

Faculty of Engineering/Department of Physics/Faculté Saint-Jean

ENPH 131/PHYSQ131 **RÉPONSES**

Examen final – PARTIE I: Choix multiples

Samedi 15 avril 2022, 9h - 11h (9-11am)

Faculté Saint-Jean, local 366

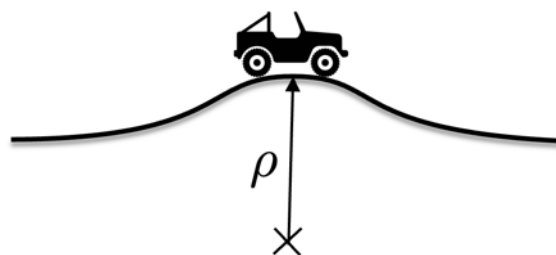
1. Examen à livre fermé; aucun manuel ou notes ne sont autorisés. *L'aide-mémoire joint à la fin de la partie II peut être détaché.*
2. Cette partie I contient 24 questions à choix multiple et vaut 24 points (chaque question vaut 1 point). Je ramasserai vos réponses de la partie 1 à 11 h.
3. Pour cette partie I, **encerclez la lettre correspondant à la bonne réponse.** Chaque question n'a qu'une seule bonne réponse.
4. **Matériel permis:** crayon/stylo, efface, etc. et calculatrice non-programmable approuvée (avec un auto-collant) par la Faculty of Engineering.
5. **Éteignez tous les appareils électroniques (téléphones cellulaires, tablettes, ordinateurs, etc.) et rangez-les hors de portée.**

NOM _____ ID# _____

N'écrivez-pas dans le tableau ci-dessous.

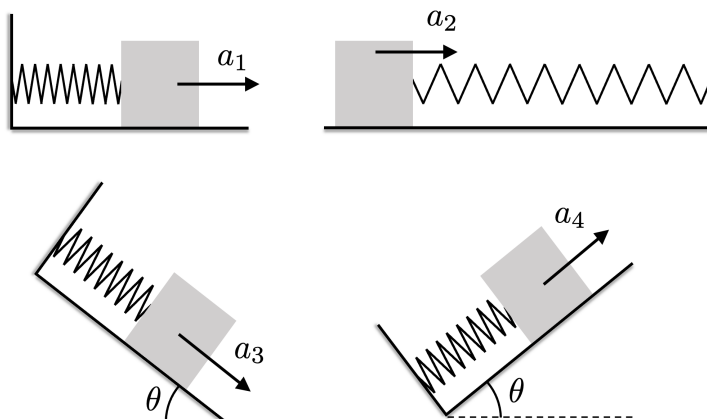
Questions	Valeur (Points)	Note
Partie I	24	
Partie II #1	12	
Partie II #2	12	
Partie II #3	12	
Total	60	

Question 1. [1] Déterminez la vitesse maximale à laquelle la jeep peut se déplacer sur la crête de la colline avec un rayon de courbure ρ sans perdre contact avec la route (g est l'accélération gravitationnelle).



- (a) $\sqrt{2\rho g}$
- (b) $\sqrt{\frac{\rho g}{2}}$
- (c) $\sqrt{\rho g}$
- (d) $\sqrt{\frac{\rho}{g}}$
- (e) $\sqrt{\frac{2g}{\rho}}$

Question 2. [1] Dans chacune des quatre images ci-dessous, un bloc de masse m est attaché à un ressort de constante k qui est soit comprimé () soit étiré () de la même distance d par rapport à sa longueur non déformée. Dans tous les cas, la surface sous le bloc est lisse. La grandeur de l'accélération dans chaque cas est donnée par a_1, a_2, a_3, a_4 , avec les directions indiquées par les flèches.

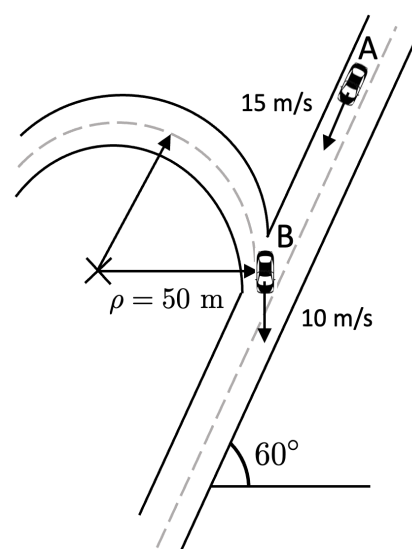


Quel énoncé est correct?

