**Oum El Bouaghi University** **year 2023/2024**
**Faculty of exact sciences, natural and life sciences** **14/01/2024**
**Mathematics and computer science department 1st year** **Duration: 1 hour and 30 min**

# First exam of Mechanics of the material point (physics 1)

## Exercise N°1 (06 pts)

The speed diagram of a mobile **A** animated by a rectilinear movement on an axis **Ox** is given by the **Figure 1**.

1- What are the different phases of movement? Plot the acceleration diagram as a function of time.

2- Give the nature of movement in different phases. Justify.

3- Determine the distance traveled by the mobile in the first phase using the time equations.

## Exercise N° 2 (07 pts)

We consider the system represented by the **Figure 2**. The mass $\mathbf{m_1}$ can slide without friction on an inclined plane making an angle $\alpha$ with the horizontal. The mass $\mathbf{m_2}$ can slide on the horizontal plane characterized by the static friction coefficients $\mu_s$**=0.6** and the dynamic one $\mu_d$**= 0.5**. The wire is inextensible; the masses of the pulley and the wire are negligible.

1- Calculate the minimum value of the mass $\mathbf{m_1}$ for which the system starts moving.

2- For $\mathbf{m_1}$**=4kg**, determine the acceleration **a** of each mass and the tension T of the wire.

We Give: $\alpha$ **=30** $^0$, $\mathbf{m_2}$**=2 kg**, **g=10 m/s** $^2$.

## Exercise N°3 (07 pts)

We leave a solid body **S** of mass **m=10 kg** moving from a point **A** located at an altitude **h=5 m** without an initial speed and reaches the point **C** at a speed $\mathbf{V_c}$**=4.5 m/s** passing through a point **B** (the track **AB** is perfectly smooth and the track **BC= 6 m** of length is rough (see **Figure 3**)). We give **g = 10m/s**$^2$.

1- Give the text of the mechanical energy on track **AB**. What can we say about the mechanical energy of the system that we are studying.

2- Determine the speed at point **B**.

3- Qualitatively, represent the forces acting on the mass between **B** and **C**. Give the expression for the acceleration **a** in this region.

4- Using the variation of the total (mechanical) energy between **B** and **C**, determine the expression for the dynamic friction coefficient on part **BC**.

5- Give the value of this coefficient and that of the acceleration.

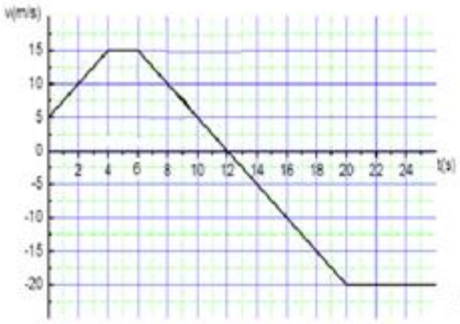



Figure 1

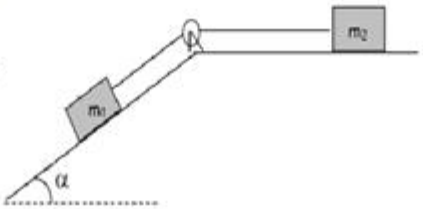



Figure 2

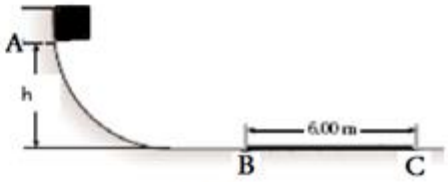



Figure 3

**تمرين 1 (6 نقاط)**

ليكن الرسم البياني الذي يوضح تغير السرعة بدلالة الزمن لمتحرك **A** يتحرك حركة خطية وفق المحور **ox** معطى في الشكل1 :

1- ما هي مختلف مراحل الحركة؟ أرسم مخطط التسارع بدلالة الزمن.

2- أوجد طبيعة الحركة في كل مرحلة. علل.

3- أوجد المسافة التي يقطعها الجسم A في المرحلة الأولى للحركة باستعمال المعادلات الزمنية .

