BURHAN

Lois de Newton : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/lois-de-newton/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Lois de Newton	Niveau examen	5

Exercice 1 6 pts

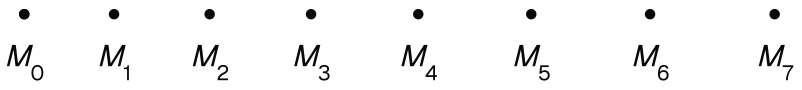
Chariot tracté par un treuil : de l'enregistrement aux forces

Dans un laboratoire, un chariot de masse $m = 0{,}450\,\text{kg}$ roule sur une table horizontale. Un petit treuil électrique, fixé au bout de la table, enroule un fil horizontal attaché au chariot.

Un capteur placé sur le fil indique une tension de valeur constante $T = 0{,}60\,\text{N}$. On étudie le centre d'inertie G du chariot dans le référentiel terrestre, supposé galiléen ; on prend $g = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Document. Enregistrement du mouvement de G : positions M_0 à M_7, séparées par $\tau = 60{,}0\,\text{ms}$; $1\,\text{cm}$ sur le document représente $6\,\text{cm}$ en réalité. Le tableau donne $x_i = M_0M_i$ mesuré sur le document.

Position	x_i (cm)
M_0	0
M_1	$0{,}93$
M_2	$1{,}92$
M_3	$2{,}97$
M_4	$4{,}08$
M_5	$5{,}25$
M_6	$6{,}48$
M_7	$7{,}77$



Enregistrement du chariot tracté

A.1. 0,5 pts

Partie A : exploitation de l'enregistrement.

Montrer que le mouvement de G est rectiligne et accéléré.

INDICE

Outil : l'alignement des positions, puis les distances entre positions successives.

A.2. 0,75 pts

Montrer que la vitesse de G en M_2 vaut $v_2 \approx 1{,}02\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, puis calculer la vitesse v_4 en M_4.

INDICE

Outil : $v_i \approx \dfrac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$, avec la distance réelle et $2\tau = 0{,}120\,\text{s}$.

A.3. 0,75 pts

Montrer que l'accélération de G en M_3 vaut $a_3 \approx 1{,}00\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$, et préciser son sens.

INDICE

Outil : $a_3 \approx \dfrac{v_4 - v_2}{2\tau}$.

B.1. 0,5 pts

Partie B : forces exercées sur le chariot. On admet que l'accélération de G est constante, de valeur $a = 1{,}00\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$, dans le sens du mouvement.

Faire le bilan des forces extérieures appliquées au chariot.

INDICE

Outil : nomme le corps qui exerce chaque force ; la table exerce deux actions, l'une perpendiculaire et l'autre parallèle à son plan.

B.2. 1 pts

Montrer que la valeur de la force de frottement s'écrit

$$f = T - m\,a$$

puis calculer f.

INDICE

Outil : projette la deuxième loi de Newton sur un axe horizontal orienté dans le sens du mouvement.

B.3. 0,5 pts

Calculer la valeur de la réaction $\vec{R}_N$ de la table.

INDICE

Outil : projette la même loi sur un axe vertical ; le mouvement est horizontal.

B.4. 0,5 pts

Le chariot exerce une force sur le fil. Donner sa direction, son sens et sa valeur.

INDICE

Outil : la troisième loi de Newton appliquée au fil et au chariot.

B.5. 1 pts

On règle le treuil pour que la tension double, le frottement gardant la même valeur. Montrer que l'accélération fait plus que doubler, et calculer sa nouvelle valeur.

INDICE

Début : réécris la projection de la question B.2 avec $T' = 2T$. **Point délicat :** le frottement ne double pas.

B.6. `0,5 pts`

Le treuil se coupe alors que le chariot roule. Un élève affirme : « Plus rien ne tire le chariot, il s'arrête aussitôt. » Discuter cette affirmation à l'aide de la deuxième loi de Newton.

INDICE

Début : fais le nouveau bilan des forces horizontales. **Ensuite :** calcule l'accélération et interprète son signe.