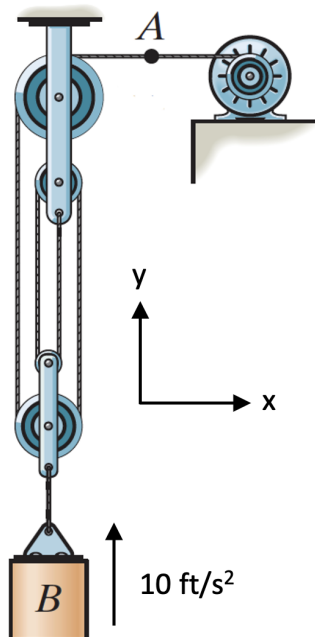
- (a) $a_1 = a_2 < a_4 < a_3$
- (b) $a_1 = a_2 < a_4 = a_3$
- (c) $a_4 < a_1 < a_2 < a_3$
- (d) $a_4 < a_1 = a_2 < a_3$
- (e) $a_3 < a_1 = a_2 < a_4$

Question 3. [1] À l'instant montré sur la figure ci-contre, les autos A et B roulent à des vitesses respectives de 15 m/s et 10 m/s. Quelle est la grandeur de la vitesse relative de B par rapport à A ?

- (a) 5.00 m/s
- (b) 7.50 m/s
- (c) 8.07 m/s
- (d) 13.0 m/s
- (e) 24.2 m/s



Pour les questions 4 et 5: Ci-dessous, un moteur tire le bloc B de 100 lb avec l'ensemble des poulies illustré. Les poulies n'ont pas de masse et le câble est inextensible. Le bloc monte avec une accélération de 10 ft/s^2 .



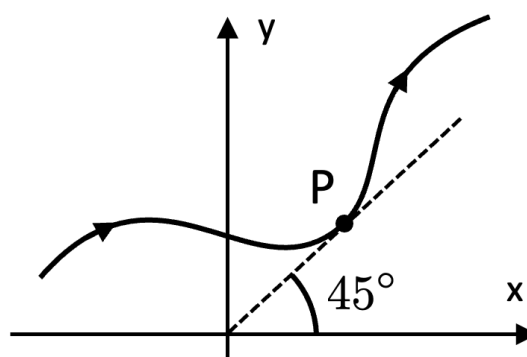
Question 4. [1] Quelle est la tension dans le câble au point A ?

- (a) 17.2 lb
- (b) 25.0 lb
- (c) 32.8 lb
- (d) 33.3 lb
- (e) 275 lb

Question 5. [1] Quelle est l'accélération du point A par rapport au bloc B ?

- (a) $-10\mathbf{i} + 40\mathbf{j} \text{ ft/s}^2$
- (b) $10\mathbf{i} - 40\mathbf{j} \text{ ft/s}^2$
- (c) $10\mathbf{i} - 10\mathbf{j} \text{ ft/s}^2$
- (d) $-40\mathbf{i} + 10\mathbf{j} \text{ ft/s}^2$
- (e) $40\mathbf{i} - 10\mathbf{j} \text{ ft/s}^2$

Pour les questions 6 et 7: Une particule de 0.5 kg subit la force nette $\mathbf{F} = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$ (en newton) au point P sur sa trajectoire curviligne (figure de droite).



Question 6. [1] Quelle est son accélération tangentielle?

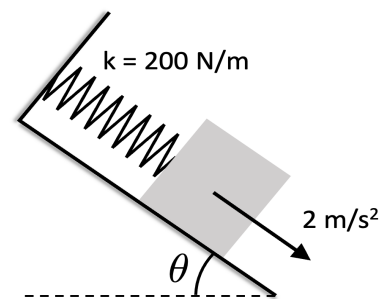
- (a) -7.07 m/s^2
- (b) -1.41 m/s^2
- (c) 1.41 m/s^2
- (d) 7.07 m/s^2
- (e) 9.81 m/s^2

Question 7. [1] Quelle est son accélération normale?

- (a) -7.07 m/s^2
- (b) -1.41 m/s^2
- (c) 1.41 m/s^2
- (d) 7.07 m/s^2
- (e) 9.81 m/s^2

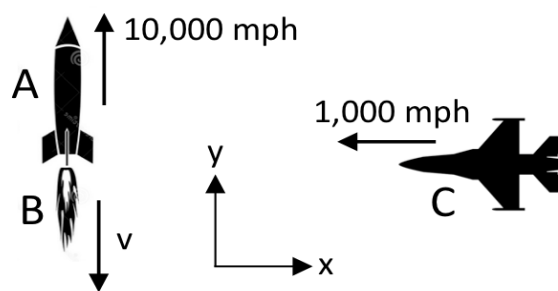
Question 8. [1] Un bloc de 10 kg (figure de droite) repose sur une surface inclinée lisse et est attaché à un ressort de constante $k = 200 \text{ N/m}$. Lorsque le ressort est étiré de 0.1 m, le bloc accélère à 2 m/s^2 tel qu'indiqué. Quel est l'angle θ du plan incliné?

