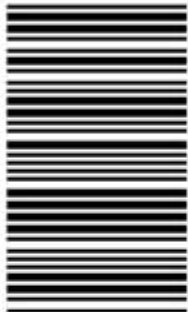


کد کنترل

732

A



732A

صبح پنجشنبه

۱۳۹۸/۳/۲۳



«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»
امام خمینی (ره)

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

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته داخل - سال ۱۳۹۸

مجموعه فیزیک - کد (۱۲۰۴)

مدت پاسخ‌گویی: ۲۷۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۱۰

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۳۰	۱	۳۰
۲	دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه (۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲))	۴۰	۳۱	۷۰
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲))	۴۰	۷۱	۱۱۰

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 یا متخلین برابر مقررات رفتار می‌شود.

۱۳۹۸

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

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

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

PART A: Vocabulary

Directions: Choose the word or phrase (1), (2), (3), or (4) that best completes each sentence. Then mark the answer on your answer sheet.

- 1- I would like to compliment Jaden for the course of action he recommended because I think it will ----- our problem once and for all.
1) sequence 2) speculate 3) signify 4) settle
- 2- An ----- is often expressed as a simile, as in "The football game was like a battle between gladiators."
1) endeavor 2) invasion 3) analogy 4) arena
- 3- Do you know of an alternate route we could take to ----- having to drive through the city?
1) circumvent 2) delight in 3) partake of 4) suggest
- 4- My political science professor presents her lectures in a relaxed manner using ----- rather than elaborate language.
1) loquacious 2) colloquial 3) literary 4) inflated
- 5- My uncle, a farmer, is an ----- pessimist when he discusses the weather. For example, if the sun is shining, he's sure a drought is beginning; if it's raining, he's sure his crops will be washed away.
1) initial 2) instant 3) immutable 4) interactive
- 6- The pharmaceutical company had to ----- its advertising claim regarding the healing power of its new arthritis medicine because research studies clearly indicate the medicine isn't effective.
1) repudiate 2) enhance 3) distribute 4) replicate
- 7- It's an ----- to their friends as to why the couple broke up because they seem perfect for each other.
1) interference 2) inference 3) alteration 4) enigma
- 8- Mr. Baker has decided to move to a big city because of a ----- of employment opportunities in his small hometown.
1) demonstration 2) foundation 3) trace 4) dearth

- 9- There are many good reasons for not smoking, but those having to do with health are the most -----.
- 1) passionate 2) cogent 3) paradoxical 4) accidental
- 10- ----- therapy is a psychological approach designed to help individuals change harmful thought patterns to more constructive ones.
- 1) Inherent 2) Thoughtful 3) Cognitive 4) Epidemiological

PART B: Cloze Test

Directions: Read the following passage and decide which choice (1), (2), (3), or (4) best fits each space. Then mark the correct choice on your answer sheet.

The earliest human artifacts showing evidence of workmanship with an artistic purpose (11) ----- the subject of some debate. It is clear that such workmanship existed some 40,000 years ago in the Upper Paleolithic era, (12) ----- it is quite possible that it began earlier. In September 2018, scientists (13) ----- the discovery of (14) ----- by *Homo sapiens*, which is estimated to be 73,000 years old, much earlier than the 43,000-year-old artifacts (15) ----- to be the earliest known modern human drawings found previously.

- 11- 1) are 2) is 3) has been 4) was
- 12- 1) as 2) when 3) since 4) although
- 13- 1) who reported 2) reported 3) having reported 4) to report
- 14- 1) known drawing the earliest 2) the earliest drawing was known
3) the earliest known drawing 4) known as the earliest drawing
- 15- 1) that understand 2) understood
3) were understood 4) they are understood

PART C: Reading Comprehension

Directions: Read the following three passages and answer the questions by choosing the best choice (1), (2), (3), or (4). Then mark the correct choice on your answer sheet.

PASSAGE 1:

Modern physicists do not regard time as “passing” or “flowing” in the old-fashioned sense, nor is time just a sequence of events which happen: both the past and the future are simply “there”, laid out as part of four-dimensional space-time, some of which we have already visited and some not yet. So, just as we are accustomed to thinking of all parts of space as existing even if we are not there to experience them, all parts of time (past, present and future) are also constantly in existence even if we are not able to witness them. Time does not “flow”, then, it just “is”. This view of time is consistent with the philosophical view of eternalism or the block universe theory of time.

According to relativity, the perception of a “now”, and particularly of a “now” that moves along in time so that time appears to “flow”, therefore arises purely as a result of human consciousness and the way our brains are wired, perhaps as an evolutionary tool to help us deal with the world around us, even if it does not actually reflect the reality. As Einstein

himself remarked, "People like us, who believe in physics, know that the distinction between past, present, and future is only a stubbornly persistent illusion".

16- What is the passage mainly about?

- 1) Time as a sequence of events
- 2) The philosophical view of eternalism
- 3) Einstein's remark about the passage of time
- 4) The concept of time according to modern physicists

17- The phrase "laid out" in paragraph 1 is closest in meaning to -----.

- 1) arranged
- 2) constructed
- 3) conceptualized
- 4) amassed

18- Which of the following statements is true?

- 1) We can experience a part of space but not a part of time.
- 2) The block universe theory of time tells us that time flows.
- 3) Humans can experience the existence of both time and space in their totality.
- 4) All time is in existence, although it is not experienced by human beings.

19- Which of the following statements is true?

- 1) Evolution has played an important role in our understanding of a present time.
- 2) The human brain is wired in such a way as to say that time does not "flow", but it just "is".
- 3) To ordinary people, the distinction between past, present, and future is a misconception.
- 4) To a physicist, the distinction between past, present, and future is a meaningful concept.

20- The word "it" in paragraph 2 refers to -----.

- 1) relativity
- 2) an evolutionary tool
- 3) the world around us
- 4) human consciousness

PASSAGE 2:

You can't get much smaller than this: Physicists have fashioned a mirror from a single atom. The advance might lead to an atom-sized transistor for light, and experts say it bodes well for broader efforts to shrink optical elements to the nanometer scale.

"In terms of the basic physics, it's incredibly cute," says Christian Kurtsiefer, an experimental physicist at the National University of Singapore, who was not involved in the work. "It's a very striking effect because you wouldn't necessarily expect that a single atom would exert a lot of influence on the flow of light."

In fact, the atom effectively reflects less than 1% of the light that hits it. So to detect the reflection, Gabriel Hétet, Rainer Blatt, and colleagues at the University of Innsbruck in Austria relied on a wave effect known as interference. They fashioned a device called a Fabry-Pérot interferometer, which ordinarily consists of two mirrors facing each other. Laser light of a fixed wavelength shines on the back of one mirror and some leaks through the mirror, entering the "cavity" between the mirrors. A small amount of light then leaks through the second mirror, while most of it reflects back toward the first. The reflected light can make multiple roundtrips between the mirrors. Each time, a little more light can leak through the second, farther mirror.

- 21- Which of the following is the best title for the passage?
 1) A Wave Effect Known as Interference
 2) Physicists Turn a Single Atom into a Mirror
 3) Fashioning a Device at the National University of Singapore
 4) An Incredibly Cute Experiment at the National University of Singapore
- 22- The word "bodes" in paragraph 1 is closest in meaning to -----.
 1) evolves 2) predicts 3) rises 4) exists
- 23- Which phenomenon did the scientists at the University of Innsbruck rely on?
 1) Interference
 2) Atom-sized transistors
 3) Exerting pressure on an atom
 4) Shrinkage of optical elements to the nanometer scale
- 24- Which of the following statements is true about the Fabry-Pérot interferometer?
 1) The reflected light makes several roundtrips between the mirrors.
 2) Laser light of a fixed wavelength first enters the cavity between the two mirrors.
 3) Laser light of a fixed wavelength first goes through the surface of the first mirror.
 4) It consists of two back to back mirrors.
- 25- The word "it" in paragraph 3 refers to -----.
 1) a little more light
 2) the second mirror
 3) a small amount of light
 4) the "cavity" between the mirrors

PASSAGE 3:

Twenty years ago, physicists with the Dark Matter (DAMA) experiment in Italy's subterranean Gran Sasso National Laboratory announced they had detected particles of dark matter—the mysterious stuff whose gravity presumably holds the galaxy together. Now, the first experiment designed to directly test DAMA's controversial claim has released its first data. Physicists working with the COSINE-100 detector in South Korea say they see no sign of dark matter—but still need a couple more years to really put the screws to the DAMA claim.

