

**BILETUL DE EXAMEN NR. 1**

Calculați

$$\langle E \rangle = \frac{\int_0^{\infty} E \wp(E) dE}{\int_0^{\infty} \wp(E) dE}$$

$$\text{cu } \wp(E) = \frac{1}{k_B T} \exp\left(-\frac{E}{k_B T}\right)$$

și interpretați rezultatul.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 2**

Calculați

$$\langle E \rangle_{\nu} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} E(\nu) \wp(E(\nu))}{\sum_{n=0}^{\infty} \wp(E(\nu))}$$

$$\text{cu } \wp(E) = \frac{1}{k_B T} \exp\left(-\frac{E}{k_B T}\right) \text{ și cu } E(\nu) = nh\nu$$

și interpretați rezultatul.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 3**

Pentru

$$\rho(\nu) = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1}$$

calculați limitele  
 $\nu \gg 1$ ,  $\nu \ll 1$ ,  $h \rightarrow 0$   
și interpretați rezultatele.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 4**

Arătați care este legătura dintre ecuația de balans energetic fonic:

$$W_{EMISIE\ SPONTANA} + W_{EMISIE\ STIMULATA} = W_{ABSORBTIE}$$

și postulatul lui Bohr

$$h\nu = E_n - E_{n'}$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 5**

---

Stabiliți formula lui de Broglie cu ajutorul formulei de cuantificare a lui Planck și legea de echivalență masă-energie a lui Einstein.

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 6**

---

Dându-se funcția de undă

$$\psi(x,t) = Ae^{i(k_x x - \omega t)} = Ae^{i\alpha}$$

stabiliți viteza de fază asociată. Care este relația cu viteza de grup?

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 7**

Dându-se funcția de undă

$$\psi(x,t) = A(k_0) \frac{\sin\left\{ \left[ x - \left( \frac{d\omega}{dk} \right)_0 t \right] \Delta k \right\}}{\left[ x - \left( \frac{d\omega}{dk} \right)_0 t \right] \Delta k} e^{i(k_0 x - \omega_0 t)}, \text{ și } E = \sqrt{m_0^2 c^4 + c^2 p^2}$$

stabiliți viteza de grup asociată.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 8**

Dându-se funcția de undă

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int_{(-\infty)}^{\infty} dp A(p) e^{\frac{i}{\hbar} px}$$

stabiliți relația de incertitudine a lui Heisenberg

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 9**

---

Folosind relația de cuantificare

$$r_p = \hbar n, n = 1, 2, \dots$$

stabiliți cuantificarea energiei în cazul atomilor hidrogenoizi.

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 10**

---

Știind că

$$E_{tot} = E_{kin} + E_{pot}$$

stabiliți teorema virialului. Interpretați rezultatul pentru energiile de legătură cuantice, cu aplicație la atomul de Hidrogen.

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 11**

Știind că

$$\nu_{n_1 \rightarrow n_2} = R_{\infty} c Z^2 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

să se stabilească limita în care cuantificarea Bohr regăsește limita clasică de oscilație în atomii hidrogenoizi.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 12**

Pornind de la legea Moseley

$$\sqrt{\nu_{n_1 n_2}} = (Z - \sigma) \sqrt{c R_{\infty} \left[ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]}$$

stabiliți legea periodicității elementelor chimice.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 13**

Pornind de la regulile de cuantificare

$$\hat{E}\psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi, \quad \hat{p}_x \psi = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x} \psi$$

stabiliți ecuația Schrödinger.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 14**

Pornind de la regulile de cuantificare

$$\hat{E}\psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi, \quad \hat{p}_x \psi = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x} \psi$$

stabiliți ecuația Klein-Gordon.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 15**

---

Pornind de la ecuația Schrödinger temporală

$$\frac{\partial}{\partial t} \psi_t(\mathbf{r}) = \frac{i\hbar}{2m_0} \nabla^2 \psi_t(\mathbf{r})$$

stabiliți expresia densității curentului de probabilitate ce satisface ecuația de continuitate:

$$\frac{d}{dt} \rho_t(\mathbf{r}) + \text{div} \mathbf{j}(\mathbf{r}, t) = 0$$

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 16**

---

Folosind definiția

$$\int \psi^* (\hat{A}\psi) d\Gamma = \int \psi (\hat{A}\psi)^* d\Gamma = \int (\hat{A}\psi)^* \psi d\Gamma$$

verificați dacă operatorul de impulsul este hermitic.