- (a) 11.7°
- (b) 24.1°
- (c) 27.9°
- (d) 31.0°
- (e) 35.2°



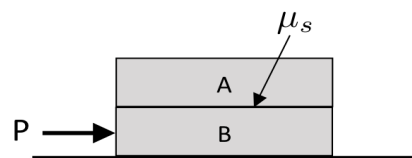
Question 9. [1] Une fusée se déplace vers le haut à une vitesse de 10 000 mph et éjecte du carburant vers le bas à une vitesse de 6 000 mph **par rapport à la fusée**. Un avion de chasse vole vers la fusée à une vitesse de 1000 mph. Quelle est la vitesse du carburant éjecté vu par le pilote de l'avion de chasse?

- (a) $-1000\mathbf{i} + 4000\mathbf{j}$ mph
- (b) $1000\mathbf{i} - 4000\mathbf{j}$ mph
- (c) $1000\mathbf{i} + 4000\mathbf{j}$ mph
- (d) $1,000\mathbf{i} - 6,000\mathbf{j}$ mph
- (e) $-1,000\mathbf{i} + 6,000\mathbf{j}$ mph



Question 10. [1] Deux blocs identiques de masse m sont empilés l'un sur l'autre. Le bloc inférieur repose sur une surface lisse et le coefficient de frottement statique entre les blocs est μ_s . Quelle est la force de poussée maximale \mathbf{P} qui peut être appliquée au bloc inférieur sans que les blocs ne glissent l'un par rapport à l'autre?

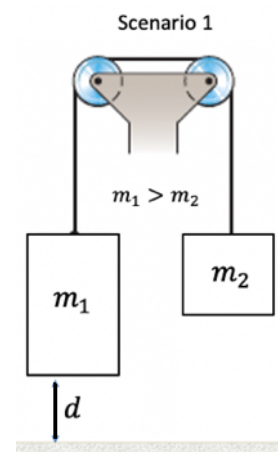
- (a) $\mu_s mg$
- (b) $2\mu_s mg$
- (c) $\mu_s mg/2$
- (d) mg/μ_s
- (e) $2mg/\mu_s$



Les questions 11 à 14 portent sur des scénarios similaires, mais chaque question est à résoudre indépendamment.

Question 11. [1] Dans le scénario 1, à droite, deux masses sont reliées par un système de poulies légères, sans friction, et un câble inextensible léger. Prenez $m_1 > m_2$. Lorsque le système est lâché du repos, la masse m_1 tombe d'une distance verticale d au sol. Pendant ce mouvement, quel est le travail total effectué sur le système par la force gravitationnelle?

- (a) $(m_1 + m_2)gd$
- (b) $-(m_1 + m_2)gd$
- (c) $(m_1 + m_2)g(2d)$
- (d) $(m_1 - m_2)gd$
- (e) $(m_2 - m_1)gd$



Question 12. [1] Reportez-vous au scénario 1, ci-dessus. Quand la masse m_1 tombe d'une distance verticale d , quel est le travail total effectué sur le système par la tension du câble?

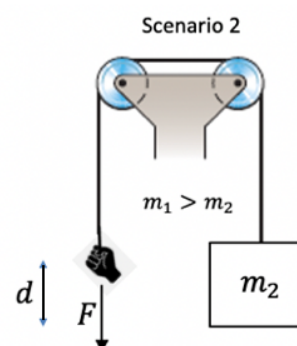
- (a) Td
- (b) $2Td$
- (c) $-Td$
- (d) $-2Td$
- (e) zéro

Question 13. [1] Considérez la vitesse de la masse m_2 dans deux scénarios:

Dans le scénario 1 de la question 11, la masse m_2 atteint la vitesse v après avoir monté d'une distance verticale d .

Dans le scénario 2 (ci-contre), le poids m_1g a été remplacé par une force externe constante F de même grandeur ($F = m_1g$). En partant du repos, la force F tire la corde vers le bas sur la même distance verticale d ; à cet instant, la masse m_2 se déplace à la vitesse v' . Laquelle des affirmations suivantes est vraie?

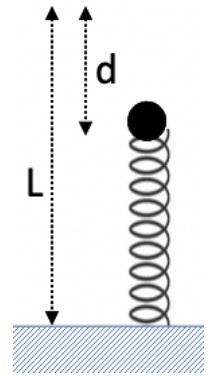
- (a) $v' > v$
- (b) $v' = v$
- (c) $v' < v$
- (d) Il n'y a pas d'information suffisante pour répondre.



Question 14. [1] Reportez-vous au diagramme du scénario 2, cette fois en considérant des poulies lourdes. Pendant que le bloc m_2 se déplace vers le haut, chaque poulie tourne autour d'un axe fixe en son centre de masse, tel que montré à la figure. La corde ne glisse pas sur les poulies. Laquelle des affirmations suivantes décrirait le mieux la direction du vecteur moment angulaire (autour de son axe de rotation) pour chaque poulie?