"They can't rule out the DAMA signal yet," says Katherine Freese, a theoretical physicist at the University of Michigan in Ann Arbor who is not involved in either experiment. "But the exciting thing is that they'll be able to rule it out." Or, as may be less likely, confirm it.

Astrophysical observations show invisible dark matter makes up 85% of all matter. Our own galaxy is thought to reside within a vast cloud of the stuff. However, scientists still don't know what dark matter is. For decades, experimenters have hunted for particles of it floating about, mostly to no avail. To search for dark matter, physicists deploy ultrasensitive detectors deep underground, where they are shielded from cosmic rays and other background radiation.

- 26- Which of the following best describes what the passage is about?
- 1) A new experiment casts doubt on controversial dark matter claim.
 - 2) Italy's subterranean Gran Sasso National Laboratory has made false claims.
 - 3) Physicists working with the COSINE-100 detector say they have detected particles of dark matter.
 - 4) Katherine Freese and her colleagues at the University of Michigan have made controversial claims about the Dark Matter.
- 27- The word "its" in paragraph 1 refers to -----.
- 1) gravity
 - 2) the first experiment
 - 3) the mysterious stuff
 - 4) DAMA's controversial claim
- 28 Which of the following statements is true?
- 1) Astrophysical observations show cosmic rays make up 85% of all matter.
 - 2) To search for dark matter, physicists are doing underground experiments.
 - 3) Katherine Freese is almost certain the physicists in South Korea will prove the existence of DAMA.
 - 4) Scientist at the University of Michigan in Ann Arbor need to more years to finish the experiment.
- 29- The phrase "to no avail" in paragraph 3 is closest in meaning to -----.
- 1) by all means
 - 2) without suffering
 - 3) without success
 - 4) with no interruption
- 30- The passage is most probably -----.
- 1) the abstract of a scientific paper
 - 2) part of an encyclopedic article
 - 3) the literature review section of a scientific paper
 - 4) part of an article in a science journal

دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲):

۳۱- بردار مکان ذره‌ای که در صفحه $x-y$ در حرکت است به شکل $\vec{r} = (3t+2)\hat{i} + (t+2)\hat{j}$ است که r بر حسب

متر و t بر حسب ثانیه است. شتاب شعاعی (مولفه شتاب در امتداد بردار مکان) ذره در لحظه $t > 0$ بر حسب $\frac{m}{s^2}$

کدام است؟

(۱) صفر

$$(2) \frac{32}{(10t^2 + 16t + 8)^{\frac{3}{2}}}$$

$$(3) \frac{-32}{(10t^2 + 16t + 8)^{\frac{3}{2}}}$$

$$(4) 2$$

۳۲- کدام یک از نیروهای زیر پایستار نیست؟ (n عدد ثابتی است.)

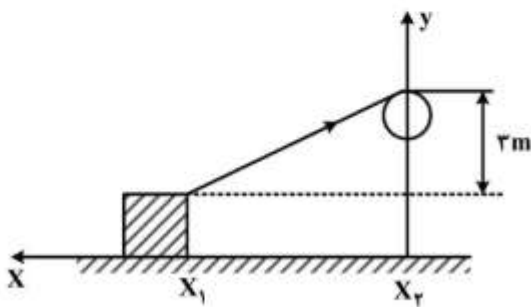
(۱) $x^2 (\sin(yz)\hat{x} + xz \cos(yz)\hat{y} + xy \cos(yz)\hat{z})$

(۲) $(x^2 + y^2 + z^2)^n (x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z})$

(۳) $e^{xyz} (yz\hat{x} + xz\hat{y} + xy\hat{z})$

(۴) $\cos(yz)\hat{x} + \cos(zx)\hat{y} + \cos(xy)\hat{z}$

۳۳- مطابق شکل زیر بسته‌ای به جرم ۱۶kg روی سطح افقی بدون اصطکاک توسط ریسمان سبکی از نقطه $x_1 = 4\text{ m}$ تا $x_2 = 0$ جابه‌جا می‌شود. کشش در ریسمان ۲۰N و بسته ابتدا ساکن است. اگر بسته همواره روی زمین بماند، سرعت بسته در نقطه x_2 چند متر بر ثانیه است؟



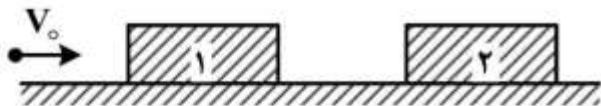
(۱) $\sqrt{5}$

(۲) $2\sqrt{2}$

(۳) ۲

(۴) $\sqrt{2,5}$

۳۴- قطعه‌های (۱) و (۲) به ترتیب به جرم‌های ۱kg و ۲kg روی سطح افقی بدون اصطکاک هر دو در حال سکون قرار دارند. گلوله‌ای به جرم ۱۰g در امتداد افق با تندی V_0 به سمت قطعه (۱) شلیک می‌شود و پس از خروج از آن وارد بلوک (۲) می‌شود و درون آن ساکن می‌شود. اگر تندی نهایی بلوک شماره (۱) برابر $2 \frac{m}{s}$ و بلوک شماره (۲) برابر $3 \frac{m}{s}$ باشد، اندازه V_0 چند $\frac{m}{s}$ بوده است؟



(۱) ۲۰۰

(۲) ۴۰۳

(۳) ۶۰۳

(۴) ۸۰۳

۳۵- ورقه‌ای به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع با توزیع جرمی یکنواخت به جرم M و طول ضلع a حول یکی از اضلاعش دوران می‌کند، لختی دورانی مثلث حول این ضلع کدام است؟

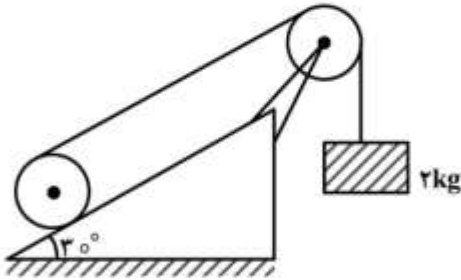
(۱) $\frac{Ma^2}{3}$

(۲) $\frac{Ma^2}{4}$

(۳) $\frac{Ma^2}{6}$

(۴) $\frac{Ma^2}{8}$

۳۶- استوانه توپری یکنواختی به جرم 10 kg مطابق شکل روی سطح شیب‌داری با زاویه شیب 30° بدون لغزش حرکت می‌کند. نخ از روی قرقره بدون جرمی عبور کرده و به مکعبی به جرم 2 kg متصل شده است. مکعب می‌تواند فقط در امتداد قائم حرکت کند. مقدار شتاب مکعب کدام است؟ (g شتاب گرانش در سطح زمین است. لختی دورانی استوانه توپری به جرم m و شعاع R حول محورش $\frac{1}{2}MR^2$ است.)



