانة خلال المدة الزمنية  $\Delta t=t_1-t_0$ .
- أحسب قيمة T شدة القوة التي يطبقها الخيط على الأسطوانة.
- احسب قيمة  $J_{\Delta}$  عزم قصور الأسطوانة بالنسبة للمحور ( $\Delta$ ).

Appli | 20 min | 30° تمرين رقم

نلف خيطا F غير ممدود وكتلته مهملة، حول مجرى بكرة (P) شعاعها r وعزم قصورها  $J_{\Delta}$  بالنسبة لمحور دوران أفقي ( $\Delta$ ) يمر من مركزها I. يحمل الطرف الآخر للخيط جسما صلبا (S) كتلته m. (انظر الشكل 1).



**نعطي:**

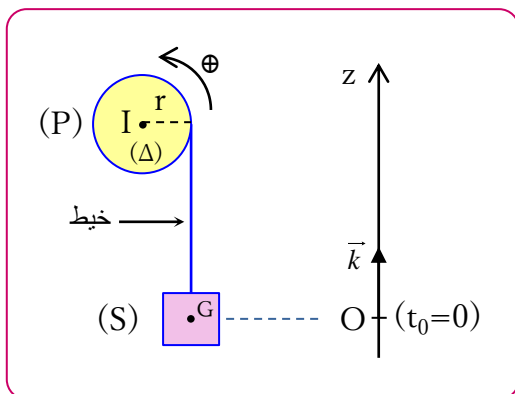
- $J_{\Delta}=10^{-4}\text{kg.m}^2$
- $r=10\text{cm}$
- $m=100\text{g}$
- $g=10\text{m.s}^{-2}$

- نحرر المجموعة عند اللحظة  $t_0$  بدون سرعة بدئية، حيث  $\theta(t_0)=0$ . احسب المسافة d التي يقطعها (S) عندما تنجز البكرة 3 دورات.
- علما أن التسارع الزاوي للبكرة هو  $\ddot{\theta}=91\text{rad.s}^{-2}$ :  
أ- احسب مجموع عزوم القوى المسلطة على البكرة.  
ب- علما أن الاحتكاكات مهملة، احسب قيمة T توتر الخيط.  
ج- حدد المعادلة الزمنية لحركة البكرة  $\theta(t)$ .
- احسب المدة الزمنية  $\Delta t$  لتصل السرعة الزاوية للبكرة إلى القيمة  $\omega=105\text{rad.s}^{-1}$ ، علما أن سرعتها البدئية عند  $t=0$  منعدمة.

Type BAC | 20 min | 31° تمرين رقم

ننمذج رافعة ببكرة (P) شعاعها  $r=20\text{cm}$  قابلة للدوران حول محور أفقي ( $\Delta$ ) ثابت منطبق مع محور تماثلها، وجسم صلب (S) كتلته  $m=50\text{kg}$  مرتبط بالبكرة (P) بواسطة خيط غير ممدود وكتلته مهملة يمر في مجرى البكرة ولا يتزلق عليها أثناء الحركة. يرمز  $J_{\Delta}$  لعزم قصور البكرة (P) بالنسبة لمحور الدوران ( $\Delta$ ). تدور البكرة (P) تحت تأثير محرك يطبق عليها مزدوجة محرك عزمها ثابت  $\mathcal{M}=104,2\text{m.N}$ ، فينتقل الجسم (S) بدون سرعة بدئية نحو الأعلى.

نمعلم حركة مركز القصور G للجسم (S) عند لحظة t بالأنسوب z في المعلم (O,z) الذي نعتبر غاليليا (انظر الشكل أسفله). يكون G منطبق مع أصل المعلم O عند اللحظة  $t_0=0$ .  
شدة الثقالة:  $g=9,8\text{ m.s}^{-2}$  **نعطي:**



- 1 حدد طبيعة حركة الجسم  $S_1$ .
- 2 اكتب المعادلة الزمنية  $x(t)$  لحركة  $S_1$ .
- 3 بين أن عدد الدورات  $n$  المنجزة من طرف البكرة عند اللحظة  $t$  هو
 
$$n = \frac{\ddot{\theta} \cdot t^2}{4\pi}$$
- 4 أ- احسب، عند اللحظة  $t_1=1s$ ، توتر الخيط المطبق على  $S_1$ .  
ب- أوجد  $n$  عدد دورات الأسطوانة عند اللحظة  $t_1$ .  
ج- احسب تسارع نقطة  $M$  من محيط الأسطوانة عند  $t_1$ .
- 5 علما أن  $J_\Delta = \frac{1}{2} M \cdot r^2$ ؛ احسب قيمة  $J_\Delta$ .
- 6 استنتج أن  $M=80 g$ .

### تمرين رقم 33° | 20min | Appli

ندير اسطوانة  $C$  كتلتها  $m=1 kg$ ، وشعاعها  $r=5 cm$  حول محور ثابت  $(\Delta)$  يمر بمركز ثقلها  $G$  إلى أن تصل سرعتها الزاوية  $\omega_0=5 rad/s$ ، ونتركها. علما أن الأسطوانة تتوقف عن الدوران بعد مدة زمنية  $\Delta t=10 s$ ، من لحظة وصول سرعتها الزاوية إلى القيمة  $\omega_0$  بسبب تأثير مزدوجة احتكاك عزمها ثابت  $M$ .

أحسب قيم:

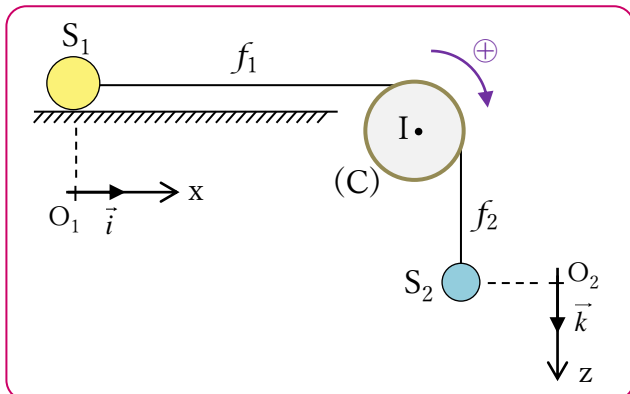
- 1 التسارع الزاوي للبكرة  $\ddot{\theta}$ .
- 2 عزم مزدوجة الاحتكاك  $M$ .
- 3 عدد الدورات بين لحظة ترك الأسطوانة ولحظة توقفها.

◆ نعطي:  $J_\Delta = \frac{1}{2} M \cdot r^2$

### تمرين رقم 34° | 20min | Appli

تتكون المجموعة الميكانيكية الممثلة في الشكل أسفله من:

- ⊙ بكرة  $C$  ذات مجرى شعاعها  $r$ ، يمكنها الدوران بدون احتكاك حول محور ثابت أفقي  $(\Delta)$  مار بمركزها، وعزم قصورها  $J_\Delta$ .
- ⊙ جسم  $S_1$  يتحرك بدون احتكاك على مستوى أفقي وفق المحور  $(Ox)$ .
- ⊙ جسم  $S_2$  يتحرك شاقوليا على الاتجاه  $(Oz)$ .
- ⊙  $f_1$  و  $f_2$  خيطان غير ممدودان، ولا ينزلقان على مجرى البكرة و كتلتاهما مهملتان.



- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن والعلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران على المجموعة {البكرة (P) - خيط - الجسم (S)}، بين أن التسارع  $a_G$  لحركة  $G$  هو:

$$a_G = \frac{M \cdot r - m \cdot g \cdot r^2}{m \cdot r^2 + J_\Delta}$$

- 2 مكنت الدراسة التجريبية لحركة  $G$  من الحصول على المعادلة الزمنية  $z=0,2t^2$ ، حيث  $z$  بالمتر و  $t$  بالثانية. حدد عزم القصور  $J_\Delta$ .

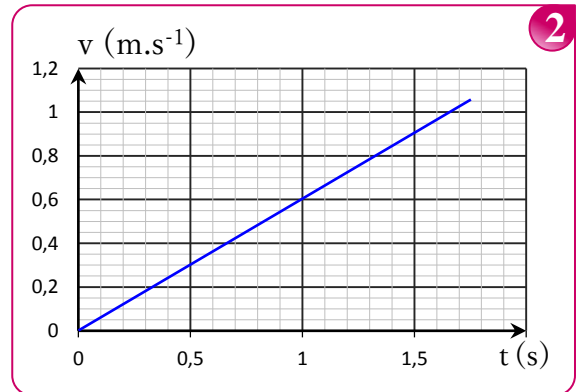
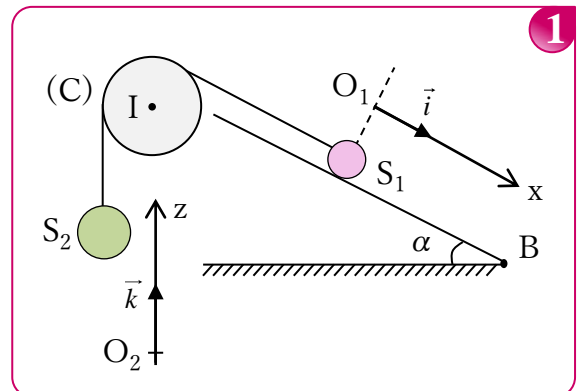
### تمرين رقم 32° | 30min | Appli

يتكون تركيب الشكل 1 من:

- جسم صلب  $S_1$  نقطي كتلته  $m_1$ .
- جسم صلب  $S_2$  نقطي كتلته  $m_2$ .
- أسطوانة  $(C)$  قابلة للدوران بدون احتكاك حول محور أفقي  $(\Delta)$  يمر بمركزها  $I$ ، للأسطوانة كتلة  $M$  وشعاع  $r$  وعزم قصور  $J_\Delta$  بالنسبة للمحور  $(\Delta)$ .
- خيط  $f$  غير ممدود، وكتلته مهملة، لا ينزلق على مجرى البكرة.

◆ نعطي:

◆  $g=10 m \cdot s^{-2}$  ،  $\alpha=30^\circ$  ،  $r=5 cm$   
◆  $m_1=100 g$  و  $m_2=400 g$



- عند أصل التواريخ ( $t=0$ ) يوجد  $S_1$  عند أصل المحور  $(O_1, x)$  و يوجد  $S_2$  عند أصل المحور  $(O_2, z)$ .  
نحذر المجموعة بدون سرعة بدئية عند  $t=0$  ونهمل جميع الاحتكاكات.  
يمثل الشكل 2 مخطط السرعات لحركة  $S_1$ .