- (a) horaire
- (b) vers la gauche
- (c) vers la droite
- (d) hors de la page
- (e) dans la page

Question 15. [1] Un ressort vertical sans masse de constante k a une longueur L lorsqu'il n'est ni comprimé, ni étiré. Une extrémité du ressort est attachée au sol et l'autre extrémité est attachée à une balle de masse m . La balle est poussée vers le bas et maintenue en place de sorte que le ressort est comprimé d'une distance d par rapport à sa longueur initiale, comme à la figure.

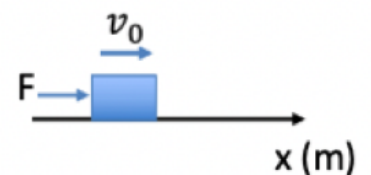


Lorsque le ressort est lâché, la balle commence à monter. Laquelle des expressions suivantes serait équivalente à l'énergie cinétique de la balle lorsque le ressort est momentanément à sa longueur initiale L ?

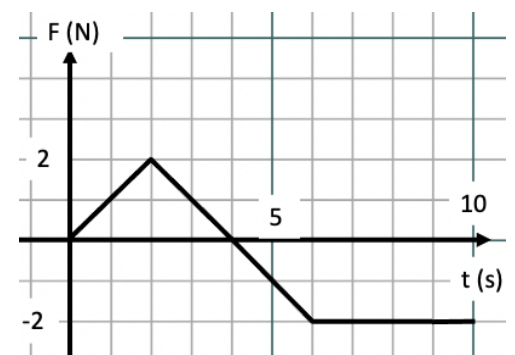
- (a) $\frac{1}{2}kd^2$
- (b) $\frac{1}{2}kL^2$
- (c) $\frac{1}{2}kd^2 + mgd$
- (d) $\frac{1}{2}kd^2 - mgd$
- (e) $\frac{1}{2}kL^2 - mgd$

Question 16. [1] Un bloc de 4 kg se déplace le long d'une surface lisse en mouvement rectiligne dans la direction $+x$, à une vitesse initiale $v_0 = 1$ m/s, lorsqu'une force horizontale \mathbf{F} est soudainement appliquée à $t = 0$. La force \mathbf{F} varie avec le temps comme le montre le graphique. Déterminez la vitesse du bloc lorsque $t = 10$ s.

Au temps $t = 0$:



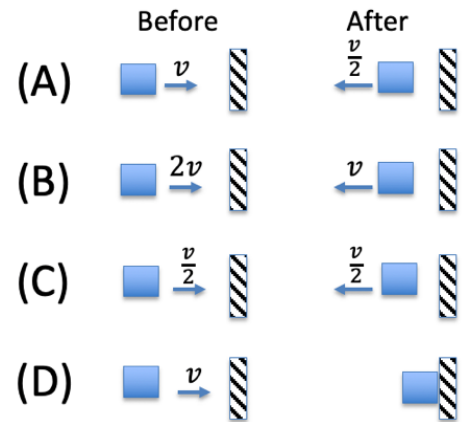
- (a) -1.5 m/s
- (b) -0.5 m/s
- (c) 4.5 m/s
- (d) 6.0 m/s
- (e) 7.0 m/s



Les questions 17 et 18 portent sur la figure ci-contre.

Question 17. [1] Reportez-vous au diagramme de quatre collisions: A, B, C, D. Pour chacune, un bloc de masse m frappe un mur fixe; les murs en A, B, C, D ne sont pas les mêmes. Les diagrammes montrent les vitesses juste avant et après la collision. Classez-les en fonction de la grandeur de l'impulsion exercée par le mur sur le bloc, de la plus petite à la plus grande.

- (a) $C = D < A < B$
- (b) $C = A < B = D$
- (c) $D < A = C < B$
- (d) $C < A = D < B$
- (e) $B < C < A < D$



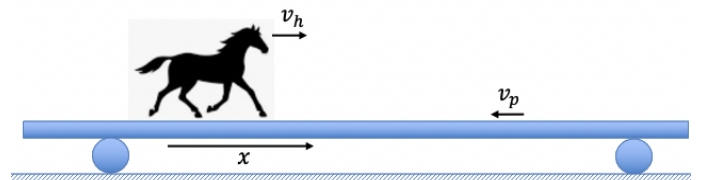
Question 18. [1] Dans le problème précédent, laquelle ou lesquelles, s'il y en a, des collisions est/sont élastique(s)?

- (a) A, B, et C
- (b) B
- (c) C
- (d) D
- (e) aucune

Question 19. [1] Une balle de 0.30 kg est lâchée d'une hauteur de 2.0 m au-dessus du sol. La balle rebondit sur le sol puis s'élève à une hauteur maximale de 0.80 m. Si la balle est en contact avec le sol pendant 0.004 s pendant le rebond, quelle est la grandeur de la force moyenne exercée par le sol sur la balle durant cette collision?

