

LP-59-Dynamique relativiste

Maud

12 juin 2022

Pré-requis

-

Références

- [1] Michel Bertin, Jean-Pierre Faroux, and Jacques Renault. *Mécanique 1 : mécanique classique de système de points et notions de relativité*. Mathématiques supérieures. DUNOD, 1984.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement pour un système isolé	2
2.1	Quadrivecteur Energie impulsion	2
2.2	Loi de conservation	2
2.3	Cas du photon (particule à masse nulle)	2
3	Equivalence masse énergie	2
3.1	Défaut de masse*	2
3.2	Energie de seuil	2
3.3	Désintégration d'une particule*	3
3.4	Collision élastique d'un photon sur un électron : effet compton	3
3.5	Choc inélastique	3
4	Mouvement relativiste des particules chargées	3
4.1	Equation du mouvement*	3
4.2	Accélération d'une particule par une DDP*	3
4.3	Mouvement dans un champs électrique E uniforme et constant	3
4.4	Mouvement dans un champs magnétique B uniforme et constant*	3

1 Introduction

Introduction pédagogique

Objectifs pour les profs

-

Objectifs pour les élèves

-

Activités pour les élèves

-

Introduction générale

2 Conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement pour un système isolé

2.1 Quadri-vecteur Energie impulsion

cf intro [1] p.252 pour le lien avec la mécanique classique : c'est la motivation. **Norme** on a la norme des vecteurs qui se conservent cf. cours henning p.57 Après on passe au paragraphe 8.3 du cours d'henning et on suit le déroulement. On a

$$E = \gamma mc^2$$

qu'on écrit

$$E = mc^2 + (\gamma - 1)mc^2$$

où l'on reconnaît l'énergie de masse et l'énergie cinétique. On fait un dl pour l'énergie cinétique pour retrouver l'approximation classique.

Pour arriver à la conservation de l'énergie mais pas de la masse parce que les deux sont échangeables.

2.2 Loi de conservation

La norme du quadri-vecteur est conservée. on suit la fin de la partie 8.3 sur la page 64 du poly. On trouve l'expression de l'énergie celle avec la racine là.

2.3 Cas du photon (particule à masse nulle)

On a une petite discussion dessus dans le cours d'henning à la fin de la partie 8.4. Reprendre la discussion sur le photon [1] p.258

L'explication par Einstein de l'effet photoélectrique (1905) et celle du rayonnement du corps noir (1917) conduisent à donner au photon une énergie proportionnelle à sa fréquence ν ou à sa pulsation $\omega = 2\pi\nu$, la constante de proportionnalité est appelée constante de Planck et est notée h ; on note aussi traditionnellement $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (constante de Planck réduite, on lit " h barre "), soit

$$E = h\nu \quad \text{avec} \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

3 Equivalence masse énergie

On va traiter que de chocs élastiques. Mais on définit quand même les deux pour cela on reprend § 1.1 [1] p.272

3.1 Défaut de masse*

Calcul + mise en évidence expérimentale [1] p.260

on conclue sur :

- meca newtonienne donne l'expression approchée de l'énergie cinétique
- la thermo ne détermine l'énergie d'un système qu'à une constante additive près

Important

la relativité restreinte fixe sans équivoque l'énergie d'une particule.

3.2 Energie de seuil

Remarque

Cette partie n'est pas utile si on ne parle pas explicitement de collisionneur à particules.

Energie cinétique nécessaire à donner aux particules pour que la réaction puisse se faire, pour cela on détermine l'énergie minimale que l'on est censée produire (cf. conservation d'énergie) Il s'avère que le référentiel du laboratoire n'est pas le plus adapté donc on se place dans le référentiel du centre de masse. On fait l'application numériques avec

3.3 Désintégration d'une particule*

[1] p.278 on peut donner l'exemple de la désintégration spontanée de l'uranium 235.

3.4 Collision élastique d'un photon sur un électron : effet Compton

effet Compton [1] p.280

3.5 Choc inélastique

cf cours Henning

4 Mouvement relativiste des particules chargées

4.1 Equation du mouvement*

Relire l'équation du mouvement [1] p.262 On part intuitivement de la force du PFD dans un référentiel galiléen en mécanique classique. Puis on reprend le développement de [1] p.264 paragraphe 4.3 On note que l'on dérive par le temps propre comme on a pu définir auparavant la quadri-vitesse, etc. On obtient la forme du quadrivecteur force.

On a deux propriétés sur la force en relativité données [1] P.266 qu'il vaut mieux avoir en tête mais qu'il ne vaut mieux pas mentionner.

4.2 Accélération d'une particule par une DDP*

[1] p.286 Ok c'est top parce qu'on peut revenir sur l'expérience de Bertozzi qui a montré la limite de la physique classique en plus on peut faire un petit programme python hihi.

4.3 Mouvement dans un champs électrique E uniforme et constant

[1] p.287

4.4 Mouvement dans un champs magnétique B uniforme et constant*

si on a le temps [1] p.288 Application aux accélérateurs

BO