

تعداد سؤال: نسی: ۲۰ تکمیلی: ۴ — تشریحی: ۴

زمان آزمون (دقیقه): تستی و تکمیلی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

نام درس: فیزیک حالت جامد ۲
رشته تحصیلی: گرایش: فیزیک - (حالت جامد)

کد درس: ۱۱۱۳۰۲۶

* دانشجوی گرامی: لطفاً گزینه ۱ را در قسمت کد سری سؤال برگه پاسخنامه خود، علامت بزنید. بدیهی است، مسئولیت این امر برعهده شما خواهد بود.

** این آزمون نمره منفی ندارد.

۱. بلوخ اثبات کرد که پاسخهای معادله شرودینگر برای یک پتانسیل دوره‌ای باید به شکل $\psi_k(\vec{r}) = u_k(\vec{r}) \exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$ باشد. در اینصورت کدام کمیت دارای دوره شبکه بلور می‌باشد؟

- الف. $\exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$ ب. $u_k(\vec{r})$
ج. \vec{r} د. $\vec{k} \cdot \vec{r}$

۲. اگر پتانسیل تناوبی شبکه در حالت یک بعدی به صورت $U(x) = 2U \cos \frac{2\pi}{a} x$ فرض شود، بزرگی گاف انرژی در مرزهای منطقه اول بریلوئن برابر است با:

- الف. $2U$ ب. U ج. $\frac{U}{2}$ د. $4U$

۳. اگر در یک بلور N یاخته بسط وجود داشته باشد با توجه به اینکه هر یاخته بسط دقیقاً به اندازه یک مقدار مستقل \vec{k} در هر نوار انرژی شرکت می‌کند در سه بعد تعداد اربیتال‌های مستقل در هر نوار انرژی برابر است با:

- الف. $\frac{N}{4}$ ب. $\frac{N}{2}$ ج. N د. $2N$

۴. کدام گزینه درست نیست؟

- الف. در یک بلور با گاف مستقیم $E_g = \hbar \omega_g$ است.
ب. در یک بلور گاف غیر مستقیم جذب اپتیکی در آستانه جذب ضعیفتر از آستانه جذب مربوط به بلور گاف مستقیم است.
ج. در فرآیند جذب مستقیم، بلور فوتونی را با ایجاد یک الکترون و یک حفره جذب می‌کند.
د. در فرآیند جذب مستقیم، بلور فوتونی را با ایجاد الکترون و یک حفره و یک فوتون جذب می‌کند.
ه. کدامیک از گزینه‌های زیر از خصوصیات حفره می‌باشد؟

- الف. $\vec{k}_h = \vec{k}_e$ ب. $\epsilon_h(\vec{k}_h) = \epsilon_e(\vec{k}_e)$ ج. $\vec{V}_h = \vec{V}_e$ د. $m_h = m_e$

۶. هنگامی که الکترونی به جرم m در بلوری قرار داده می‌شود در پاسخ به میدان‌های اعمال شده جرم مؤثر، m^* ، را پیدا

می‌کند که از رابطه $\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 \epsilon}{dk^2}$ تبعیت می‌کند. کدام گزینه در رابطه با جرم مؤثر درست است؟

- الف. جرم مؤثر به بردار موج بستگی ندارد.
ب. جرم مؤثر می‌تواند مثبت و یا منفی باشد.
ج. جرم مؤثر کمیتی ثابت است.
د. جرم مؤثر می‌تواند مثبت و یا منفی باشد و جرم مؤثر به بردار موج بستگی ندارد.

تعداد سؤال: نسی: ۲۰ تکمیلی: ۴ — تشریحی: ۴

زمان آزمون (دقیقه): تستی و تکمیلی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

نام درس: فیزیک حالت جامد ۲
رشته تحصیلی: گرایش: فیزیک - (حالت جامد)

کد درس: ۱۱۱۳۰۲۶

۷. از حاصل ضرب n و p که به ترتیب تراکم الکترون‌ها و حفره‌ها در نوار ظرفیت می‌باشند به قانون اثر جرم،

$$np = \left(\frac{k_B T}{\pi \hbar^2} \right)^3 (m_e m_h)^{3/2} e^{-\frac{E_g}{k_B T}}$$

دست می‌یابیم. کدام گزینه در این خصوص درست است؟

الف. این قانون مخصوص نیمرسانای ذاتی است و با وجود ناخالصی در نیمرسانا درست نمی‌باشد.

ب. در یک دمای معلوم حاصل ضرب np ثابت نیست.ج. با افزودن مقدار کمی ناخالصی برای افزایش n ، باعث افزایش p می‌شود.د. حاصل ضرب np به تراز فرمی بستگی ندارد.