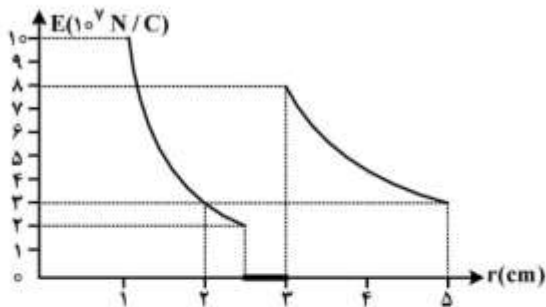
- (1) $\frac{g}{3}$
 (2) $\frac{2g}{23}$
 (3) $\frac{g}{23}$
 (4) $\frac{2g}{3}$

۳۷- چهار ذره یکسان هر یک به جرم $m = 50 \text{ g}$ روی رئوس یک مربع به ضلع $d = 30 \text{ cm}$ قرار دارند. اگر اندازه d به $\frac{d}{3}$ کاهش یابد، تغییر در انرژی پتانسیل گرانشی این مجموعه چند ژول خواهد شد؟

$$(G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2})$$

- (1) -3×10^{-12}
 (2) $+3 \times 10^{-12}$
 (3) -6×10^{-12}
 (4) $+6 \times 10^{-12}$

۳۸- بار مثبت نقطه‌ای q در مرکز یک پوسته کروی فلزی قرار دارد. نمودار اندازه میدان الکتریکی بر حسب فاصله شعاعی r در شکل زیر نشان داده شده است. بار الکتریکی خالص روی پوسته کروی چند میکروکولن است؟

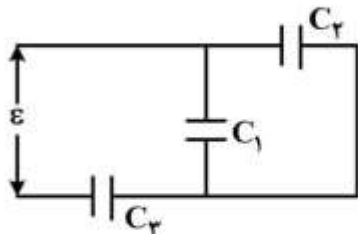


- (1) 2/1
 (2) 6/6
 (3) 8
 (4) 9/3

۳۹- ذره‌ای به جرم 10 g و بار الکتریکی $80 \mu\text{C}$ در جلوی یک تیغه بزرگ نارسای نازک بارداری با چگالی بار سطحی $\sigma = 90 \frac{\text{nC}}{\text{m}^2}$ قرار دارد. در لحظه‌ای که فاصله ذره با تیغه 3 m است با تندی $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به تیغه نزدیک می‌شود. حداقل فاصله‌ای که ذره از تیغه پیدا می‌کند تقریباً چند متر است؟

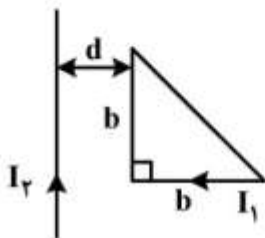
- (1) 1/4
 (2) 1/6
 (3) 2/8
 (4) 3/2

۴۰- در شکل زیر $C_1 = 20 \mu F$ ، $C_2 = 4 \mu F$ ، $C_3 = 8 \mu F$ و $\varepsilon = 150 V$ و مدار در حالت تعادل است. اگر خازن C_3 دچار فروریزش الکتریکی شود به طوری که معادل یک سیم رسانا گردد، پس از رسیدن به تعادل، بار الکتریکی خازن C_1 چند برابر بار خود قبل از این فروریزش خواهد شد؟



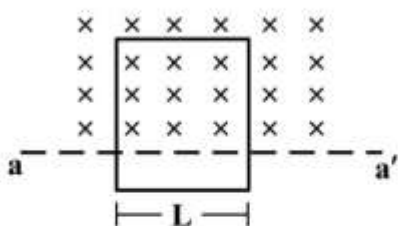
- (۱) ۱/۶
- (۲) ۳
- (۳) ۴
- (۴) ۶

۴۱- حلقه جریان I_1 به شکل مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین به ضلع $b = 2d$ مطابق شکل زیر در کنار یک سیم مستقیم طویل با جریان I_2 قرار دارد. اندازه القای متقابل این مجموعه کدام است؟



- (۱) $\frac{\mu_0 d}{2\pi} [3 \ln 3 - 2]$
- (۲) $\frac{\mu_0 d}{\pi} \left[3 \ln \left(\frac{3}{2}\right) - 1 \right]$
- (۳) $\frac{\mu_0 d}{2\pi} \left[3 \ln \left(\frac{3}{2}\right) - 1 \right]$
- (۴) $\frac{\mu_0 d}{2\pi} [3 \ln 3 - 1]$

۴۲- یک حلقه رسانای بزرگ مستطیلی شکل به عرض $L = 2m$ ، مقاومت $R = 200 \Omega$ و جرم $m = 50g$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 7T$ که جهت آن عمود بر صفحه حلقه و به سمت داخل صفحه کاغذ است و فقط در بالای خط aa' وجود دارد، آویزان است. در یک لحظه حلقه رها می‌شود. حلقه تا رسیدن به تندی حدی v_c شتاب می‌گیرد. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، اندازه v_c چند $\frac{m}{s}$ است؟ $(g = 9.8 \frac{m}{s^2})$



- (۱) ۱/۷
- (۲) ۵/۰
- (۳) ۱/۰
- (۴) ۱/۵

۴۳- دو صفحه یک خازن تخت هر یک دایره‌ای به شعاع $R = 6cm$ و فاصله آن دو از هم $4mm$ است. یک اختلاف پتانسیل متناوب $V = 300 \sin(50t)$ که در آن t برحسب ثانیه و V برحسب ولت داده شده به دو سر خازن اعمال می‌شود. مقدار بیشینه میدان مغناطیسی القایی در لبه خازن ($r = R$) تقریباً چقدر است؟

- (۱) $1/25 nT$
- (۲) $2/5 \mu T$
- (۳) $1/25 pT$
- (۴) $2/5 mT$

۴۴- در یک مدار LC نوسانی، هنگامی که ۷۵ درصد انرژی کل مدار در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره شده است، چند درصد بار بیشینه روی خازن قرار دارد؟

(۱) ۲۵

(۲) ۵۰

(۳) ۷۱

(۴) ۸۶

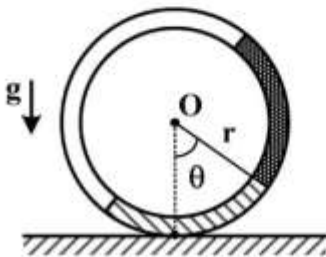
۴۵- لوله‌ای بسیار نازک به شکل دایره‌ای به شعاع r درآمده است. مطابق شکل نیمی از حجم لوله با حجم‌های مساوی از دو مایع با چگالی‌های ρ_1, ρ_2 ($\rho_1 > \rho_2$) پر می‌شود. این حلقه به‌طور قائم روی یک صفحه افقی قرار داده می‌شود. در حال تعادل، زاویه θ که شعاع گذرنده از مرکز مشترک دو مایع با راستای قائم می‌سازد چقدر است؟

(۱) $\sin^{-1}\left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}\right)$

(۲) $\tan^{-1}\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$

(۳) $\frac{\pi}{4} - \sin^{-1}\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$

(۴) $\tan^{-1}\left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}\right)$



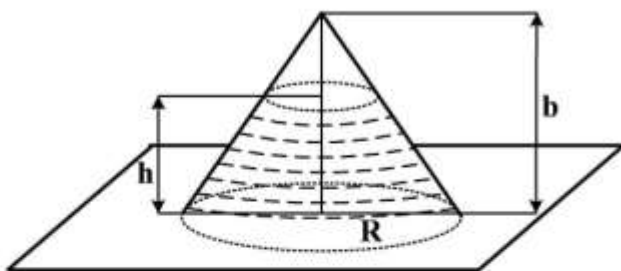
۴۶- یک ظرف مخروطی شکل به ارتفاع b و شعاع R از طرف دهانه بازش روی سطح افقی قرار دارد اگر این ظرف تا ارتفاع h از مایعی با چگالی ρ پر شود، نیروی بالابرنده‌ای که بر دیواره جانبی ظرف وارد می‌شود، کدام است؟