Exercice 2 — 6 pts

Centrifugeuse : base de Frenet et force sur l'échantillon

Une centrifugeuse de laboratoire fait tourner des tubes dans un plan horizontal, autour d'un axe vertical. On étudie le fond d'un tube, puis l'échantillon qu'il contient, dans le référentiel terrestre, supposé galiléen. On prend $g = 9{,}80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Document. Caractéristiques de la centrifugeuse.

Grandeur	Valeur
distance du fond d'un tube à l'axe	$R = 7{,}0\,\mathrm{cm}$
fréquence de rotation en régime établi	$6{,}0 \times 10^{3}$ tours par minute
durée de la mise en rotation	$12\,\mathrm{s}$
masse de l'échantillon	$m = 2{,}0\,\mathrm{g}$
force maximale supportée par le fond d'un tube	$1{,}2 \times 10^{2}\,\mathrm{N}$

A.1. — 0,75 pts

Partie A : mouvement du fond d'un tube.

Montrer qu'en régime établi, la vitesse du fond d'un tube vaut environ $44\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

INDICE

Début : convertis la fréquence en tours par seconde. **Outil :** en un tour, le fond du tube parcourt $2\pi R$.

A.2. — 1 pts

En utilisant les coordonnées de l'accélération dans la base de Frenet, montrer qu'en régime établi l'accélération du fond d'un tube est centripète, de valeur

$$a = \frac{v^2}{R}$$

puis vérifier que $a \approx 2{,}8 \times 10^{4}\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

INDICE

Outil : $a_T = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ et $a_N = \dfrac{v^2}{\rho}$. **Point délicat :** le rayon de courbure d'un cercle est son rayon ; garde la valeur non arrondie de v.

A.3. — 0,25 pts

Comparer cette accélération à l'intensité de la pesanteur.

INDICE

Outil : calcule le quotient $\dfrac{a}{g}$.

A.4. 0,75 pts

Pendant la mise en rotation, la valeur de la vitesse augmente régulièrement, de 0 à sa valeur de régime établi, en $12\,\mathrm{s}$. À l'instant où elle vaut $25\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$, calculer a_T et a_N, puis montrer que l'accélération est alors presque centripète.

INDICE

Outil : $a_T = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ et $a_N = \dfrac{v^2}{R}$. **Point délicat :** une vitesse qui augmente régulièrement a une dérivée constante.

B.1. 0,5 pts

Partie B : force exercée sur l'échantillon. On admet qu'en régime établi, l'échantillon a le mouvement du fond du tube, d'accélération centripète de valeur $a = 2{,}8\times10^{4}\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Faire le bilan des forces exercées sur l'échantillon.

INDICE

Outil : deux corps agissent sur l'échantillon : la Terre et le tube.

B.2. 1 pts

Montrer que la composante horizontale de la force exercée par le tube vaut environ $56\,\mathrm{N}$, puis que le poids de l'échantillon est négligeable devant elle.

INDICE

Outil : projette la deuxième loi de Newton sur l'horizontale, vers l'axe. **Début :** convertis la masse en kilogrammes.

B.3. 0,5 pts

L'échantillon exerce une force sur le fond du tube. Donner sa direction, son sens et la valeur de sa composante horizontale.

INDICE

Outil : la troisième loi de Newton.

B.4. 1,25 pts

Le constructeur indique la force maximale que supporte le fond d'un tube (document). Déterminer la fréquence de rotation maximale, en tours par minute, pour cet échantillon de $2{,}0\,\mathrm{g}$.

INDICE

Début : la force exercée par l'échantillon sur le fond vaut $m\,\dfrac{v^2}{R}$. **Ensuite :** isole v, puis passe de la vitesse à la fréquence par $v = 2\pi R n$.