**تمرين 2 (7 نقاط)**

لنعتبر النظام الموضح في الشكل 2 . تنزلق الكتلة $m_1$ دون احتكاك على مستوى مائل يشكل زاوية $\alpha$ مع الأفق. و تنزلق الكتلة $m_2$ على المستوى الأفقي الذي يتميز بمعاملات احتكاك ساكنة $\mu_s = 0.6$ و ديناميكية $\mu_d = 0.5$ .الخيط غير قابل للتمطيط، أما كتل البكرة والخيط فهي مهملة.

1- أحسب القيمة الصغرى للكتلة $m_1$ التي يبدأ النظام في التحرك من أجلها.

2- من أجل $m_1 = 4\ kg$ , أوجد التسارع **a** لكل كتلة و قوة توتر الخيط T.

نأخذ $g = 10\ m/s^2$ ; $m_2 = 2Kg$ و $\alpha = 30°$ .

**تمرين3 (7 نقاط)**

نترك جسم صلب **S** كتلته $m=10\ kg$ يتحرك انطلاقا من نقطة **A** تقع على ارتفاع $h = 5\ m$ بدون سرعة ابتدائية و يصل إلى النقطة **C** بسرعة $v_c = 4.5\ m/s$ مرورا بالنقطة **B** (**AB** مسار أملس أما **BC** مسار خشن طوله $BC= 6\ m$ ). تعطى $g = 10\ m/s^2$.

1/ أعط نص الطاقة الميكانيكية على المسار**AB** .ماذا نستطيع أن نقول عن الطاقة الميكانيكية بالنسبة للجملة التي نقوم بدراستها.

2/ أوجد سرعة المتحرك في النقطة **B.**

3/ مثل القوى المؤثرة على الجسم بين **B** و **C**. أعط عبارة التسارع **a** .

4/ باستعمال التغير في الطاقة الميكانيكية بين **B** و **C** اوجد عبارة معامل الاحتكاك الحركي $\mu_d$ .

5/ أوجد قيمة معامل الاحتكاك الحركي $\mu_d$ و كذلك قيمة التسارع **a.**

## Corrected type of the exam

### Exercise 1 ( 6 points )

1. The different phases of movement and the acceleration diagram as a function of time:
مختلف مراحل الحركة. رسم مخطط التسارع بدلالة الزمن.

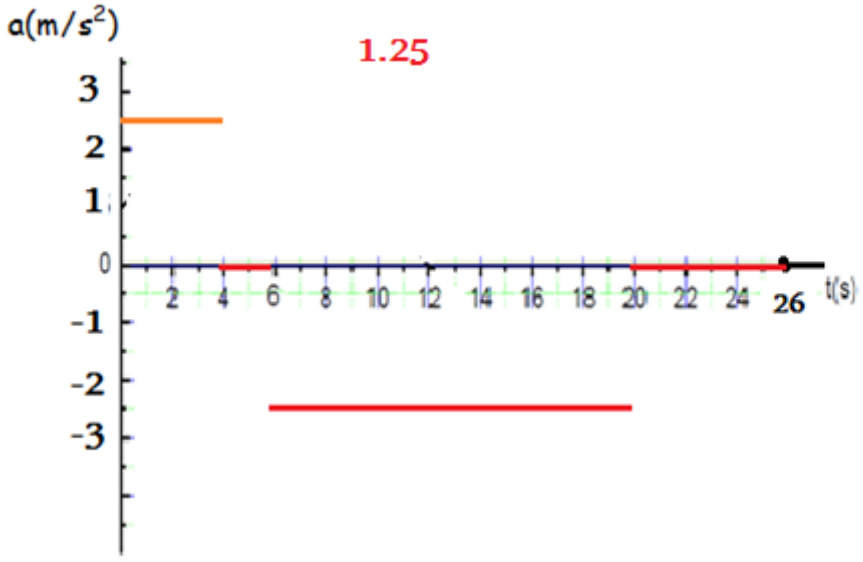
1st phase : $[\![0\ s - 4\ s]\!]$ $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(1)-v(0)}{t_1-t_0} = \frac{15-5}{4-0} = 2.5\ m/s^2$ **0.25**

2nd phase: $[\![4\ s - 46s]\!]$ $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(2)-v(1)}{t_2-t_1} = \frac{15-15}{6-4} = 0\ m/s^2$ **0.25**

3rd phase: $[\![6\ s - 12\ s]\!]$ $a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(3)-v(2)}{t_3-t_2} = \frac{0-15}{12-6} = -2.5\ m/s^2$ **0.25**