۸. گاف نواری را با کدامیک از روشهای زیر می‌توان به دست آورد؟

الف. جذب اپتیکی

ب. بستگی رسانندگی به دما

ج. پرتو نوترونی

د. جذب اپتیکی و بستگی رسانندگی به دما

۹. کدام گزینه درست است؟

الف. سطح فرمی، سطح انرژی ثابت E_f در فضای حقیقی است.

ب. در نمایش منطقه‌ای تحویل یافته تمام نوارها در تمام منطقه‌ها ترسیم می‌شوند.

ج. در صفر مطلق، سطح فرمی اربیتال‌های پر نشده را از اربیتال‌های پر شده جدا می‌کند.

د. شکل سطح فرمی ارتباطی با ویژگیهای الکتریکی فلز ندارد.

۱۰. کدامیک از گزینه‌های زیر از دستورالعمل‌های تبدیل سطوح فرمی الکترون آزاد به سطوح فرمی الکترون تقریباً آزاد نیست؟

الف. برهم کنش الکترون با پتانسیل دوره‌ای بلور باعث ایجاد گاف‌های انرژی در مرزهای منطقه بریلوئن می‌شود.

ب. پتانسیل بلور گوشه‌های تیز سطوح فرمی را گرد می‌کند.

ج. سطوح فرمی تقریباً همیشه موازی مرزهای منطقه بریلوئن می‌باشند.

د. حجم کل محصور شده به وسیله سطح فرمی فقط به تراکم الکترونها بستگی دارد و مستقل از جزئیات برهم کنش شبکه است.

۱۱. کدام یک از گزینه‌های زیر روشی برای محاسبه نوارهای انرژی نمی‌باشد؟

الف. روش دوهاس - ون آلفن

ب. روش بستگی قوی

ج. روش ویگنر - سایتس

د. روش شبه پتانسیل

۱۲. نوسان گشتاور دو قطبی مغناطیسی یا μ یک فلز به صورت تابعی از شدت میدان مغناطیسی استاتیکی نام چه اثری است؟

این اثر در دماها پایین در میدان‌های مغناطیسی قوی و در نمونه‌های خالص مشاهده می‌شود.

الف. اثر دوهاس - ون آلفن

ب. اثر فری مغناطیس

ج. اثر پلته

د. اثر لانژون

۱۳. در اثر دوهاس - ون آلفن و در یک نمونه مربعی به ضلع L ، اگر میدان مغناطیسی دو برابر گردد واگنی حالتها چه تغییری می‌کند؟

الف. چهار برابر

ب. دو برابر

ج. بدون تغییر

د. نصف

تعداد سؤال: نسی: ۲۰ تکمیلی: — تشریحی: ۴

زمان آزمون (دقیقه): تستی و تکمیلی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

نام درس: فیزیک حالت جامد ۲
رشته تحصیلی: گرایش: فیزیک - (حالت جامد)

کد درس: ۱۱۱۳۰۲۶

۱۴. کدام گزینه درست نیست؟

- الف. موادی که دارای پذیرفتاری منفی می باشند را دیامغناطیس می نامند.
 ب. تغییری که میدان مغناطیسی خارجی در گشتاور مداری القا می کند، نقش اساسی در گشتاور مغناطیسی اتم آزاد دارد.
 ج. اندازه حرکت زاویه ای مداری الکترون ها به گرد هسته نقش اساسی در گشتاور مغناطیسی اتم آزاد دارد.
 د. اسپین الکترون ها در ایجاد گشتاور مغناطیسی اتم آزاد نقشی ندارد.

۱۵. کدام گزینه در خصوص پذیرفتاری مغناطیسی درست نیست؟

- الف. پذیرفتاری مغناطیسی پارامغناطیس لانژون همواره مثبت است.
 ب. پذیرفتاری مغناطیسی پارامغناطیس ون ولک همواره مثبت است.
 ج. پذیرفتاری مغناطیسی پارامغناطیسی پائولی همواره مثبت است.
 د. پذیرفتاری مغناطیسی دیامغناطیس همواره مثبت است.
 ۱۶. روش وامغناطش بی دررو بر این واقعیت استوار است که در دمای ثابت، آنتروپی دستگاهی از گشتاورهای مغناطیسی با اعمال میدان مغناطیسی پایین می آید. از این روش برای کدام یک از موارد زیر استفاده می شود؟
 الف. دستیابی به دماهای پایین تر از $1 K$
 ب. ایجاد نمک پارامغناطیس
 ج. شکافت هسته ای
 د. جفت شدگی بردارها L و S

۱۷. تقریب میدان متوسط را در زیر دمای کوری می توان به کار برد و عبارت کامل بریلون را در رابطه با مغناطیدگی استفاده

