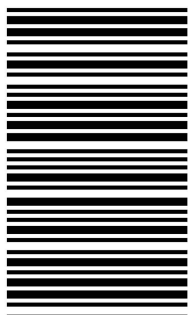


کد کنترل

890

A



890A

عصر پنجشنبه

۱۴۰۳/۱۲/۰۲



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان سنجش آموزش کشور

«علم و تحقیق، کلید پیشرفت کشور است.»
مقام معظم رهبری

دفترچه شماره ۳ از ۳

آزمون ورودی دوره‌های دکتری (نیمه‌متمرکز) - سال ۱۴۰۴
فیزیک (کد ۲۲۳۸)

مدت زمان پاسخگویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۱۵ سؤال

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مکانیک سیالات - فیزیک عمومی	۱۵	۱	۱۵
۲	فیزیک دریا و تئوری امواج جزر و مد	۳۰	۱۶	۴۵
۳	مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفته	۱۵	۴۶	۶۰
۴	الکترومغناطیس و الکتروپنایمیک	۱۵	۶۱	۷۵
۵	ترمودینامیک و مکانیک آماری پیشرفته ۱	۱۵	۷۶	۹۰
۶	فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) و مبانی نانو تکنولوژی	۱۰	۹۱	۱۰۰
۷	فیزیک مدرن	۱۵	۱۰۱	۱۱۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات کادر زیر، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب با شماره داوطلبی با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه را تأیید می‌نمایم.

امضا:

مکانیک سیالات - فیزیک عمومی:

۱- سرعت جریان در لوله‌ای به قطر ۴ متر برابر $3 \frac{m}{s}$ است. این لوله با زانویی به لوله دیگری به قطر ۲ متر متصل شده است. اگر تلفات در لوله‌ها با مجذور سرعت متناسب باشد، نسبت تلفات در لوله دوم به لوله اول به‌ازای هر متر طول لوله کدام است؟

- (۱) ۸
- (۲) ۱۲
- (۳) ۱۶
- (۴) ۲۴

۲- در یک جریان پایا، نقاط A و B بر روی یک خط جریان و به فاصله ۲ متر از هم قرار دارند. سرعت در نقطه A برابر $3 \frac{m}{s}$ و با تغییر یکنواخت در نقطه B برابر $6 \frac{m}{s}$ می‌شود. شتاب سیال در نقطه B، چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

- (۱) ۱۲
- (۲) ۹
- (۳) ۸
- (۴) ۴

۳- در مورد مقاومت اصطکاکی سیال در حرکت در جریان آرام (Laminar) و جریان آشفتنه (Turbulent) کدام مورد درست است؟

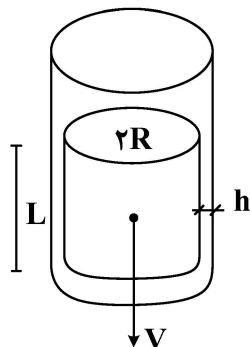
(۱) فقط در جریان آشفتنه به فشار بستگی دارد. (۲) فقط در جریان آرام به فشار بستگی دارد.

(۳) به فشار در هر دو جریان آرام و آشفتنه بستگی دارد. (۴) به فشار در هر دو جریان آرام و آشفتنه بستگی ندارد.

۴- پیستون به شعاع $R = 10 \text{ cm}$ ، طول $L = 30 \text{ cm}$ و جرم 30 کیلوگرم در لوله روانکاری شده در سرعت حرکت $8 \frac{m}{s}$ دارای شتاب است. اگر ویسکوزیته روغن روانکاری بین پیستون و لوله $6 \times 10^{-3} \frac{kg}{m.s}$ و فاصله

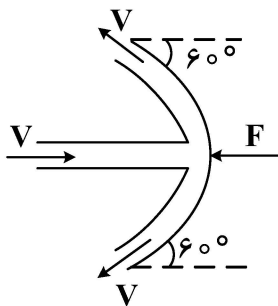
$$h = \frac{\pi}{1000} \text{ cm}$$

باشد، شتاب پیستون چند $\frac{m}{s^2}$ است؟ $(\pi = 3 \text{ و } g = 10 \frac{m}{s^2})$



- (۱) ۲/۴
- (۲) ۱/۶
- (۳) ۱/۲
- (۴) ۰/۴

۵- در شکل زیر، اگر سرعت جریان آب $V = 8 \frac{m}{s}$ و دبی آب ورودی ۳ لیتر بر ثانیه باشد، نیروی F چند نیوتن است؟



$$(\rho_w = 1 \frac{kg}{lit})$$

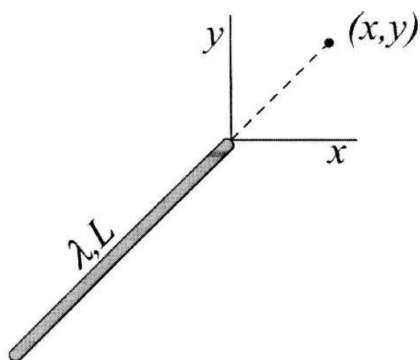
۱۲ (۱)

۲۴ (۲)

۳۶ (۳)

۴۸ (۴)

۶- بار الکتریکی با چگالی خطی یکنواخت λ بر روی میله شیشه‌ای نازکی به طول L توزیع شده است. میله در امتداد نیمساز ربع اول و سوم واقع شده است. شدت میدان الکتریکی، در نقطه‌ای به مختصات (x, y) واقع در ربع اول و در امتداد میله، کدام است؟



$$E = \frac{\lambda L}{\lambda \pi \epsilon_0 x (x + \sqrt{y^2 + L^2})} (\hat{i} + \hat{j}) \quad (1)$$

$$E = \frac{\lambda L \sqrt{y^2 + L^2}}{\lambda \pi \epsilon_0 x (x + L)} (\hat{i} + \hat{j}) \quad (2)$$

$$E = \frac{\lambda L}{\lambda \pi \sqrt{y^2 + L^2} \epsilon_0 x (x + L)} (\hat{i} + \hat{j}) \quad (3)$$

$$E = \frac{\lambda L}{\lambda \pi \epsilon_0 x (x + L)} (\hat{i} + \hat{j}) \quad (4)$$

۷- دو حلقه باردار به شعاع‌های یکسان R در دو صفحه موازی به‌طور هم محور در فاصله d از هم قرار دارند. بر روی یکی از حلقه‌ها بار یکنواخت q_1 و بر روی حلقه دوم بار یکنواخت q_2 قرار دارد. برای انتقال بار نقطه‌ای Q از مرکز حلقه اول به مرکز حلقه دوم چقدر کار باید انجام بدهیم؟

$$\frac{Q(q_2 + q_1)}{4\pi \epsilon_0} \frac{d}{R^2 + d^2} \quad (1)$$

$$\frac{Q(q_2 + q_1)}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right) \quad (2)$$

$$\frac{Q(q_2 - q_1)}{4\pi \epsilon_0} \frac{R}{R^2 + d^2} \quad (3)$$

$$\frac{Q(q_2 - q_1)}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right) \quad (4)$$

۸- مقداری سیم به قطر $d = 0.4 \text{ mm}$ (با روکش عایق بسیار نازک) در اختیار داریم. برای ساخت یک سیمولۀ ایده‌آل، با خودالتایی $L = 1 \text{ mH}$ ، چند دور از این سیم را باید حول استوانه‌ای به قطر $D = 2.0 \text{ cm}$ با ضریب تراوایی μ_0 بپیچیم؟

$$\left(\frac{\text{Tm}}{\text{A}} \right) \quad (\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ و } \pi^2 = 10)$$

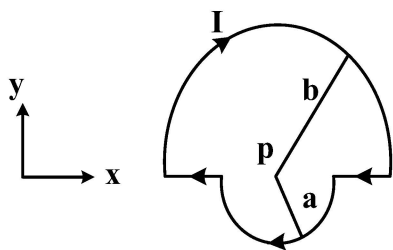
- (۱) ۱۰۰۰
(۲) ۲۰۰۰
(۳) ۶۰۰۰
(۴) ۸۰۰۰

۹- خازنی با ظرفیت C_1 تا اختلاف پتانسیل $V_1 = 500 \text{ V}$ باردار شده است. این خازن را به‌طور موازی به خازن بدون باری با ظرفیت C_2 می‌بندیم. در این حالت، ولت‌متر اختلاف پتانسیل دوسر مجموعه را $V_2 = 100 \text{ V}$ نشان می‌دهد. نسبت

$$\frac{C_2}{C_1} \text{ کدام است؟}$$

- (۱) $\frac{1}{4}$
(۲) $\frac{1}{2}$
(۳) ۴
(۴) ۲

۱۰- شکل زیر حلقهٔ جریانی را نشان می‌دهد که شامل دو قسمت شعاعی و دو نیم‌دایره به شعاع‌های $a = 5 \text{ cm}$ و $b = 10 \text{ cm}$ به مرکز مشترک p است. با توجه به دستگاه مختصات نشان داده‌شده در شکل، بردار گشتاور مغناطیسی این حلقهٔ جریان، بر حسب میلی‌آمپر در مترمربع، کدام است؟ (جریان در این حلقه $I = 80 \text{ mA}$ است)



- (۱) $+1.57\hat{j}$
(۲) $-1.57\hat{k}$
(۳) $-0.942\hat{k}$
(۴) $+0.942\hat{j}$

۱۱- یک گلوله را با چه سرعتی از سطح زمین به سمت بالا پرتاب کنیم تا بیشترین ارتفاع آن از سطح زمین برابر با شعاع زمین باشد؟ (R_e شعاع زمین، M_e جرم زمین و G ثابت عمومی گرانش است.)