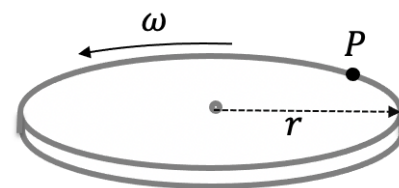
- (a) 29 N
- (b) 3.2×10^2 N
- (c) 4.1×10^2 N
- (d) 5.8×10^2 N
- (e) 7.7×10^2 N

Question 20. [1] Un cheval de 800 kg est initialement immobile sur une plate-forme roulante stationnaire de 1200 kg. Lorsque le cheval est surpris par un bruit fort, il commence à courir dans la direction $+x$. Pendant que le cheval court, la plate-forme roule à vitesse $v_p = -3.2$ m/s. Déterminez la vitesse du cheval par rapport à la plate-forme. Vous pouvez négliger la friction du roulement et les masses des roues.



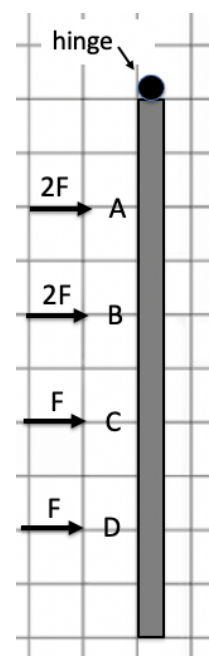
- (a) 1.6 m/s
- (b) 4.8 m/s
- (c) 5.2 m/s
- (d) 6.4 m/s
- (e) 8.0 m/s

Question 21. [1] Une plaque tournante de rayon $r = 1.2 \text{ m}$ tourne initialement avec $\omega = 1.0 \text{ rad/s}$, puis, à $t = 0$, elle commence à accélérer avec $\alpha = 2 \text{ rad/s}^2$. Lorsque $t = 0.2 \text{ s}$, quelle est l'accélération totale d'un point P sur le bord de la plaque tournante?



- (a) 1.4 m/s^2
- (b) 2.4 m/s^2
- (c) 2.6 m/s^2
- (d) 2.9 m/s^2
- (e) 3.4 m/s^2

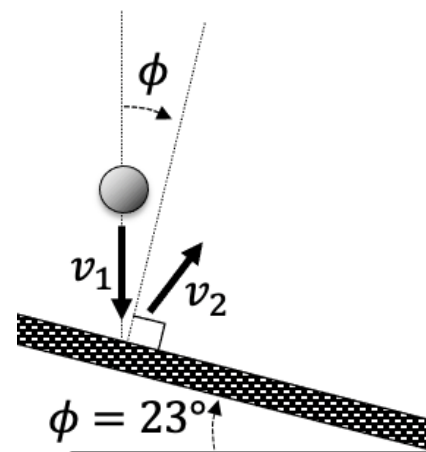
Question 22. [1] Une tige articulée pend verticalement tel qu'indiqué. La charnière (*hinge*) est fixe et l'extrémité inférieure de la tige est libre de bouger. Dans une série d'expériences, quatre forces différentes (A, B, C, D) sont appliquées horizontalement sur la tige, une à la fois, comme montré sur le diagramme. Classez les grandeurs des moments de force résultants, du plus petit au plus grand.



- (a) $A < B < C < D$
- (b) $A = B < C = D$
- (c) $C = D < A = B$
- (d) $C = D < B < A$
- (e) $A < C < B = D$

Question 23. [1] Une balle tombe verticalement sur une surface inclinée de $\phi = 23^\circ$, et la frappe à une vitesse $v_1 = 10 \text{ m/s}$. Si le coefficient de restitution vaut 0.5, à quelle vitesse v_2 la balle rebondira-t-elle?

- (a) 1.8 m/s
- (b) 2.4 m/s
- (c) 5.0 m/s
- (d) 6.0 m/s
- (e) 9.4 m/s



Question 24. [1] Une sphère creuse à paroi mince, de rayon inconnu et de masse $m = 4.0$ kg, roule sans glisser vers le bas d'un plan incliné. À un instant donné, son énergie cinétique totale est 10 J. À cet instant, quelle est la vitesse de son centre de masse?

- (a) 1.4 m/s
- (b) 1.7 m/s
- (c) 1.9 m/s
- (d) 3.0 m/s
- (e) 6.0 m/s

Faculty of Engineering/Department of Physics/Faculté Saint-Jean

ENPH 131/PHYSQ131 **SOLUTIONS**

Examen final – PARTIE II : Problèmes

Samedi 15 avril 2022, 9h - 11h30 (9-11:30am), FSJ local 366

1. Examen à livre fermé; aucun manuel ou notes ne sont autorisés. **L'aide-mémoire joint à la fin de cette partie II peut être détaché.**

2. Cette partie II contient **3 problèmes**, et vaut **36 points** (chaque question vaut 12 points). Essayez toutes les parties de chaque problème.