(۱) $\pi \rho g \frac{h^2 R^2}{b} \left(1 - \frac{h}{2b}\right)$

(۲) $\pi \rho g \frac{h^2 R^2}{b} \left(1 - \frac{h}{b}\right)$

(۳) $\pi \rho g b R^2 \left(1 - \frac{h}{2b}\right)$

(۴) $\pi \rho g b R^2 \left(1 - \frac{h}{b}\right)$



۴۷- یک دوربین عکاسی دارای یک عدسی به فاصله کانونی 50 mm و قطر دهانه 40 mm است. با این دوربین از یک

جسم به ارتفاع 174 cm تصویری به ارتفاع 3 cm روی فیلم تشکیل می‌شود. اگر از نوری با طول موج 5800 \AA استفاده شود، حداقل فاصله دو نقطه روی جسم که تصویرشان در روی فیلم قابل تفکیک است، چقدر است؟

(۱) 0.9 mm

(۲) $0.73 \text{ } \mu\text{m}$

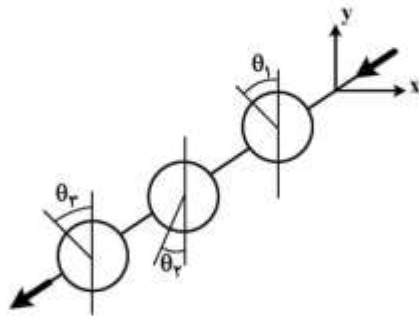
(۳) 0.73 cm

(۴) $0.9 \text{ } \mu\text{m}$

۴۸- در شکل زیر نوری که در ابتدا ناقطبیده است از سمت راست به دستگاهی شامل سه ورقه قطبشگر خطی تابیده

است. راستای قطبش این سه ورقه مطابق شکل با راستای محور y به ترتیب زاویه‌های $\theta_1 = \frac{\pi}{6}$ ، $\theta_2 = \frac{\pi}{12}$ و

$\theta_3 = \frac{\pi}{4}$ می‌سازد. تقریباً چند درصد از شدت نور تابشی اولیه از این مجموعه خارج می‌شود؟ $(\cos \frac{\pi}{12} = 0.97)$



(۱) ۹/۴

(۲) ۱۷/۵

(۳) ۳۵/۴

(۴) ۵۲/۴

۴۹- دو سیم پیاپی یکسان تحت کششی یکسان قرار دارند به طوری که فرکانس اصلی آن‌ها 480 Hz است. کشش

یکی از دو سیم چند درصد افزایش یابد تا وقتی دو سیم همزمان نوسان می‌کنند، تعداد ۶ ضربان در ثانیه تولید

شود؟

(۱) ۱/۲۵

(۲) ۲/۵

(۳) ۵

(۴) ۸

۵۰- هیدروژن را یک گاز کامل فرض کنید و سرعت صوت در آن را همان V_{rms} ، سرعت ریشه میانگین مربعی

ملکول‌ها، در نظر بگیرید. در دمای $^{\circ}\text{C}$ سرعت صوت در گاز هیدروژن $1280 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. در دمای θ (برحسب

درجه سانتی‌گراد) که در محدوده دمایی نزدیک $^{\circ}\text{C}$ است، سرعت صوت در گاز هیدروژن چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

(۱) $(1280 + 2.3\theta)$

(۲) $(1280 + 0.6\theta)$

(۳) $(1280 + 12.8\theta)$

(۴) $(1280 + 4.6\theta)$

۵۱- ورود دو ذره کیهانی توسط آشکارسازهای ساکن روی زمین ثبت می‌شود. یکی از دو ذره در t_A و مکان x_A و

دیگری در t_B و مکان x_B به طوری که $t_B - t_A = 10^{-6} \text{ s}$ و $x_B - x_A = 500 \text{ m}$. ناظری در امتداد محور x با

چه تندی به زمین (برحسب $\frac{\text{m}}{\text{s}}$) باید حرکت کند، تا این دو ذره را همزمان آشکار سازد؟

(۱) 3×10^8

(۲) 6×10^6

(۳) 9×10^7

(۴) 1.8×10^8

۵۲- دو کشتی فضایی در راستاهایی مخالف هم در حرکتند سرنشین کشتی A می داند طول کشتی A برابر 120 m است تندی کشتی B را نسبت به A برابر $0.8c$ و طول کشتی B را 36 m اندازه می گیرد. سرنشین کشتی B طول کشتی A و B را به ترتیب از راست به چپ چند متر اندازه گیری می کند؟

(۱) 60.72

(۲) 45.96

(۳) 45.72

(۴) 60.96

۵۳- جسمی در حالت سکون به خودی خود به دو قسمت تقسیم می شود جرم سکون این دو قسمت به ترتیب ۳ و ۴ کیلوگرم و تندی قسمت سبک تر $0.8c$ است. جرم سکون جسم اولیه چند کیلوگرم بوده است؟ (c تندی نور در خلأ است).

(۱) $5 + 4\sqrt{10}$

(۲) ۷

(۳) $5 + 4\sqrt{2}$

(۴) ۱۰

۵۴- یک پایون مثبت (π^+) ساکن به صورت $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ واپاشی می کند. نسبت انرژی جنبشی نوترینو (ν) به انرژی جنبشی میون (μ^+) تقریباً چقدر است؟ (از انرژی سکون نوترینو چشم پوشی شود، $m_\pi = 140 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ و

$$(m_\mu = 106 \frac{\text{MeV}}{c^2})$$

(۱) $1/3$

(۲) ۳

(۳) ۵

(۴) $7/2$

۵۵- به یک گلوله فلزی خنثی به شعاع R نور تکفامی با طول موج $\lambda = \frac{\lambda_0}{3}$ تابیده می شود که λ_0 طول موج آستانه برای گسیل الکترون از سطح کره است. تا قبل از آن که گسیل فوتوالکترون ها پایان یابد، چند فوتوالکترون از گلوله گسیل یافته است؟ (h ثابت پلانک، c سرعت نور در خلأ و e بار الکترون است).

(۱) $\frac{4\pi\epsilon_0 Rhc}{e\lambda_0}$

(۲) $\frac{32\pi\epsilon_0 Rhc}{e^2\lambda_0^2}$

(۳) $\frac{4\pi\epsilon_0 Rhc}{e^2\lambda_0}$

(۴) $\frac{16\pi\epsilon_0 Rhc}{e\lambda_0^2}$

۵۶- کریستال کلروپتاسیم دارای گاف انرژی $7/5\text{eV}$ بالای آخرین نوار پر شده خود است. اندازه طول موج نوری که این ماده نسبت به آن کدر است، بر حسب نانومتر چیست؟

(۱) ۷۵

(۲) $82/6$

(۳) ۱۴۰

(۴) $165/7$

۵۷- در یک آزمایش در ابتدا ($t = 0$) به تعداد مساوی از دو عنصر رادیواکتیو A و B موجود است. طول عمر عنصر A سه برابر طول عمر عنصر B است. در لحظه دلخواه $t > 0$ نسبت تعداد اتم‌های باقی‌مانده نوع A به تعداد اتم‌های

باقی‌مانده نوع B یعنی $\frac{N_A(t)}{N_B(t)}$ کدام است؟ (t_A طول عمر عنصر A و t_B طول عمر عنصر B است).