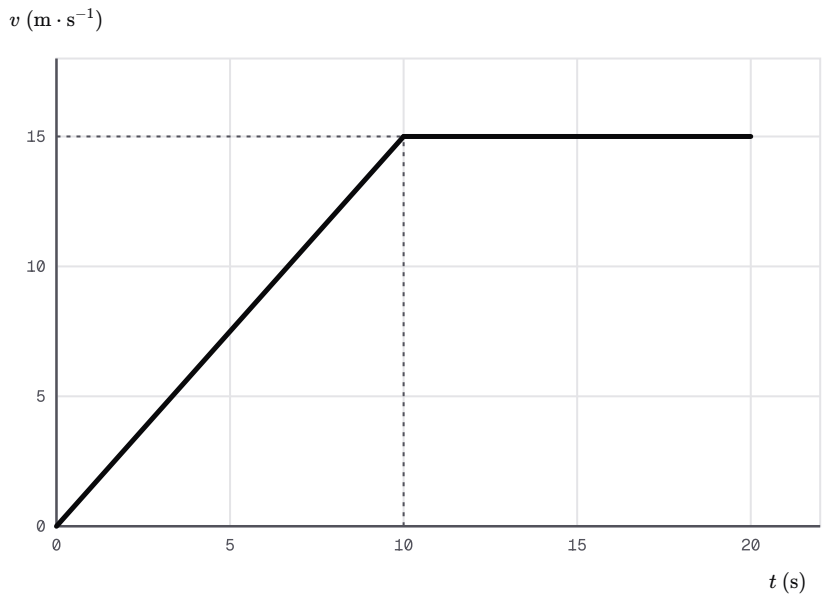
Exercice 3 — 6 pts

Véhicule et remorque : force motrice et force d'attelage

Un véhicule utilitaire de masse $m_V = 1{,}4 \times 10^3\,\text{kg}$ tire une remorque de masse $m_R = 600\,\text{kg}$ sur une route rectiligne et horizontale. La route exerce sur le véhicule une force motrice horizontale $\vec{F}$.

Les forces résistantes sont constantes et opposées au mouvement : $f_V = 500\,\text{N}$ sur le véhicule et $f_R = 300\,\text{N}$ sur la remorque. On étudie le convoi dans le référentiel terrestre, supposé galiléen.

Document. Valeur v de la vitesse du convoi en fonction du temps.



Vitesse du véhicule et de sa remorque

A.1. — 0,75 pts

Partie A : le convoi.

Montrer, à partir du document, que l'accélération du convoi vaut $1{,}5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ pendant les dix premières secondes.

INDICE

Outil : la pente de la portion rectiligne, entre deux points éloignés.

A.2. — 1,25 pts

En prenant pour système le convoi (véhicule et remorque), montrer que la force motrice vaut $F = 3{,}8\,\text{kN}$ pendant cette phase.

INDICE

Point délicat : les forces d'attelage sont intérieures au convoi. **Outil :** projette la deuxième loi sur l'axe du mouvement.

A.3. 0,75 pts

Calculer la force motrice entre $t = 10\,\mathrm{s}$ et $t = 20\,\mathrm{s}$.

INDICE

Outil : lis la vitesse sur cette phase, puis applique la même loi.

B.1. 1 pts

Partie B : l'attelage. On admet que, pendant le démarrage, l'accélération du convoi vaut $a = 1{,}5\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ et la force motrice $F = 3{,}8\,\mathrm{kN}$.

En prenant pour système la remorque seule, montrer que l'attelage exerce sur elle une force horizontale de valeur $T = 1{,}2\,\mathrm{kN}$.

INDICE

Outil : sur la remorque s'exercent, horizontalement, la force de l'attelage vers l'avant et $\vec{f}_R$ vers l'arrière.

B.2. 0,75 pts

La remorque exerce une force sur le véhicule par l'attelage. Donner sa direction, son sens et sa valeur.

INDICE

Outil : la troisième loi de Newton, appliquée au véhicule et à la remorque.

B.3. 1 pts

Appliquer la deuxième loi de Newton au véhicule seul pour vérifier la cohérence des résultats. Expliquer pourquoi les forces d'attelage apparaissent dans ce bilan, mais pas dans celui du convoi.

INDICE

Outil : sur le véhicule s'exercent, horizontalement, $\vec{F}$, $\vec{f}_V$ et la force de la remorque. **Point délicat :** une force est extérieure ou intérieure selon le système choisi.

B.4. 0,5 pts

Montrer que, pendant la phase à vitesse constante, la force d'attelage ne vaut plus que $300\,\mathrm{N}$.

INDICE

Outil : même système que la question B.1, avec une accélération nulle.

Exercice 4 6 pts

Drone en montée verticale : cinématique et poussée des hélices

Un drone de masse $m = 1{,}20\,\text{kg}$ décolle verticalement. On étudie son centre d'inertie G dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, sur un axe $(O, \vec{k})$ vertical orienté vers le haut.