4th phase: $[\![12\ s - 20\ s]\!]$ $a_4 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(4)-v(3)}{t_4-t_3} = \frac{(-20)-0}{20-12} = -2.5\ m/s^2$ **0.25**

5th phase : $[\![20\ s - 26\ s]\!]$ $a_5 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(5)-v(4)}{t_5-t_4} = \frac{(-20)-(-20)}{26-20} = 0\ m/s^2$ **0.25**




2/ The nature of movement طبيعة الحركة

1st phase : $[\![0\ s - 4\ s]\!]$ $a_1 = cst > 0, v > 0 \Rightarrow a.v > 0 \Rightarrow uniformly\ accelerated\ rectilinear\ movement$ ح م م بانتظام متسارعة **0.5**

2nd phase: $[\![4\ s - 46s]\!]$ $a_2 = 0 \Rightarrow uniform\ rectilinear\ movement$ ح م منتظمة **0.5**

3rdphase:$[\![6\ s - 12\ s]\!]$ $a_3 = cst < 0, v > 0 \Rightarrow a.v < 0 \Rightarrow uniformly\ delayed\ rectilinear\ movement$ ح م م بانتظام متباطئة **0.5**

4thphase:$[\![12\ s - 20\ s]\!]$ $a_4 = cst < 0, v < 0 \Rightarrow a.v > 0 \Rightarrow uniformly\ accelerated\ rectilinear\ movement$ ح م م بانتظام متسارعة **0.5**

5th phase : $[\![20\ s - 26\ s]\!]$ $a_5 = 0\ m/s^2\ niform\ rectilinear\ movement$ ح م منتظمة **0.5**

4/ The distance traveled by the mobile in the first phase using the time equations

المسافة التي يقطعها الجسم في المرحلة الأولى للحركة باستعمال المعادلات الزمنية.

$$\mathbf{x}(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$ **0.5**

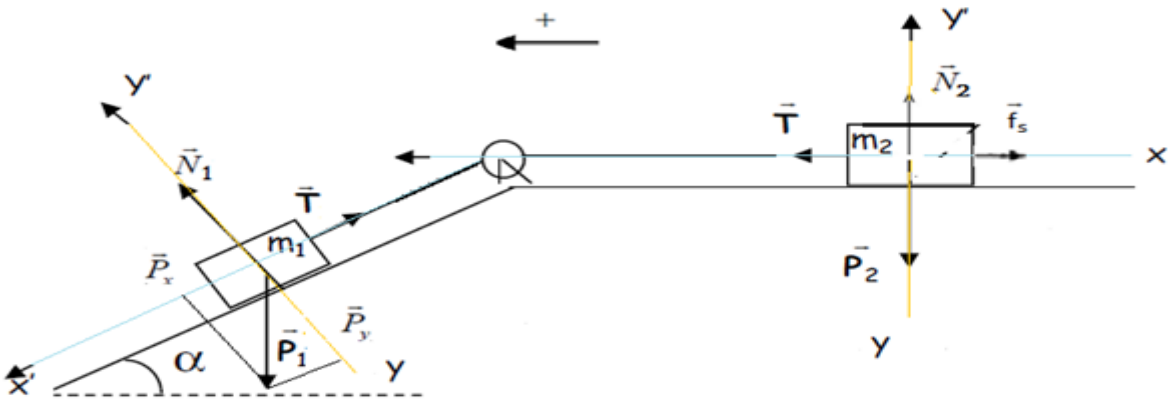
$$\mathbf{d} = \mathbf{x}(t) - x_0 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t = \frac{1}{2} * 2.5 * 4^2 + 5 * 4 = 40m$$ **0.5**

## Exo2 solution ( 7 points )

**/1** القيمة الصغرى للكتلة $\mathbf{m_1}$ التي من أجلها يبدأ النظام في الحركة :

The minimum value of the mass $\mathbf{m_1}$ for which the system starts moving

**1**




بتطبيق القانون الأول لنيوتن:

