

PHY 6638 Physique Subatomique Instrumentale (HIV 2017)

Hiver 2017

Claude Leroy

Laboratoire R.-J.A. Lévesque Bureau 237

e-mail : leroy@lps.umontreal.ca, claudio.leroy@cern.ch

tel : 343-6722, fax : 343-6215

Plan de cours

1. Radioactivité

- radioactivité : transformations radioactives, unités de transformations, sources radioactives (désintégration beta, gamma, alpha, capture électron, fission), demi-vie, demi-vie effective, mesure de demi-vie, activité, dose
- mesure de radiation, efficacité géométrique, efficacité de détection
- datation
- radiation terrestre et cosmique

2. Interaction radiation-matière

2.1 Interactions des particules chargées

- perte d'énergie par ionisation, excitation, pouvoir d'arrêt (dE/dx , équation de Bethe-Bloch)
- rayons-delta (et équation de Rutherford)
- portée
- courbes de Bragg et applications en hadron-thérapie
- spectroscopie des particules chargées lourdes
- perte d'énergie par les électrons et positrons
 - perte par collisions
 - perte par radiation
 - rendement de rayonnement
 - blindage
 - portée
 - énergie critique
 - longueur de radiation
 - rayon de Molière
 - atténuation

2.2 Interactions des photons

- effet photoélectrique
- effet Auger
- effet-diffusion Compton
- diffusions Thomson et Rayleigh

- production de paires
- coefficients d'atténuation
- applications en calorimétrie

2.3 Interactions des neutrons

- Classification des neutrons
- Réactions des neutrons
- Détection des neutrons
- Blindage
- Production de radio-isotopes par neutrons

3. Mesure de radiation – détecteurs

3.1 Détecteur état solide (principalement le silicium)

- Principe de fonctionnement :
 - jonctions
 - zone de désertion
 - transport de charge
 - mobilité
 - courant de fuite
- Capacitance
- Collection de charge en fonction du voltage
- mesure de la charge
- caractérisation du bruit
- forme d'impulsion, temps de montée
- collection de charge en fonction du temps
- endommagement des détecteurs
 - ingénierie des défauts
 - équation de Hecht (exemple particules-alpha pour GaAs et CdTe)
- détecteurs à microbandes
- détecteurs à pixels – Timepix (mesure des champs de radiation en temps réel)
- semi-conducteurs lourds (exemples: CdTe, GaAs) applications.
- photodiode à avalanche (APD)
- détecteurs au germanium (spectroscopie gamma)

3.2 Chambres à fils

- Chambres à ionisation
 - chambre à plaques parallèles
 - chambres cylindriques
- transport de charges dans les gaz
 - recombinaisons
 - capture et attachement
 - diffusion
 - transport et collection de charges
- Chambres (compteurs) proportionnelles
 - multiplication par avalanche
 - modèle de la goutte

- formation, forme et développement en temps du signal
 - chambre proportionnelles multifils (MWPC)
- Compteur Geiger-Müller
- Application du régime Geiger dans les détecteurs photodiodes à avalanche au silicium et photomultiplicateurs au silicium (SiPM ou G-APD))

3.3 Scintillateurs

- Inorganiques
- organiques
- effet Čerenkov
- WLS (wave length shifter)
- fibres scintillantes
- Méthode de détection de la lumière de scintillation
 - Exemple : système scintillateur-guide lumière-photomultiplicateur, collection de charge (ADC)
 - Exemple : TOF (TDC)

3.4 Calorimétrie

- Type de calorimètre
- Calorimètre homogène
- Calorimètre à échantillonnage
- Calorimétrie électromagnétique
- Cascades électromagnétiques
- Développement longitudinal
- Développement latéral
- Résolution en position
- Résolution en énergie
- Exemples
- Calorimétrie hadronique
- Cascades hadroniques
- Développement longitudinal
- Développement latéral
- Résolution en position
- Résolution en énergie
- Problème de la compensation (rapport e/π)
- Exemples

3.5 Études d'irradiation

- Dommages par radiation
- Événements Transitoires (Single Event Effect –SEE)