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---



**BILETUL DE EXAMEN NR. 17**

Demonstrați că Hamiltonianul de forma

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + V(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$$

este un operator hermitic.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 18**

Folosind relația de definiție a mediei unui operator

$$\langle \hat{A} \rangle = \int \psi^* \hat{A} \psi d\Gamma$$

stabiliți forma ecuației de valori proprii asociată.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 19**

Demonstrați și explicați propoziția

$$\exists \hat{A} \varphi_n = a \varphi_n, n = \overline{1, g} \Rightarrow \forall \psi_g = \sum_{n=1}^g c_n \varphi_n, c_n \in \mathfrak{S} \mid \hat{A} \psi_g = a \psi_g$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 20**

Arătați cum principiul de superpoziție al funcțiilor de undă influențează proprietatea de hermiticitate

$$\int \psi_g^* (\hat{A} \psi_g) d\Gamma = \int (\hat{A} \psi_g)^* \psi_g d\Gamma$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 21**

Pentru două funcții de undă caracterizate de proprietățile

$$\hat{A}\psi_n = a_n\psi_n, \hat{A}\psi_m = a_m\psi_m, a_n \neq a_m$$

stabiliți ce relație există între acestea?

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 22**

Folosind definiția mediei unui operator

$$\langle \hat{A} \rangle = \int \psi^* \hat{A} \psi d\Gamma$$

arătați că ecuația sa de evoluție temporală este de forma

$$i\hbar \frac{d}{dt} \langle \hat{A} \rangle = \langle [\hat{A}, \hat{H}] \rangle + i\hbar \langle \partial_t \hat{A} \rangle$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 23**

Calculați comutatorii operatorilor coordonată și impuls cu Hamiltonianul sistemului:

$$[\hat{x}, \hat{H}] = ? \quad [\hat{p}_x, \hat{H}] = ?$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 24**

Pornind de la legile clasice de mișcare

$$\dot{x} = p_x / m_0, \quad \dot{p}_x = F_x = -\partial_x V(x)$$

scrieți, comentați și interpretați ecuațiile cuantice corespondente.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 25**

---

Formulați și comentați postulatele mecanicii cuantice.

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 26**

---

Scrieți și explicați forma funcției de undă pentru un atom hidrogenoid în stare fundamentală; calculați constanta de normare folosind formula de integrare

$$I_k(m) = \int_0^{\infty} r^k e^{-mr} dr = \frac{k!}{m^{k+1}}, \quad \forall k \in \mathbf{N} \ \& \ m \in \mathbf{C}, \operatorname{Re}(m) > 0$$

---

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

---

**BILETUL DE EXAMEN NR. 27**

Dându-se funcția de undă de forma

$$\psi_z(\alpha, r) = 2\alpha^{3/2} \exp(-\alpha r)$$

exprimați valoarea medie a energiei electronului periferic din atomii hidrogenoizi.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 28**

Scrieți și explicați forma funcției de undă pentru un sistem vibrațional cuantic în stare fundamentală;  
calculați constanta de normare folosind formula de integrare

$$I_0(a) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ax^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 29**

Dându-se funcția de undă de forma

$$\psi(c, x) = \left(\frac{2c}{\pi}\right)^{1/4} \exp(-cx^2)$$

exprimați valoarea medie a energiei asociate operatorului

$$\hat{H}_\omega = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 30**

Pentru funcția de undă

$$\psi_k(A, x) = A \sin(kx)$$

calculați constanta de normare.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 31**

Cu ajutorul funcției de undă

$$\psi_k(A, x) = A \sin(kx)$$

calculați energia în starea fundamentală asociată Hamiltonianului

$$\hat{H}_k = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \partial_x^2$$

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ

**BILETUL DE EXAMEN NR. 32**

Cuantificați funcția de undă

$$\psi_k(A, x) = A \sin(kx)$$

știind că reprezintă mișcarea electronilor liberi într-o groapă de potențial de înălțime infinită și lățime finită.

**ȘEF DISCIPLINĂ**

CONF. UNIV. DR. MIHAI V. PUTZ