

**EPFL****1**

Enseignants : Burmeister, Saurer  
Physique contrôle 2 - CMS  
11 janvier 2024  
Durée : 105 minutes

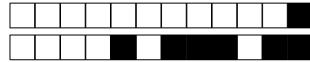
# Dalton Joe

SCIPER : **987654**

**Attendez le début de l'épreuve avant de tourner la page. Ce document est imprimé recto-verso, il contient 12 questions sur 12 pages, les dernières pouvant être vides. Ne pas dégrafer.**

- Posez votre **carte d'étudiant.e** sur la table.
- **Aucun** document n'est autorisé.
- L'utilisation d'une **calculatrice** et de tout **outil électronique** est **interdite** pendant l'épreuve.
- Pour les questions à **choix unique**, on comptera :  
les points indiqués si la réponse est correcte,  
0 point si il n'y a aucune ou plus d'une réponse inscrite,  
0 point si la réponse est incorrecte.
- Utilisez un **stylo** à encre **noire ou bleu foncé** et effacez proprement avec du **correcteur blanc** si nécessaire.
- Les dessins peuvent être faits au crayon.
- Répondez dans l'espace prévu (**aucune** feuille supplémentaire ne sera fournie).
- Dans les éventuelles applications numériques, on posera  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- Les brouillons ne sont pas à rendre: ils ne seront pas corrigés.

Respectez les consignes suivantes   Observe this guidelines   Beachten Sie bitte die unten stehenden Richtlinien		
choisir une réponse   select an answer Antwort auswählen	ne PAS choisir une réponse   NOT select an answer NICHT Antwort auswählen	Corriger une réponse   Correct an answer Antwort korrigieren
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ce qu'il ne faut PAS faire   what should NOT be done   was man NICHT tun sollte		

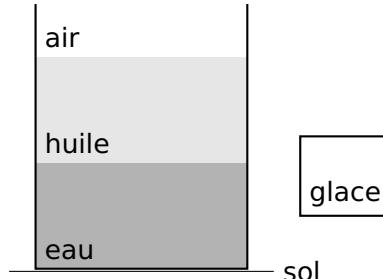


## Première partie, 10 questions à choix unique

Pour chacun des trois énoncés proposés, plusieurs questions sont posées. Pour chaque question, marquer la case correspondante à la réponse correcte sans faire de ratures. Il n'y a qu'**une seule** réponse correcte par question.

### Enoncé

Un récipient contient de l'huile et un litre d'eau à  $10^\circ\text{C}$ . On y ajoute un cube de glace d'arête  $10\text{ cm}$  à  $-10^\circ\text{C}$  et on observe que l'équilibre thermique s'établit à  $0^\circ\text{C}$ . L'huile a alors perdu  $4.4 \cdot 10^4\text{ J}$ . On admet que l'épaisseur de la couche d'huile est supérieure à  $10\text{ cm}$  et que l'on peut négliger les pertes dans l'environnement.



$$\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg m}^{-3}, \rho_{\text{glace}} = 0.9 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}, \rho_{\text{huile}} = 0.85 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}, c_{\text{eau}} = 4 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}, c_{\text{glace}} = 2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}, c_{\text{huile}} = 1.8 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}, \lambda_{\text{sol-liq,eau}} = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

### Question 1 (2 points)

Question préliminaire, ne concernant que le cube de glace hors du récipient: pendant combien de temps au minimum faudrait-il éclairer un cube de glace d'arête  $10\text{ cm}$  à  $0^\circ\text{C}$  avec une lampe fournissant une puissance de  $6600\text{ W}$  pour qu'il fonde entièrement? On néglige les pertes dans l'environnement.