- (۱) $\sqrt{\frac{GM_e}{2R_e}}$
(۲) $\sqrt{\frac{GM_e}{R_e}}$
(۳) $\sqrt{\frac{3GM_e}{2R_e}}$
(۴) $\sqrt{\frac{2GM_e}{3R_e}}$

۱۲- چهار گلولهٔ کوچک با جرم‌های یکسان m در رئوس مربعی به ضلع a قرار دارند. لختی دورانی این سیستم حول محوری که عمود بر صفحهٔ مربع است و از یک گوشهٔ مربع می‌گذرد، کدام است؟

- (۱) $2\sqrt{3} ma^2$
(۲) $3ma^2$
(۳) $3\sqrt{2} ma^2$
(۴) $4ma^2$

۱۳- چرخشی با تکانه زاویه‌ای $600 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}}$ در جهت ساعتگرد حول محورش می‌چرخد. در لحظه $t = 0$ در اثر گشتاور

نیروی به اندازه 50 N.m حرکت آن کند می‌شود. پس از چند ثانیه سرعت زاویه‌ای چرخ صفر می‌شود؟

(۱) ۱۲

(۲) ۱۶

(۳) ۲۰

(۴) ۳۰

۱۴- گلوله‌ای را از سطح زمین تحت زاویه 60° نسبت به سطح افق پرتاب می‌کنیم. نسبت انرژی جنبشی گلوله در

بالاترین نقطه مسیرش به انرژی جنبشی آن درست قبل از برخورد به زمین کدام است؟

(۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

(۲) $\frac{1}{2}$

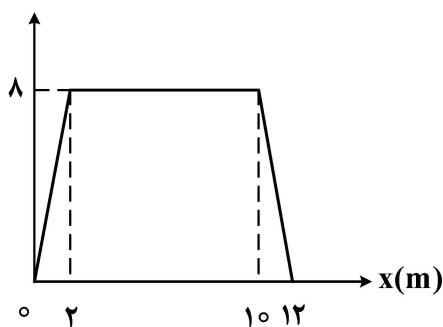
(۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(۴) $\frac{1}{4}$

۱۵- به جسمی به جرم $m = 10 \text{ kg}$ نیرویی وارد می‌شود. تغییرات نیرو بر حسب جابه‌جایی به شکل زیر است. اگر جسم

از حال سکون از مبدأ مختصات شروع به حرکت کرده باشد، سرعت آن در $x = 12 \text{ m}$ چند متر بر ثانیه است؟

F(N)



(۱) ۵

(۲) ۴

(۳) $\sqrt{20}$

(۴) $\sqrt{12}$

فیزیک دریا و تئوری امواج جزر و مد:

۱۶- پایداری استاتیکی ستون آبی، معادل $E = 0.25 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ ، است. به‌ازای هر 10 متر افزایش عمق، سرعت

جریان افقی 0.5 m/s ، کاهش پیدا می‌کند، عدد ریچاردسون (Ri) کدام خواهد شد؟

(۱) 0.01

(۲) 0.02

(۳) 0.1

(۴) 0.2

۱۷- کدام عامل، تأثیر کمتری در گردش آب خلیج فارس دارد؟

(۴) کوریولیس

(۳) تبخیر

(۲) باد

(۱) جزرومد

۱۸- یک جریان مرز غربی اقیانوسی با سرعت متوسط 1 m/s در نظر بگیرید. اختلاف ارتفاع سطح آب، بین دو نقطه در شرق و غرب این جریان که به فاصله 15° کیلومتر از هم واقع شده‌اند، چند متر خواهد بود؟

(شتاب جاذبه زمین را $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و پارامتر کوریولیس را در این ناحیه $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ در نظر بگیرید).

(۱) 0.15

(۲) ۱

(۳) $1/5$

(۴) ۱۵

۱۹- نمودار دما - شوری (TS) در اقیانوس شناسی در کدام مورد، استفاده می‌شود؟

(۱) بررسی اثرات شوری آب سطح اقیانوس

(۲) برای اندازه‌گیری دما و شوری آب سطح اقیانوس

(۳) برای تعیین عمق جریان‌های اقیانوسی

(۴) شناسایی و طبقه‌بندی توده‌های مختلف آب

۲۰- نیروی محرکه اصلی جریان‌های سطحی اقیانوسی کدام است؟

(۱) باد

(۲) چرخش زمین

(۳) گرادیان شوری

(۴) گرادیان دما

۲۱- در شکل زیر پروفایل‌های دما در فصول زمستان و تابستان برای عرض‌های میانی اقیانوس اطلس شمالی رسم شده

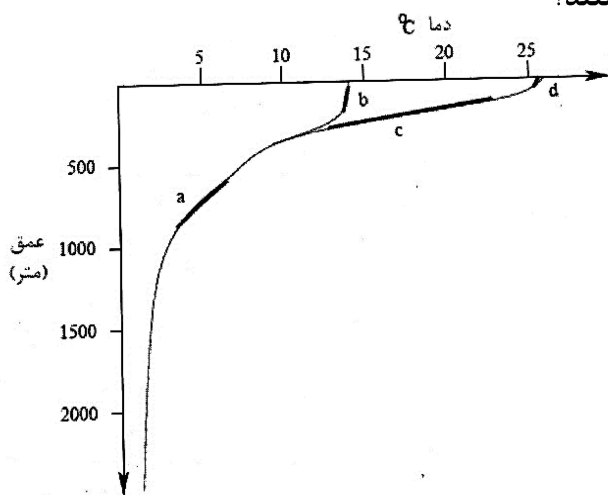
است. ترموکلاین فصلی و دائمی به ترتیب کدام نواحی هستند؟

(۱) a و c

(۲) c و d

(۳) a و b

(۴) c و a



۲۲- **Upwelling**، در دریاها از کدام جنبه اهمیت بیشتری دارد؟

(۱) ایجاد سونامی و امواج بزرگ‌مقیاس

(۲) تغییر مسیر کشتیرانی و تأسیسات دریایی

(۳) تأثیر بر روی شیب فلات قاره و منطقه پلاژیک

(۴) تأمین مواد مغذی برای آبزیان و ایجاد تعادل در پارامترهای فیزیکی آب

۲۳- فاکتور نود (**Node Factor**)، چیست؟ فرمول آن کدام است؟

(۱) مربوط به جریان ژئوستروفیک است و فرمول آن: $T = \rho_a C_D U_{10}^2$

(۲) فاکتور مؤثر بر استرس باد در محاسبه سرعت جریان است و فرمول آن: $T = \rho_a C_D U_{10}^2$

(۳) طبقه‌بندی سیستماتیک انواع جزرومد را مشخص می‌کند و فرمول آن: $F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$

(۴) این فاکتور در مورد عوامل مؤثر بر حرکت امواج ناشی از باد است و فرمول آن: $\text{Input} = a \sin \omega t$

- ۲۴- همه عبارات زیر درست هستند، به جز
- (۱) تغییرات چگالی در راستای افقی همیشه باعث حرکت می‌شود.
 - (۲) در لایه اختلاط (Mixed layer)، چگالی آب دریا ثابت است.
 - (۳) تغییرات چگالی در راستای قائم همیشه باعث حرکت نمی‌شود.
 - (۴) اگر حرکت شاره در محیط اقیانوسی، در مقیاس حرکت زمین گرد (Planetary Scale) باشد، به طور حتم، بزرگ مقیاس (Large Scale)، هم خواهد بود.
- ۲۵- جریان حاصل از کدام مورد را جریان ژئوستروفیک می‌نامند؟
- (۱) آب‌های عمیق
 - (۲) تعادل نیروی کوریولیس با نیروی باد
 - (۳) غلبه نیروی گرادیان فشار بر اصطکاک
 - (۴) تعادل بین نیروی گرادیان فشار و نیروی کوریولیس
- ۲۶- در مطالعه انتقال آلودگی‌های نفتی در دریاها، مدل‌های ۳ بعدی نسبت به مدل‌های ۲ بعدی، دارای کدام مزیت اصلی است؟
- (۱) محاسبه سرعت قائم
 - (۲) در نظر گرفتن لایه‌بندی دمایی
 - (۳) محاسبه تغییرات افقی سرعت قائم
 - (۴) در نظر گرفتن تغییرات سرعت جریان افقی در لایه‌های مختلف
- ۲۷- مدت زمان ماندگاری (Flushing Time) در خلیج فارس به کدام مجموعه پارامترها بستگی دارد؟
- (۱) نرخ خالص تبخیر - نرخ خالص ورودی و خروجی آب از دریا - بارش
 - (۲) نرخ خالص تبخیر - نرخ خالص ورودی و خروجی آب از دریا - میانگین سرعت باد
 - (۳) نرخ خالص تبخیر - میانگین سالانه دما - نرخ خالص ورودی و خروجی آب از دریا
 - (۴) میانگین سالانه چگالی - میانگین سالانه شوری - نرخ خالص ورودی و خروجی آب از دریا
- ۲۸- کدام عامل، در تغییر چگالی آب‌های نواحی عمیق اقیانوسی، مهم‌تر است؟
- (۱) دما
 - (۲) شوری
 - (۳) فشار
 - (۴) مواد مغذی
- ۲۹- همه عبارات زیر درست هستند، به جز
- (۱) نواحی فراجوشی، سهم بزرگی در افزایش صید دارند.
 - (۲) در دریاهای ایران، امکان فراجوشی ساحلی وجود ندارد.
 - (۳) در تحلیل نانسن اصطکاک، تنش باد و کوریولیس در نظر گرفته می‌شود.
 - (۴) در نظریه اکمن، نیروهای اصطکاک، باد، کوریولیس و سرعت تکه یخ به حال تعادل در نظر گرفته می‌شود.
- ۳۰- فرمول $\sqrt{\frac{2\pi^2 A_z}{f}}$ ، کدام پارامتر اقیانوس‌شناسی را محاسبه می‌کند؟
- (۱) عمق لایه اکمن
 - (۲) نسبت سطح به نیروی وارده
 - (۳) انتقال جرم آب دریا
 - (۴) نسبت سطح به نیروی کوریولیس
- ۳۱- کدام نظریه، رشد موج را از مرحله اولیه تولید تا مرحله نمو عالی به خوبی تبیین می‌کند؟
- (۱) کلوین
 - (۲) جریان برشی مایلز
 - (۳) تشدید فیلیپس
 - (۴) هملمهولز
- ۳۲- خیزاب ناشی از موج (Wave set-up) در اثر کدام عامل یا پدیده ایجاد می‌شود؟
- (۱) شکست موج
 - (۲) شیب ساحل
 - (۳) انکسار موج
 - (۴) بازتاب موج از ساحل