کرد $M = N\mu \tanh\left(\frac{\mu\lambda M}{k_B T}\right)$ می توان شناسه \tanh را تقریب زد و رابطه انحرافمغناطیدگی $\Delta M = M(0) - M(T)$ در پایین ترین مرتبه، را بدست آورد که برابر است با:

$$\Delta M \simeq N\mu \left(\frac{\mu\lambda M}{k_B T}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{الف.} \quad \Delta M \simeq \frac{N\mu^2 \lambda M}{k_B T}$$

$$\Delta M \simeq \frac{1}{2} N\mu \left(1 - \frac{\mu\lambda M}{k_B T}\right) \quad \text{ب.} \quad \Delta M \simeq \frac{1}{2} N\mu \exp\left(-\frac{\mu\lambda M}{k_B T}\right) \quad \text{ج.}$$

۱۸. کدامیک از گزینه های زیر در رابطه با مگنون درست نیست؟

- الف. مگنون یک موج اسپینی کوانتیده است.
 ب. مگنون برانگیختگی های بنیادی دستگاه است.
 ج. انرژی مگنونی با فرکانس ω برابر $\hbar\omega$ است.
 د. مگنون ذره ای کلاسیکی است که از پاشندگی اتم ها بدست می آید.
 ۱۹. رابطه پاشندگی برای مگنون های پادفرومغناطیسی با رابطه $\omega^2 = \omega_{ex}^2 (1 - \cos^2 ka)$ داده می شود. در $ka \ll 1$
 ω چگونه تابعی از k می باشد؟

- الف. خطی
 ب. درجه دوم
 ج. درجه چهارم
 د. دارای توان $\frac{1}{2}$

تعداد سؤال: نسی: ۲۰ تکمیلی: — تشریحی: ۴

زمان آزمون (دقیقه): تستی و تکمیلی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

نام درس: فیزیک حالت جامد ۲

رشته تحصیلی-گرایش: فیزیک - (حالت جامد)

کد درس: ۱۱۱۳۰۲۶

۲۰. لاندائ و لیفشیتز نشان دادند که ساختار حوزه‌ای، پیامدی طبیعی از چند سهم مختلف در انرژی جسم فرومغناطیس می‌باشد. کدامیک از گزینه‌های زیر سهمی در ساختار حوزه‌ای ندارد؟

الف. سهم مغناطیسی ب. سهم نوترونی ج. سهم ناهمسانگردی د. سهم تبدالی

سئوالات تشریحی

*بارم هر سؤال تشریحی: ۱/۷۵ نمره

۱. نشان دهید که معادله شرودینگر برای الکترونهای موجود در یک شبکه بلوری که تحت پتانسیل تناوبی شبکه‌اند به صورت

$$(\lambda_k - \varepsilon)C(k) + \sum_k U_G C(k - G) = 0 \quad \text{در می‌آید که در آن } \lambda_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \text{ می‌باشد.}$$

۲. معادله حرکت یک الکترون در یک شبکه بلوری یعنی رابطه $\vec{F} = \hbar \frac{d\vec{k}}{dt}$ را به دست آورید. (\vec{F} برآیند نیروهای خارجی وارد بر الکترون، به غیر از نیروهای ناشی از پتانسیل تناوبی شبکه می‌باشد)،

۳. انرژی ترازها با استفاده از تقریب بستگی قوی به صورت $\varepsilon_k = -\alpha - \gamma \sum_m e^{-i\vec{k} \cdot \vec{\rho}_m}$ می‌باشد که در آن α و γ کمیت‌هایی ثابت‌اند. برای یک شبکه مکعبی ساده و با استفاده از رابطه فوق به دست آورید:

الف. انرژی نوارها را بر حسب k_x, k_y, k_z

ب. پهنای کل نوار انرژی را بدست آورید.

ج. در $ka \ll 1$ جرم مؤثر الکترون را محاسبه کنید.

۴. اتمی که عدد کوانتومی اندازه حرکت زاویه‌ای آن J است، در میدان مغناطیسی یکنواخت B دارای $2J + 1$ تراز انرژی هم

فاصله است. مغناطیدگی این اتم با رابطه $(x = \frac{gJ\mu_B B}{k_B T})$ و $M = NgJ\mu_B B_J(x)$ داده می‌شود که در آن تابع

بریلوئن B_J به صورت $B_J(x) = \frac{2J+1}{2J} \coth(\frac{(2J+1)}{2J}x) - \frac{1}{2J} \coth(\frac{x}{2J})$ می‌باشد در دماهای بالا یا میدانهای ضعیف یعنی در $x \ll 1$ قانون کوری را به دست آورید.