- |                                |                               |                               |  |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0.2 s | <input type="checkbox"/> 50 s | <input type="checkbox"/> 45 s | <input type="checkbox"/> $\frac{20}{9}\text{ s}$ | <input type="checkbox"/> 90 s |
| <input type="checkbox"/> 100 s | <input type="checkbox"/> 18 s | <input type="checkbox"/> 2 s  | <input type="checkbox"/> 20 s                    | <input type="checkbox"/> 0 s  |

### Question 2 (2 points)

A quel endroit le cube de glace se place-t-il juste après qu'il soit mis dans le récipient?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> La moitié dans l'eau, la moitié dans l'huile | <input type="checkbox"/> Deux tiers dans l'huile, un tiers dans l'air |
| <input type="checkbox"/> Deux tiers dans l'eau, un tiers dans l'huile | <input type="checkbox"/> Un tiers dans l'eau, deux tiers dans l'huile |
| <input type="checkbox"/> Un tiers dans l'huile, deux tiers dans l'air | <input type="checkbox"/> Au fond du récipient                         |
|   | <input type="checkbox"/> La moitié dans l'huile, la moitié dans l'air |

### Question 3 (1 point)

Que s'est-il passé pour l'eau déjà présente dans le récipient entre l'instant de l'ajout du bloc de glace et l'équilibre thermique? L'eau a ...

- |  |  |                                       |  |
|--|--|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> perdu 20000 J | <input type="checkbox"/> gagné 2000 J  | <input type="checkbox"/> perdu 2000 J | <input type="checkbox"/> perdu 40000 J |
| <input type="checkbox"/> gagné 4000 J  | <input type="checkbox"/> gagné 20000 J | <input type="checkbox"/> perdu 4000 J | <input type="checkbox"/> gagné 40000 J |

### Question 4 (2 points)

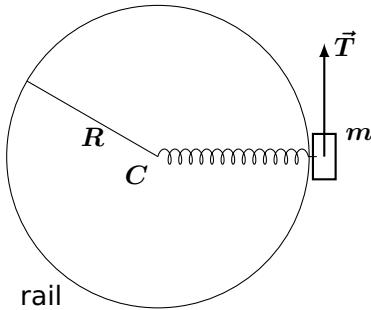
Quelle masse de glace a-t-elle fondu lorsque l'équilibre thermique est atteint?

- |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0.5 kg | <input type="checkbox"/> 0.3 kg | <input type="checkbox"/> 0.4 kg | <input type="checkbox"/> 0.8 kg | <input type="checkbox"/> 0.6 kg |
| <input type="checkbox"/> 0 kg   | <input type="checkbox"/> 0.7 kg | <input type="checkbox"/> 0.2 kg | <input type="checkbox"/> 0.9 kg | <input type="checkbox"/> 0.1 kg |

**Enoncé**

Un rail circulaire de rayon  $R$  est fixé horizontalement sur le sol. Un petit bloc de masse  $m$  peut longer le rail sur la partie extérieure. Il est plaqué contre le rail grâce à un ressort fixé au bloc et sur le centre  $C$  du rail. Le ressort, de constante  $k$ , a une longueur naturelle  $\ell_0 = \frac{3}{4}R$ . Initialement à l'arrêt, le bloc est tiré le long du rail avec une force  $\vec{T}$  de norme constante  $T$ . Tous les frottements sont négligeables.

Vue de dessus :

**Question 5** (2 points)

Après combien de temps le bloc a-t-il fait un tour complet, en admettant qu'il reste plaqué contre le rail?

$\sqrt{2\pi}\sqrt{\frac{mR}{T}}$

$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{mR}{T}}$

$\frac{1}{2\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{mR}{T}}$

$2\pi\sqrt{\frac{mR}{T}}$

$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\sqrt{\frac{mR}{T}}$

$2\sqrt{\pi}\sqrt{\frac{mR}{T}}$

**Question 6** (1 point)

A l'instant où le bloc atteint la vitesse angulaire  $\omega$  autour de  $C$ , que vaut son accélération normale, en admettant qu'il reste plaqué contre le rail?

$|a_n| = \frac{|\dot{\omega}|}{R}$

$|a_n| = R|\dot{\omega}|$

$|a_n| = m\frac{\omega^2}{R}$

$|a_n| = \omega^2$

$|a_n| = mR\omega^2$

$|a_n| = R\omega^2$

$|a_n| = |\dot{\omega}|$

$|a_n| = \frac{\omega^2}{R}$

**Question 7** (1 point)

Pendant que le bloc reste plaqué contre le rail, la norme de la force exercée par le ressort sur le bloc...

 reste constante diminue augmente**Question 8** (2 points)

A quelle condition la vitesse angulaire  $\omega$  du bloc autour de  $C$  doit satisfaire pour que le bloc reste plaqué contre le rail?