۳۳- کدام فرض، در خطی کردن مسئله موج کلیدی است؟

- (۱) زیاد بودن طول موج
 (۲) ثابت بودن دوره تناوب
 (۳) ثابت بودن ارتفاع موج
 (۴) تیزی بسیار کم موج و کم دامنه بودن موج

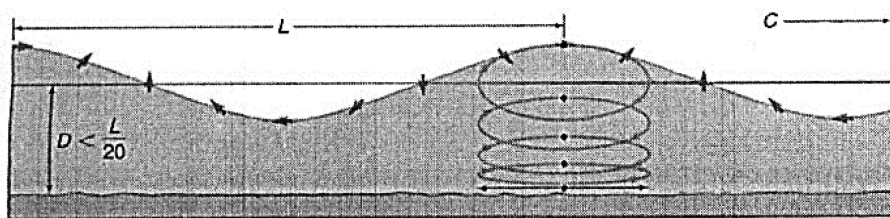
۳۴- نام دقیق، کدام مؤلفه‌های جزرومدی، به درستی آمده است؟

- (۱) P_1 خورشیدی فرعی - Q_1 قمری روزانه
 (۲) S_p مؤلفه قمری فرعی - V_1 خورشیدی اصلی
 (۳) S_p مؤلفه خورشیدی اصلی - O_1 مؤلفه قمری اصلی
 (۴) K_1 قمری خورشیدی - O_p خورشیدی فرعی

۳۵- کدام مورد در خصوص جزرومد، درست است؟

- (۱) یک پدیده مشاهداتی است که فقط با روش‌های غیرهارمونیک (ناهمساز) محاسبه می‌شود.
 (۲) پدیده‌ای است هارمونیک (همساز) که با روش‌های غیرهارمونیک (ناهمساز) نیز قابل محاسبه است.
 (۳) پدیده‌ای است غیرهارمونیک (ناهمساز) که فقط با روش‌های مشاهداتی قابل محاسبه است.
 (۴) یک پدیده طبیعی در آب اقیانوس‌ها است و با روش‌های فیزیکی و ریاضی قابل محاسبه نیست.

۳۶- کدام مورد در خصوص نمودار زیر درست است؟



- (۱) موجی که به عمق کم رسیده، سرعت کاهش، طول موج کاهش و ارتفاع موج افزایش پیدا می‌کند.
 (۲) موجی که به عمق زیاد رسیده، سرعت کاهش، طول موج کاهش و ارتفاع موج افزایش پیدا می‌کند.
 (۳) موجی که به عمق کم رسیده، سرعت افزایش، طول موج افزایش و ارتفاع موج افزایش پیدا می‌کند.
 (۴) موجی که به عمق زیاد رسیده، سرعت کاهش، طول موج ثابت و ارتفاع موج افزایش پیدا می‌کند.

۳۷- سرعت انتقال انرژی موجی در آب عمیق، پنج متر بر ثانیه است، سرعت فاز این موج (بر حسب m/s) کدام خواهد بود؟

- (۱) ۲/۵
 (۲) ۵
 (۳) ۱۰
 (۴) ۲۰

۳۸- امواجی در حال نزدیک شدن به یک بندرگاه است، ضرایب انعکاس و استهلاک انرژی موج‌ها، برابر ۰/۶ است، چند درصد موج وارد بندرگاه خواهد شد؟

- (۱) ۴
 (۲) ۲۰
 (۳) ۴۰
 (۴) ۶۰

۳۹- همه عوامل، به طور قابل توجهی بر گردش ترموهالین اقیانوس اثر می‌گذارند، به جز.....

- (۱) دما
 (۲) چگالی آب دریا
 (۳) الگوهای باد
 (۴) شوری

۴۰- در ناحیه‌ای از دریا، ارتفاع مؤلفه‌های جزرومدی M_2 ، S_2 ، K_1 و O_1 به ترتیب برابر $2m$ ، $3m$ ، $1.8m$ و $0.2m$ است.

جزرومد این ناحیه از کدام نوع است؟

- (۱) روزانه
 (۲) نیم‌روزانه
 (۳) ترکیبی عمدتاً نیم‌روزانه
 (۴) ترکیبی عمدتاً روزانه

۴۱- در یک ناحیه کم عمق ساحلی با عمق ۲/۵ متر، موجی با طول موج ۵۰ متر در حال انتشار است. فرکانس این موج چند سیکل بر ثانیه است؟ (شتاب جاذبه زمین را $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ در نظر بگیرید).

(۱) ۰/۱

(۲) ۱

(۳) ۵

(۴) ۱۰

۴۲- فرمول محاسباتی زیر بیانگر کدام ویژگی از جزرومد است و پارامترهای متغیر آن کدام هستند؟

$$\cos \phi = \sin \phi_p \sin \delta + \cos \phi_p \cos \delta \cos(\tau - 180^\circ)$$

(۱) محاسبه نیروی چرخشی است که: ϕ_p عرض جغرافیایی است که پتانسیل جزرومدی در آن محاسبه می‌شود، δ زاویه انحراف در نیمکره جنوبی و τ زاویه ساعت ماه است.

(۲) محاسبه نیروی چرخشی است که: ϕ_p طول جغرافیایی است که پتانسیل جزرومدی در آن محاسبه می‌شود، δ زاویه انحراف در نیمکره جنوبی و τ زاویه چرخش خورشید است.

(۳) محاسبه نیروی جزرومدی بخشی از استوا است که: ϕ_p زاویه چرخش ماه که حرکت امواج جزرومدی در آن محاسبه می‌شود، δ عدد ثابت مربوط به ماه در نیمکره شمالی و τ زاویه ساعت خورشید است.

(۴) محاسبه تغییر پتانسیل جزرومد در یک مختصات جغرافیایی خاص که: ϕ_p عرض جغرافیایی است که پتانسیل جزرومدی در آن محاسبه می‌شود، δ زاویه انحراف از ماه یا خورشید در نیمکره شمالی و τ زاویه ساعت ماه است.

۴۳- همه امواج زیر جزو امواج بلند (با دوره تناوب بلند) محسوب می‌شوند، به جز

(۱) جزرومد (۲) سونامی

(۳) امواج کشش سطحی (۴) خیزاب توفان (storm surge)

۴۴- سرعت موج سونامی در اقیانوسی با عمق یک کیلومتر چند متر بر ثانیه است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۱۰۰

(۳) ۱۰۰۰ (۴) ۱۰۰۰۰

۴۵- عدد شکل جزرومد (Tide form number) در منطقه‌ای برابر ۲، اندازه‌گیری شده است. جزرومد این منطقه از کدام نوع است؟

(۱) جزرومد روزانه (۲) جزرومد ترکیبی، عمدتاً روزانه

(۳) جزرومد نیمه‌روزانه (۴) جزرومد ترکیبی، عمدتاً نیمه‌روزانه

مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفته:

۴۶- کدام یک از توابع موج زیر، ویژه تابع عملگر پاریته است؟ ($\Psi_{nlm}(\vec{r})$ ها ویژه توابع اتم هیدروژن و \mathcal{C} ها مقادیر ثابتی هستند).