◆ **نعتي:**

◆  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$  ،  $r=5 \text{ cm}$

◆  $J_{\Delta}=5.10^{-4} \text{ kg.m}^2$  ،  $m_1=m_2=m=100 \text{ g}$

نحمر المجموعة بدون سرعة بدئية عند أصل التواريخ  $t=0$  حيث  $S_1$  يوجد عند  $x=0$  و  $S_2$  عند  $z=0$ .  
نهمل الاحتكاكات.

**المطلوب:**

- أعط تعبير التسارع المشترك  $a$  للجسمين  $S_1$  و  $S_2$  بدلالة  $g$  و  $m$  و  $r$  و  $J_{\Delta}$  ، و احسب قيمته.

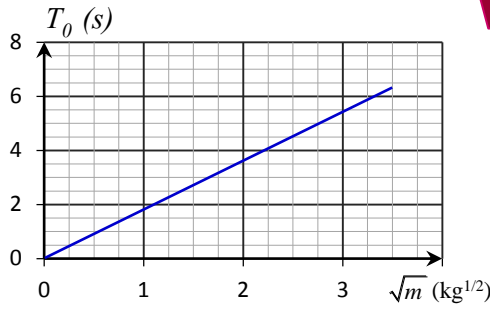
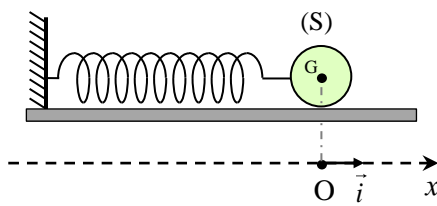
**تمرين رقم 35° | 30 min | Appli**

نعتبر متذبذبا ميكانيكيا أفقيا مكونا من جسم صلب  $(S)$  كتلته  $m=0,02 \text{ kg}$  و مركز قصوره  $G$  مثبت بطرف نابض لفاته غير متصلة و كتلته مهملة و صلابته  $K$ .  
يتزلق الجسم  $(S)$  بدون احتكاك فوق المستوى الأفقي.  
عند التوازن يكون النابض غير مشوه و مركز قصوره  $G$  حيث  $x_{G0}=0$ .  
نزح الجسم  $(S)$  عن موضع توازنه في المنحى الموجب بالمسافة  $X_m$  ثم نحمره بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t_0=0$ . (الشكل 1).  
نحصل بواسطة عدة معلوماتية مناسبة على مخطط المسافات: الشكل 2.

- 5 اكتب تعبير المعادلة الزمنية  $x(t)$  للحركة .
- 6 استنتج قيمة  $\dot{X}_G$  عند مرور الجسم لأول مرة من موضع توازنه.
- 7 احسب قيمة  $\ddot{X}_G$  تسارع الجسم  $(S)$  عند اللحظة  $t=0,1 \text{ s}$ .

**تمرين رقم 36° | 30 min | Type BAC**

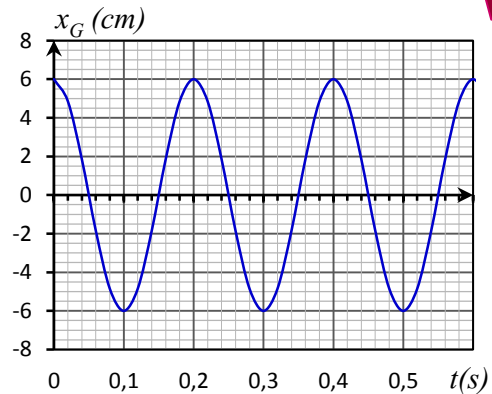
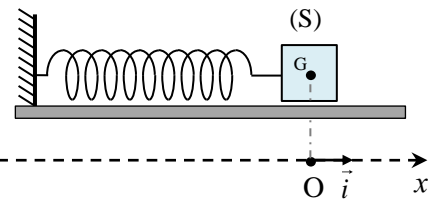
تتكون المجموعة المتذبذبة الممثلة في الشكل 1 من جسم صلب  $(S)$  كتلته  $m$  مثبت بطرف نابض أفقي لفاته غير متصلة، كتلته مهملة و صلابته  $K$ .  
الجسم  $(S)$  قابل للانزلاق بدون احتكاك على نضد هوائي أفقي .  
نزح الجسم  $(S)$  أفقيا عن موضع توازنه المستقر بالمسافة  $X_m$  في المنحى الموجب للمعلم  $(O, \vec{i})$  ثم نحمره بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t=0$ . عند التوازن  $x_{G0}=0$ .



- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أثبت المعادلة التفاضلية للحركة.
- 2 يكتب حل المعادلة التفاضلية على شكل:  $x_G = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$  أوجد تعبير الدور الخاص  $T_0$  للمتذبذب.
- 3 لدراسة تأثير الكتلة على قيمة الدور الخاص للمتذبذب، قام التلاميذ بقياس  $T_0$  بالنسبة لأجسام ذات كتل  $m$  مختلفة. مكنت النتائج التجريبية المحصلة من تمثيل تغيرات  $T_0$  بدلالة  $\sqrt{m}$  (الشكل 2).  
حدد قيمة الصلابة  $K$ .

**تمرين رقم 37° | 20 min | Type BAC**

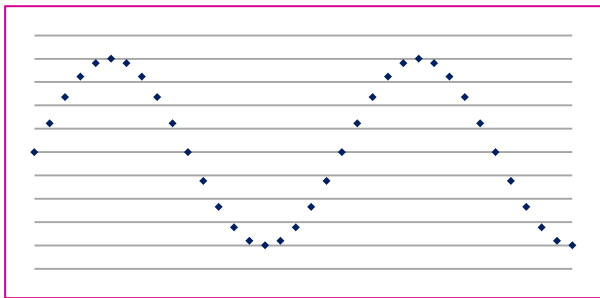
يتكون متذبذب ميكانيكي من نابض لفاته غير متصلة و صلابته  $K=20 \text{ N.m}^{-1}$  و جسم صلب كتلته  $m=200 \text{ g}$ .  
نهمل جميع الاحتكاكات الناتجة عن الهواء و نأخذ  $g=9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .  
نمعلم الموضع اللحظي لمركز القصور  $G$  بالأنسوب  $Z$  على المحور الرأسى  $(O, \vec{k})$  الموجه نحو الأسفل.  
أصل المحور الرأسى منطبق مع  $G_0$  موضع  $G$  عند التوازن.  
نزح الجسم  $(S)$  عن موضع توازنه رأسيا ثم نرسله عند اللحظة  $t=0$  بسرعة بدئية  $\vec{V}_0 = V_{0z} \cdot \vec{k}$ .  
يمثل منحى الشكل 2 تطور الأنسوب  $Z$  لمركز القصور  $G$  بدلالة الزمن.



- 1 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها الأفضول  $x_G$  تكتب على شكل  $\ddot{x} + \alpha \cdot x = 0$  مع تحديد تعبير الثابتة  $\alpha$  بدلالة  $K$  و  $m$ .
- 2 حل المعادلة التفاضلية السابقة هو  $x_G = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$  أوجد تعبير الدور الخاص  $T_0$  بدلالة  $m$  و  $K$  و بين أن له بعد زمني.
- 3 حدد ميانيا قيم كل من:  $X_m$  و  $T_0$  و  $\varphi$ .
- 4 تحقق أن  $K=20 \text{ N.m}^{-1}$  (نأخذ  $\pi^2=10$ ).



- 1 حدد، عند التوازن، تعبير الإطالة  $\Delta l_0$  للنايظ بدلالة  $m$  و  $K$  و  $\alpha$  و  $g$  شدة الثقالة .
- 2 نزيح الجسم (S) عن موضع توازنه بمسافة  $x_0=5\text{cm}$  ثم نحرره، عند لحظة  $t=0$ ، بسرعة بدئية  $V_0$  حيث  $\vec{V}_0 = -V_0 \cdot \vec{i}$ .
- أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلة التفاضلية للحركة.
- ب- استنتج طبيعة حركة الجسم (S).
- 3 تمثل الوثيقة أسفله تسجيل جزء من حركة الجسم (S). المدة الزمنية الفاصلة بين تسجيل نقطتين متتاليتين هي  $\tau = 40 \text{ ms}$ .



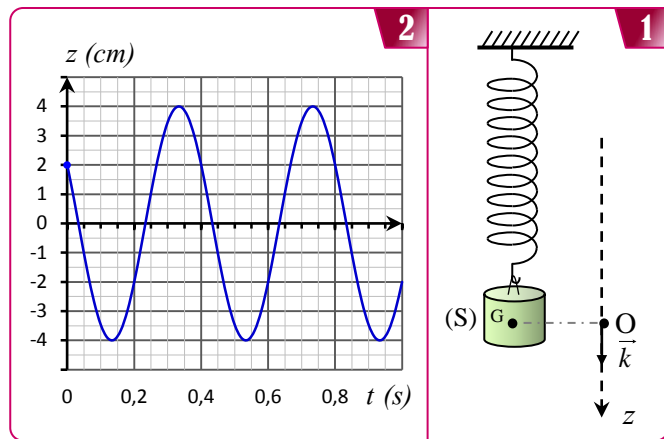
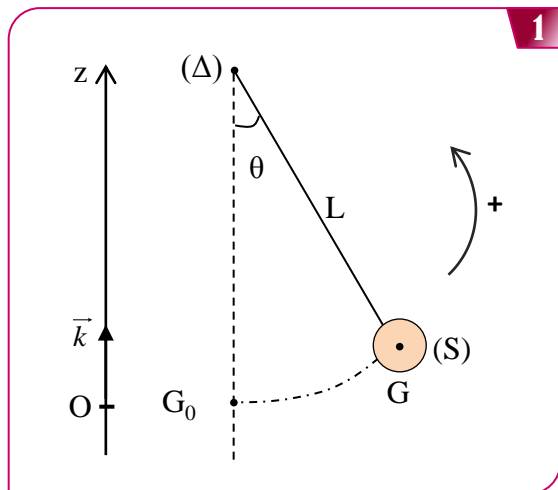
- أ- حدد الدور الخاص  $T_0$  واستنتج صلابة النايظ  $K$ .
- ب- أوجد المعادلة الزمنية لحركة المجموعة.