We apply the first law of Newton

For the mass $m_2$ من اجل الكتلة $m_2$ :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$ **0.25**

$$\overrightarrow{P_2} + \overrightarrow{f_s} + \overrightarrow{N_2} + \overrightarrow{T} = \vec{0}$$ **0.25** $\Rightarrow$ $\begin{matrix} T - f_s = 0 \Rightarrow T = f_s \\ N_2 - P_2 = 0 \Rightarrow N_2 = m_2 g \end{matrix}$ **0.25**

$$f_s = \mu_s N_2 = \mu_s\, m_2 g$$ **0.25**

For the mass $m_1$ من اجل الكتلة $m_1$ :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$ **0.25**

$$\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{T} + \overrightarrow{N_1} = \vec{0}$$ **0.25** $\Rightarrow$ $\begin{matrix} -T + P_x = 0 \Rightarrow T = m_{1\min}.sin\theta g \\ N_1 - P_y = 0 \Rightarrow N_1 = m_{1\min}.cos\theta g \end{matrix}$ **0.25**

$$.\mu_s\, m_2 g = m_{1\min}.sin\theta g \Rightarrow m_{1\min} = \frac{\mu_s\, m_2}{sin\theta} = \frac{0.6*2}{0.5} = 2.4 \text{ kg}$$ **0.25**

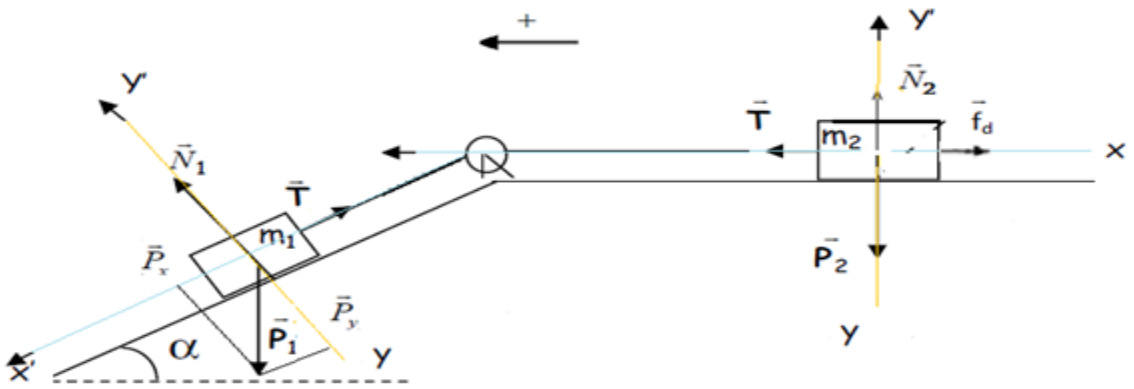
**/3** حساب تسارع النظام وكذلك توتر الخيط

Determination of the acceleration **a** of each mass and the tension T of the wire.

بتطبيق المبدأ الأساسي للديناميك نجد:

We apply the fundamental principle of dynamics

**1**




على الكتلة $m_2$ :

$$\sum \vec{F} = m_2\vec{a} \qquad \mathbf{0.25}$$

$$\overrightarrow{P_2} + \overrightarrow{f_d} + \overrightarrow{N_2} + \overrightarrow{T} = m_2\vec{a} \quad \mathbf{0.25} \Rightarrow \begin{matrix} T - f_d = m_2a \Rightarrow T = f_d + m_2a \\ N_2 - P_2 = 0 \Rightarrow N_2 = m_2g \end{matrix} \quad \mathbf{0.25}$$

$$f_d = \mu_d N_2 = \mu_d\, m_2 g \qquad \mathbf{0.25}$$

على الكتلة $m_1$ :

$$\sum \vec{F} = m_1\vec{a} \qquad \mathbf{0.25}$$

$$\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{T} + \overrightarrow{N_1} = m_1\vec{a} \quad \mathbf{0.25} \Rightarrow \begin{matrix} -T + P_x = m_1a \Rightarrow T = m_1.sin\theta g - m_1a \\ N_1 - P_y = 0 \Rightarrow N_1 = m_1.cos\theta g \end{matrix} \quad \mathbf{0.25}$$

$$f_d + m_2a = m_1.sin\theta g - m_1a \qquad \mathbf{0.25}$$

$$\mu_d\, m_2 g + m_2a = m_1.sin\theta g - m_1a \qquad \mathbf{0.25}$$

$$(m_2 + m_1)\ a = m_1.sin\theta g - \mu_d\, m_2 g \quad \mathbf{0.25}$$

$$a = \frac{m_1.sin\theta g - \mu_d\, m_2 g}{(m_2 + m_1)} = \frac{4 * 0.5 * 10 - 0.5 * 2 * 10}{6} = 1.67\text{m/s}^2$$ **0.25**