(۱) $\Psi(\vec{r}) = C_1 \Psi_{4,2,2}(\vec{r}) + C_2 \Psi_{2,0,0}(\vec{r}) + C_3 \Psi_{1,0,0}(\vec{r}) + C_4 \Psi_{3,2,1}(\vec{r})$

(۲) $\Psi(\vec{r}) = C_1 \Psi_{4,2,1}(\vec{r}) + C_2 \Psi_{4,3,3}(\vec{r}) + C_3 \Psi_{3,1,1}(\vec{r}) + C_4 \Psi_{2,1,1}(\vec{r})$

(۳) $\Psi(\vec{r}) = C_1 \Psi_{4,3,2}(\vec{r}) + C_2 \Psi_{4,2,1}(\vec{r}) + C_3 \Psi_{3,1,0}(\vec{r}) + C_4 \Psi_{2,0,0}(\vec{r})$

(۴) $\Psi(\vec{r}) = C_1 \Psi_{5,4,3}(\vec{r}) + C_2 \Psi_{4,3,2}(\vec{r}) + C_3 \Psi_{3,2,1}(\vec{r}) + C_4 \Psi_{2,1,0}(\vec{r})$

۴۷- $|2\rangle$ و $|3\rangle$ ویژه حالت‌های هامیلتونی نوسانگر ساده به جرم m و فرکانس زاویه‌ای ω هستند. اگر x عملگر مکان باشد، مقدار عبارت $\langle 3|x^3|2\rangle$ کدام است؟

$$\begin{aligned} (1) & \left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}} (\sqrt{3}) \\ (2) & \left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}} (9\sqrt{3}) \\ (3) & \left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}} (6\sqrt{3}) \\ (4) & \left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}} (5\sqrt{3}) \end{aligned}$$

۴۸- اگر $x(t)$ عملگر مکان یک ذره آزاد در فضای یک بعدی در تصویر هایزنبرگ باشد، حاصل جابه‌جاگر $[x(t), x(0)]$ کدام است؟

$$\begin{aligned} (1) & \frac{i\hbar t}{2m} \\ (2) & \frac{-i\hbar t}{m} \\ (3) & \frac{-i\hbar t}{2m} \\ (4) & \frac{i\hbar t}{m} \end{aligned}$$

۴۹- ذره‌ای تحت تأثیر پتانسیل مرکزی در حالت مداری ۲ و حالت اسپینی $s=1$ قرار دارد. تبهگنی ترازهای انرژی ناشی از اندرکنش اسپین مدار کدام است؟

$$\begin{aligned} (1) & 7 \\ (2) & 9 \\ (3) & 12 \\ (4) & 15 \end{aligned}$$

۵۰- الکترونی که اسپین آن در جهت $\hat{k} + \hat{k}$ است به مدت t ثانیه تحت تأثیر میدان مغناطیسی بکنواخت $\vec{B} = B_0 \hat{i}$ قرار می‌گیرد. پس از گذشت این زمان، احتمال این که اسپین الکترون در جهت $-\hat{k}$ باشد، کدام است؟ $(\omega = \frac{B_0 \mu_0 \hbar}{2})$

$$\begin{aligned} (1) & 1 - \cos^2 \omega t \\ (2) & \cos^2 \omega t \\ (3) & 1 - \sin^2 \omega t \\ (4) & \sin^2 \omega t \end{aligned}$$

۵۱- عملگرهای زیر را در فضای هیلبرت در نظر بگیرید:

$$\hat{L}_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \hat{L}_z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

حالتی را در نظر بگیرید که ویژه مقدار عملگر L_z برابر با $+1$ باشد، در این حالت عدم قطعیت عملگر L_x چقدر است؟

$$\begin{aligned} (1) & \frac{1}{2} \\ (2) & \frac{1}{2} \\ (3) & \sqrt{\frac{1}{2}} \\ (4) & 1 \end{aligned}$$

۵۲- ذره‌ای با اسپین $\frac{1}{2}$ در حالتی است که با اسپینور $\chi = \begin{pmatrix} 1+i \\ 2 \end{pmatrix}$ مشخص می‌گردد. احتمال یافتن ذره در حالت با

اسپین پایین $(S_z = -\frac{1}{2} \hbar)$ چقدر است؟

$$\begin{aligned} (1) & \frac{1}{3} \\ (2) & \frac{1}{2} \\ (3) & \frac{2}{3} \\ (4) & 1 \end{aligned}$$

۵۳- عملگر هامیلتونی یک سیستم دو حالت $H = a(|1\rangle\langle 1| - |2\rangle\langle 2| + |1\rangle\langle 2| + |2\rangle\langle 1|)$ است که در آن a عددی با بعد انرژی است. ویژه مقادیر انرژی سیستم کدامند؟

(۱) $\pm\sqrt{2}a$ (۲) $+\sqrt{2}a$ (دو حالت تبهگن)

(۳) $\pm\frac{\sqrt{2}}{2}a$ (۴) $+\frac{\sqrt{2}}{2}a$ (دو حالت تبهگن)

۵۴- هامیلتونی دستگاهی با سه الکترون، برابر با $(\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2 + \vec{S}_2 \cdot \vec{S}_3 - \frac{\epsilon_0}{\hbar^2} \vec{S}_1 \cdot \vec{S}_3)$ است که \vec{S}_i اسپین الکترون i ام را نشان می‌دهد. اسپین کل دستگاه کدام است؟

(۱) $0, \frac{1}{2}$ (۲) $1, 0$

(۳) $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$ (۴) $1, \frac{3}{2}$

۵۵- سه ذره کوارک هر یک با اسپین $\left|S = \frac{1}{2}, m_s = \pm \frac{1}{2}\right\rangle$ با تکانه زاویه‌ای مداری صفر با هم ترکیب شده و یک ذره

باریونی با اسپین $\left|S = \frac{3}{2}, m_s = +\frac{1}{2}\right\rangle$ تولید کرده‌اند. کدام یک از حالات زیر توصیف درست این ترکیب است؟

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}(|+\rangle|+\rangle|-\rangle + |+\rangle|-\rangle|+\rangle + |-\rangle|+\rangle|+\rangle)$$

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle(|+\rangle|-\rangle - |-\rangle|+\rangle))$$

$$|\psi_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle(|+\rangle|-\rangle + |-\rangle|+\rangle))$$

$$|\psi_4\rangle = \frac{1}{\sqrt{6}}(|+\rangle|+\rangle|-\rangle + |+\rangle|-\rangle|+\rangle - 2|-\rangle|+\rangle|+\rangle)$$

(۱) فقط $|\psi_2\rangle$ (۲) $|\psi_1\rangle$ و $|\psi_4\rangle$ (هر دو)

(۳) فقط $|\psi_3\rangle$ (۴) $|\psi_2\rangle$ و $|\psi_3\rangle$ (هر دو)

۵۶- الکترون آزادی با گشتاور مغناطیسی $\vec{\mu}_e = -\mu_B \vec{\sigma}$ در معرض میدان مغناطیسی وابسته به زمان

$$\vec{B}(t) = B_0 [\sqrt{3} (\cos \omega_0 t \hat{e}_x + \sin \omega_0 t \hat{e}_y) - \hat{e}_z]$$

«پائولی» است. در لحظه $t = 0$ ، این الکترون در حالت اسپین $|S_z = \uparrow\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ قرار دارد. در لحظه $t > 0$

این الکترون با چه احتمالی در حالت اسپین $|S_z = \downarrow\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ یافت می‌شود؟ $(\frac{e\hbar}{2m_e} = \mu_B$ و $\frac{eB_0}{2m_e} = \Omega)$

(۱) $\frac{3}{8}(1 - \cos 2\Omega t)$ (۲) $\frac{3}{8}(1 - \cos 4\Omega t)$

(۳) $\frac{5}{8}(1 - \cos 4\Omega t)$ (۴) $\frac{5}{8}(1 - \cos 2\Omega t)$

۵۷- هامیلتونی سامانه‌ای، با اسپین یک، برابر است با $H = AS_z^2 + B(S_x^2 - S_y^2)$. انرژی این سامانه کدام است؟ (A و B ثابت‌های حقیقی هستند.)

(۱) صفر و $\pm \hbar^2 \sqrt{A^2 - B^2}$

(۲) صفر و $\pm \hbar^2 \sqrt{A^2 + B^2}$

(۳) صفر و $\pm \hbar^2 (A + B)$

(۴) صفر و $\hbar^2 (A \pm B)$

۵۸- اگر عملگر A با هامیلتونی H جابه‌جا شود، کدام یک از موارد زیر درست است؟

(۱) $\langle A \rangle$ ثابت حرکت است و $\langle (\Delta A)^2 \rangle$ ثابت حرکت است.

(۲) $\langle A \rangle$ ثابت حرکت است و $\langle (\Delta A)^2 \rangle$ ثابت حرکت نیست.

(۳) $\langle A \rangle$ ثابت حرکت نیست و $\langle (\Delta A)^2 \rangle$ ثابت حرکت است.

(۴) $\langle A \rangle$ ثابت حرکت نیست و $\langle (\Delta A)^2 \rangle$ ثابت حرکت نیست.

۵۹- بردار حالت اولیه سیستمی $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ است. اگر هامیلتونی این سیستم $H = a \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ باشد، حالت سیستم در زمان $t = \frac{\pi \hbar}{2a}$ کدام است؟

(۱) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$

(۲) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}$

(۳) $\begin{pmatrix} 0 \\ -i \end{pmatrix}$

(۴) $\begin{pmatrix} i \\ 0 \end{pmatrix}$

۶۰- در زمان $t = 0$ ، حالت ذره‌ای به شکل $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ است. اگر هامیلتونی این ذره به شکل $H = E \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ باشد، که E مقدار

ثابتی است، احتمال این که در زمان t ذره در حالت $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ باشد، کدام است؟

(۱) $\frac{1}{2}$

(۲) $\frac{1}{2} \sin^2 \frac{Et}{\hbar}$

(۳) $\frac{1}{2}$

(۴) $\frac{1}{2} \cos^2 \frac{Et}{\hbar}$

الکترومغناطیس و الکترودینامیک:

۶۱- در ناحیه‌ای از فضا میدان‌های الکتریکی $\vec{E} = E_0(\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k})$ و مغناطیسی $\vec{B} = B_0(2\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k})$ وجود دارند. بار الکتریکی q با چه سرعتی عمود بر \vec{B} حرکت کند تا نیرویی به آن وارد نشود؟

(۱) $\frac{E_0}{B_0} \frac{\hat{i} + \hat{j}}{\sqrt{2}}$

(۲) $\frac{E_0}{B_0} \frac{\hat{i} - \hat{j} - 2\hat{k}}{3\sqrt{2}}$

(۳) $\frac{E_0}{B_0} \frac{2\hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}}{3}$

(۴) $\frac{E_0}{B_0} \frac{2\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k}}{3}$

