



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

FISIKA MODERNOA

2 Gaia

Heisenberg-en ziurgabetasunaren ondorio fisiko bat: sistemaren energia minimoa igotzea

1. Dimentsio bakarreko osziladore harmonikoaren energia $E = p^2/2m + Cx^2/2$ da.

- Ziurtasun Ezaren Printzipioa erabiliz, egiaztatu energiaren balio minimoa ez dela zero. Kasurik onenean, energiaren adierazpena honako hau da:

$$E \sim \frac{h^2}{32\pi^2mx^2} + \frac{1}{2}Cx^2$$

- Egiaztatu osziladorearen energiarik txikiena $E_{\min} \sim h\nu$ dela, non $\nu = (1/2\pi)\sqrt{C/m}$ osziladorearen maiztasuna den.
- Aplikatu aurreko emaitza osziladore makroskopikoaren kasuan (hartu $C = 10$ N/m eta $m = 100$ g, esate baterako). Oinarrizko egoeran dagoenean, mekanika klasikoaren ikuspuntutik, zein da oszilazioen amplitudea? Neurgarria al da?

2. m masadun partikula bat a zabalera duen dimentsio bakarreko potentzial-osinean dago. Ziurgabetasunaren printzipioa erabiliz, kalkula ezazu partikularen energia minimoa. Ondorengo datuak erabiliz: $m = 1$ g eta $a = 10$ cm, kalkula ezazu energia minimoaren balioa.

3. Laino-kamara batetik pasatzean, 1 MeV-eko energia duen elektroiak arrastoa utziko du. Arrasto hori, 10^{-5} m-ko erradioa duten ur-tantaz osatuta

dago. Zein da elektroiaren momentu linealaren osagai perpendikularren ziurtasun eza? Hori dela eta, egiaztatu elektroiaren ibilbidea lerro zuzentzat har daitekeela.

4. Nukleoaren barruan dauden indarrak direla eta, partikulen arteko lotura energia MeV-eko magnitude-ordenekoak dira. Nukleoaren erradioa, $r = 10^{-5}$ Å-ekoa da.

- Demagun, elektroia atomoaren nukleoaren barruan egon daitekeen ala ez egiaztatu nahi dugula. Horretarako, Ziurtasun Ezaren Printzipioa erabiliko dugu. Zein da elektroiaren momentu linealaren ziurtasun eza? Zein da bere energia zinetikoaren balio minimoa? Posiblea al da elektroiak nukleoan egotea?
- Protoiaren kasuan, zein da momentu linealaren ziurtasun eza? Kalkulatu energia zinetikoaren balioa, eta alderatu (a) atalean lortutako balioarekin.

5. Telebistako kanoia egin nahi dugu. Helburua, irudiaren bereizmena ahalik eta onena izatea da. Kanoiak p momentu linealeko elektro-sorta paralelo igorri ondoren, elektroiak bi kondentsadoretatik pasatuko dira, bata bestearen atzetik jarrita. Lehenengo kondentsadorean eremu elektriko bertikala dago, elektroiak norabide bertikalean desbideratuak izateko. Bigarren kondentsadorean, eremu elektriko horizontala dago, elektroiak norabide horizontalean desbideratzeko. Bigarren kondentsadorearen zabalera d da, beraz, hori da elektroien posizio horizontalaren ziurtasun eza. Hortik pasatutakoan D distantziara dagoen pantailan izango du talka, behar den tokian, bi kondentsadoreek sortutako desbideraketari ezker. Ziurtasun Ezaren Printzipioaren arabera, ateratakoan, $\Delta x \sim d$ erroreaz aparte Δp_x -k sortutako errorea ere izango du.

- Kalkulatu zein izan behar den d -ren balioa, elektroiaren posizioaren errorea minimoa izateko, pantailan jotzean.
- Aurreko kasuan, kalkulatu Δx elektroien posizioaren errorea, pantaila jotzean.
- Telebistako pantailak 800 lerro dauzka, gutxi gorabehera, 40 cm-tan, beraz, lerro bakar baten lodiera 0.5 mm-koa da. Azken kondentsadorea eta pantailaren arteko distantzia $D = 40$ cm-koa da. Bereizmena onargarria izateko, elektroiaren jotze-puntuaren ziurtasun eza, lodieraren %10a baino txikiagoa izan behar da. Zein izan behar da elektroien abiadura minimoa?

6. H altueratik, ume batek m masako puxtarriak erortzen utzi ditu, puntu zehatz batean jotzeko asmotan.

- Nahiz eta oso trebea izan, lurra jotzean, egiaztatu puxtarrien posizioaren errorerik txikiena $\Delta x \sim \left(\frac{\hbar^2 H}{m^2 g}\right)^{1/4}$ dela.
- $H = 2$ m eta $m = 10$ g-koa direla kontuan hartuta, kalkulatu umeak lortu dezakeen zehaztasunik onena.

7. Elektroi bat $l \sim 1 \text{ \AA}$ zabalerako kutxa batean dago. Ziurtasun Ezaren Printzipioa erabiliz, kalkulatu zein den elektroiaren energia zinetikoaren baliorik txikiena. Sommerfeld-en ereduari jarraituz, kalkulatu partikularen energia, $n = 1$ mailan dagoenean. Alderatu bi emaitzak.