$\omega^2 < \frac{2k}{m}$

$\omega^2 < \frac{4k}{m}$

$\omega^2 < \frac{k}{4m}$

$\omega^2 > \frac{2k}{m}$

$\omega^2 < \frac{k}{m}$

$\omega^2 < \frac{k}{2m}$

**Enoncé**

Un vaisseau spatial de masse  $m$  destiné à se poser sur la Lune se trouve à une grande distance  $D$  du sol lunaire. Stabilisé par ses moteurs, ce vaisseau a une vitesse négligeable au moment d'aborder sa descente vers la Lune.

Dans les expressions ci-dessous,  $G$  est la constante gravitationnelle (constante universelle de la gravitation),  $M_L$  est la masse de la Lune, et  $R_L$  est le rayon de la Lune. On admet qu'il n'y a pas de frottement, ni d'influence d'aucun autre astre.

**Question 9** (2 points)

Quelle est l'expression du travail de la force exercée par les moteurs du vaisseau spatial pendant la descente si la vitesse de ce dernier au moment de toucher le sol lunaire est nulle ?

$$\frac{GmM_L}{(R_L + D)^2}$$

$$\frac{GmM_LD}{R_L(R_L + D)}$$

$$\frac{GmM_LR_L}{D(R_L + D)}$$

$$-\frac{GmM_L}{(R_L + D)^2}$$

$$-\frac{GmM_LR_L}{D(R_L + D)}$$

$$-\frac{GmM_LD}{R_L(R_L + D)}$$

**Question 10** (1 point)

Quelle est la norme du poids du vaisseau une fois qu'il s'est posé sur la Lune ?

$$\frac{GmM_L}{(R_L + D)^2}$$

$$\frac{GmM_L}{R_L}$$

$$\frac{GmM_L}{R_L + D}$$

$$\frac{GmM_L}{R_L^2}$$

$$\frac{GmM_LR_L}{D(R_L + D)}$$

$$\frac{GmM_LD}{R_L(R_L + D)}$$



## **Deuxième partie, 2 questions de type ouvert**

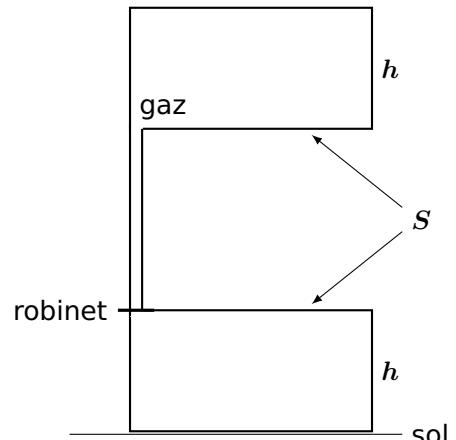
Répondre dans l'espace dédié. Votre réponse doit être soigneusement justifiée, toutes les étapes de votre raisonnement doivent figurer dans votre réponse. Laisser libres les cases à cocher : elles sont réservées au correcteur.

**Question 11:** *Cette question est notée sur 8 points.*

Dans l'air à température  $T_a = 30^\circ\text{C}$  et pression  $p_a = 10^5 \text{ Pa}$ , deux boîtes métalliques identiques de base  $S = 3 \text{ m}^2$  et de hauteur  $h = 3 \text{ m}$  sont reliées par un petit tube de volume négligeable et muni d'un robinet. Tant que le robinet est fermé, la boîte supérieure contient un gaz à pression  $p_0 = 2.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , alors que la boîte inférieure est vide.

Pour l'application numérique, prendre  $T_{\text{zéro absolu}} = -270^\circ\text{C}$ ,  $k = \frac{3}{2} \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ .

- (a) Combien y a-t-il de molécules de gaz enfermé ?
  - (b) Une fois le robinet ouvert, que vaut la pression du gaz enfermé à l'équilibre thermique ?