۶۲- دو بار نقطه‌ای با بارهای الکتریکی یکسان q یکی در مبدأ مختصات و دیگری در نقطه $(0, 0, a)$ قرار دارند. کدام رابطه بیانگر چگالی حجمی بار برای این توزیع بار در دستگاه مختصات کروی است؟

$$(1) \frac{q}{4\pi r^2} (\delta(r) + 2\delta(r-a)\delta(\cos\theta - 1))$$

$$(2) \frac{q}{r^2} (\delta(r) + \delta(r-a)\delta(\cos\theta - 1))$$

$$(3) q \left(\frac{\delta(r)}{r^2} + \frac{\delta(r-a)\delta(\cos\theta)}{2\pi(r-a)^2} \right)$$

$$(4) \frac{q}{4\pi r^2} (\delta(r) + \delta(r-a))$$

۶۳- یک کره دی‌الکتریک با گذردهی ϵ_1 و شعاع R توسط ماده‌ای با گذردهی ϵ_2 محصور شده است. در مرکز کره یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی $\vec{p} = p\hat{k}$ قرار دارد. پتانسیل الکتریکی در خارج کره کدام است؟ $(r$ و θ مختصات شعاعی و زاویه قطبی در دستگاه مختصات کروی هستند.)

$$(1) \frac{p \cos\theta}{4\pi\epsilon_2 r^2} \quad (2) \frac{p \cos\theta}{2\pi(\epsilon_1 + \epsilon_2)r^2}$$

$$(3) \frac{3p \cos\theta}{4\pi(\epsilon_1 + 2\epsilon_2)r^2} \quad (4) \frac{p}{4\pi\epsilon_1} \left[\frac{\cos\theta}{r^2} + \frac{2(\epsilon_1 + 2\epsilon_2)}{R^2(\epsilon_1 + 2\epsilon_2)} r \cos\theta \right]$$

۶۴- یک ماده مغناطیسی با مغناطیدگی \vec{M} در مجاورت هوا قرار دارد. اگر \vec{H}_1 میدان مغناطیسی در ماده و \vec{H}_2 میدان مغناطیسی در هوا و \hat{n} بردار یکه عمود بر مرز مشترک ماده و هوا باشد، (جهت \hat{n} به سمت خارج ماده است). کدام رابطه شرط مرزی مؤلفه عمودی میدان‌های \vec{H}_1 و \vec{H}_2 را درست بیان می‌کند؟

$$(1) (\vec{H}_2 - \vec{H}_1) \cdot \hat{n} = 0$$

$$(2) \vec{H}_1 \cdot \hat{n} = \vec{M} \cdot \hat{n}$$

$$(3) \vec{H}_2 \cdot \hat{n} = \vec{M} \cdot \hat{n}$$

$$(4) (\vec{H}_2 - \vec{H}_1) \cdot \hat{n} = \vec{M} \cdot \hat{n}$$

۶۵- اگر میدان مغناطیسی در فضا $\vec{H} = x\hat{i} + x^2\hat{j} + y\hat{k} \frac{A}{m}$ باشد، کل جریان عبوری از سطح مربعی که با معادلات $x = 0$ و $1 \text{ cm} < y < 2 \text{ cm}$ و $1 \text{ cm} < z < 2 \text{ cm}$ توصیف می‌شود، چند میکروآمپر است؟

(1) ۱۰۰

(2) ۷۵

(3) ۵۰

(4) ۲۵

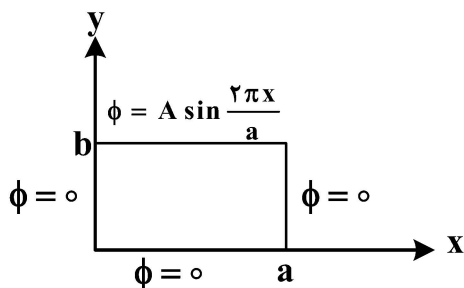
۶۶- فضای $z < 0$ از عایقی ناهمگن با ثابت دی‌الکتریک $K = 1 + \frac{a}{z}$ پر شده است. (a مقدار ثابتی است) ناحیه $z > 0$ خلأ است. اگر میدان الکتریکی \vec{E} در ناحیه $z > 0$ یکنواخت و در جهت محور z باشد، آنگاه چگالی حجمی بار قطبشی در ناحیه $z < 0$ کدام است؟ (ϵ_0 ضریب گذردهی خلأ است).

(۱) صفر
$$\frac{\epsilon_0 a}{(a+z)^2} E$$

(۳)
$$\frac{\epsilon_0 z}{a(a+z)} E$$

(۴)
$$\frac{\epsilon_0 z}{a^2} E$$

۶۷- یک کانال بسیار دراز با دیواره‌های قائم رسانا مطابق شکل زیر در امتداد محور z قرار دارد. سه دیواره کانال، مطابق شکل، در پتانسیل صفر داشته شده‌اند و پتانسیل دیواره چهارم $\phi = A \sin \frac{2\pi x}{a}$ است که A مقدار ثابتی است. پتانسیل الکتریکی بر روی محوری که موازی محور z است و از نقطه $(\frac{a}{4}, \frac{b}{4})$ می‌گذرد، کدام است؟



(۱) صفر

(۲)
$$A \frac{\sin \frac{\pi b}{a}}{\sin \frac{2\pi b}{a}}$$

(۳)
$$A \frac{\sinh \frac{\pi b}{a}}{\sinh \frac{2\pi b}{a}}$$

(۴)
$$A \frac{\sin \frac{\pi b}{a}}{\sinh \frac{2\pi b}{a}}$$

۶۸- پوسته استوانه‌ای رسانایی به شعاع a و ارتفاع h توسط صفحه xy به دو نیم تقسیم شده است. محور استوانه بر محور z منطبق است. پتانسیل دو قاعده استوانه صفر و پتانسیل روی سطح جانبی

$$V(a, z) = \begin{cases} V_0 & 0 < z < \frac{h}{2} \\ -V_0 & -\frac{h}{2} < z < 0 \end{cases}$$
 تابع پتانسیل در داخل استوانه کدام است؟ ($I_n(x)$ تابع بسل مرتبه n

است. r فاصله شعاعی هر نقطه درون استوانه تا محور z است).

(۱)
$$\sum_{n \text{ فرد}} \frac{4V_0}{n\pi} \frac{I_0(2n\pi \frac{r}{h})}{I_0(2n\pi \frac{a}{h})} \sin(2n\pi \frac{z}{h})$$

(۲)
$$\sum_{n \text{ فرد}} \frac{4V_0}{n\pi} \frac{I_1(2n\pi \frac{r}{h})}{I_1(2n\pi \frac{a}{h})} \sin(2n\pi \frac{z}{h})$$

(۳)
$$\sum_{n \text{ زوج}} \frac{4V_0}{n\pi} \frac{I_0(2n\pi \frac{r}{a})}{I_0(2n\pi \frac{h}{a})} \sinh(2n\pi \frac{z}{h})$$

(۴)
$$\sum_{n \text{ زوج}} \frac{4V_0}{n\pi} \frac{I_1(2n\pi \frac{r}{a})}{I_1(2n\pi \frac{h}{a})} \sinh(2n\pi \frac{z}{h})$$

۶۹- کدام مورد، تابع گرین معادله پواسون در فضای آزاد دو بُعدی است؟

$$(۱) \quad -\ln[|x - x'| + |y - y'|]$$

$$(۲) \quad -\ln[(x - x')^2 + (y - y')^2]$$

$$(۳) \quad -\frac{1}{|x - x'|} - \frac{1}{|y - y'|}$$

$$(۴) \quad -\frac{1}{\sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}}$$

۷۰- بار نقطه‌ای q در خارج یک کره رسانای متصل به زمین در فاصله b از مرکز کره قرار دارد. شعاع کره a است ($b > a$). کار لازم برای انتقال بار q به فاصله بی‌نهایت دور از مرکز کره، چقدر است؟

$$(۱) \quad \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0\sqrt{b^2 - a^2}}$$

$$(۲) \quad \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0\sqrt{b^2 - a^2}}$$

$$(۳) \quad \frac{q^2 a}{16\pi\epsilon_0(b^2 - a^2)}$$

$$(۴) \quad \frac{q^2 a}{8\pi\epsilon_0(b^2 - a^2)}$$

۷۱- بار الکتریکی درون کره‌ای به شعاع R با چگالی غیریکنواخت $\rho = \rho_0 \frac{r}{R}$ توزیع شده است، که در آن r فاصله هر نقطه درون کره از مرکز آن است. کار لازم برای آن که این بار به‌طور یکنواخت در این کره توزیع شود، چقدر است؟

$$(۱) \quad \frac{-17\pi\rho_0^2 R^5}{20\epsilon_0}$$

$$(۲) \quad \frac{-5\pi\rho_0^2 R^5}{7\epsilon_0}$$

$$(۳) \quad \frac{15\pi\rho_0^2 R^5}{32\pi\epsilon_0}$$

$$(۴) \quad \frac{\rho_0^2 R^5}{8\pi\epsilon_0}$$

۷۲- یک خط بار نامتناهی با چگالی خطی یکنواخت λ موازی محور x قرار دارد. این خط بار صفحه yz را در نقطه $(0, 1m, 1m)$ قطع می‌کند. شار میدان الکتریکی عبوری از سطح کره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و شعاع $2m$ کدام است؟ (ϵ_0 ضریب گذردهی خلأ است.)

$$\frac{\lambda}{2\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\frac{2\sqrt{2}\lambda}{\epsilon_0} \quad (2)$$

$$\frac{\sqrt{2}\lambda}{4\pi\epsilon_0} \quad (3)$$

$$\frac{\lambda}{\sqrt{2}\pi\epsilon_0} \quad (4)$$

۷۳- دو کره رسانای باردار به شعاع R در فاصله d از هم قرار دارند. بار الکتریکی کره‌ها یکسان و برابر با Q است. اگر $d \gg R$ ، انرژی الکترواستاتیک این سیستم کدام است؟