(۱) e^{-2t/t_B}

(۲) e^{t/t_A}

(۳) e^{2t/t_B}

(۴) e^{t/t_A}

۵۸- بالنی با گاز هیدروژن پر شده است به طوری که قطر آن 2m و فشار آن 300 kPa است. به گاز داخل بالن حرارت داده می‌شود تا قطر بالن به 3m و فشار آن به 400 kPa برسد، اگر در این فرآیند فشار گاز به طور خطی با قطر بالن تغییر کند، مقدار کاری که گاز داخل بالن انجام داده تقریباً چند ژول است؟

(۱) $7/5 \times 10^4$

(۲) $2/3 \times 10^3$

(۳) $3/3 \times 10^6$

(۴) $4/4 \times 10^6$

۵۹- اگر $F(T, V, N)$ انرژی آزاد هلمهولتز یک سیستم در رابطه $F - \eta N k_B T = T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_{V, N} - \alpha V \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_{T, N}$

صدق کند در آن α و η ضرایب ثابت مثبتی هستند، انرژی داخلی این سیستم از کدام رابطه به دست می‌آید؟

(۱) $\alpha PV + \eta N k_B T$

(۲) $\alpha PV - \eta N k_B T$

(۳) $PV^\alpha + \eta N k_B T$

(۴) $PV^\alpha - \eta N k_B T$

۶۰- آنتروپی یک گاز با حجم V و انرژی E به شکل $S = Nk_B \left[\ln \left(\frac{\lambda \pi V E^3}{2^3 v h^3 c^3 N^4} \right) + 4 \right]$ است که در آن N تعداد ذرات گاز و c سرعت نور است. چه رابطه‌ای میان انرژی و دمای گاز وجود دارد؟

(۱) $E = Nk_B T$

(۲) $E = \frac{3}{2} Nk_B T$

(۳) $E = 3 Nk_B T$

(۴) $E = \frac{4}{3} Nk_B T$

۶۱- یک قطعه فلز شامل N اتم و هر اتم با اسپین کل $s = \frac{3}{2} \hbar$ را که در حالت فرومغناطیسی کامل در دمای نزدیک صفر مطلق ($T = 0$) می‌باشد گرم می‌کنیم تا به حالت پارامغناطیسی کامل درآید. تغییر آنتروپی این قطعه فلز در اثر این تحول چقدر است؟ (در این تحول از برهمکنش ضعیف متقابل بین اتم‌ها با یکدیگر کاملاً صرف نظر شود.)

(۱) $Nk_B \ln 2$

(۲) $2Nk_B$

(۳) $3Nk_B$

(۴) $2Nk_B \ln 2$

۶۲- تابع پارش یک گاز کامل کلاسیک تک اتمی در سه بعد، چگونه تابعی از دمای آن (T) است؟

(۱) T^3

(۲) $T^{\frac{3}{2}}$

(۳) T^{-3}

(۴) $T^{-\frac{3}{2}}$

۶۳- تابع پارش به‌ازای هر ذره یک مجموعه در دمای T برابر با $2 \cosh\left(\frac{\epsilon_0}{k_B T}\right)$ است که ϵ_0 مقداری ثابت است. گرمای ویژه به‌ازای هر ذره این مجموعه کدام است؟

(۱) $k_B \left(\frac{\epsilon_0 / k_B T}{\cosh(\epsilon_0 / k_B T)} \right)^2$

(۲) $\frac{\epsilon_0}{T} \tanh(\epsilon_0 / k_B T)$

(۳) $\frac{\epsilon_0}{T} \coth(\epsilon_0 / k_B T)$

(۴) $k_B \left(\frac{\epsilon_0 / k_B T}{\sinh(\epsilon_0 / k_B T)} \right)^2$

۶۴- اگر $x^2y + z^4 - 3xz = 5$ معادله یک رویه در دستگاه مختصات xyz باشد، کدام بردار بر این رویه در نقطه $(x=2, y=-3, z=1)$ عمود است؟

$$(1) \frac{1}{2\sqrt{41}}(12\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k})$$

$$(2) \frac{1}{7\sqrt{5}}(-15\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k})$$

$$(3) \frac{1}{2\sqrt{41}}(-12\hat{i} + 4\hat{j} - 2\hat{k})$$

$$(4) \frac{1}{7\sqrt{5}}(-15\hat{i} + 4\hat{j} - 2\hat{k})$$

۶۵- اگر برداری ثابت و $\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$ باشد، حاصل عبارت $\vec{\nabla} \times (\vec{A} \times \vec{r})$ کدام است؟ ($r = |\vec{r}|$)

$$(1) -2\vec{A}$$

$$(2) -r\vec{A}$$

$$(3) 2\vec{A}$$

$$(4) 2r\vec{A}$$

۶۶- اگر کرل و دیورژانس میدان برداری $\vec{M} = M_x(x,y)\hat{i} + M_y(x,y)\hat{j}$ برابر صفر باشند، کدام رابطه همواره درست است؟

$$(1) \frac{\partial M_x}{\partial y} = \frac{\partial M_y}{\partial x} = 0$$

$$(2) \frac{\partial M_x}{\partial x} = \frac{\partial M_y}{\partial y} = 0$$

$$(3) \nabla^2 M_x = \nabla^2 M_y = 0$$

$$(4) \vec{\nabla} M_x = \vec{\nabla} M_y$$

۶۷- در بسط لوران تابع $f(z) = \frac{2+3z}{z^3+z^2}$ ضریب‌های جملات z^{-2} و z^{+1} به ترتیب از راست به چپ کدامند؟

$$(1) -1, 1$$

$$(2) 1, 2$$

$$(3) 0, 3$$

$$(4) 1, -2$$

۶۸- تابع $w(z) = u(x, y) + i v(x, y)$ یک تابع تحلیلی در صفحه مختلط $z = x + iy$ است. اگر

$$u(x, y) = e^{-2xy} \cos(x^2 - y^2)$$

تابع $w(z)$ کدام است؟

(۱) $z e^{iz}$

(۲) e^{iz^2}

(۳) $z e^{-iz}$

(۴) e^{-iz^2}

۶۹- حاصل انتگرال $I = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{\alpha x}}{1 + e^x} dx$ که $0 < \alpha < 1$ می باشد، کدام است؟

(۱) $\frac{\pi}{\sin(\pi\alpha)}$

(۲) $\pi \sin(\pi\alpha)$

(۳) $-\pi \cos(\pi\alpha)$

(۴) $\frac{\pi}{\cos(\pi\alpha)}$

۷۰- تابع $f(x)$ در بازه $(-\pi, \pi)$ به صورت $f(x) = \begin{cases} -1 & -\pi < x < 0 \\ 1 & 0 < x < \pi \end{cases}$ تعریف شده است. مقادیر عددی ضرایب

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx)$$

در بسط فوریه a_1 و b_1 کدامند؟

(۱) $a_1 = \frac{2}{\pi}, b_1 = -\frac{2}{\pi}$

(۲) $a_1 = 0, b_1 = \frac{4}{\pi}$

(۳) $a_1 = 0, b_1 = \frac{2}{\pi}$

(۴) $a_1 = \frac{2}{\pi}, b_1 = \frac{-4}{\pi}$

دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲)):

۷۱- ذره‌ای بر روی یک مسیر مارپیچ در صفحه $x-y$ حرکت می‌کند. مختصات قطبی یک نقطه از مسیر در لحظه دلخواه t به صورت $(r = be^{\omega t}, \theta = \omega t)$ است که b و ω ثابت‌اند. زاویه بین بردارهای سرعت لحظه‌ای و شتاب لحظه‌ای ذره در لحظه t کدام است؟

(۱) $\frac{\pi}{3}$

(۲) $\frac{\pi}{4} \cos(\omega t)$

(۳) $\frac{\pi}{3} \sin(\omega t)$

(۴) $\frac{\pi}{4}$

۷۲- جسمی به جرم 2kg با سرعت اولیه $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاک شروع به حرکت می‌کند. نیروی

مقاومت هوا حرکت جسم را به صورت $F(v) = -2v^2$ کند می‌کند که v سرعت لحظه‌ای جسم بر حسب $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ و

$F(v)$ بر حسب N است. جسم تا لحظه توقف چه مسافتی را بر حسب متر طی کرده است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۴

(۴) ۸

۷۳- مطابق شکل گلوله‌ای به جرم $m = 2\text{g}$ به فنری با ثابت $k = 0.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ وصل شده و درون روغن نوسان