### تمارين رقم 39° | 30 min | Type BAC

- ننجز نواسا بسيطا بواسطة خيط طوله  $L=24,9 \text{ m}$  و كتلته مهملة، نثبت أحد طرفي الخيط بحامل ثابت و الطرف الأخر نثبت به جسم كروي كتلته  $m=200 \text{ g}$ . (الشكل 1).
- عزم قصور النواس بالنسبة للمحور  $(\Delta)$  هو  $J_{\Delta} = mL^2$
- نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر في المنحى الموجب بزاوية  $\theta_m = 0,2 \text{ rad}$ ، ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t=0$ .
- ندرس حركة النواس في معلم غاليلي مرتبط بالأرض.
  - نأخذ بالنسبة للزوايا الصغيرة:  $\sin \theta \approx \theta$ ،  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ .
  - يمثل المنحى الشكل 2 تغيرات الأفضول الزاوي  $\theta$  بدلالة الزمن.

نعطي:

- الاحتكاكات مهملة.

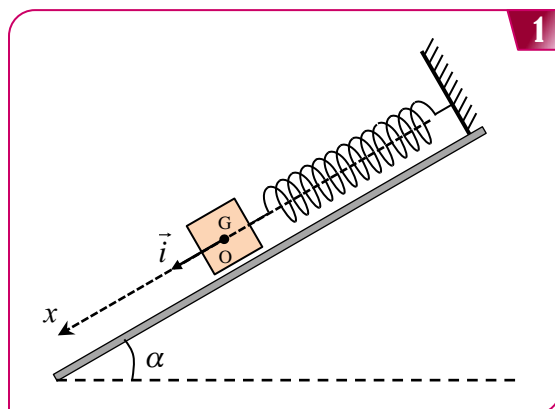


- 1 حدد، عند التوازن، تعبير الإطالة  $\Delta l_0$  للنايظ بدلالة  $m$  و  $K$  و  $g$ .
- 2 أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها الأنسوب  $Z$  لمركز القصور  $G$ .
- 3 يكتب حل هذه المعادلة التفاضلية على الشكل التالي:  

$$z = z_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$
 حدد قيمة كل من  $T_0$  و  $z_m$  و  $\varphi$ .
- 4 أوجد صلابة النايظ  $K$  (نأخذ  $\pi^2=10$ ).
- 5 اكتب المعادلة الزمنية  $z(t)$  للحركة.
- 6 حدد قيمة السرعة البدئية  $V_{0z}$ .

### تمارين رقم 38° | 25 min | Type BAC

- النواس المرن مجموعة ميكانيكية تنجز حركة تذبذبية حول موضع توازنها المستقر.
- يتكون نواس مرن من جسم صلب (S)، مركز قصوره  $G$  و كتلته  $m=100\text{g}$ ، مثبت بطرف نايظ لفاته غير متصلة و كتلته مهملو و صلابته  $K$ . الطرف الأخر للنايظ مثبت بحامل ثابت.
- يمكن للجسم (S) أن ينزلق بدون احتكاك على الخط الأكبر ميلا لمستوى مائل بزاوية  $\alpha = 30^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي (الشكل 1).



- ندرس حركة مركز القصور  $G$  في المعلم  $R(O, \vec{i})$  المرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا.
- نمعلم موضع  $G$  عند لحظة  $t$  بالأفضول  $x$  على المحور  $(O, \vec{i})$ .
- عند التوازن ينطبق موضع  $G$  مع الأصل  $O$  للمعلم.
- نأخذ  $\pi^2=10$ .

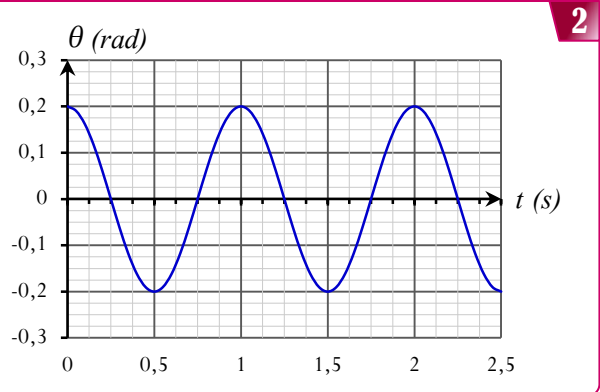
نزح النواس عن موضع توازنه المستقر بزاوية صغيرة  $\theta_m$  في المنحى الموجب ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند لحظة تعتبرها أصلا للتواريخ.

1 تطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران. أثبت المعادلة التفاضلية لحركة النواس.

2 حدد طبيعة حركة النواس الوازن و اكتب تعبير المعادلة الزمنية  $\theta(t)$  بدلالة  $t$  و  $\theta_m$  و الدور الخاص  $T_0$ .

3 بين أن تعبير الدور الخاص  $T_0$  لهذا النواس هو:  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2\ell}{3g}}$

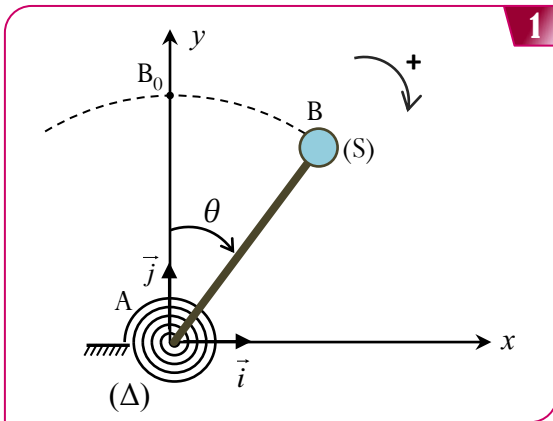
4 احسب الطول  $L$  للنواس البسيط المتواقت للنواس الوازن المدرس.



## تمرين رقم 41° | 25 min | Type BAC

يتميز جهاز قياس الثقالة «الغرافيمتر» (gravimètre) بمستوى عال من الدقة لقياس شدة الثقالة في مكان معين. يستعمل الغرافيمتر في مجالات علمية مختلفة كالجيولوجيا و علم المحيطات و علم الزلازل و علم الفضاء و مجال التنقيب عن المعادن و البترول ... إلخ نمذج أحد أنواع أجهزة قياس شدة الثقالة بمجموعة ميكانيكية متذبذبة مكونة من :

- ساق AB كتلتها مهملة و طولها  $L$ ، يمكنها الدوران في مستوى رأسي حول محور أفقي ( $\Delta$ ) ثابت يمر من الطرف A :
  - جسم صلب ( $S$ ) كتلته  $m$  و أبعاده مهملة أمام طول الساق، مثبت بالطرف B للساق؛
  - نابض حلزوني ثابتة ليه  $C$  يطبق على الساق AB مزدوجة ارتداد تعبيرها  $\theta$  :  $M_C = -C \cdot \theta$ ؛ (الشكل 1).
- ندرس حركة المجموعة الميكانيكية في معلم متعامد و ممنظم  $(A, \vec{i}, \vec{j})$  مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا. و نهمل الاحتكاكات.



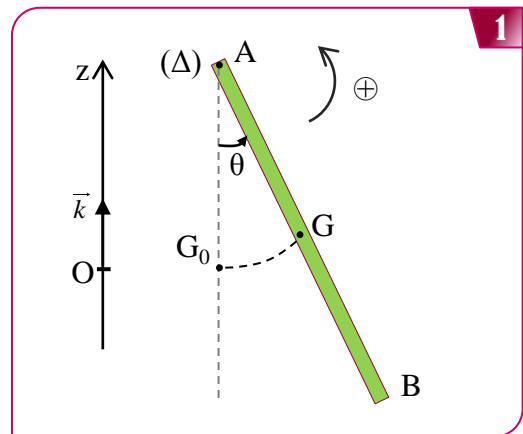
○ معطيات :

- كتلة الجسم ( $S$ ) :  $m = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$  ;
  - طول الساق :  $L = 0,7 \text{ m}$  ;
  - عزم قصور المجموعة بالنسبة للمحور ( $\Delta$ ) :  $J_\Delta = m \cdot L^2$  ;
  - ثابتة اللي للنابض الحلزوني :  $C = 1,31 \text{ N.m.rad}^{-1}$  ;
  - بالنسبة للزوايا الصغيرة :  $\sin \theta \approx \theta \text{ (rad)}$  .
- نزح الجسم ( $S$ ) عن موضع توازنه الرأسي بزاوية  $\theta_{\max}$  في المنحى الموجب ثم نحررها بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t = 0$  .  
نمعلم موضع المجموعة في كل لحظة  $t$  بأفصولها الزاوي  $\theta$  .

- 1 ما طبيعة نظام الذبذبات الذي يبرزه منحى الشكل 2 ؟
- 2 بتطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران، أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها الأفصول الزاوي  $\theta$  .
- 3 أوجد تعبير الدور الخاص  $T_0$  للمتذبذب بدلالة  $g$  و  $L$  ليكون التعبير  $\theta = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$  حلا للمعادلة التفاضلية.
- 4 باعتماد معادلات الأبعاد، تحقق أن للدور الخاص  $T_0$  بعد الزمن.
- 5 احسب قيمة  $g$  شدة مجال الثقالة في مكان التجربة.
- 6 اكتب المعادلة الزمنية  $\theta(t)$  للحركة.
- 7 احسب سرعة الجسم ( $S$ ) عند مروره من موضع توازنه لأول مرة.
- 8 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن تعبير توتر الخيط يكتب على الشكل التالي:  $T = m(L \cdot \dot{\theta}^2 + g \cdot \cos \theta)$  .  
احسب  $T$  عند مرور الجسم من موضع توازنه.

## تمرين رقم 40° | 20 min | Type BAC

يتكون نواس وازن من عارضة متجانسة AB، كتلتها  $m = 0,203 \text{ kg}$  و طولها  $AB = \ell = 1,5 \text{ m}$ ، يمكنها الدوران في مستوى رأسي حول محور أفقي ( $\Delta$ ) ثابت يمر من طرفها A (الشكل 1).



- ندرس حركة النواس في معلم مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا.
- نمعلم، في كل لحظة، موضع النواس بالأفصول الزاوي  $\theta$  .
- عزم قصور العارضة بالنسبة للمحور ( $\Delta$ ) هو:
- نقبل في حالة الزوايا الصغيرة أن:  $\sin \theta \approx \theta \text{ (rad)}$  .
- نرسم لشدة الثقالة بالحرف  $g$ .