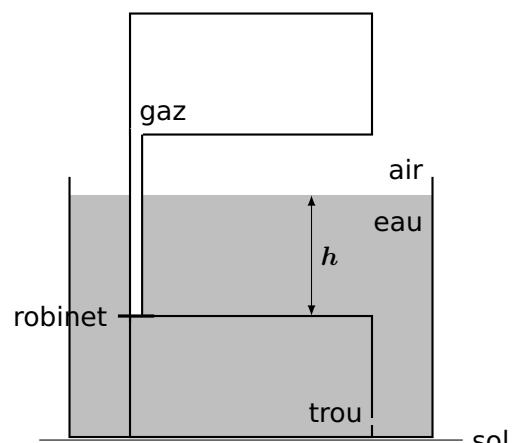


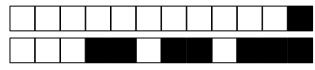
On refait la même l'expérience en fixant la boîte inférieure dans un large bac d'eau, l'eau recouvrant la boîte sur une épaisseur  $h$ . La boîte est initialement remplie d'eau et un trou percé à sa base permet à l'eau d'en sortir.

- (c) Une fois le robinet ouvert, on observe que du gaz entre dans la boîte inférieure.

Que vaut le volume du gaz dans la boîte inférieure à l'équilibre thermique?

On négligera la variation de l'épaisseur de la couche d'eau au-dessus de la boîte inférieure.