می‌کند. نیروی مقاومت وارد بر گلوله $-bv$ است که v سرعت لحظه‌ای گلوله و $b = 0.16 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}}$ است. از

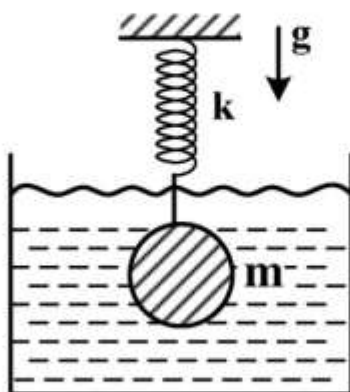
جرم فنر و نیروی ارشمیدس صرف نظر شود. بسامد زاویه‌ای نوسانات کندمیرا بر حسب $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ چقدر است؟

(۱) 3.0

(۲) 4.6

(۳) 5.0

(۴) 6.2



۷۴- ذره‌ای به جرم m در یک صفحه قائم در حضور نیروی گرانش و نیروی فنری که به آن متصل است بر روی دایره‌ای به

شعاع R حرکت می‌کند. انرژی پتانسیل ذره به صورت $V(\theta) = -mgR \cos 2\theta + \frac{1}{4}kR^2(2 \cos \theta - 1)^2$ است که θ

زاویه با راستای قائم است و $|\theta| \leq \frac{\pi}{4}$. برای $\frac{mg}{kR} = \frac{1}{4}$ به ازای چه مقادیری از θ ذره در حالت تعادل پایدار است؟

(۱) صفر

(۲) $\pm \cos^{-1}\left(\frac{2}{5}\right)$

(۳) $\pm \cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)$

(۴) $\pm \cos^{-1}\left(\frac{2}{5}\right)$ و صفر

۷۵- ماهواره‌ای در یک مدار دایره‌ای به شعاع $\frac{4R}{3}$ به دور زمین می‌چرخد. شعاع کره زمین است. در یک نقطه از

مدار سرعت ماهواره چند برابر شود تا مدار حرکت یک بیضی با $r_{\min} = \frac{4R}{3}$ و $r_{\max} = 4R$ شود؟

(۱) ۲

(۲) $\sqrt{2}$

(۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(۴) $\sqrt{\frac{3}{2}}$

۷۶- فرض کنید مدار حرکت زمین به دور خورشید دایره است. اگر جرم خورشید ناگهان نصف شود، کدام عبارت در

مورد مدار حرکت زمین به دور خورشید درست است؟

(۱) مدار حرکت زمین دایره می‌ماند.

(۲) مدار حرکت زمین سهمی می‌شود.

(۳) مدار حرکت زمین بیضی می‌شود.

(۴) مدار حرکت زمین هذلولی می‌شود.

۷۷- جرم ستاره‌ای M و شعاع آن R است. اگر چگالی جرمی درون ستاره متناسب با r فاصله تا مرکز ستاره

باشد، در چه فاصله‌ای از مرکز ستاره، فشار $\frac{75}{8}$ برابر فشار در مرکز ستاره است؟ (فشار در سطح ستاره را برابر

صفر بگیرید.)

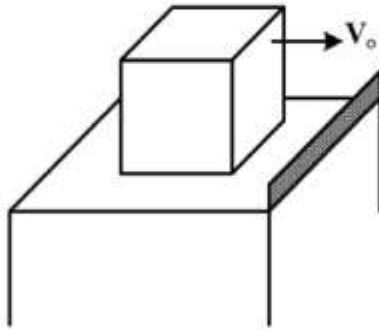
(۱) $\frac{R}{2}$

(۲) $\frac{R}{\sqrt{2}}$

(۳) $\frac{R}{4}$

(۴) $\frac{R}{2\sqrt{2}}$

۷۸- مکعب توپری به جرم m و طول ضلع L می تواند بدون اصطکاک روی میز ساکنی بلغزد. میز لبه‌ای با ارتفاع بسیار کوچک دارد که مکعب هنگام رسیدن به این لبه، به آن گیر می کند و حول این لبه می تواند بچرخد. کمترین مقدار سرعت مکعب روی میز (مطابق شکل) V_0 ، چقدر باشد تا مکعب از لبه میز به پایین بیفتد؟ (توزیع جرم داخل مکعب را یکنواخت در نظر بگیرید. لختی دورانی مکعب حول محور گذرنده از مرکز جرم مکعب و عمود بر دو وجه



آن $\frac{1}{6}mL^2$ است.)

$$\sqrt{\frac{8}{3}}(\sqrt{2}-1)gL \quad (۱)$$

$$\sqrt{(\sqrt{2}-1)}gL \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{5}{3}}(\sqrt{2}-1)gL \quad (۳)$$

$$\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)gL \quad (۴)$$

۷۹- دری یکنواخت به شکل ورقه مستطیل شکل نازکی به طول b و عرض a و جرم m حول یک قطرش با سرعت زاویه‌ای ثابت ω می چرخد. با چشم‌پوشی از گرانش، مقدار گشتاوری که لازم است تا محور دوران را ثابت نگه دارد کدام است؟ (لختی دورانی یک ورقه مربعی به جرم m و ضلع L حول محوری واقع در صفحه ورقه که از مرکز مربع

می گذرد و موازی دو ضلع مربع است $\frac{1}{۱۲}mL^2$ است.)

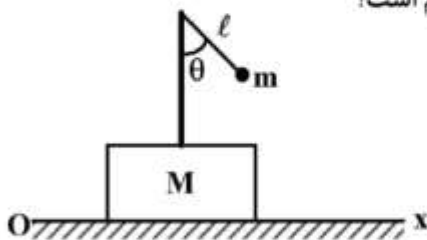
$$\frac{m(b-a)ab\omega^2}{3\sqrt{a^2+b^2}} \quad (۱)$$

$$\frac{m(b^2-a^2)ab\omega^2}{3(a^2+b^2)} \quad (۲)$$

$$\frac{m(b^2-a^2)ab\omega^2}{12(a^2+b^2)} \quad (۳)$$

$$\frac{m(b-a)ab\omega^2}{12\sqrt{a^2+b^2}} \quad (۴)$$

۸۰- آونگ ساده‌ای به جرم m و طول l به انتهای میله‌ای که روی یک پایه نصب شده، وصل شده است. جرم پایه و میله متصل به آن M است. اگر پایه روی محور x با سرعت لحظه‌ای \dot{x} نسبت به مبدأ ساکن O حرکت کند، لاگرانژی دستگاه بر حسب مختصات تعمیم‌یافته x و θ و سرعت‌های متناظر کدام است؟



$$L = \frac{1}{2}(M+m)\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2 + m\ell\dot{x}\dot{\theta}\cos\theta + mg\ell\cos\theta \quad (۱)$$

$$L = \frac{1}{2}(M+m)\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}m\ell\dot{x}\dot{\theta}\cos\theta + mg\ell\cos\theta \quad (۲)$$

$$L = \frac{1}{2}M\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m\left(\dot{x} + \frac{\ell\dot{\theta}}{2}\cos\theta\right)^2 + mg\ell\cos\theta \quad (۳)$$

$$L = \frac{1}{2}M\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m[(\dot{x} - \ell\dot{\theta})^2\cos^2\theta + \ell^2\dot{\theta}^2\sin^2\theta] + mg\ell\cos\theta \quad (۴)$$

۸۱- مبدأ دو دستگاه مختصات xyz و $x'y'z'$ همواره برهم منطبق‌اند. دستگاه xyz با سرعت زاویه‌ای

$\vec{\omega} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$ حول دستگاه ساکن $x'y'z'$ می‌چرخد که ω برحسب $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ است. بردار مکان ذره‌ای در

دستگاه مختصات xyz به صورت $\vec{r}(t) = \sin t \hat{i} - \cos t \hat{j} + e^{-t} \hat{k}$ است که t برحسب s و $\vec{r}(t)$ برحسب m