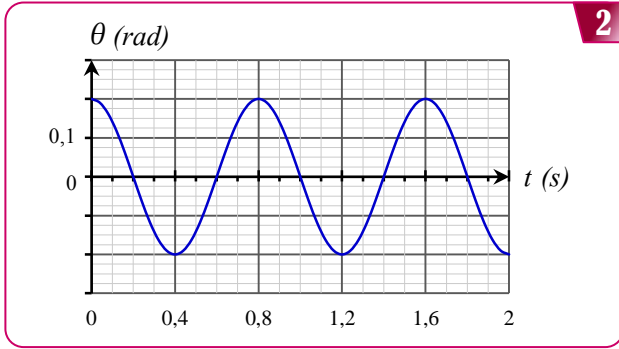
1 بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران حول محور ثابت، بين أن المعادلة التفاضلية لحركة المجموعة تكتب على الشكل:

$$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_{\Delta}} \theta = 0$$

2 حل المعادلة التفاضلية السابقة هو:  $\theta = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$

أوجد تعبير الدور الخاص  $T_0$  لهذا النواس بدلالة  $C$  و  $J_{\Delta}$ .

4 يمثل الشكل 2 تغير الأفضول الزاوي  $\theta(t)$  بدلالة الزمن.



أ- حدد قيمة كل من الدور الخاص  $T_0$  والوسع  $\theta_{max}$  والطور  $\varphi$  عند أصل التواريخ.

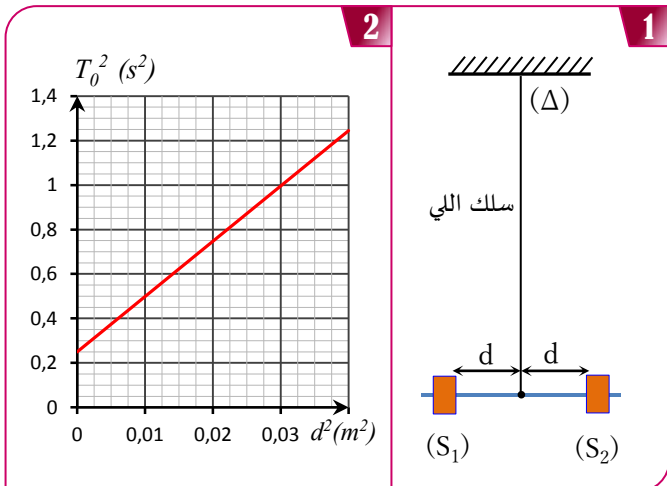
ب- اكتب المعادلة الزمنية للحركة.

ج- احسب قيمة  $C$  ثابتة لي السك.

د- احسب  $\dot{\theta}$  السرعة الزاوية للعارضة عند اللحظة  $t = \frac{T_0}{4}$ .

### تمرين رقم 43° | 20 min | Type BAC

يمثل الشكل 1 نواس لي مكونا من سلك ثابتة ليه  $C$ ، و عارضة  $AB$  متينة و متجانسة عزم قصورها بالنسبة لمحور الدوران  $(\Delta)$  هو  $J_{\Delta}$ . نثبت على العارضة  $AB$  وعلى نفس المسافة  $d$  من  $(\Delta)$  جسمين  $(S_1)$  و  $(S_2)$  نعتبرهما نقطتين، ولهما نفس الكتلة  $m=0,1$  kg. نذكر أن عزم قصور المجموعة  $\{S_1, S_2, AB\}$  بالنسبة للمحور  $(\Delta)$  هو  $J'_{\Delta} = J_{\Delta} + 2md^2$ . ندير أفقيا  $AB$  حول  $(\Delta)$  بالزاوية  $\theta_m = \frac{\pi}{4}$  rad، ونحررها بدون سرعة بدئية. نعتبر أن الاحتكاكات مهملة.



1 بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران حول محور ثابت، بين أن المعادلة التفاضلية لحركة المجموعة المدروسة، في حالة الذبذبات الصغيرة، تكتب على الشكل:

$$\ddot{\theta} + \left(\frac{C}{m.L^2} - \frac{g}{L}\right) \theta = 0$$

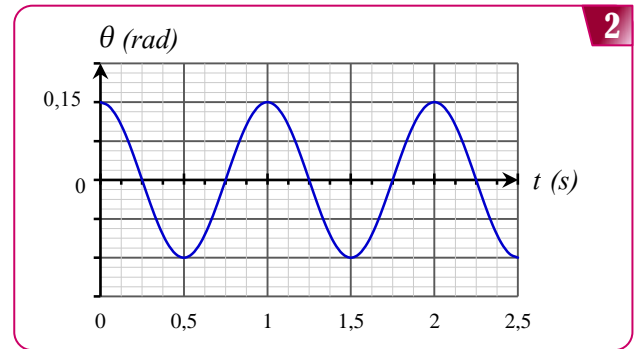
2 باستعمال معادلة الأبعاد، حدد بعد التعبير:  $\left(\frac{C}{m.L^2} - \frac{g}{L}\right)$ .

3 لكي يكون حل المعادلة التفاضلية السابقة على شكل:

$$\theta = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$$

قيمة دنيا  $C_{min}$ . أوجد تعبير  $C_{min}$  بدلالة  $L$  و  $g$  و  $m$ .

4 يمثل منحنى الشكل 2 تطور الأفضول الزاوي  $\theta(t)$  في حالة  $C > C_{min}$ .

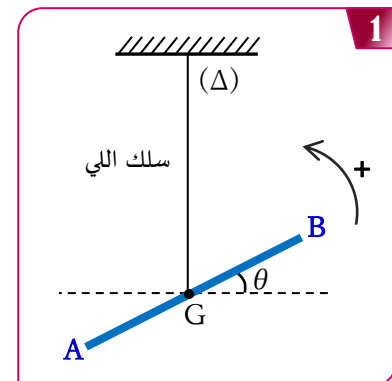


أ- حدد قيمة كل من الدور  $T$  والوسع  $\theta_{max}$  والطور  $\varphi$  عند أصل التواريخ.

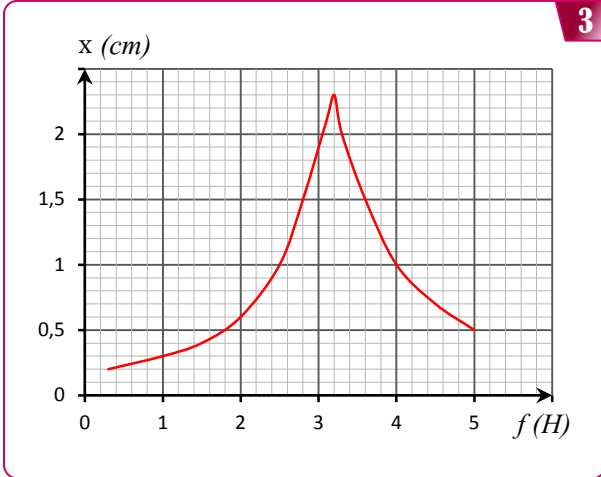
ب- أوجد تعبير شدة الثقالة  $g$  بدلالة  $L$  و  $m$  و  $C$  و  $T$  ثم احسب قيمتها. (نأخذ  $\pi = 3,14$ )

### تمرين رقم 42° | 30 min | Type BAC

نعتبر نواس لي مكون من سلك فولاذي رأسي ثابتة ليه  $C$  و عارضة  $AB$  متجانسة معلقة بالطرف الحر للسلك من مركز قصورها  $G$ . (الشكل 1). نرمز بـ  $J_{\Delta}$  لعزم قصور العارضة بالنسبة لمحور الدوران  $(\Delta)$  المنطبق مع سلك اللي. ندير العارضة حول المحور  $(\Delta)$  في المنحى الموجب بزاوية  $\theta_m = 0,2$  rad عن موضع توازنها، ثم نحريها بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t=0$ . ندرس حركة النواس في معلم غاليلي مرتبط بالأرض. نعطي:  $J_{\Delta} = 3.10^{-3} \text{ kg.m}^2$ ، ونهمل الاحتكاكات.



- 1 أ- حدد دور و تردد تذبذبات المجموعة { جسم صلب - نابض } .  
ب- قس وسع تذبذبات الجسم الصلب.  
ج- ما هو تردد دوران قرص المحرك ؟  
د- ماذا نسعي المجموعة { جسم صلب - نابض } ؟ و ماذا نسعي المحرك ؟
- 2 تغير تردد قرص المحرك، و نسجل بالطريقة السابقة تذبذبات المجموعة { جسم صلب - نابض } .  
نحدد الوسع  $X_m$  للتذبذبات بالنسبة لكل منحنى حسب قيمة التردد  $f$  يمثل منحنى الشكل 3 النتائج المحصل عليها.



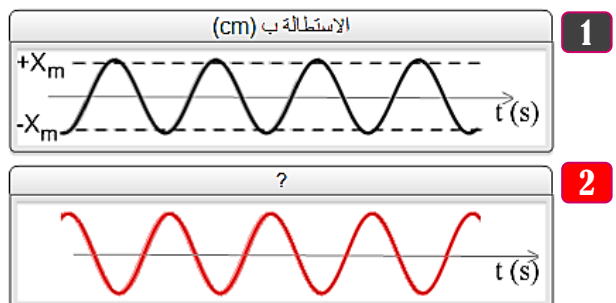
- أ- حدد التردد  $f$  و الدور  $T$  التذبذبات عند الرنين .
- ب- قارن هذا الدور مع الدور الخاص  $T_0$  لحركة النواس المستعمل. ماذا تستنتج ؟

### تمرين رقم 45° | 20 min | Type BAC

المعادلة الزمنية لمتذبذب ميكانيكي مستقيمي و جيبي هي :

$$x = 2.10^{-2} \cos\left(2\pi \cdot t + \frac{\pi}{4}\right)$$

- 1 عين دور و تردد و وسع التذبذبات.
- 2 عبر عن سرعة و تسارع المتذبذب في كل لحظة.
- 3 احسب وسع كل من السرعة و التسارع.
- 4 احسب السرعة ، و الاستطالة عند اللحظتين  $t_1=0$  و  $t_2=4s$ .
- 5 يميز المنحنيان تذبذبات نواس مرن أفقي.



ماذا يمثل المنحنى 2 ؟ ( تسارع النواس أم سرعة النواس).