3. Écrivez vos solutions directement dans ces pages; indiquez clairement si le verso doit être corrigé. Montrez votre travail d'une manière soignée et logique. Donnez vos réponses avec des unités correctes et trois chiffres significatifs.

4. **Matériel permis:** crayon/stylo, efface, etc. et calculatrice non-programmable approuvée (avec un auto-collant) par la Faculty of Engineering.

5. **Éteignez tous les appareils électroniques (téléphones cellulaires, tablettes, ordinateurs, etc.) et rangez-les hors de portée.**

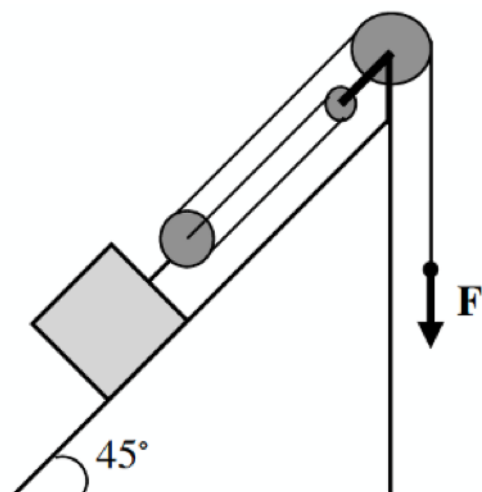
NOM _____ ID# _____

Problème 1. Une boîte de 10 kg est initialement maintenue au repos sur le plan incliné ci-dessous. À $t = 0$, elle se déplace vers le haut sous l'action d'une force F à l'extrémité du câble, comme le montre la figure. $F = (-6t^2 + 100)$ N, où t est en secondes. Le coefficient de frottement cinétique entre la boîte et le plan incliné vaut $\mu_k = 0.3$. Les poulies sont sans masse et sans frottement.

(a) [2] Dessinez le diagramme des forces sur la boîte, pendant qu'elle se déplace vers le haut.

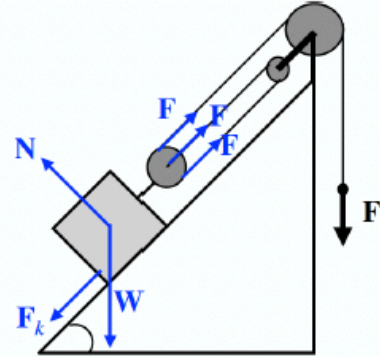
(b) [7] Trouvez la vitesse de la boîte à $t = 3$ s.

(c) [3] Déterminez l'accélération de la boîte à $t = 2$ s.



Page vide pour le problème 1.

(a) [2] Draw the free-body diagram for the box as it moves up the incline.



(b) [7] Find the speed of the box at $t = 3$ s.

Find the normal force:

$$N = mg \cos(45^\circ) = 10(9.81)\cos(45^\circ) = 69.367 \text{ N}$$

Find the friction force:

$$F_k = \mu_k N = (0.3)69.367 = 20.81 \text{ N}$$

Principle of linear impulse and momentum in the direction of the motion of the box:

$$+ \nearrow \quad mv_1 + \Sigma \int F dt = mv_2$$

$$I_F = \int_0^t F dt = \int_0^t (-6t^2 + 100) dt = -2t^3 + 100t$$

$$0 + 3I_f - F_k t - mg \sin(45^\circ)t = mv_2$$

$$v_2 = \frac{3(-2t^3 + 100t) - F_k t - mg \sin(45^\circ)t}{m}$$

At $t=3$ s:

$$v_2 = \frac{3[-2(3^3) + 100(3)] - (20.81)(3) - 10(9.81)\sin(45^\circ)(3)}{10}$$

$$v_2 = 46.7468 \text{ m/s}$$

(c) [3] Determine the acceleration of the box at $t = 2$ s.

Force F at $t=2$ s:

$$F = -6(2)^2 + 100 = 76 \text{ N}$$

Equation of motion in the x-direction (up the incline):

