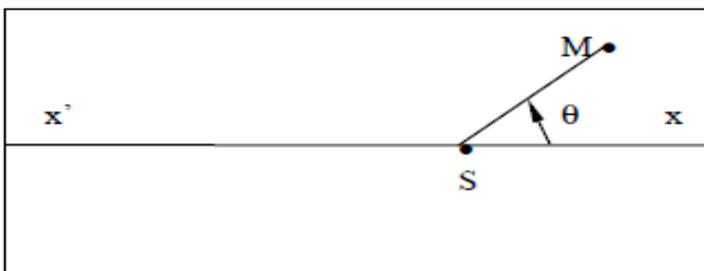


Matériel :

- accès internet
- rapporteurs
- Une balance de précision

Objectifs :

Appliquer les lois de Kepler au mouvement d'une planète. Appliquer la deuxième loi de Newton pour justifier le mouvement d'une particule dans un champ électrique

I) Loi de Kepler**1) Dessin de la trajectoire de Mercure :**

Q1 Tracer au milieu d'une feuille de format A4 une ligne $x'x$ dans le sens de la longueur et placer S (le Soleil) à 15 cm du bord droit (voir ci-dessous). Les positions successives de Mercure (point M) sont reportées grâce aux valeurs figurant dans le tableau ci-contre, avec :

$r = SM$ distance entre Soleil et Mercure en unité astronomique U.A. (1 U.A. = 150×10^6 km)

$\theta = (Sx, SM)$ longitude écliptique héliocentrique S de Mercure.

Échelle à utiliser : 15 cm pour 1 U.A.

On trace ensuite soigneusement la trajectoire par continuité (le tracé se fait à main levée).

Indice	Date	Angle θ	Distance r (U.A.)	Vitesse v km.s^{-1}
1	20/07/1995	0	0.3075	58.9
2	25/07/1995	31	0.315	57.8
3	30/07/1995	60	0.336	54.6
4	04/08/1995	85	0.363	50.9
5	09/08/1995	106	0.392	47.3
6	14/08/1995	124	0.418	44.2
7	19/08/1995	140	0.440	41.7
8	24/08/1995	155	0.455	40.1
9	29/08/1995	169	0.464	39.1
10	03/09/1995	183	0.467	38.8
11	08/09/1995	197	0.462	39.3
12	13/09/1995	211	0.450	40.6
13	18/09/1995	227	0.432	42.6
14	23/09/1995	244	0.408	45.4
15	28/09/1995	263	0.381	48.6
16	03/10/1995	286	0.352	52.4
17	08/10/1995	312	0.326	56.1
18	13/10/1995	342	0.310	58.6
19	18/10/1995	13	0.31	58.7

« Positions et vitesses de Mercure ».

2) 1ère loi : Nature de la trajectoire :

Q2 Donner la définition d'une ellipse.

Q3 Montrer, par le calcul, que la trajectoire de Mercure est une ellipse dont S est un des foyers. Pour cela suivre les instructions suivantes :

La position de Mercure la plus proche du Soleil est le périhélie P. On trace PS qui coupe la trajectoire en un deuxième point : l'aphélie A, qui est la position de Mercure la plus éloignée du Soleil. On mesure a , le demi-grand axe ($PA = 2a$). Soit O le milieu de PA et S' le symétrique de S par rapport à O. Vérifier que, quel que soit le point M choisi, on a : $SM + S'M = 2a$

3) 2ème loi : Loi des aires

Découpe 2 aires A_1 et A_2 balayées par Mercure pendant l'intervalle de temps $t_5 - t_4$ (voir tableau) puis pendant l'intervalle de temps $t_{10} - t_9$. Comparer les 2 intervalles de temps ; Trouver une méthode pour comparer les deux aires.

Énoncer la seconde loi de Kepler.

3) 3ème loi : Loi reliant la période au demi grand axe

Travail pour Mercure :

Q4 Déterminer par extrapolation (on peut calculer le nombre de jours écoulés entre les positions 1 et 18, mais il faut trouver le nombre de jours entre les points 18 et 19. Pour cela on utilise des mesures d'angles de secteurs) la période de révolution sidérale de la planète Mercure. Exprimer cette période en année terrestre. Calculer le rapport a^3 / T^2 en $\text{U.A.}^3 \cdot \text{an}^{-2}$.

Q5 Travail pour la Terre :

Calculer le même rapport pour la Terre

Q7 De vos 2 calculs en déduire la troisième loi de Kepler.

III) mouvement dans un champ électrique**1) paramétrage de l'animation**

Recherche sur internet l'animation représentant la trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrostatique (université de Nantes),

Régler les paramètres suivant :

$$V_{ox} = 2 \text{ m.s}^{-1}$$

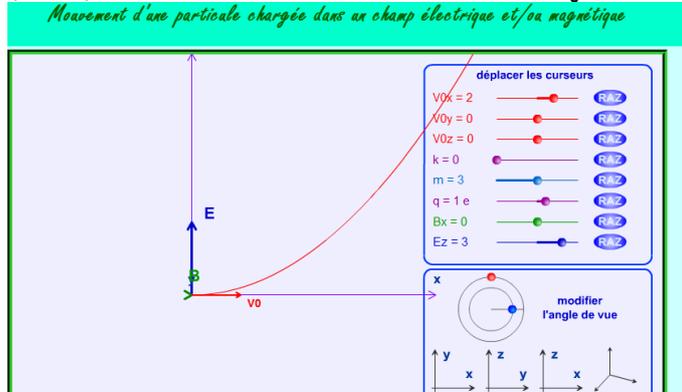
$$V_{oy} = 0 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_{oz} = 0 \text{ m.s}^{-1}$$

$$k = 0$$

$$m = 3 \text{ (qui représente une masse } m = 3 \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg)}$$

$E_z = 3$ (qui représente la coordonnée sur l'axe des z du champ électrique de valeur 3×10^3 V/m)
 $q = 1e = 1 \times 1,6 \times 10^{-19}$ C (charge de la particule qui pénètre avec une vitesse V_0 dans une région où règne le champ électrique E .
 $B_x = 0$ (champ magnétique nul)
 Choisissez l'angle de vue correspondant au plan (O, x, z) . **Lancer l'animation** et observer la trajectoire.



2) Etude mécanique

- Q1** Effectuer l'étude mécanique en prenant comme système la particule de charge q .
Q2 Faire un schéma (sans soucis d'échelle) sur lequel vous dessinerez le vecteur champ électrique, ainsi que les forces s'exerçant sur la particule.
Q3 Comparer le poids de la particule avec la force électrique. On prendra $g = 10$ N/kg. Conclusion ?
Q4 D'après la seconde loi de Newton que vaut le vecteur accélération de la particule ? Quelle est sa valeur ? Dessinez le vecteur accélération en n'importe quel point de la trajectoire sans soucis d'échelle.

3) équations horaires du mouvement

On prendra comme origine le point $O(x_0 = 0 \text{ m} ; z_0 = 0 \text{ m})$

- Q5** Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse \vec{v}_0 à l'instant initial .

Q6 A partir de l'expression du vecteur accélération et des conditions initiales, déterminer les équations horaires du mouvement $x(t)$ et $z(t)$.

Q7 En déduire l'équation de la trajectoire $z = f(x)$ et vérifier qu'elle correspond à l'allure de celle représentée sur l'animation.