است. $\frac{d^2 \vec{r}(t)}{dt^2}$ نسبت به ناظر ساکن در چارچوب $x'y'z'$ در لحظه $t = 0$ برحسب $\frac{m}{s^2}$ کدام است؟

(۱) $22\hat{i} + 51\hat{j} - 7\hat{k}$

(۲) $19\hat{i} + 22\hat{j} + 6\hat{k}$

(۳) $-10\hat{i} + \hat{j} + 5\hat{k}$

(۴) $22\hat{i} + 29\hat{j} + 9\hat{k}$

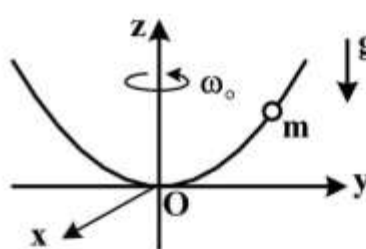
۸۲- مهره‌ای به جرم m در حضور نیروی گرانش می‌تواند مطابق شکل روی مفتول بدون اصطکاکی بلغزد. مفتول با

سرعت زاویه‌ای ثابت ω_0 حول محور Z می‌چرخد. در مختصات استوانه‌ای معادله مفتول به صورت

$$H = \frac{P_r^2}{2mf(r)} + V(r)$$

اگر r_0 و z_0 ثابت‌اند. $n \geq 1$ است که r فاصله تا محور Z و n ثابت‌اند.

همیلتونی ذره و P_r تکانه متناظر با مختص r باشد، $f(r)$ و $V(r)$ کدامند؟



(۱) $f(r) = 1 + 2n \left(\frac{z_0}{r}\right)^2 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n}, V(r) = mgz_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n} - \frac{1}{2} m \omega_0^2 r^2$

(۲) $f(r) = 1 + 2n \left(\frac{z_0}{r}\right)^2 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n}, V(r) = mgz_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n} - \frac{1}{2} m \omega_0^2 r^2$

(۳) $f(r) = 1 + 2n \left(\frac{z_0}{r}\right)^2 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n}, V(r) = mgz_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n} + \frac{1}{2} m \omega_0^2 r^2$

(۴) $f(r) = 1 + 2n \left(\frac{z_0}{r}\right)^2 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n}, V(r) = mgz_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{2n} + \frac{1}{2} m \omega_0^2 r^2$

۸۳- ذره‌ای به جرم m و سرعت $v = \beta c$ با ذره ساکنی به جرم m به‌طور رو در رو برخورد می‌کند که c سرعت نور و β

ثابت است. حداقل β چند باشد تا بعد از برخورد، سه ذره با جرم‌های m و $\frac{m}{3}$ وجود داشته باشد؟

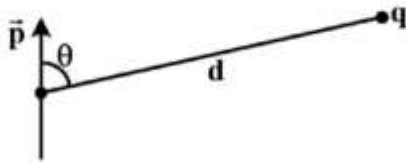
(۱) $\frac{11}{15}$

(۲) $\frac{13}{15}$

(۳) $\frac{13}{17}$

(۴) $\frac{15}{17}$

۸۴- در شکل زیر بار نقطه‌ای q به فاصله d از یک دو قطبی الکتریکی، با ممان \vec{p} قرار دارد. زاویه بردار مکان بار نقطه-ای با راستای دو قطبی $\theta = 60^\circ$ است. اندازه نیرویی که بار نقطه‌ای بر دو قطبی وارد می‌کند، کدام است؟



$$(1) \frac{\sqrt{19}}{4\pi\epsilon_0} \frac{qp}{d^2}$$

$$(2) \frac{\sqrt{7}}{4\pi\epsilon_0} \frac{qp}{d^2}$$

$$(3) \frac{\sqrt{13}}{4\pi\epsilon_0} \frac{qp}{d^2}$$

$$(4) \frac{\sqrt{11}}{4\pi\epsilon_0} \frac{qp}{d^2}$$

۸۵- مکعبی به ضلع a را در نظر بگیرید که دو وجه روبه‌روی آن در پتانسیل الکتریکی V_1 ، دو وجه دیگر روبه‌رو در پتانسیل الکتریکی V_2 و دو وجه روبه‌روی باقی‌مانده در پتانسیل الکتریکی V_3 باشند، پتانسیل الکتریکی در مرکز مکعب چقدر است؟

$$(1) \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

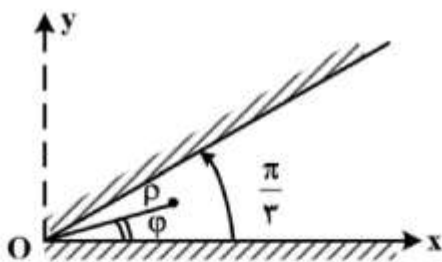
$$(2) V_1 + V_2 + V_3$$

$$(3) \frac{V_1 + V_2 + V_3}{2}$$

$$(4) \frac{2}{3}(V_1 + V_2 + V_3)$$

۸۶- زاویه بین دو صفحه رسانای نیمه نامتناهی مطابق شکل $\frac{\pi}{3}$ است. چنانچه صفحات به پتانسیل الکتریکی Δ ولت وصل شوند پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ای به مختصات استوانه‌ای (ρ, φ) نزدیک مبدأ مختصات $V(\rho, \varphi) = \Delta + 2\rho^2 \sin 2\varphi$ است که ρ بر حسب متر و $V(\rho, \varphi)$ بر حسب ولت است. چگالی بار سطحی روی

صفحه واقع در $\varphi = \frac{\pi}{3}$ در نزدیکی مبدأ مختصات کدام است؟



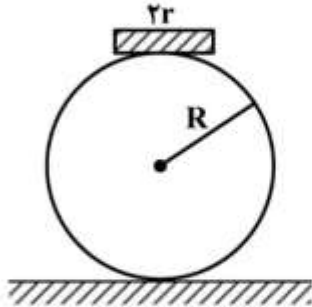
$$(1) 6\epsilon_0 \rho^2$$

$$(2) \Delta + 6\pi\epsilon_0 \rho^2$$

$$(3) \Delta - 6\pi\epsilon_0 \rho^2$$

$$(4) -6\epsilon_0 \rho^2$$

۸۷- یک کره رسانا به شعاع R مطابق شکل روی یک سطح افقی عایق قرار دارد و یک قرص بسیار کوچک فلزی به شعاع r و جرم m در بالاترین نقطه آن قرار دارد. مجموعه به پتانسیل الکتریکی V وصل است. حداقل V چقدر باشد تا قرص در آستانه جدا شدن از کره قرار گیرد؟



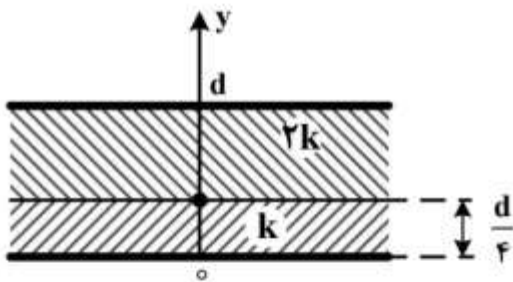
$$\left(\frac{R}{r}\right)^2 \sqrt{\frac{mg}{\pi \epsilon_0}} \quad (1)$$

$$\left(\frac{R}{r}\right)^2 \sqrt{\frac{2mg}{\pi \epsilon_0}} \quad (2)$$

$$\frac{R}{r} \sqrt{\frac{2mg}{\pi \epsilon_0}} \quad (3)$$

$$\frac{R}{r} \sqrt{\frac{mg}{\pi \epsilon_0}} \quad (4)$$

۸۸- ناحیه بین دو صفحه رسانای نامتناهی واقع در $y = 0$ و $y = d$ مطابق شکل از دو ماده عایق با ثابت‌های دی‌الکتریک k و $2k$ پر شده است. پتانسیل الکتریکی صفحه واقع در $y = 0$ برابر صفر و پتانسیل الکتریکی صفحه واقع در $y = d$ برابر V_0 است. پتانسیل الکتریکی در $y = \frac{3}{4}d$ کدام است؟