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{d-2R}{Rd} \right) \quad (1)$$

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{d+2R}{Rd} \right) \quad (2)$$

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{d-R}{Rd} \right) \quad (3)$$

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{d+R}{Rd} \right) \quad (4)$$

۷۴- استوانه‌ای به طول L و شعاع R هم‌محور با محور z دارای بار الکتریکی با چگالی حجمی $\rho(x, y, z) = A\sqrt{R}(x^2 + y^2)^{-1/4} \cos^2 \frac{2\pi z}{L}$ است. مبدأ مختصات منطبق بر مرکز استوانه است. کل بار الکتریکی درون استوانه، کدام است؟ (A مقدار ثابتی است.)

$$4\pi AR^2 L \quad (1)$$

$$2\pi AR^3 \sqrt{\frac{R}{L}} \quad (2)$$

$$\frac{2}{3} \pi AR^2 L \quad (3)$$

$$\frac{4}{3} \pi A \frac{R^4}{L} \quad (4)$$

۷۵- ناحیه $z < 0$ از ماده‌ای با ضریب گذردهی ϵ_1 و ناحیه $z > 0$ از ماده‌ای با ضریب گذردهی ϵ_2 اشغال شده است. اگر در مبدأ مختصات یک بار نقطه‌ای q قرار داشته باشد، پتانسیل الکتریکی بر حسب فاصله از مبدأ، x ، برای هریک از نواحی $z < 0$ و $z > 0$ کدام است؟

$$\phi_{z>0} = \phi_{z<0} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \right) \frac{q}{r} \quad (1)$$

$$\phi_{z>0} = \phi_{z<0} = \frac{1}{2\pi(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \frac{q}{r} \quad (2)$$

$$\phi_{z>0} = \frac{1}{2\pi\epsilon_2} \frac{q}{r}, \phi_{z<0} = \frac{1}{2\pi\epsilon_1} \frac{q}{r} \quad (3)$$

$$\phi_{z>0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_2} \frac{q}{r}, \phi_{z<0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_1} \frac{q}{r} \quad (4)$$

ترمودینامیک و مکانیک آماری پیشرفته ۱:

۷۶- گازی از N اتم غیربرهم‌کنشی در یک جعبه d بعدی به حجم V با انرژی جنبشی $H = \sum_{i=1}^N A |\vec{P}_i|^s$ را در نظر می‌گیریم که

در آن اندازه حرکت ذره i ام است. انرژی داخلی این گاز کدام است؟ (A و s کمیت‌های ثابتی هستند).

$$\frac{s}{d} N k_B T \quad (1)$$

$$\frac{2d}{s} N k_B T \quad (2)$$

$$\frac{d}{s} N k_B T \quad (3)$$

$$\frac{d}{2s} N k_B T \quad (4)$$

۷۷- یک سیستم دو ترازه با اختلاف انرژی ΔE شامل N ذره کلاسیک در دمای T است. گرمای ویژه مولی این سیستم کدام است؟ (R ثابت عمومی گازها و k_B ثابت بولتزمن است).

$$R \left(\frac{\Delta E}{k_B T} \right)^2 \frac{1 - e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}}}{\left(1 + e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}} \right)^2} \quad (2)$$

$$R \left(\frac{\Delta E}{k_B T} \right)^2 \frac{e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}}}{\left(1 + e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}} \right)^2} \quad (1)$$

$$R \left(\frac{\Delta E}{k_B T} \right)^2 \cosh \frac{\Delta E}{k_B T} \quad (4)$$

$$R \left(\frac{\Delta E}{k_B T} \right)^2 \sinh \frac{\Delta E}{k_B T} \quad (3)$$

۷۸- فلزی شامل N اتم مغناطیسی با اسپین $\frac{1}{2}$ است. اگر ظرفیت گرمایی به شکل $C_1 \left(2 \frac{T}{T_1} - 1\right)$ برای $\frac{T_1}{2} < T < T_1$ و 0 برای $T > T_1, T < \frac{T_1}{2}$ با $C(T)$ دمای T تغییر کند. حداکثر مقدار ضریب C_1 کدام است؟ (k_B ثابت بولترمن است.)

$$Nk_B \ln 2 \quad (1)$$

$$\frac{Nk_B \ln 2}{1 - \ln 2} \quad (2)$$

$$Nk_B (1 - \ln 2) \quad (3)$$

$$Nk_B \frac{1 - \ln 2}{\ln 2} \quad (4)$$

۷۹- گاز ایده آل تک اتمی با چگالی ذرات n و دمای T ، درون ظرفی محبوس است. نرخ برخورد ذرات گاز به واحد سطح دیواره ظرف، کدام است؟ (m جرم هر اتم است.)

$$\frac{1}{2} n \left(\frac{\lambda k_B T}{\pi m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2) \qquad \frac{1}{4} n \left(\frac{\lambda k_B T}{\pi m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} n \left(\frac{\pi k_B T}{\lambda m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4) \qquad \frac{1}{4} n \left(\frac{\pi k_B T}{\lambda m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

۸۰- الکترونی در یک میدان مغناطیسی ثابت B با هامیلتونی $H = -\mu \sigma_x B$ ، در محیطی با دمای T قرار دارد. σ_x ماتریس پائولی و μ یک ثابت است. مقدار چشم‌داشتی σ_x کدام است؟ ($u = \frac{\mu B}{k_B T}$)

$$\frac{1 - e^u}{e^u + e^{-u}} \quad (2) \qquad \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}} \quad (1)$$

$$\frac{1 - e^{-u}}{1 + e^u - e^{-u}} \quad (4) \qquad \frac{e^u - e^{-u}}{1 + e^u + e^{-u}} \quad (3)$$

۸۱- با توجه به انرژی میانگین نوسانگرها که به صورت $\langle E \rangle = \frac{1}{2} \hbar \omega + \frac{\hbar \omega}{e^{\beta \hbar \omega} - 1}$ است، مقدار چشم‌داشتی عدد اشغال $\langle n \rangle$ ، کدام است؟

$$1 - e^{-\beta \hbar \omega} \quad (2) \qquad \beta \hbar \omega \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \left(\coth \left(\frac{\beta \hbar \omega}{2} \right) - 1 \right) \quad (4) \qquad \frac{\beta \hbar \omega}{e^{\beta \hbar \omega} - 1} \quad (3)$$

۸۲- یک سیستم متشکل از N ذره، هر یک به جرم m در ظرفی به حجم V در تعادل گرمایی با یک چشمه حرارتی با دمای T است. اگر ظرفیت گرمایی این سیستم در حجم ثابت باشد، افت و خیز انرژی برای این سیستم کدام است؟ (k_B ثابت بولترمن است.)

$$(1) \quad (k_B T^2 C_V)^{\frac{1}{2}} \quad (2) \quad \frac{1}{2} (k_B T^2 C_V)^{\frac{1}{2}}$$

$$(3) \quad k_B T \ln \left\{ \frac{N}{V} \left(\frac{h^2}{2\pi m k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} \quad (4) \quad k_B T \left[\ln \left\{ \frac{N}{V} \left(\frac{h^2}{2\pi m k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} - 1 \right]$$

۸۳- تابع پارش بزرگ یک گاز ایده آل با فوگاسیته z تعداد ذرات N و حجم V با استفاده از آمار ماکسول بولترمن کدام است؟ ($\lambda = \frac{h}{\sqrt{2\pi m k_B T}}$ طول موج حرارتی میانگین است.)

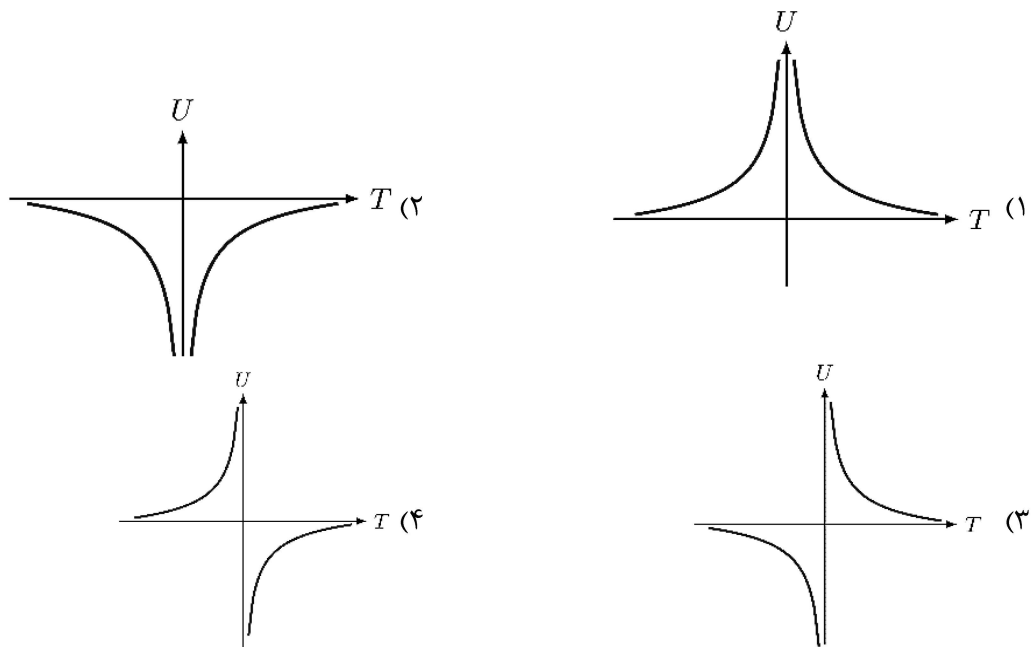
$$(1) \quad z \frac{V}{\lambda^3} \quad (2) \quad \exp \left(z \frac{V}{\lambda^3} \right)$$

$$(3) \quad \frac{V^N}{N! \lambda^{3N}} \quad (4) \quad \frac{z V^N}{N! \lambda^{3N}}$$

۸۴- فرض کنید اتم‌هایی بر روی ۵ درصد از جایگاه‌های سطح یک جامد دوبعدی جذب شده‌اند. با فرض اینکه اتم‌های جذب شده روی سطح با هم برهمکنش ندارند و انرژی لازم برای جذب هر اتم برابر با $E = -k_B T$ است، پتانسیل شیمیایی اتم‌های جذب شده کدام است؟ (k_B ثابت بولترمن و T دماست.)