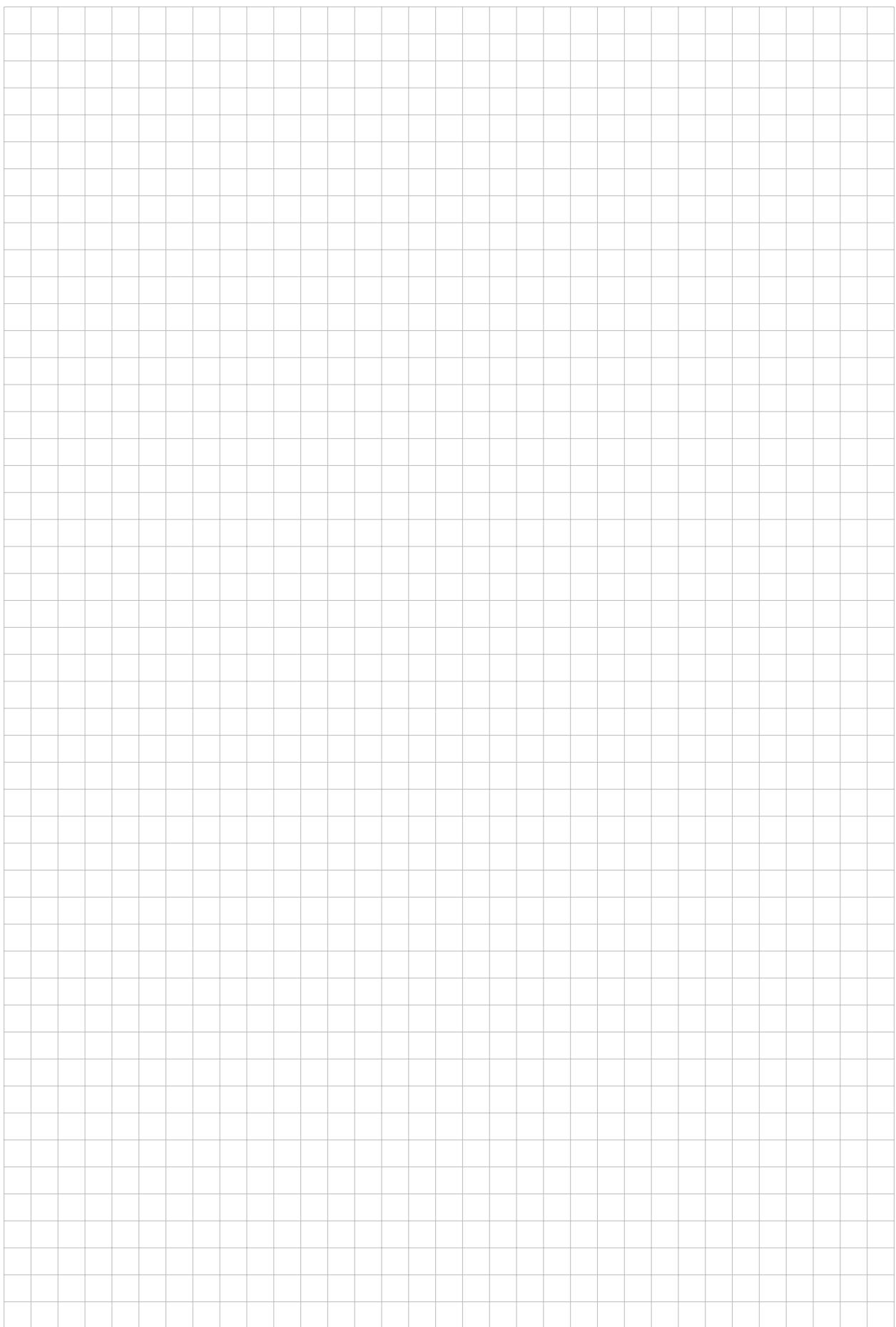


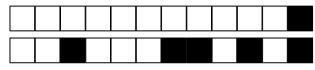


+1/6/55+

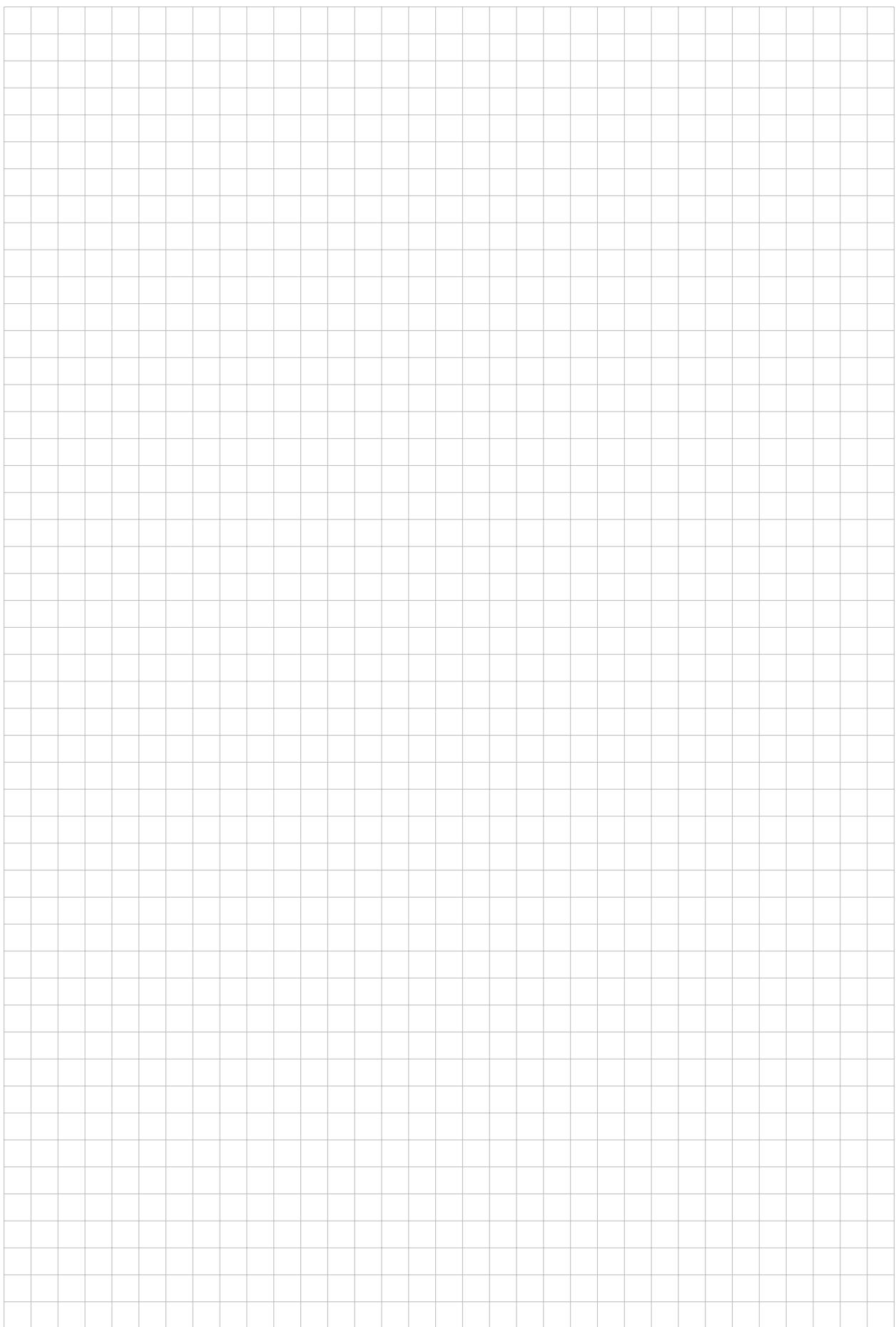


+1/7/54+





+1/8/53+

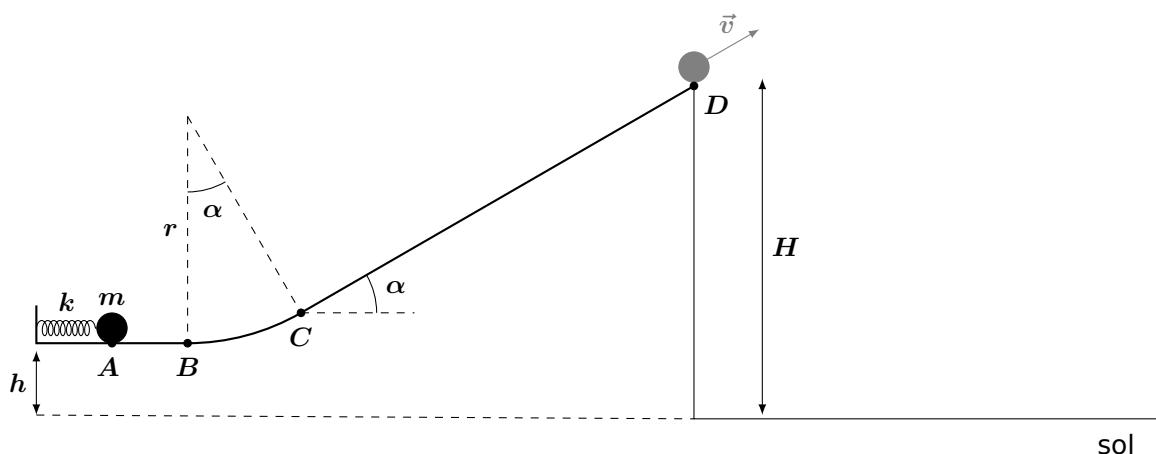




**Question 12:** *Cette question est notée sur 8 points.*

On considère une expérience durant laquelle une petite balle de masse  $m$ , initialement immobile au point  $A$ , est propulsée par un ressort de constante  $k$  le long d'un rail  $ABCD$  situé dans un plan vertical. On observe que la petite balle arrive au point  $D$  avec une vitesse  $\vec{v}$ . Elle se retrouve alors dans le vide.

Le rail est constitué de trois parties : un court segment horizontal  $AB$  situé à une hauteur  $h$  au-dessus du sol, un segment circulaire  $BC$  d'ouverture  $\alpha$  et de rayon de courbure  $r = 3h$ , et un segment  $CD$  incliné du même angle  $\alpha$ . Le sommet  $D$  se trouve à une hauteur  $H = 4h$  par rapport au sol.

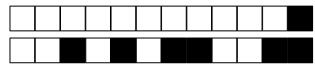


Tous les effets liés à la rotation de la petite balle sont supposés négligeables.