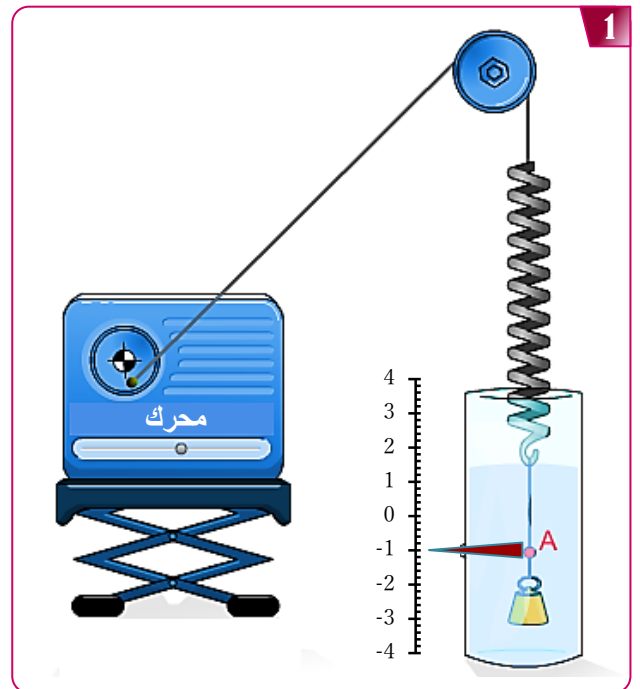
- 1 بتطبيق العلاقة الأساسية لديناميك في حالة الدوران حول محور ثابت، أوجد المعادلة التفاضلية لحركة المجموعة .
- 2 بين أن تعبير مربع الدور الخاص للمتذبذب يكتب على شكل :

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2 J_\Delta}{C} + \frac{8\pi^2 m}{C} d^2$$

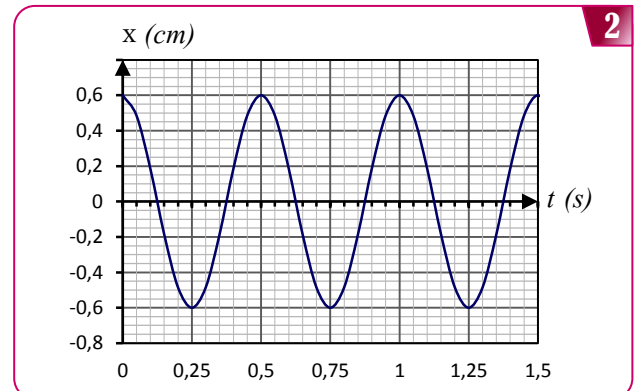
- 3 باعتماد منحنى الشكل 2، اكتب معادلة الدالة  $T_0^2 = f(d^2)$ .
- 4 استنتج قيمة كل من  $C$  و  $J_\Delta$ .

### تمرين رقم 44° | 20 min | Type BAC

لدراسة التذبذبات القسرية لمجموعة { جسم صلب - نابض } نستعمل التركيب أسفله. حيث كتلة الجسم الصلب  $m=100g$  و صلابة النابض  $K=40N.m^{-1}$ .

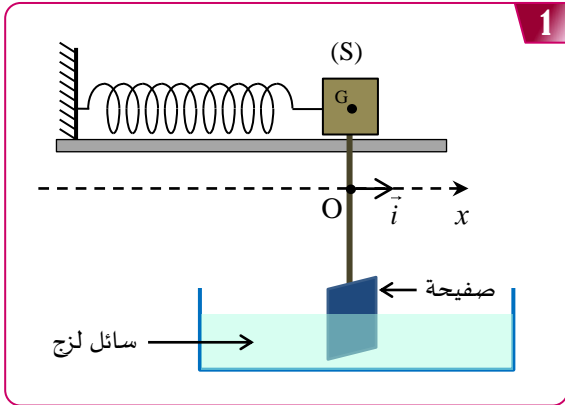


نربط الطرف الأعلى للنابض بواسطة خيط يمر بمجرى بكرة في نقطة من قرص المحرك، عندما يدور قرص المحرك يحدث حركة تذبذبية رأسية في المجموعة { جسم صلب - نابض } بدور يساوي دور دوران قرص المحرك. يمكن نظام مسك معلوماتي من معالجة المعطيات، و من تمثيل المنحنى الممثل لتغيرات الأفضول  $x$  لمركز قصور الجسم الصلب بدلالة الزمن. (الأفضول  $x=0$  يوافق موضع التوازن للجسم الصلب).



تمرين رقم 46° | 20 min | Type BAC

بواسطة ساق، نثبت صفيحة بالجسم (S) ثم نغمر جزئا منها في سائل لزج كما يبين الشكل 1.



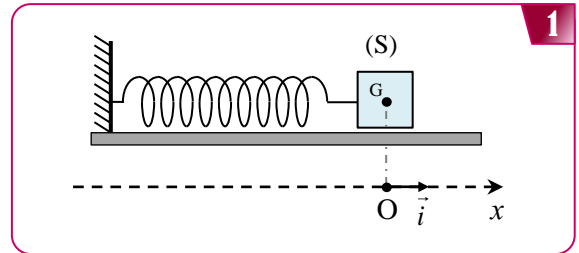
نعتبر متذبذبا ميكانيكا أفقيا يتكون من جسم صلب (S) كتلته m و مركز قصوره G مثبت بطرف نابض لفاته غير متصلة و كتلته مهملة و صلابته  $K=10 \text{ N.m}^{-1}$ . الطرف الآخر للنابض مثبت بحامل ثابت. ينزلق الجسم (S) بدون احتكاك فوق المستوى الأفقي.

ندرس حركة المتذبذب في معلم غاليلي  $(O, \vec{i})$  مرتبط بالأرض و اصله منطبق مع موضع G عند توازن (S).

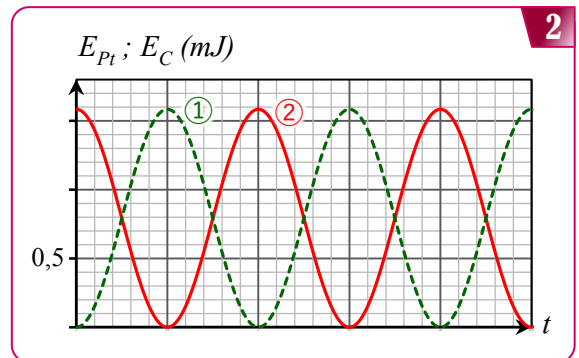
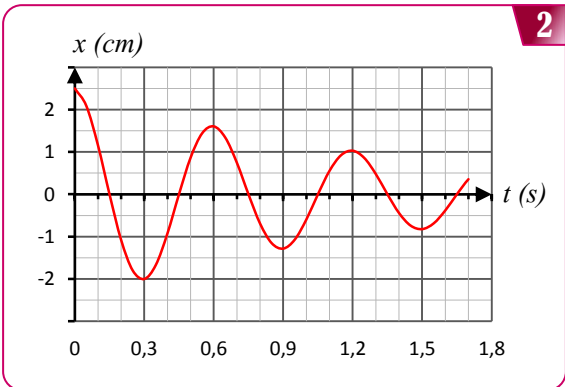
نمعلم موضع G عند لحظة t بالأفصول x (الشكل 1).

نزيح الجسم (S) أفقيا عن موضع توازنه في المنحنى الموجب بمسافة  $X_0$  ونحرره بدون سرعة بدئية عند لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ.

- نهمل كتلة الساق و الصفيحة أمام كتلة الجسم (S).
- نمعلم موضع G عند اللحظة t بالأفصول x على المحور (Ox).
- عند التوازن، ينطبق أصل المعلم O مع مركز القصور G.
- نختار المستوى الأفقي المار من G مرجعا لطاقة الوضع الثقالية، و الحالة التي يكون فيها النابض غير مشوه مرجعا لطاقة الوضع المرنة.
- يكون النابض غير مشوه عند التوازن.
- نزيح الجسم (S) عن موضع توازنه بمسافة d ثم نحركه بدون سرعة بدئية.
- مكن جهاز مسك معلوماتي مناسب من خط منحنى تغيرات مركز القصور G بدلالة الزمن (الشكل 2).



- نختار المستوى الأفقي المار من G مرجعا لطاقة الوضع الثقالية، و الحالة التي يكون فيها النابض غير مشوه مرجعا لطاقة الوضع المرنة.
- نحصل بواسطة عدة معلوماتية ملائمة على المنحنين الممثلين لتغيرات كل من الطاقة الحركية  $E_C$  و طاقة الوضع المرنة  $E_{pe}$  للمجموعة المتذبذبة بدلالة الزمن (الشكل 2).



- 1 عين، من بين المنحنين ① و ②، المنحنى الذي يمثل تغيرات الطاقة الحركية  $E_C$ . علل الجواب.
- 2 حدد قيمة الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للمجموعة المتذبذبة.
- 3 استنتج قيمة المسافة  $X_0$ .
- 4 باعتماد تغير طاقة الوضع المرنة للمجموعة المتذبذبة، أوجد الشغل  $W_{A \rightarrow O}(\vec{T})$  لقوة الارتداد  $\vec{T}$  المطبقة من طرف النابض على (S) عند انتقال G من الموضع A أقصوه  $x_A = X_0$  إلى الموضع O.

- 1 أي نظام للتذبذب يبرزه المنحنى الممثل في الشكل 2 ؟
- 2 حدد قيمة المسافة d.
- 3 بحساب تغير طاقة الوضع المرنة للمتذبذب بين اللحظتين  $t_0=0$  و  $t_1=1,2 \text{ s}$ ، أوجد الشغل  $W(\vec{T})$  لقوة الارتداد التي يطبقها النابض بين هاتين اللحظتين.
- 4 حدد تغير الطاقة الميكانيكية  $\Delta E_m$  للمجموعة بين اللحظتين  $t_0$  و  $t_1$  واعط تفسيراً للنتيجة المحصل عليها.
- 5 يعبر عن شبه الدور T في حالة الخمود الضعيف بالعلاقة التالية:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\mu T_0}{4\pi m}\right)^2}}$$

حيث  $T_0$  الدور الخاص للمتذبذب و  $\mu$  معامل الخمود. حدد اعتمادا على منحنى الشكل 2 قيمة معامل الخمود  $\mu$ .

تمرين رقم 47° | 25 min | Type BAC

دراسة مجموعة ميكانيكية متذبذبة (جسم صلب - نابض) في وضعية تكون فيها الاحتكاكات المانعة غير مهمة.