Les hélices exercent une poussée verticale $\vec{F}$; on néglige l'action de l'air sur le reste du drone et on prend $g = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Document. Notice et vol enregistré. La poussée des hélices ne peut pas dépasser $16\,\text{N}$. Pour $0 \le t \le 4{,}0\,\text{s}$, l'altitude de G est $z(t) = -0{,}20\,t^3 + 1{,}2\,t^2$, avec z en mètres et t en secondes :

t (s)	z (m)
0	0
$1{,}0$	$1{,}0$
$2{,}0$	$3{,}2$
$3{,}0$	$5{,}4$
$4{,}0$	$6{,}4$

A.1. 0,75 pts

Partie A : étude cinématique.

Montrer que $v_z(t) = -0{,}60\,t^2 + 2{,}4\,t$ et que $a_z(t) = -1{,}2\,t + 2{,}4$, en unités du système international.

INDICE

Outil : $v_z = \dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}$ et $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}$.

A.2. 1 pts

Calculer v_z et a_z aux instants $t_1 = 1{,}0\,\text{s}$ et $t_3 = 3{,}0\,\text{s}$. Montrer ensuite, par le signe de $\vec{a}\cdot\vec{v}$, que le mouvement est accéléré à l'instant t_1 et retardé à l'instant t_3.

INDICE

Début : remplace t dans les expressions de la question A.1. **Outil :** les deux vecteurs sont portés par $\vec{k}$, donc $\vec{a}\cdot\vec{v} = a_z\,v_z$.

A.3. 0,75 pts

Montrer que la vitesse du drone est maximale à l'instant $t_2 = 2{,}0\,\text{s}$ et calculer cette vitesse. Que se passe-t-il à $t = 4{,}0\,\text{s}$?

INDICE

Outil : la vitesse est maximale quand sa dérivée a_z s'annule en changeant de signe.

B.1. 0,75 pts

Partie B : poussée des hélices. On admet que, pour $0 \leq t \leq 4{,}0\,\text{s}$, $a_z(t) = -1{,}2\,t + 2{,}4$ en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Montrer que la valeur de la poussée s'écrit

$$F = m\,(g + a_z)$$

INDICE

Outil : le bilan des forces, puis la deuxième loi de Newton projetée sur l'axe $(O, \vec{k})$.

B.2. 1 pts

On écrit $a_z = b - c\,t$, avec $b = 2{,}4\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $c = 1{,}2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-3}$. Établir l'expression littérale de F en fonction de m, g, b, c et t, et en déduire le sens de variation de la poussée. Calculer ensuite la poussée au décollage et à l'instant $t = 4{,}0\,\text{s}$.

INDICE

Début : remplace a_z dans la relation de la question B.1. **Point délicat :** le signe du coefficient de t donne le sens de variation.

B.3. 0,5 pts

Pendant quelle partie de la montée la poussée est-elle supérieure au poids ? Après $t = 4{,}0\,\text{s}$, le drone reste immobile en vol stationnaire : que vaut alors la poussée ?

INDICE

Point délicat : $F > mg$ équivaut à $a_z > 0$; un drone immobile a une accélération nulle.

B.4. 1,25 pts

Le drone doit emporter un colis en suivant exactement le même mouvement. En utilisant le document, déterminer la masse maximale du colis.

INDICE

Début : repère l'instant où la poussée nécessaire est la plus grande. **Ensuite :** écris la relation de la question B.1 pour la masse totale, avec la poussée limite.