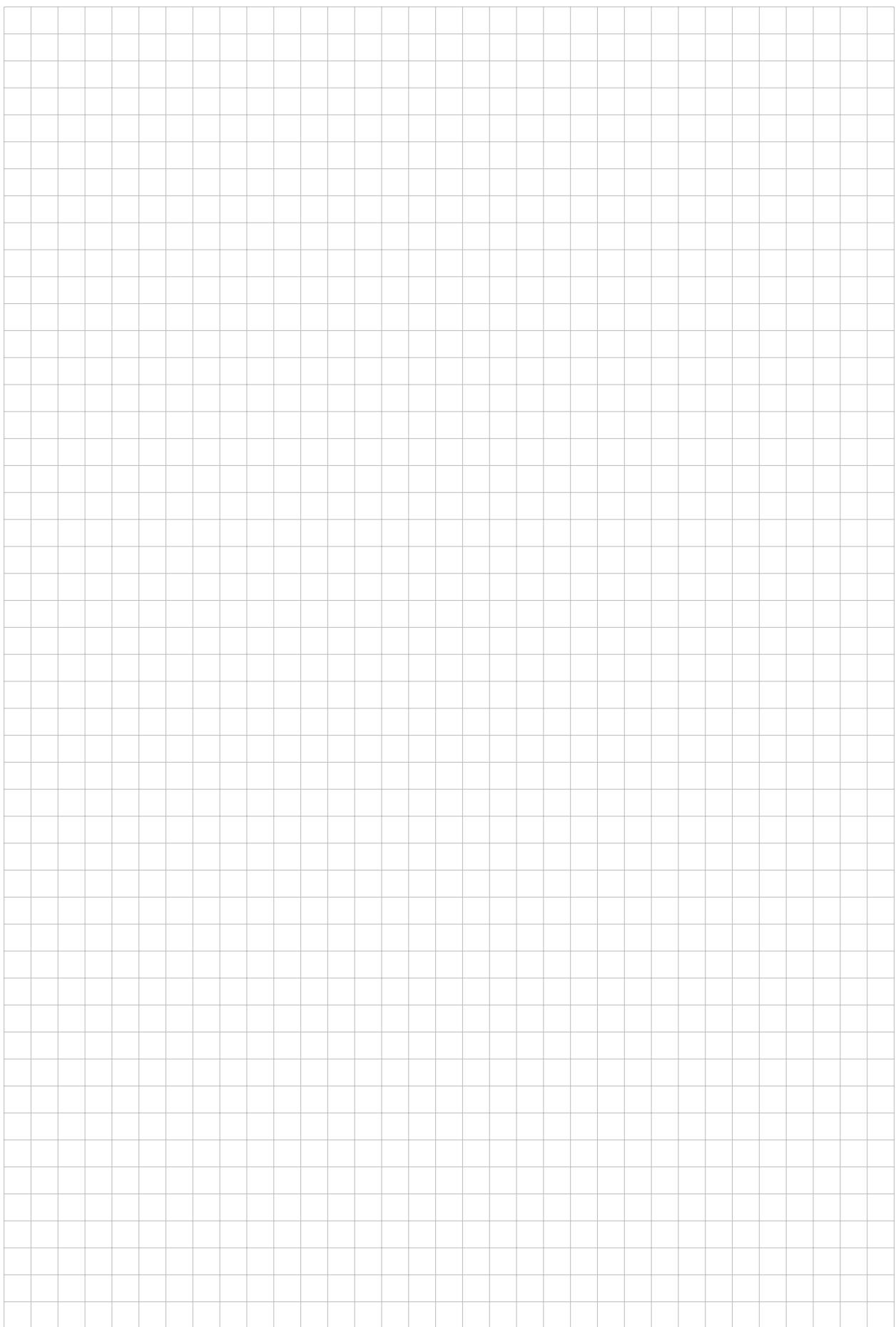
- (a) En imaginant, pour simplifier, que le frottement est négligeable le long du rail  $ABCD$ , déterminer la déformation initiale (compression) théorique  $d_{\text{th.}}$  du ressort pour que la petite balle arrive effectivement au point  $D$  avec une vitesse  $\vec{v}$ .

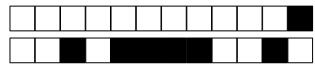
(b) Dans la réalité, le frottement sur le rail n'est pas négligeable. On observe que pour que la petite balle arrive au point  $D$  avec une vitesse  $\vec{v}$ , le ressort doit être initialement déformé d'une longueur  $d > d_{\text{th.}}$ . En supposant que la petite balle subit un frottement constant  $\vec{f}$  le long du segment  $CD$ , déterminer quelle est l'expression de l'énergie dissipée par frottement sur le trajet  $AC$ .