- (۱) صفر
- (۲) $-k_B T$
- (۳) $-k_B T \ln 2$
- (۴) $-k_B T(1 + \ln 2)$

۸۵- آنروپی یک سیستم پارامغناطیس که در میدان مغناطیسی قرار گرفته است از رابطه $S = S_0 - CU^2$ به دست می‌آید که در آن U انرژی سیستم و C و S_0 مقادیر ثابت مثبت هستند. نمودار تغییرات U بر حسب دمای این سیستم کدام است؟



۸۶- سیستمی مشتکل از چهار ذره یکسان تمیزپذیر، دو تراز انرژی E_1 و E_2 را به طوری اشغال می کنند که انرژی کل سیستم $E = 2E_1 + 2E_2$ است. تعداد میکروحالاتها کدام است؟

- (۱) ۲
(۲) ۴
(۳) ۶
(۴) ۱۶

۸۷- دو فاز (حالت) مختلف ۱ و ۲ از یک ماده خالص با یکدیگر در تعادل ترمودینامیکی هستند. کدام گزینه در مورد پارامترهای ترمودینامیکی این دو فاز، درست است؟ (T دما، P فشار و μ پتانسیل شیمیایی است.)

- (۱) $T_1 = T_2, P_1 = P_2, \mu_1 \neq \mu_2$
(۲) $T_1 \neq T_2, P_1 = P_2, \mu_1 = \mu_2$
(۳) $T_1 = T_2, P_1 \neq P_2, \mu_1 = \mu_2$
(۴) $T_1 = T_2, P_1 = P_2, \mu_1 = \mu_2$

۸۸- اگر S آنروپی، U انرژی داخلی، V حجم، N تعداد ذرات یک سیستم و λ یک ضریب ثابت باشد، کدام رابطه درست است؟

- (۱) $S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda^{-1} S(U, V, N)$
(۲) $S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda S(U, V, N)$
(۳) $S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda^2 S(U, V, N)$
(۴) $S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = S(U, V, N)$

۸۹- اگر تغییر آنروپی در یک فرایند تک حجم بین دو دمای دلخواه برای یک گاز تک اتمی برابر با S_1 و تغییر آنروپی این گاز در یک فرایند تک فشار بین همان دو دما برابر با S_2 باشد، نسبت $\frac{S_1}{S_2}$ کدام است؟

- (۱) $\frac{3}{5}$
(۲) $\frac{2}{3}$
(۳) $\frac{5}{3}$
(۴) $\frac{3}{2}$

۹۰- سیستمی شامل N نوسانگر کوانتومی بدون برهم کنش، در دمای T در نظر بگیرید. اگر ترازهای انرژی نوسانگر تک ذره ای $E_m = \gamma(m + \frac{1}{2})$ با $m = 0, 1, 2, \dots$ باشد، انرژی داخلی این سیستم کدام است؟ (γ مقداری ثابت و k_B ثابت بولترمن است.)

- (۱) $\frac{N\gamma}{2} \coth(\frac{3\gamma}{2k_B T})$
(۲) $\frac{N\gamma}{2} \coth(\frac{2\gamma}{3k_B T})$
(۳) $\frac{N\gamma}{2} \coth(\frac{\gamma}{2k_B T})$
(۴) $2N\gamma \coth(\frac{2\gamma}{3k_B T})$

فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) و مبانی نانو تکنولوژی:

۹۱- در یک تراکم بی دررو، فشار یک گاز ایده آل تک اتمی از 10 kPa به 320 kPa افزایش می یابد. اگر دمای اولیه گاز 100 K باشد، دمای نهایی گاز در این فرایند، چند کلوین خواهد بود؟

- (۱) ۳۲۰
(۲) ۴۰۰
(۳) ۶۴۰
(۴) ۸۰۰

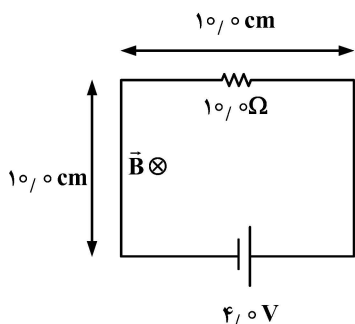
۹۲- جابه جایی عرضی یک موج سینوسی منتشر شده در یک ریسمان به شکل زیر است.

$$y = (x, t) = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$$

در لحظه $t = 0$ و نقطه $x = 0$ ، جابه جایی عرضی ریسمان صفر است و جهت حرکت آن به سمت مثبت y است. ثابت فاز ϕ کدام است؟

- (۱) ۰
(۲) $\frac{\pi}{4}$
(۳) $\frac{\pi}{2}$
(۴) π

۹۳- یک میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر صفحه مدار شکل زیر وجود دارد. اگر این میدان با آهنگ $\frac{T}{s} 130$ کاهش یابد، جریان در این مدار چند آمپر خواهد بود؟

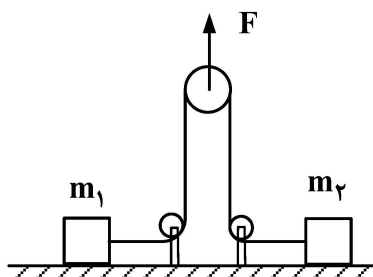


- (۱) ۰/۱۷
- (۲) ۰/۲۰
- (۳) ۰/۲۷
- (۴) ۰/۴۰

۹۴- در ناحیه‌ای از فضا میدان‌های الکتریکی \vec{E} و مغناطیسی \vec{B} عمود برهم وجود دارند. الکترونی را با سرعت \vec{v} در این ناحیه پرتاب می‌کنیم. مشاهده می‌کنیم که سرعت الکترون هیچ تغییری نمی‌کند. کدام نتیجه می‌تواند درست باشد؟

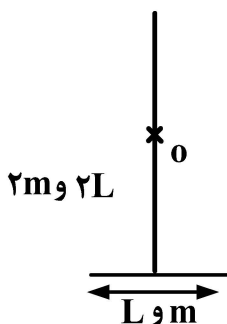
- (۱) \vec{v} با \vec{E} موازی است.
- (۲) \vec{v} با \vec{B} موازی است.
- (۳) \vec{v} بر \vec{E} و \vec{B} عمود است و اندازه آن $\frac{B}{E}$ است.
- (۴) \vec{v} بر \vec{E} و \vec{B} عمود است و اندازه آن $\frac{E}{B}$ است.

۹۵- مطابق شکل زیر دو جسم به جرم‌های $m_1 = 17 \text{ kg}$ و $m_2 = 27 \text{ kg}$ که بر روی یک سطح افقی قرار دارند. توسط نخ سبکی با عبور از دو قرقره ثابت و یک قرقره متحرک، به هم وصل شده‌اند. جرم قرقره‌ها ناچیز است. ضریب اصطکاک بین جسم m_1 و سطح برابر با $0/5$ و ضریب اصطکاک بین جسم m_2 و سطح $0/3$ است. اگر در لحظه $t = 0$ نیروی ثابت $F = 12 \text{ N}$ به قرقره متحرک به سمت بالا وارد شود. تا لحظه $t = 0/4 \text{ s}$ ، فاصله دو جسم چند سانتی‌متر تغییر می‌کند؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)



- (۱) ۱۰
- (۲) ۸
- (۳) ۶
- (۴) ۴

۹۶- شکل زیر جسمی را متشکل از دو میله باریک یکی به جرم m و طول L و دیگری به جرم $2m$ و طول $2L$ را که برهم عمود هستند، نشان می‌دهد. لختی دورانی این جسم را حول محوری که عمود بر صفحه آن‌هاست و از وسط میله بلندتر (نقطه O) می‌گذرد، کدام است؟



- (۱) $\frac{7}{4} mL^2$
- (۲) $\frac{9}{4} mL^2$
- (۳) $\frac{13}{12} mL^2$
- (۴) $\frac{17}{12} mL^2$

- ۹۷- کدام مورد برای تعیین فلزی بودن یا نیم‌رسانا بودن نمونه‌ای از نانو لوله‌های کربنی مناسب است؟
 (۱) طیف‌نگار رامان
 (۲) میکروسکوپ نیروی اتمی
 (۳) میکروسکوپ الکترونی روبشی
 (۴) میکروسکوپ الکترونی عبوری
- ۹۸- کدام عامل نقش بیشتری در پایداری نانوذرات درون یک محلول کلونیدی دارد؟
 (۱) pH (۲) دما (۳) رطوبت (۴) نوع سورفکتانت
- ۹۹- اگر نانوذرات گالیم آرسنید (GaAs) شامل ۸ یاخته واحد باشند و ساختار یاخته‌های واحد، مکعبی مرکز سطحی باشد، تعداد اتم‌های واقع بر سطح نانوذرات کدام است؟
 (۱) ۱۶ (۲) ۳۲
 (۳) ۴۸ (۴) ۶۴
- ۱۰۰- قطر یک نانولوله کربنی با بردار کایرال $(n, m) = (5, 5)$ چند برابر طول پیوند اتم‌های آن است؟
 (۱) $\frac{25}{\pi}$ (۲) $\frac{15}{\pi}$
 (۳) $\frac{3\sqrt{5}}{\pi}$ (۴) $\frac{5\sqrt{5}}{\pi}$

