

ÜBUNGEN
zur „Beschleunigerphysik Teil 2“
TU Dortmund Sommersemester 2020

– **BLATT 12** –

Benedikt Büsing (benedikt.buesing @ tu-dortmund.de)
Stephan Robert Kötter (stephan.koetter @ tu-dortmund.de)
Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi, 01.07.2020
Abgabe per Email bis Di, 07.07.2020

Maximal drei Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einsenden. Die Lösungen zu Programmieraufgaben bitte als kommentiertes Python-Skript (.py), zu Verständnis- und Rechenaufgaben als PDF-Dokument (z.B. mit LaTeX, Word, gescannt) per Email einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, in der PDF-Datei und dem Python-Skript aufführen.
Betreff der Email: „[BP2020 Uebung] Abgabe Blatt 12, Namen“*

Aufgabe 1: Prüfungstrainer: Synchrotronstrahlung, FELs & Instabilitäten (16 Punkte)

- a) Was ist Synchrotronstrahlung und warum gibt es sie überhaupt? Versetzen Sie sich in die Mitte des 20. Jahrhunderts: Wie könnte man die Existenz von Synchrotronstrahlung nachweisen? Kann man sie auch am Nachthimmel beobachten?
- b) Wie sieht das Spektrum der Synchrotronstrahlung von Elektronen in einem Dipolmagneten aus (qualitativ)? Welche Parameter gehen ein? Welche Energie verliert ein 1-GeV-Elektron in einem Dipolmagneten mit 10 Grad Ablenkwinkel und 3 m Biegeradius?
- c) Wie sieht das Spektrum der Synchrotronstrahlung von Elektronen in einem Undulator aus? Beschreiben Sie die Form der Undulatorlinie, was bestimmt ihre Breite? Wie lautet die Formel für die Wellenlänge der fundamentalen Linie? Was ändert sich bei Beobachtung unter einem Winkel zur Undulatorachse?
- d) Worin unterscheidet sich ein Wiggler von einem Undulator? Was ist ein „superbend“, was ist ein Wellenlängenschieber?
- e) Worin unterscheidet sich die Strahlung einer Synchrotronstrahlungsquelle von der eines FELs? Nennen Sie mindestens drei Unterschiede.
- f) Erläutern Sie die beiden gekoppelten Differentialgleichungen (ohne Formeln), die einen *low-gain*-FEL beschreiben. Was ist die „ponderomotorische Phase“?
- g) Erläutern Sie die drei gekoppelten Differentialgleichungen (ohne Formeln), die einen *high-gain*-FEL beschreiben. Was ist der „bunching-Faktor“?
- h) Was ist ein SASE-FEL? Welche FEL-*seeding*-Methoden kennen Sie? Welche potentiellen Vorteile könnte FEL-*seeding* gegenüber SASE haben, wo liegen die Schwierigkeiten?

(bitte wenden)

Fortsetzung Aufgabe 1: Prüfungstrainer (16 Punkte)

- i) Warum benötigt ein *high-gain*-FEL „kurze“ Elektronenpakete und wie kurz sind sie typischerweise? Wie werden die kurzen Elektronenpakete erzeugt? Was bestimmt die Länge der Pakete in einem Elektronenspeicherring?
- j) Wie könnte man an einem Elektronenspeicherring kürzere Strahlungspulse erzeugen? Nennen Sie je zwei Möglichkeiten für Pulsauern in der Größenordnung von 1 ps und 100 fs. Wie sehen die Möglichkeiten zur Erzeugung kurzer Strahlungspulse bzw. kurzer Wellenlängen an einem FEL aus? Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die Begriffe HHG, CHG, HGHG & EEHG.
- k) Was ist der Unterschied zwischen inkohärenter und kohärenter Synchrotronstrahlung? Unter welchen Bedingungen kommt es zur Emission von kohärenter Strahlung? Kennen Sie einige Beispiele dafür am Elektronenspeicherring?
- l) Was sind „kollektive Phänomene“? Vergleichen Sie kollektive Instabilitäten mit den bekannten Störmechanismen aus dem 1. Semester, die durch den Betrieb des Beschleunigers in der Nähe von optischen Resonanzen entstehen.
- m) Erklären Sie das Strahlspektrum in einem Elektronenspeicherring. Welche Komponenten und Vorgänge führen zu Beiträgen im Strahlspektrum? Skizzieren Sie diese verschiedenen Beiträge qualitativ in Abhängigkeit der jeweiligen Ursachen.
- n) Erläutern Sie die Begriffe „Wake-Funktion“ und „Impedanz“. Was sind jeweils die Vorzüge und die Nachteile dieser Beschreibungen für die Behandlung von Instabilitäten?
- o) Was ist eine „schmalbandige Impedanz“? Wodurch wird sie im allgemeinen hervorgerufen und mit welchen Ansätzen kann man sie beschreiben?
- p) Welche Modelle für Instabilitäten kennen Sie? Für welche Phänomene in der Strahldynamik werden diese Modelle herangezogen? Nennen Sie jeweils ein Beispiel für die wichtigsten Modelle.

Viel Spaß beim Lösen der Aufgaben — wenn Sie diesen Fragenkatalog problemlos beantworten können, sollten Sie für die Prüfung schon bestens gerüstet sein!