(c) Quelle est, par rapport au sol, la hauteur maximale atteinte par la balle après qu'elle soit passée au point  $D$ ?

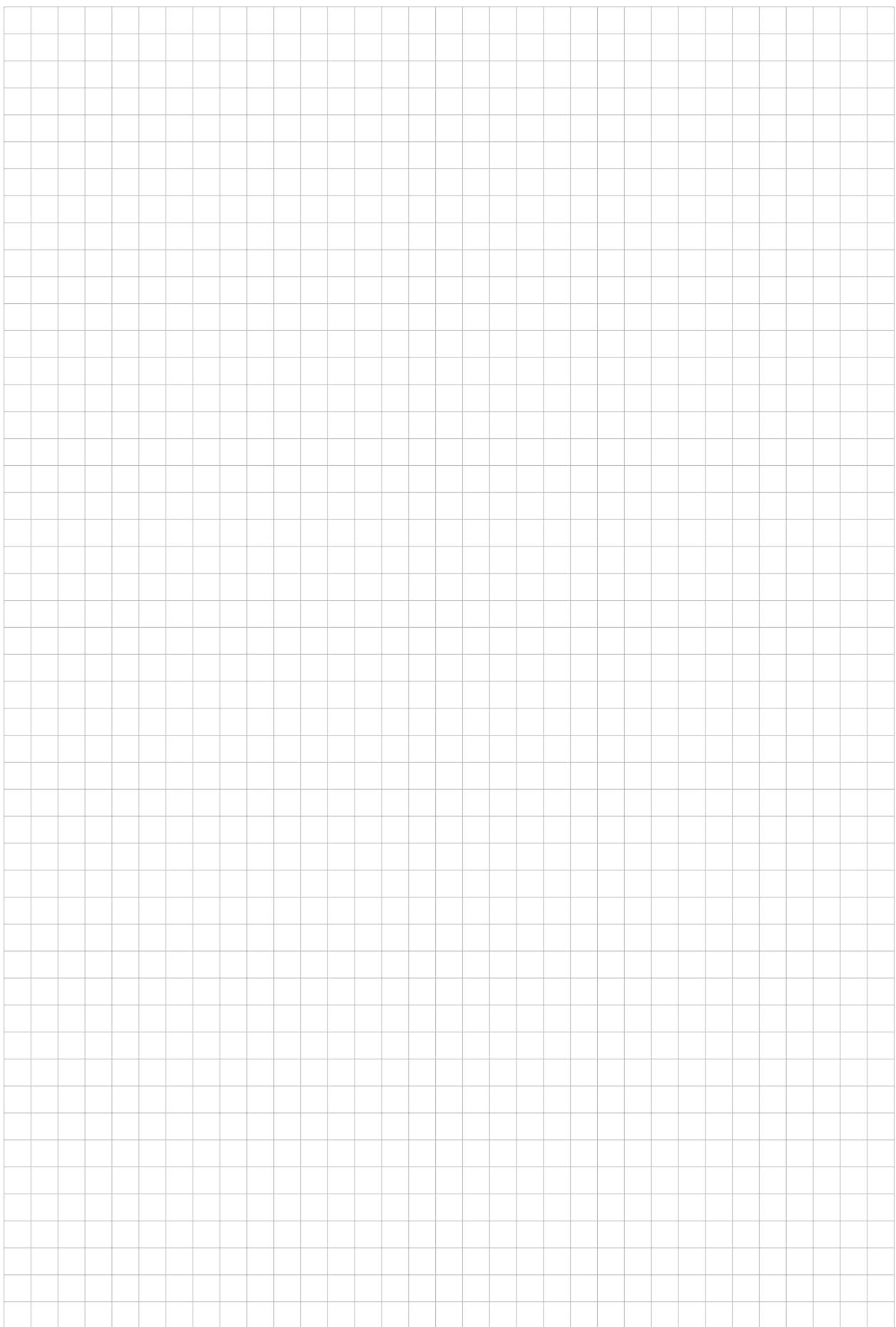


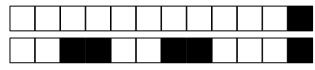
+1/10/51+





+1/11/50+





+1/12/49+