$$+ \nearrow \quad 3F - F_k - mg \sin 45^\circ = ma$$

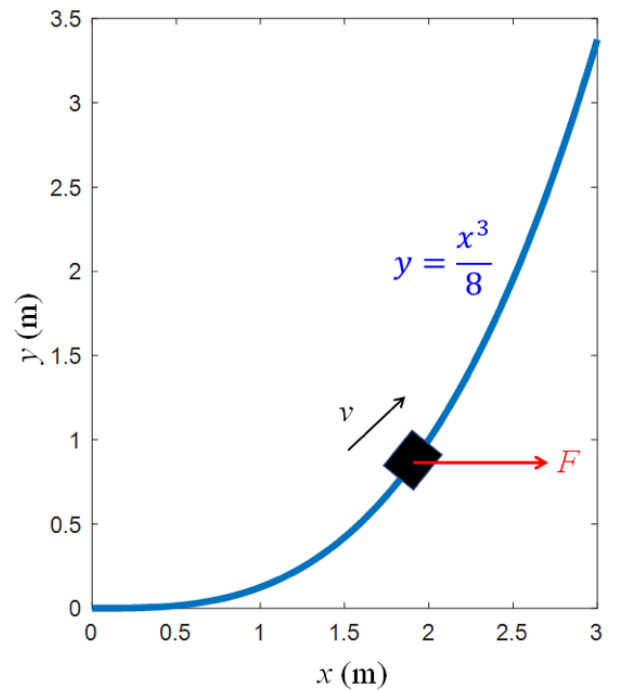
$$3(76) - 20.81 - 69.37 = 10 a$$

$$a = 13.78 \text{ m/s}^2$$

Problème 2. Une force horizontale constante de $F = 25$ N est appliquée au collet de 1 kg, de sorte qu'il se déplace le long d'une tige courbe *lisse* décrite par $y = x^3/8$. La gravité est dans la direction $-y$. Les parties (a) et (b) ci-dessous considèrent deux scénarios différents et sont indépendantes l'une de l'autre.

(a) [6] Scénario 1: le collet est au repos à $x = 0$, puis se déplace de $x = 0$ à 2 m. Calculez la vitesse du collet lorsqu'il passe à $x = 2$ m.

(b) [6] Scénario 2: à $x = 2$ m, la vitesse du collet est de 10 m/s. Calculez la force normale à partir de la barre sur le collet et l'accélération tangentielle du collet à cette position.



Page vide pour le problème 2.

A constant horizontal force $F = 25 \text{ N}$ is applied to the 1-kg collar so that it travels along the *smooth* curved bar of $y = \frac{x^3}{8}$ (gravity is in the $-y$ direction). The following two parts consider two different scenarios and are independent of each other.

- (a) [5 marks] If the collar is at rest at $x = 0$, calculate the total work done on the collar as it travels from to $x = 0$ to $x = 2 \text{ m}$, and the speed of the collar when it is at $x = 2 \text{ m}$.
- (b) [6 marks] If at $x = 2 \text{ m}$ the speed of the collar is 10 m/s , calculate the normal force from the bar on the collar and the collar's tangential acceleration at this position.

Solution:

(a) When $x = 2 \text{ m}$, $y = \frac{x^3}{8} = 1 \text{ m}$.

Normal force does not do work.

Work done by F : $U_F = F\Delta x = (25)(2) = 50 \text{ J}$

Work done by weight:

$U_W = -mg\Delta y = -(1)(9.81)(1) = -9.81 \text{ J}$

Total work done is $U_F + U_W = 40.19 \text{ J}$.

Principle of work and energy:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + U_F + U_W = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$v_1 = 0 \Rightarrow v_2 = 8.97 \text{ m/s}$

(b) In the FBD/KD

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{3x^2}{8} = 1.5 \Rightarrow \theta = 56.3^\circ$$

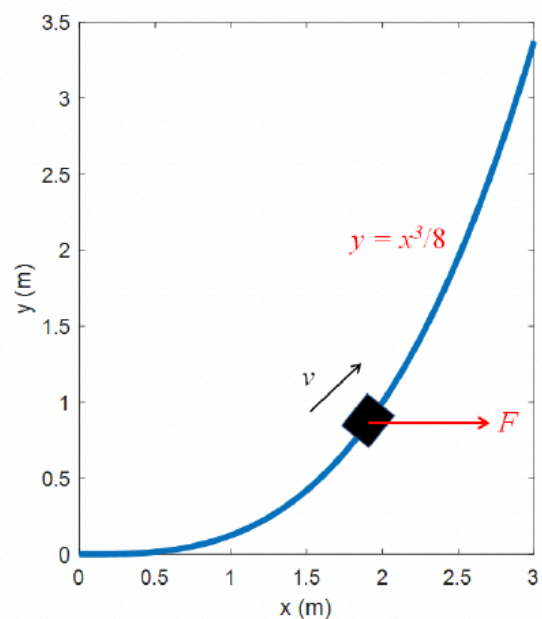
$$\rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\left|\frac{d^2y}{dx^2}\right|} = \frac{\left[1 + (1.5)^2\right]^{3/2}}{\left|\frac{6x}{8}\right|} = 3.91 \text{ m}$$

$$+\curvearrowright N - mg \cos \theta - F \sin \theta = ma_n = m \frac{v_2^2}{\rho}$$