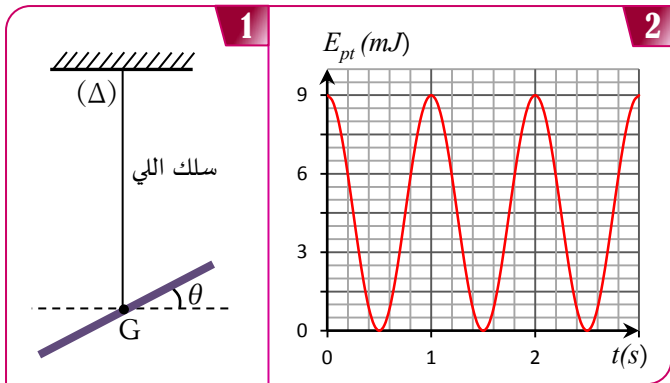
نعتبر جسما صلبا (S) كتلته  $m=150 \text{ g}$  و مركز قصوره G مثبتا بطرف نابض لفاته غير متصلة و كتلته مهملة و صلابته  $K=20 \text{ N.m}^{-1}$ . الطرف الآخر للنابض مثبت بحامل ثابت.



Type BAC | 30 min | 49° تمرين رقم

نعتبر نواس لي مكون من سلك فولاذي راسي ثابتة ليه C و عارضة متجانسة معلقة بالطرف الحر للسلك في مركز قصوره G. (الشكل 1) ندير العارضة حول المحور ( $\Delta$ ) في المنحى الموجب بزواوية  $\theta_m$  عن موضع توازنها، ثم نحررها بدون سرعة بدئية عند لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ، فتنجز حركة دورانية جيبية. ندرس حركة العارضة في معلم غاليلي مرتبط بالأرض.

- نعتبر موضع التوازن مرجعا لطاقة الوضع للي، ( $E_{pt}=0$ ) عند ( $\theta=0$ )، والمستوى الأفقي المار من G مرجعا لطاقة الوضع الثقالية ( $E_{pp}=0$ ).
  - يمثل الشكل 2 تغيرات طاقة الوضع للي بدلالة الزمن.
- نعطى:  $J_{\Delta}=2,9.10^{-3} \text{ kg.m}^2$



- 1 باستغلال منحى الشكل 2، حدد:
  - أ- الطاقة الميكانيكية  $E_m$ .
  - ب- الدور الخاص  $T_0$ .
  - ج- ثابتة اللي C.
- 2 أوجد القيمة المطلقة للسرعة الزاوية  $\dot{\theta}$  للنواس عند اللحظة  $t_1=0,5s$ .
- 3 احسب الشغل W لمزدوجة اللي بين اللحظتين  $t_1$  و  $t_0=0$ .
- 4 اكتب تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  بدلالة  $J_{\Delta}$  و C و الأفضصول الزاوي  $\theta$  و السرعة الزاوية  $\dot{\theta}$ .
- 5 باشتقاق تعبير الطاقة الميكانيكية، أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها الأفضصول الزاوي  $\theta$ .

Type BAC | 30 min | 50° تمرين رقم

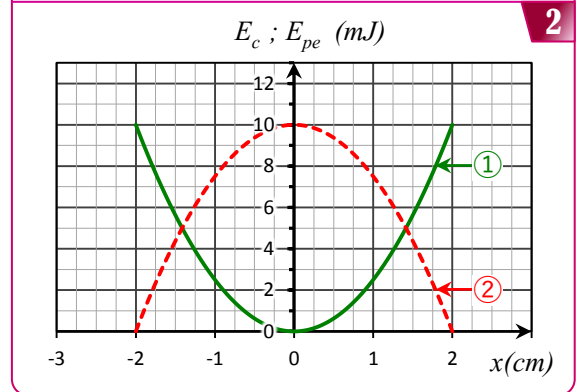
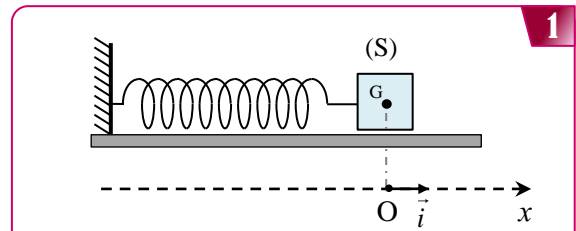
يتكون نواس اللي من سلك فلزي ثابتة ليه C و من قضيب AB متجانس، عزم قصوره  $J_{\Delta}=2,4.10^{-3} \text{ kg.m}^2$  بالنسبة لمحور راسي ( $\Delta$ ) منطبق مع السلك ويمر من G مركز قصور القضيب. ندير القضيب AB أفقيا في المنحى الموجب، ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند لحظة  $t=0$  نعتبرها أصلا للتواريخ.

- نعلم موضع القضيب في كل لحظة بأفضصوله الزاوي  $\theta$  بالنسبة لموضع التوازن (الشكل 1).
- ندرس حركة النواس في معلم مرتبط بالأرض نعتبره غاليليا.
- نعتبر موضع التوازن مرجعا لطاقة الوضع للي والمستوى الأفقي المار من G مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.
- نهمل جميع الاحتكاكات.

Type BAC | 35 min | 48° تمرين رقم

نربط جسما صلبا (S)، كتلته  $m=100g$  و مركز قصوره G، بنابض لفاته غير متصل وكتلته مهملة و صلابته K، و نثبت الطرف الآخر للنابض بحامل ثابت. نزيح الجسم (S) عن موضع توازنه بالمسافة  $X_m$  ثم نحرره بدون سرعة بدئية (الشكل 1).

- نختار المستوى الأفقي الذي يشمل G عند التوازن مرجعا لطاقة الوضع الثقالية ( $E_{pp}=0$ ) و الحالة التي يكون فيها النابض غير مشوه مرجعا لطاقة الوضع المرنة ( $E_{pe}=0$ ).
  - يمثل الشكل 2 تغيرات كل الطاقة الحركية  $E_c$  و طاقة الوضع المرنة  $E_{pe}$  بدلالة الأفضصول x.
- الحركة تتم بدون احتكاك.



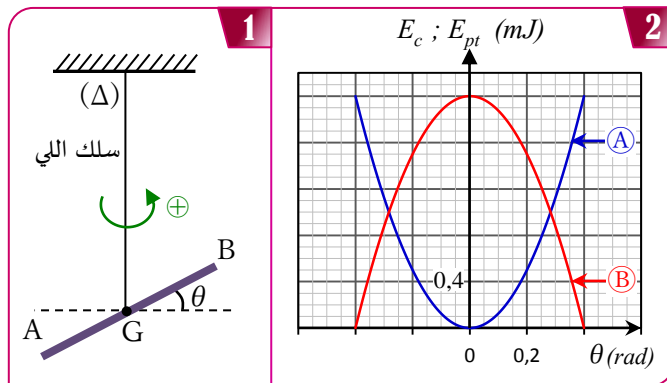
- 1 أقرن كل منحى بالطاقة الموافقة له.
- 2 اكتب تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  بدلالة m و K و x و  $\dot{x}$ .
- 3 باشتقاق تعبير الطاقة الميكانيكية، أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها الأفضصول x.
- 4 بالاعتماد على مخطط الطاقة للنواس، حدد قيمة كل من:
  - أ- وسع الحركة  $X_m$ .
  - ب- الطاقة الميكانيكية  $E_m$ .
  - ج- صلابة النابض K.
- 5 بين أن تعبير الطاقة الحركية  $E_c$  للنواس يمكن أن يكتب على شكل:

$$E_c = \frac{1}{2} K (X_m^2 - x^2)$$

- 6 استنتج تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للنواس بدلالة  $X_m$  و K.
- 7 حدد قيمة السرعة القصوى  $V_{max}$  للنواس عند مرور الجسم في المنحى الموجب.
- 8 احسب الأفضصولين  $x_1$  و  $x_2$  عندما يكون  $E_c=2E_{pe}$ .
- 9 أوجد الشغل W لقوة الارتداد المطبقة من طرف النابض على (S) عند انتقال G من الموضع  $x=0$  إلى الموضع  $x=2 \text{ cm}$ .



يمثل المنحنيان (A) و (B) في الشكل 2 تغيرات طاقة الوضع للـ  $E_{pt}$  للمتذبذب وطاقته الحركية  $E_c$  بدلالة  $\theta$ .



- أقرن، مغللا جوابك، كل منحنى بالطاقة الموافقة له.
- باستغلال مخطط الطاقة للنواس، حدد قيمة كل من:
  - أ- وسع الحركة  $\theta_{max}$ .
  - ب- الطاقة الميكانيكية  $E_m$ .
  - ج- ثابتة اللي C للسلك الفلزي.
- أوجد القيمة المطلقة للسرعة الزاوية  $\dot{\theta}$  لحظة مرور المتذبذب من موضع أفصوله الزاوي  $\theta_f = 0,2 \text{ rad}$ .
- احسب شغل عزم مزدوجة اللي  $W(\mathcal{M}_C)$  عند انتقال المتذبذب من موضع أفصوله الزاوي  $\theta_1 = 0$  إلى موضع أفصوله الزاوي  $\theta_f$ .
- احسب الأفصولين الزاويين  $\theta_1$  و  $\theta_2$  الذين تكون فيهما طاقة الوضع تساوي الطاقة الحركية.

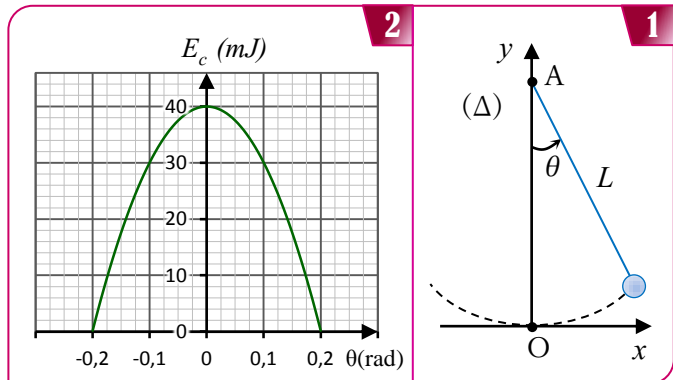
### تمرين رقم 51° | 30 min | Type BAC

يتكون نواس بسيط من كرية كتلتها  $m$  وأبعادها مهملة، معلقة بطرف خيط غير قابل للامتداد كتلته مهملة وطوله  $L$ . الطرف الآخر للخيط مشدود إلى حامل ثابت في النقطة  $A$ .

