

# Ammissione al corso di Dottorato in Fisica a.a.2018/2019

## PROBLEMI

**Problema 1.** Un protone di impulso  $10 \text{ TeV}/c$  entra in collisione elastica con un elettrone fermo nel sistema del laboratorio.

- 1) Si calcoli l'energia totale del sistema nel centro di massa.
- 2) Si calcoli la velocità del protone nel centro di massa.
- 3) Quanto vale l'angolo massimo di diffusione del protone nel laboratorio?

**Problema 2.** Un dispositivo conta il numero di auto e camion che passano un casello autostradale. Il rapporto  $R$  tra auto e camion in quel tratto di strada vale  $\approx 2$  in un giorno feriale.

- 1) Quanti veicoli devono passare il casello in un giorno feriale perché si possa misurare  $R$  con una incertezza statistica relativa dell'1%?
- 2) In un giorno festivo non possono passare camion in quel casello. Quante automobili devono passare il casello per poter determinare che ci troviamo in un giorno festivo a livello di confidenza  $CL$ ?

**Problema 3.** Si consideri un sistema di due corpi di massa  $m_1$  e  $m_2$  in un'orbita gravitazionale chiusa.

- 1) Derivare, partendo dalla Lagrangiana (spiegare la scelta), le equazioni del moto. Derivare in particolare le quantità conservate.
- 2) Mostrare che la soluzione dipendente dal tempo può essere espressa in forma chiusa in termini di una oscillazione armonica di una variabile periodica.
- 3) Si assuma che un astronauta stenda il suo braccio in direzione radiale rispetto alla Terra e rilasci una piccola sfera senza imprimerle alcuna spinta. Che cosa succede e perché?

**Problema 4.** Si consideri il problema unidimensionale di una particella di massa  $m$  che incide con una data energia cinetica  $E$  su di una barriera di potenziale quadrata di altezza  $V_0$  e spessore  $b$ .

- 1) Calcolare e discutere il profilo di trasmissione  $T(E)$ .
- 2) Calcolare il termine dominante della trasmissione nel limite di bassa energia.
- 3) Discutere in quali condizioni/limiti è possibile avere una trasmissione del 100%.

## DISSERTAZIONE

**Dissertazione 1.** Si descriva una misura di costante fondamentale (giustificare la scelta). Si discutano il metodo di misura, la precisione ottenibile e le sorgenti di incertezza sistematica.

**Dissertazione 2.** Si descriva una applicazione dell'analisi di Fourier in fisica.

**Dissertazione 3.** Discutere un'applicazione fisica del concetto di gruppo.

**Dissertazione 4.** Si illustri l'importanza dei fenomeni di interferenza e coerenza nella fisica, fornendo almeno un esempio specifico.

## English version – PhD Admission test 2018/2019

### PROBLEMS

**Problem 1.** A proton with momentum  $10 \text{ TeV}/c$  scatters elastically with an electron that is at rest in the laboratory system.

- 1) What is the centre-of-mass energy?
- 2) What is the velocity of the proton in the centre-of-mass frame?
- 3) What is the maximum scattering angle of the proton in the laboratory frame?

**Problem 2.** A device counts the number of cars and trucks passing through a motorway exit. The ratio  $R$  between cars and trucks is  $\approx 2$  on a working day.

- 1) How many vehicles should pass through that motorway exit to have a relative statistical uncertainty on  $R$  of 1%?
- 2) On holidays trucks are forbidden to pass through that exit. How many cars should pass through the exit to determine that we are on a holiday at a confidence level  $CL$ ?

**Problem 3.** Consider a gravitationally bound two body system with masses  $m_1$  and  $m_2$ .

- 1) Starting from the Lagrangian (with explanation for your choice) derive the equations of motion. Derive the conserved quantities.
- 2) Show that the time dependent solution can be found in closed form by reducing it to a harmonic oscillator in a periodic variable.
- 3) Assume an astronaut in orbit stretches her arm out while holding a small sphere radially away from the Earth. She then releases it without moving her arm. What happens and why?

**Problem 4.** Consider the one-dimensional problem of a particle with mass  $m$  impinging on a square barrier. The particle has a kinetic energy  $E$ , the barrier has a height  $V_0$  and thickness  $b$ .

- (1) Calculate and discuss the transmission function  $T(E)$ .
- (2) Calculate the dominant term of the transmission in the low energy limit.
- (3) Discuss in which limit it is possible to obtain a 100% transmission.

### DISSERTATIONS

**Dissertation 1.** Describe the measurement of a fundamental constant (justify the choice). Discuss the experimental method, the achievable precision, and sources of systematic uncertainties.

**Dissertation 2.** Describe an application of Fourier analysis in physics.

**Dissertation 3.** Describe an application of groups in physics.

**Dissertation 4.** Discuss the importance of interference phenomena and coherence in physics, providing at least one example.