فیزیک مدرن:

- ۱۰۱- از دید ناظر S، در دو نقطه به فاصله ۸۰۰ متر، دو رویداد به‌طور همزمان رخ می‌دهند. اختلاف زمان وقوع این دو رویداد از دید ناظر S' که نسبت به S در امتداد خط واصل آن دو نقطه با سرعت ۰/۶ سرعت نور حرکت می‌کند، چند میکروثانیه است؟
 (۱) ۰/۵ (۲) ۱/۰
 (۳) ۱/۵ (۴) ۲/۰
- ۱۰۲- ذره‌ای به جرم m بر روی محور x در فاصله $0 \leq x \leq L$ محبوس است. ویژه حالت ذره در سومین تراز برانگیخته و نسبت انرژی ذره در این تراز به انرژی تراز پایه، به ترتیب کدامند؟
 (۱) $\sqrt{2/L} \sin(4\pi x/L)$ و ۱۶ (۲) $\sqrt{2/L} \sin(3\pi x/L)$ و ۹
 (۳) $\sqrt{2/L} \cos(4\pi x/L)$ و ۱۶ (۴) $\sqrt{2/L} \cos(3\pi x/L)$ و ۹
- ۱۰۳- سرعت ذره‌ای که تکانه $5 \frac{\text{MeV}}{c}$ و انرژی ۱۰ MeV دارد، کدام است؟ (c سرعت نور است)
 (۱) $\frac{1}{\sqrt{2}}c$ (۲) $\frac{1}{4}c$
 (۳) $\frac{1}{2}c$ (۴) $\frac{3}{4}c$
- ۱۰۴- نوری با طول موج ۵۰۰ نانومتر به بلور سدیم با تابع کار ۲/۲۸ الکترون‌ولت تابانده می‌شود. بیشترین انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها که از سدیم جدا می‌شوند، چند الکترون‌ولت است؟ ($hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$)
 (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۴
 (۳) ۰/۶ (۴) ۱/۲

۱۰۵- اگر تابش خورشید در روی سطح زمین شدتی در حدود $\frac{2}{\pi} \times 10^3 \frac{W}{m^2}$ داشته باشد، تغییر جرم خورشید در هر

ثانیه مربوط به این تابش، چند کیلوگرم است؟ (فاصله زمین تا خورشید را $m \times 10^{10} \times 1/5$ در نظر بگیرید).

(۱) $1/5 \times 10^7$ (۲) $2/0 \times 10^7$

(۳) $3/0 \times 10^7$ (۴) $2/5 \times 10^7$

۱۰۶- پرتو نوری با طول موج λ در یک پراکندگی کامپتون با زاویه 60° درجه نسبت به راستای اولیه خود منحرف می‌شود. اگر

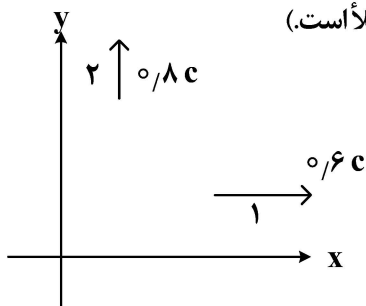
λ' طول موج بعد از برخورد پرتو نور باشد، تانژانت زاویه انحراف الکترون نسبت به حالت اولیه خود، کدام است؟

(۱) $\frac{\sqrt{3} \lambda \lambda'}{2\lambda' - \lambda}$ (۲) $\sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\lambda \lambda'}{\lambda' - \lambda}$

(۳) $\frac{1}{2} \frac{\lambda \lambda'}{\lambda' - \sqrt{3}\lambda}$ (۴) $\frac{1}{2} \frac{\lambda \lambda'}{\sqrt{3}\lambda' - \lambda}$

۱۰۷- دو جسم مطابق شکل، در دو جهت عمود بر هم با سرعت‌های $0.8c$ و $0.6c$ نسبت به ناظر ساکن حرکت

می‌کنند. اندازه سرعت ناظر شماره ۲ نسبت به ناظر شماره ۱ کدام است؟ (c سرعت نور در خلأ است).



(۱) $0.58c$

(۲) $0.68c$

(۳) $0.88c$

(۴) $0.98c$

۱۰۸- اگر حالت پایه الکترونی در اتم هیدروژن $\frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$ باشد، که a_0 شعاع بوهر و r فاصله از مبدأ مختصات است،

کدام گزینه، مکان بیشترین احتمال حضور الکترون را نشان می‌دهد؟

(۱) صفر (۲) $\frac{a_0}{2}$

(۳) a_0 (۴) $2a_0$

۱۰۹- یک ماده رادیواکتیو از دو ماده A و B به مقدار یکسان تشکیل شده است. اگر نیمه عمر ماده A، 40 دقیقه و نیمه عمر

ماده B، 20 دقیقه باشد، بعد از گذشت دو ساعت، نسبت ماده باقی‌مانده A به ماده باقی‌مانده B کدام است؟

(۱) ۲ (۲) ۴

(۳) ۶ (۴) ۸

۱۱۰- ذره آزاد غیرنسبیتی با انرژی E و طول موج دوبروی λ ، به ناحیه‌ای با انرژی پتانسیل V وارد می‌شود. طول موج

دوبروی این ذره در این ناحیه کدام است؟

(۱) $\lambda \left(1 + \frac{V}{E}\right)^{-1/2}$ (۲) $\lambda \left(1 - \frac{V}{E}\right)^{-1/2}$

(۳) $\lambda \left(1 + \frac{V}{E}\right)^{1/2}$ (۴) $\lambda \left(1 - \frac{V}{E}\right)^{1/2}$

۱۱۱- پرتو نوری با طول موج $0.25 \mu\text{m}$ نانومتر به بلوری تابانده می‌شود. اگر اولین بازتاب براگ در زاویه 30° درجه مشاهده شود، فاصله بین اتم‌های این بلور چند نانومتر است؟

- (۱) $0.125 \mu\text{m}$ (۲) $0.25 \mu\text{m}$
 (۳) $0.5 \mu\text{m}$ (۴) $0.75 \mu\text{m}$

۱۱۲- دو ذره یکسان با اسپین $\frac{1}{2}$ در یک چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی محبوس هستند. بخش‌های اسپینی و فضایی حالت این سامانه قابل تفکیک است. تابع موج مکانی یکی از ذرات $u_1(x)$ و تابع موج دیگری $u_2(x)$ و حالت اسپینی سامانه، پادمتقارن است. تابع موج فضایی سامانه کدام است؟

$$u_1(x_1)u_2(x_2) \quad (1) \quad \frac{1}{\sqrt{2}}(u_1(x_1)u_2(x_2) - u_1(x_2)u_2(x_1)) \quad (2)$$

$$u_1(x_2)u_2(x_1) \quad (3) \quad \frac{1}{\sqrt{2}}(u_1(x_1)u_2(x_2) + u_1(x_2)u_2(x_1)) \quad (4)$$

۱۱۳- هامیلتونی سامانه‌ای کوانتومی با $H = \hbar\omega(|0\rangle\langle 0| + 2|1\rangle\langle 1|)$ و حالت اولیه آن با: $|\psi(0)\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}|0\rangle + \sqrt{\frac{2}{3}}|1\rangle$ داده

می‌شود. حالت سامانه در زمان t کدام است؟

$$|\psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}e^{-i\omega t}|0\rangle + \sqrt{\frac{2}{3}}e^{-2i\omega t}|1\rangle \quad (1)$$

$$|\psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}e^{-2i\omega t}|0\rangle + \sqrt{\frac{2}{3}}e^{-i\omega t}|1\rangle \quad (2)$$

$$|\psi(t)\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}}e^{-2i\omega t}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{3}}e^{-i\omega t}|1\rangle \quad (3)$$

$$|\psi(t)\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}}e^{-i\omega t}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{3}}e^{-2i\omega t}|1\rangle \quad (4)$$

۱۱۴- اگر L_x, L_y, L_z مؤلفه‌های عملگر تکانه زاویه‌ای و x, y, z مؤلفه‌های عملگر مکان باشند، جابجاگر $[xy, L_z]$ با کدام عبارت برابر است؟

$$-i\hbar(x^2 + y^2) \quad (1) \quad i\hbar(y^2 - x^2) \quad (2)$$

$$i\hbar(x^2 + y^2) \quad (3) \quad i\hbar(x^2 - y^2) \quad (4)$$

۱۱۵- بیشترین تابش گرمایی جسم شماره ۱ در طول موج 500 nm نانومتر و برای جسم شماره ۲ در طول موج $10 \mu\text{m}$ میکرومتر اتفاق می‌افتد. نسبت شدت تابش گرمایی جسم شماره ۱ به شدت تابش گرمایی جسم شماره ۲ کدام است؟

$$0.4 \times 10^2 \quad (1)$$

$$1.6 \times 10^5 \quad (2)$$

$$1.6 \times 10^4 \quad (3)$$

$$0.4 \times 10^4 \quad (4)$$