- نزع النواس عن موضع توازنه المستقر بزاوية  $\theta_m$  ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t=0$ ، فينجز ذبذبات حرة في المستوى  $(O, x, y)$  حول محور ثابت  $(\Delta)$  أفقي يمر من النقطة  $A$ .
- ندرس حركة النواس في مرجع أرضي نعتبره غاليليا ونعلم موضع النواس في كل لحظة بأفصوله الزاوي  $\theta$  (الشكل 1).
- نختار المستوى الأفقي المار من النقطة  $O$ ، موضع التوازن المستقر للنواس، مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.
- نهمل جميع الاحتكاكات وندرس حركة النواس في حالة الذبذبات الصغيرة.

#### المعطيات:

- كتلة الكرية:  $m=350 \text{ g}$
- طول الخيط:  $L=58 \text{ cm}$
- شدة الثقالة:  $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- عزم قصور النواس  $J_{\Delta} = m.L^2$
- بالنسبة للزوايا الصغيرة:  $\sin \theta \approx \theta$  و  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  حيث  $\theta$  بالراديان.



- اكتب عند لحظة  $t$  تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للنواس بدلالة  $m$  و  $g$  و  $L$  و  $\theta$  و السرعة الزاوية  $\dot{\theta}$ .
- استنتج المعادلة التفاضلية لحركة النواس.
- يمثل منحنى الشكل 2 مخطط الطاقة للنواس، حدد قمة كل من:
  - أ- الأفصول الزاوي الأقصى  $\theta_{max}$ .
  - ب- السرعة الخطية القصوى  $V_{max}$  للنواس.
  - ج- الطاقة الميكانيكية  $E_m$ .
- استنتج قيمة طاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  للمجموعة في الموضع  $\theta_1 = 0,1 \text{ rad}$ .
- أوجد القيمة المطلقة للسرعة الزاوية  $\dot{\theta}$  لمجموعة لحظة مرورها من الموضع  $\theta = 0$ .
- احسب الأفصولين الزاويين  $\theta_1$  و  $\theta_2$  الذين تكون فيهما طاقة الوضع تساوي الطاقة الحركية.

### تمرين رقم 52° | 30 min | Type BAC

ننجز دراسة تجريبية باستعمال نواس وازن، مركز قصوره  $G$  وكتلته  $m$ ، يتكون من ساق و جسم صلب  $(S)$ . النواس قابل للدوران بدون احتكاك حول محور أفقي  $(\Delta)$  ثابت يمر من الطرف  $O$  للساق. نرمز بـ  $J_{\Delta}$  لعزم قصور النواس الوزن بالنسبة للمحور  $(\Delta)$  و بـ  $L$  للمسافة الفاصلة بين  $G$  والمحور  $(\Delta)$  (الشكل 1). نختار المستوى الأفقي المار من النقطة  $G_0$ ، موضع التوازن المستقر للنواس، مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.

#### المعطيات:

- كتلة الجسم  $(S)$ :  $m=400 \text{ g}$
- $L=58 \text{ cm}$
- شدة الثقالة:  $g=9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- بالنسبة للزوايا الصغيرة  $\sin \theta \approx \theta$  و  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  حيث  $\theta$  بالراديان.

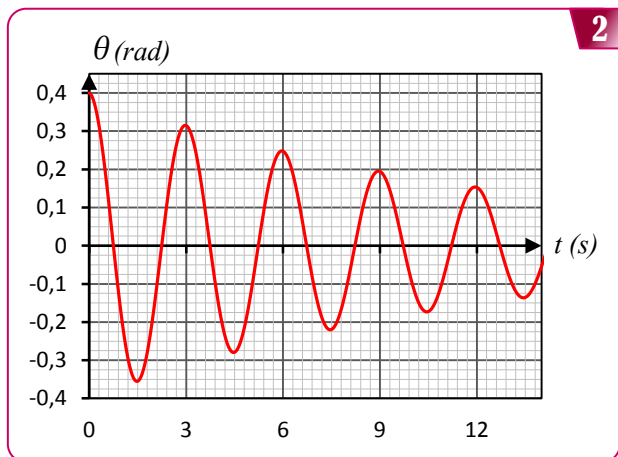
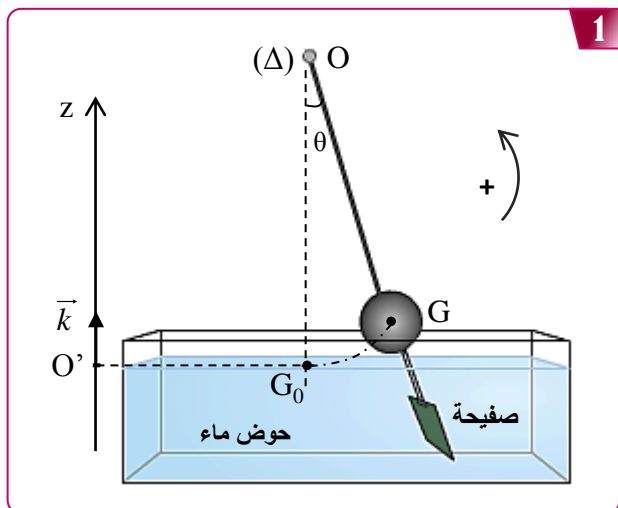
نزع المجموعة الميكانيكية عن موضع توازنها المستقر بزاوية صغيرة  $\theta_{max}$  في المنحنى الموجب ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند لحظة  $t=0$  نعتبرها أصلا للتواريخ. تمت دراسة حركة النواس في معلم أرضي نعتبره غاليليا. نعلم موضع المجموعة المدروسة في كل لحظة  $t$  بأفصولها الزاوي  $\theta$ . نهمل جميع الاحتكاكات.

تعبير الدور الخاص للمجموعة هو:  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_{\Delta}}{m \cdot g \cdot L}}$

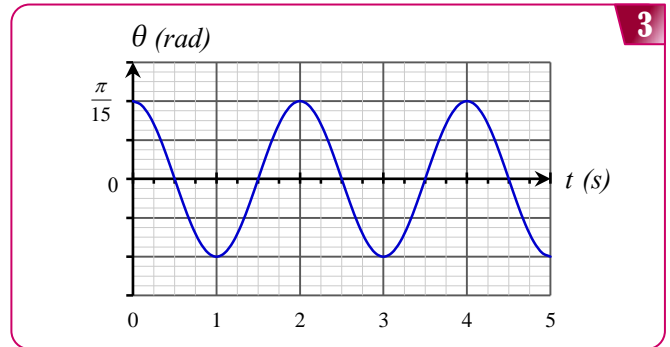
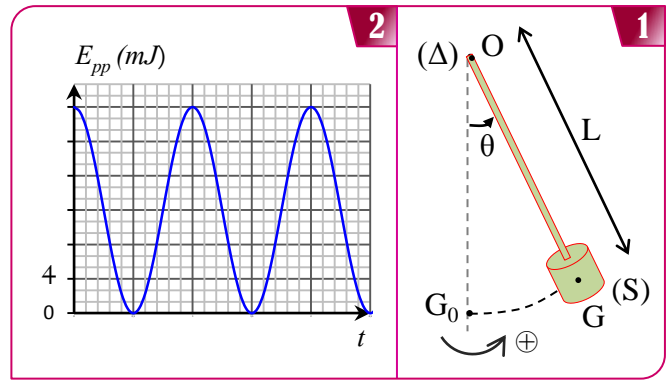
- نزع النواس الوازن عن موضع توازنه المستقر بزاوية صغيرة  $\theta_m$  في المنحى الموجب ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ ( $t_0=0$ ).
- نختار المستوى الأفقي المار من  $G_0$  موضع مركز القصور  $G$  للنواس عند التوازن المستقر، مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.
- ممكن جهاز مسك معلوماتي من خط تغيرات الأفضول الزاوي  $\theta$  بدلالة الزمن  $t$ ، (الشكل 2).

نعتبي:

- شدة الثقالة:  $g=9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- بالنسبة للزاويا الصغيرة:  $\sin \theta \approx \theta$  و  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  حيث  $\theta$  بالراديان.



- ما نظام الذبذبات الذي يبرزه منحى الشكل 2 ؟
- حدد قيمة الزاوية  $\theta_m$ .
- نعتبر أن الدور الخاص  $T_0$  يساوي شبه الدور  $T$ . حدد قيمة  $J_{\Delta}$ .
- أوجد تعبير طاقة الوضع الثقالية  $E_{pp}$  بدلالة  $L$  و  $m$  و  $\theta$  و  $g$ .
- احسب تغير الطاقة الميكانيكية  $\Delta E_m$  بين اللحظتين  $t_0=0$  و  $t_1=9\text{s}$  واعط تفسيراً للنتيجة المحصل عليها.



- حدد الزاوية القصوى  $\theta_{\max}$  و الدور الخاص  $T_0$ .
- استنتج عزم القصور  $J_{\Delta}$ .
- باستغلال المخطط الطاقى (الشكل 2) حدد:
  - أ- الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للنواس الوازن.
  - ب- القيمة المطلقة للسرعة الخطية للجسم (S) لحظة مروره من موضع توازنه المستقر ( $\theta=0$ ).
- بين أن تعبير طاقة الوضع الثقالية يكتب على شكل:

$$E_{pp} = \frac{1}{2} mgL \cdot \theta^2$$

- استنتج تعبير الطاقة الحركية للمتذبذب بدلالة  $\theta$  و  $\theta_m$  و  $L$  و  $m$  و  $g$ . احسب قيمتها عند مرور المتذبذب من موضع أفضوله

$$\theta = \frac{\theta_{\max}}{2}$$

تمرين رقم 53° | 20 min | Type BAC

### خمود الذبذبات الميكانيكية

- يهدف هذا الجزء إلى دراسة ذبذبات نواس وازن بوجود احتكاكات مائعة. يتكون النواس المدروس من عارضة ثبت بطرفها السفلي كرية فلزية و صفحة بلاستيكية مغمورة في الماء.
- كتلة المجموعة { ساق + كرية + صفحة } هو  $m=0,5\text{kg}$  و مركز قصورها هو  $G$  بحيث  $OG=L=0,6 \text{ m}$ .
  - العارضة يمكنها الدوران في مستوى رأسي حول محور أفقي ( $\Delta$ ) يمر من الطرف  $O$  للعارضة (الشكل 1).
  - ندرس حركة النواس في معلم مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا.
  - نمعلم، في كل لحظة، موضع النواس بأفضوله الزاوي  $\theta$ .
  - نرمز لعزم قصور المجموعة { ساق + كرية + صفحة } بالرمز  $J_{\Delta}$ .