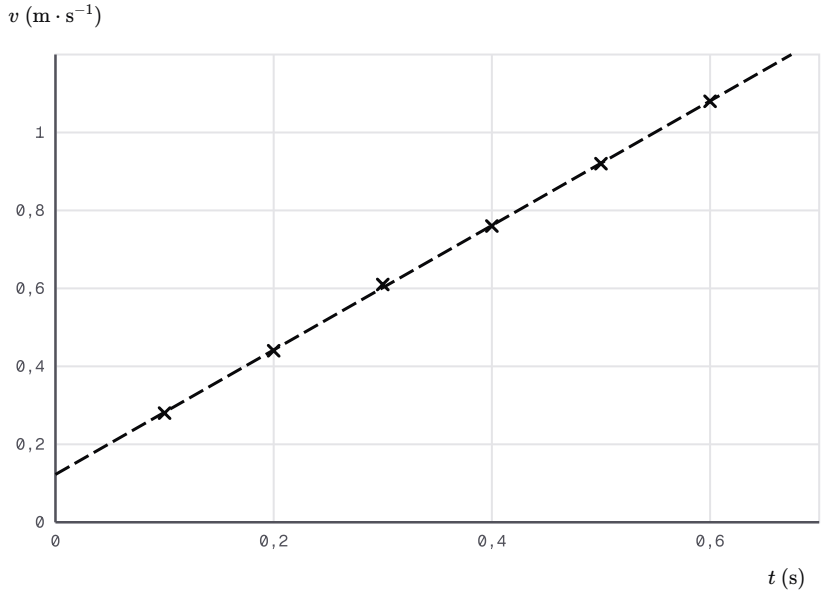
Exercice 5 — 6 pts

Vérifier la deuxième loi avec un capteur de vitesse

Au cours d'un TP, un chariot à roulements de faible frottement est tiré sur un banc horizontal par un fil horizontal. Un capteur de force indique une tension constante $F = 0{,}41\,\mathrm{N}$; un capteur ultrasonore mesure la vitesse v du chariot.

On néglige d'abord les frottements ; le référentiel du laboratoire est supposé galiléen.

Document 1. Vitesse du chariot de masse $m = 0{,}250\,\mathrm{kg}$ en fonction du temps. Un logiciel donne la droite de modélisation $v = 1{,}60\,t + 0{,}12$, avec v en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ et t en secondes.



Vitesse du chariot mesurée par le capteur

A.1. — 1 pts

Partie A : exploitation des mesures.

Montrer que l'accélération du chariot est constante et vaut $1{,}60\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$. Que représente le nombre $0{,}12$ dans l'équation de la droite ?

INDICE

Outil : pour un mouvement rectiligne, l'accélération est la pente de $v(t)$. **Ensuite :** calcule v à l'instant $t = 0$.

A.2. — 0,75 pts

Montrer que, si l'on néglige les frottements, la deuxième loi de Newton prévoit pour ce chariot

$$m\,a = F$$

INDICE

Outil : bilan des forces, puis projection sur l'axe horizontal du mouvement.

A.3. 0,75 pts

Calculer $m\,a$, puis l'écart relatif avec la valeur F indiquée par le capteur. Conclure.

INDICE

Outil : écart relatif $= \dfrac{|m\,a - F|}{F}$.

A.4. 0,75 pts

Un élève attribue l'écart à un frottement résiduel, constant et opposé au mouvement. Estimer la valeur de ce frottement, puis dire si l'hypothèse « frottements négligés » était raisonnable.

INDICE

Début : ajoute le frottement $\vec{f}$ au bilan et reprends la projection. **Point délicat :** compare f à F.

B.1. 0,75 pts

Partie B : rôle de la masse et validité. On recommence avec des surcharges, la tension restant égale à $F = 0{,}41\ \mathrm{N}$.

Document 2.

m (kg)	a ($\mathrm{m\cdot s^{-2}}$)
$0{,}250$	$1{,}60$
$0{,}350$	$1{,}16$
$0{,}450$	$0{,}90$
$0{,}550$	$0{,}74$

Montrer que le produit $m\,a$ reste à peu près constant, et conclure sur le rôle de la masse.

INDICE

Outil : calcule $m\,a$ pour chaque ligne.

B.2. 0,75 pts

Rappeler les conditions de validité de la deuxième loi de Newton et montrer qu'elles sont remplies ici. On donne la vitesse de la lumière dans le vide, $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

INDICE

Outil : référentiel, masse du système, valeur des vitesses.

B.3. 1,25 pts

On veut que le chariot, tiré par la même force, ait une accélération de $0{,}60\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$. Déterminer la masse de la surcharge à ajouter au chariot de masse $0{,}250\ \mathrm{kg}$, puis vérifier que le résultat est cohérent avec le document 2.

INDICE

Début : la deuxième loi donne la masse totale à partir de F et de l'accélération voulue. **Ensuite :** retire la masse du chariot à vide.