$T = \mu_d\, m_2 g + m_2 a$=0.5*2*10+2*1.67=13.33 N **0.25**

## Exo3 solution ( 7 points )

1/ The text of the mechanical energy on track **AB:** نص الطاقة الميكانيكية على المسار .

$$\Delta \mathbf{E_m} = E_m(B) - E_m(A)$$
$$\Delta \mathbf{E_m} = (E_C(B) + E_{pp}(B)) - (E_C(A) - E_{pp}(A))$$ **0.75**
$$\Delta \mathbf{E_m} = \Delta \mathbf{E_C} + \Delta \mathbf{E_{pp}}$$
$$\Delta \mathbf{E_m} = \mathbf{W}_{\vec{F}} - \mathbf{W}_{\vec{F}} = 0$$

نقول عن الطاقة الميكانيكية بالنسبة للجملة التي نقوم بدراستها أنها محفوظة

we can say that the mechanical energy is conservative. **0.25**

**2**/ the speed at point **B** **B** سرعة المتحرك في النقطة /2 .

$E_m(A) = E_m(B)$ **0.25**

$E_m = E_C + E_{pp}$ **0.25**

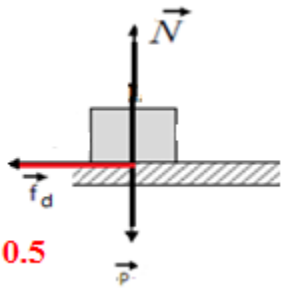
$E_m(A) = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$ **0.25**

$E_m(B) = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$ **0.25**

On a $v_A = 0$ ($E_C(A) = 0$ ), $h_B$=0 ($E_{pp}(B) = 0$ **0.25**

$\frac{1}{2}mv_B^2 = mgh_A \quad \Rightarrow \quad v_B = \sqrt{2g.h_A} = \sqrt{2 * 10 * 5} = 10\ m/s$ **0.5**

3/ representation of the forces acting on the mass between **B** and **C** .**C** و **B** 3/ تمثيل القوى المؤثرة على الجسم بين




0.5

-the expression for the acceleration **a** عبارة التسارع **a**

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$$ **0.25**

$$\vec{P} + \vec{N} + \overrightarrow{f_d} = m\vec{a}$$ **0.5**

$$\begin{cases} ox: -f_d = ma \dots (1) \\ oy: \quad P - N = 0 \\ \Rightarrow P = N = mg \\ f_d = \mu_d mg \end{cases} \quad \textbf{0.5} \quad \textbf{0.25}$$

$$a = -\mu_d g \quad \textbf{0.25}$$

4/ باستعمال التغير في الطاقة الميكانيكية بين **B** و **C** إيجاد عبارة معامل الاحتكاك الحركي $\mu_d$ .

4/ the expression for the dynamic friction coefficient on part **BC by u**sing the variation of the total energy between **B** and ***C***:

لدينا جملة قوى غير محفوظة و منه:

We have a set of non conservative forces then.

$$\Delta \mathbf{E_m} = \mathbf{W}_{\vec{f}_d} = -\mathbf{f}_d * \mathbf{BC} = -\mu_d mg * \mathbf{BC} \quad \textbf{0.5}$$

$$\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -\mu_d mg * \mathbf{BC} \quad \textbf{0.5}$$

$$v_C^2 - v_B^2 = -2\mu_d * g * \mathbf{BC} \Rightarrow \mu_d = \frac{v_B^2 - v_C^2}{2g * \mathbf{BC}} \quad \textbf{0.5}$$

5/ قيمة معامل الاحتكاك الحركي $\mu_d$ و كذلك قيمة التسارع **a**.

the value of this coefficient and that of the acceleration.

$$\mu_d = \frac{v_B^2 - v_C^2}{2g * \mathbf{BC}} = \frac{10^2 - (4.5)^2}{2 * 10 * \mathbf{6}} = 0.665 \quad \textbf{0.25}$$

$$a = -\mu_d g = 0.665 * 10 = -6.65 \text{ m/s}^2 \quad \textbf{0.25}$$