**تمرين رقم 56° | 15 min | Type BAC**

■ **نعطي:**

ثابتة بلانك:  $h=6,63.10^{-34}J.s$  ;

$1eV=1,6.10^{-19}J$  ;

سرعة انتشار الضوء في الفراغ:  $c=3.10^8m.s^{-1}$  .

- 1 طول الموجة لفوتون في الفراغ يساوي 656nm .  
احسب تردد الفوتو ، ثم طاقته بالجول J و بالوحدة (eV) .
- 2 طاقة فوتونات الحرة  $H_{\beta}$  لذرة الهيدروجين تساوي 2,55eV .  
أ- احسب طول الموجة في الفراغ للإشعاع الموافق.  
ب- هل هذا الإشعاع مرئي؟

**تمرين رقم 54° | 15 min | Type BAC**

أجب بـ «صحيح» أو «خطأ» :

- 1 تفسر تكمية مستويات الطاقة لذرة في إطار ميكانيك نيوتن كما تفسر حركة الكواكب.
- 2 كلما كان طول الموجة لفوتون في الفراغ كبيرا كلما كانت طاقته عالية.
- 3 ثابتة بلانك h لها أبعاد الجداء «طاقة X زمن» .
- 4 القيمة المطلقة للمستوى الأساسي هي الأصغر.
- 5 النواة قادرة على امتصاص شعاع طاقته تناهز بضع الـ MeV .
- 6 التبادلات الطاقية بين المادية والإشعاع الضوئي كمماة .
- 7 كلما كان طول الموجة لفوتون في الفراغ كبيرا كلما كانت طاقته عالية.

**تمرين رقم 57° | 20 min | Type BAC**

تستعمل مصابيح بخار الصوديوم لإضاءة الأنفاق (tunnels) ، وهي تحتوي على بخار الصوديوم تحت ضغط ضعيف، تمتص ذرات الصوديوم طاقة الالكترونات التي تخترق أنبوب المصباح فتثار، وعند رجوعها إلى حالتها الأصلية تفقد هذه الإثارة على شكل إشعاعات ضوئية. تبعث مصابيح بخار الصوديوم خاصة الضوء الأصفر.

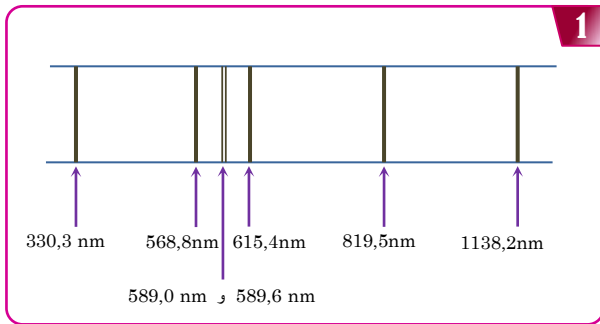
■ **نعطي:**

ثابتة بلانك:  $h=6,63.10^{-34}J.s$  ;

$1eV=1,6.10^{-19}J$  ;

سرعة انتشار الضوء في الفراغ:  $c=3.10^8m.s^{-1}$  .

1 بين الشكل 1 طيف انبعاث الصوديوم:



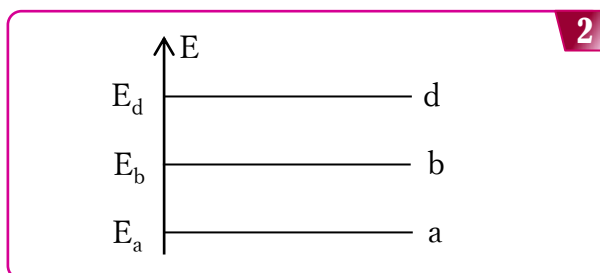
حدد أطوال الموجات للحزات التي تنتمي:

أ- للمجال المرئي،

ب- للمجال فوق البنفسجي،

ج- للمجال تحت الأحمر.

2 بين الشكل 2 مخططا مبسطا لمستويات طاقة ذرة الصوديوم ، حيث a المستوى الأساسي و b و d مستويان مثاران.



**تمرين رقم 55° | 15 min | Type BAC**

حدد الاقتراحات الصحيحة:

1 عند انتقال ذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى طاقي  $E_n$  أصغر:

أ	تمتص الذرة فوتونات
ب	تبعث الذرة فوتونات
ج	تفقد الذرة طاقة
د	تكسب الذرة طاقة

2 علاقة بوهر التي تحدد تردد الفوتون المنبعث أو الممتص هي:

أ	$E_p - E_n = h.c$
ب	$E_p - E_n = h.v_{pn}$
ج	$E_p - E_n = h/v_{pn}$

3 الدقيقة التي تمتص الإشعاعات ذات الطاقة الأصغر هي:

أ	النواة
ب	الذرة
ج	الجزيئة

4 1 MeV يساوي:

أ	$1,6.10^{-19} J$
ب	$1,6.10^{-16} J$
ج	$1,6.10^{-13} J$

5 طاقة فوتون مقرون بإشعاع طول موجته في الفراغ 600nm هو:

أ	2,1 eV
ب	2,1 keV
ج	2,1 MeV

**تمرين رقم 59° | 15 min | Type BAC**

**نعطي:**

ثابتة بلانك:  $h=6,63.10^{-34}J.s$  ;

$1eV=1,6.10^{-19}J$  ;

سرعة انتشار الضوء في الفراغ:  $c=3.10^8m.s^{-1}$  .

تعطي العلاقة  $E_n = \frac{-13.6}{n^2}$  مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين حيث

$n$  عدد صحيح موجب و  $E_0=13,6 eV$  .

1 حدد، معللا جوابك، حالتي الذرة اللتين توافقان مستويي الطاقة

التاليان:  $E=0eV$  و  $E=-13,6eV$  .

2 تنتقل ذرة الهيدروجين من المستوى الطاقى  $n$  إلى المستوى الطاقى  $p$

بحيث  $n > p$  .

أ- هل يصاحب هذا الانتقال امتصاص إشعاع أم انبعاثه؟ علل.

ب- أوجد تعبير طول الموجة  $\lambda$  لهذا الإشعاع بدلالة  $E_0$  و  $p$  و  $n$  و

ثابتة بلانك  $h$  و  $c$  .

ج- علما أن هذا الانتقال ينتهي إلى متسلسلة بالمير وأن  $p=5$  أحسب

قيمة  $\lambda$  .

**تمرين رقم 60° | 30 min | Type BAC**

**نعطي:**

ثابتة بلانك:  $h=6,63.10^{-34}J.s$  ;

$1eV=1,6.10^{-19}J$  ;

سرعة انتشار الضوء في الفراغ:  $c=3.10^8m.s^{-1}$  .

تعطي العلاقة  $E_n = -13,6/n^2$  مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين

حيث  $n$  عدد صحيح طبيعي.

1 احسب الطاقة المطابقة لكل من الحالة الأساسية والحالات الثلاث الأولى المثارة وحالة التأين.

2 مثل هذه المستويات على مخطط للطاقة .

3 بين أن ذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية يمكن أن تمتص فوتونات طاقتها  $10,2 eV$  و  $12,8 eV$  ولا يمكنها أن تمتص فوتون طاقتها  $5,2 eV$  .

4 في حالة الامتصاص:

أ- مثل الانتقالات الممكنة على المخطط.

ب- احسب تردد وطول موجة الإشعاع المرتبط بالفوتونات ذات الطاقة  $10,2 eV$  .

ج- حدد موضع هذا الإشعاع على الطيف.

5 هل يمكن إثارة ذرة الهيدروجين عند تصادمه مع:

أ- إلكترون طاقتها الحركية  $5 eV$  .

ب- إلكترون طاقتها الحركية  $12 eV$  .

أ- عرف الحالة الأساسية لذرة.

ب- عندما تنتقل ذرة الصوديوم من المستوى المثار  $b$  إلى المستوى الأساسي  $a$  ، تبعث إشعاعا طول موجته  $\lambda_1=589 nm$  و عندما تنتقل من المستوى المثار  $d$  إلى المستوى المثار  $b$  تبعث إشعاعا طول موجته  $\lambda_2=568,8 nm$  . حدد قيمة الفرق  $E_d - E_a$  .

ج- لكي تنتقل ذرة الصوديوم من مستواها الأساسي  $a$  إلى المستوى المثار  $d$  ، تمتص فوتونا طول الموجة المقابلة هو  $\lambda$  . حدد قيمة  $\lambda$  .

**تمرين رقم 58° | 15 min | Type BAC**

افترض العالم بلانك Max Plank أن التبادلات الطاقية بين المادة و إشعاع أحادي اللون تردده  $\nu$  ، لا يمكنها أن تحدث إلا بكميات محددة، واستكمل أينشتين Albert Einstein سنة 1905 بإدخال مفهوم الفوتون باعتباره دقيقة ذات كتلة منعدمة ولها طاقة  $E = h \cdot \nu$  .

- يعبر عن طاقة ذرة الهيدروجين بالعلاقة  $E_n = \frac{-13.6}{n^2}$  حيث  $n$  العدد الرئيسي الذي يشير إلى رقم الطبقة التي وجد فيها الإلكترون.
- يعطي المخطط أسفله الانتقالات الممكنة لإلكترون ذرة الهيدروجين.

**نعطي:**

ثابتة بلانك:  $h=6,63.10^{-34}J.s$  ;

$1eV=1,6.10^{-19}J$  ;

سرعة انتشار الضوء في الفراغ:  $c=3.10^8m.s^{-1}$  .

نعرض ذرات الهيدروجين وهي في حالتها الأساسية، إلى فوتونات طاقتها على التوالي  $1,51 eV$  و  $12,09 eV$  .

1 صف انطلاقا من المخطط الطاقى ماذا يحدث لذرة الهيدروجين.

2 احسب طول الموجة  $\lambda$  للإشعاع المنبعث عند انتقال الإلكترون من المستوى الطاقى  $n=2$  إلى المستوى الطاقى  $n=1$  .

3 طول الموجة لإشعاع مرئي منبعث خلال انتقال من مستوى طاقى  $m$  إلى مستوى طاقى  $n$  هو  $\lambda = 489nm$  ، حدد  $n$  و  $m$  .