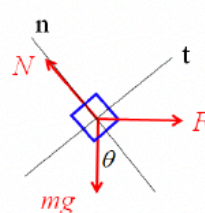
$$\Rightarrow N = mg \cos \theta + F \sin \theta + m \frac{v_2^2}{\rho} = 51.8 \text{ N}$$

$$+\nearrow F \cos \theta - mg \sin \theta = ma_t$$

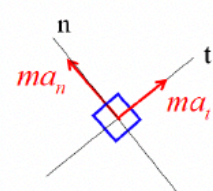
$$\Rightarrow a_t = \frac{F}{m} \cos \theta - g \sin \theta = 5.71 \text{ m/s}^2.$$



FBD



KD

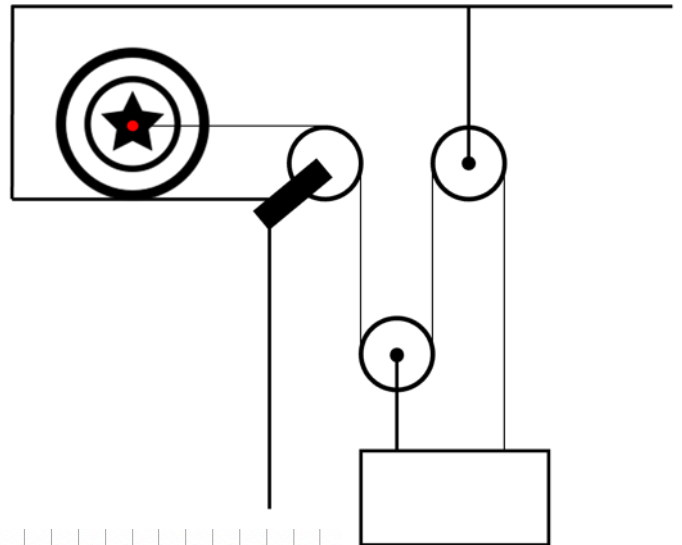


Problème 3. Un bouclier de 8 kg de diamètre 0.7 m est relié à un bloc de 20 kg avec le système de poulies illustré. Négligez les masses des poulies et des cordes. Au moment où l'accélération du bloc est de 2 m/s^2 vers le bas et en supposant que le bouclier roule sans glisser, répondez aux questions suivantes:

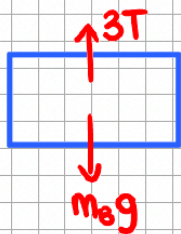
(a) [2] Dessinez le diagramme des forces et le diagramme cinétique pour le bloc et le bouclier.

(b) [4] Calculez l'accélération angulaire du bouclier.

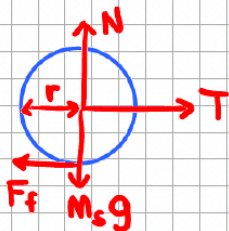
(d) [6] Calculez le moment d'inertie du bouclier autour de son centre.



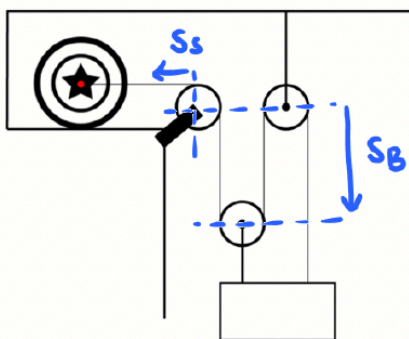
1) FBDs



KDS



2) From the dependent motion system;



$$s_s + 3s_B = l$$

$$\downarrow d/dt$$

$$v_s + 3v_B = 0$$

$$\downarrow d/dt$$

$$a_s + 3a_B = 0$$

$$\therefore a_s = -3a_B$$

3) From (2), $a_s = -3a_B = -3(2) = -6 \text{ m/s}^2$ (to the right)

Given that shield rolls without slipping, $a_s = \alpha r$

$$\therefore \alpha = a_s / r = 6 / 0.35 = \boxed{17.14 \text{ rad/s}^2}$$

4) The system of equations for the shield is \Rightarrow

$$\Sigma F_x = T - F_f = m_s a_x = m_s \alpha r \dots (1)$$

Page vide pour le problème 3.

$$\Sigma F_y = N - mg = 0 \therefore N = mg \text{ (meaningless for analysis)}$$

$$\Sigma M_z = F_f(0.35) = I\alpha \text{ --- (2)}$$

Realize that (1) & (2) have 3 unknowns, T , F_f & I .

Additional equation required $\Rightarrow \Sigma F_y$ for block.

$$\Sigma F_y = 3T - m_B g = -m_B a_B \text{ --- (3)}$$

$$\text{Solving (3) for } T \text{ gives } \Rightarrow T = \frac{m_B g - m_B a_B}{3} = \frac{20(9.81 - 2)}{3} = 52.07 \text{ N}$$

use this value of T in equs (1) & (2);

$$(1) \Rightarrow 52.07 - F_f = 8(17.14 \times 0.35) \rightarrow F_f = 4.078 \text{ N}$$

from (2) \Rightarrow

$$4.078(0.35) = I_s(17.14) \rightarrow I_s = 0.083 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$