$$\frac{4}{5} V_0 \quad (1)$$

$$\frac{3}{4} V_0 \quad (2)$$

$$\frac{1}{4} V_0 \quad (3)$$

$$\frac{3}{5} V_0 \quad (4)$$

۸۹- بر روی قرص عایقی به شعاع R بار الکتریکی با چگالی سطحی $\sigma = \sigma_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)$ توزیع شده که σ_0 ضریبی ثابت و r فاصله یک نقطه تا مرکز قرص است. اگر این قرص حول محوری که از مرکز آن می‌گذرد و بر سطح آن عمود است با سرعت زاویه‌ای ω دوران کند، ممان دو قطبی مغناطیسی این قرص کدام است؟

$$\frac{\pi \sigma_0 \omega R^4}{6} \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_0 \omega R^4}{10\pi} \quad (2)$$

$$\frac{\pi \sigma_0 \omega R^4}{20} \quad (3)$$

$$\frac{\sigma_0 \omega R^4}{3\pi} \quad (4)$$

۹۰- از درون استوانه رسانای بسیار بلندی به شعاع R جریان الکتریکی با چگالی $\vec{J} = Ae^{-\alpha r} \hat{k}$ عبور می‌کند که A و α ضرایب ثابت مثبت و محور Z منطبق بر محور استوانه و r فاصله از محور استوانه است. شدت میدان \vec{H} در نقطه‌ای داخل استوانه کدام است؟

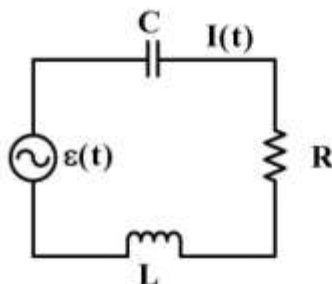
$$\vec{H} = \frac{A}{\alpha r} \left[1 - (1 + \alpha R) e^{-\alpha r} \right] \hat{r} \quad (۱)$$

$$\vec{H} = \frac{A}{\alpha r} \left[1 - (1 + \alpha r) e^{-\alpha r} \right] \hat{\phi} \quad (۲)$$

$$\vec{H} = \frac{A}{\alpha r} (1 + \alpha R) e^{-\alpha r} \hat{\phi} \quad (۳)$$

$$\vec{H} = \frac{A}{\alpha r} (1 + \alpha r) e^{-\alpha r} \hat{r} \quad (۴)$$

۹۱- در مدار زیر $L = 300 \mu H$, $C = 100 \mu F$, $R = 1/\sqrt{5} \Omega$ مقدار ϵ_0 بر حسب ولت و مقدار ω بر حسب رادیان بر ثانیه به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟ $\tan \phi = \frac{4}{3}$



$$50, 10 \quad (۱)$$

$$\frac{100}{3}, 5 \quad (۲)$$

$$500, 10 \quad (۳)$$

$$\frac{10^4}{3}, 5 \quad (۴)$$

۹۲- میدان مغناطیسی وابسته به زمان $\vec{B}(t) = B_0 [\omega_1(t-t_0) \hat{i} + \omega_2 t \hat{j}]$ در تمام فضای اطراف یک حلقه رسانا به شعاع R واقع در صفحه $y-z$ برقرار است. مختصات مرکز حلقه $(0, 2R, 2R)$ است. مقدار کار انجام شده بر روی بار الکتریکی نقطه‌ای q در حلقه در یک دوره تناوب چرخش بار چقدر است؟

(۱) صفر

$$2\pi R^2 B_0 q \omega_1 \quad (۲)$$

$$\pi R^2 B_0 q \omega_1 \quad (۳)$$

$$2\pi R^2 B_0 q \omega_2 \quad (۴)$$

۹۳- میدان الکتریکی یک موج تخت که در جهت مثبت محور Z در خلأ انتشار می‌یابد $\vec{E} = \hat{i} E_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct)$ است. پتانسیل‌های نرده‌ای و برداری وابسته به این موج که در شرط لورنتس نیز صدق می‌کنند، کدامند؟

$$\vec{A} = \frac{-E_0 \lambda}{2\pi c} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \hat{i}, \quad \phi = \frac{E_0 \lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \quad (۱)$$

$$\vec{A} = \frac{-E_0 \lambda}{2\pi c} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \hat{i}, \quad \phi = 0 \quad (۲)$$

$$\vec{A} = \frac{E_0 \lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \hat{i}, \quad \phi = \frac{E_0 \lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \quad (۳)$$

$$\vec{A} = \frac{E_0 \lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \hat{i}, \quad \phi = 0 \quad (۴)$$

۹۴- محیطی داریم که در آن $\rho = 0$ ، $\vec{J} = 0$ ، $\mu = \mu_0$ ولی بردار قطبش \vec{P} تابعی از مکان و زمان، $\vec{P}(\vec{x}, t)$ ، است. اگر بردار هرتز، $\vec{z}(\vec{x}, t)$ ، به صورت $\vec{z} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{z}$ و $\phi(\vec{x}, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{z}}{\partial t}$ تعریف شود که \vec{A} و ϕ به ترتیب پتانسیل‌های اسکالر و برداری هستند، کدام رابطه درست است؟

$$\nabla^2 \vec{z} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{z}}{\partial t^2} = \frac{-\vec{P}}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla^2 \vec{z} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{z}}{\partial t^2} = -\frac{\vec{\nabla} \times \vec{P}}{\epsilon_0} \quad (2)$$

$$\frac{1}{c^2} \vec{\nabla} \cdot \left(\frac{\partial^2 \vec{z}}{\partial t^2} \right) = \frac{\vec{\nabla} \cdot \vec{P}}{\epsilon_0} \quad (3)$$

$$\frac{1}{c^2} \vec{\nabla} \cdot \left(\frac{\partial^2 \vec{z}}{\partial t^2} \right) = \frac{-\vec{P}}{\epsilon_0} \quad (4)$$

۹۵- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک چهار قطبی نوسان‌کننده در ناحیه تابش، $kr \gg 1$ ، برحسب ممان چهار قطبی $Q = -4qa^2$ و در مختصات کروی عبارتند از:

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \frac{i\mu_0 \omega^2 Q}{4\pi c^2 r} \sin \vartheta e^{i(kr - \omega t)} \hat{\phi} \quad \text{و} \quad \vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{i\mu_0 \omega^2 Q}{4\pi c r} \sin \vartheta e^{i(kr - \omega t)} \hat{\theta}$$

توان متوسط کل تابشی چهار قطبی کدام است؟

$$\frac{\mu_0 \omega^2 q^2 a^2}{512\pi c} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 \omega^2 q^2 a^2}{2068\pi c^2} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0 \omega^2 q^2 a^2}{960\pi c} \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0 \omega^2 q^2 a^2}{60\pi c^2} \quad (4)$$

۹۶- بار خطی نامتناهی با چگالی خطی λ روی محور z چارچوب لخت S قرار دارد. چارچوب S' در جهت محور z با سرعت ثابت βc ($\beta = \frac{v}{c}$) در حال حرکت است. ناظر ساکن در چارچوب S' در مختصات استوانه‌ای یک میدان الکتریکی $\vec{E}'(\mathbf{r}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{\hat{r}}{r} f(\beta)$ و یک میدان مغناطیسی $\vec{B}'(\mathbf{r}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{\hat{\phi}}{r} g(\beta)$ مشاهده و اندازه‌گیری می‌کند. r فاصله از محور z' (و منطبق بر z) است. توابع $f(\beta)$ و $g(\beta)$ کدام‌اند؟

$$g(\beta) = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad f(\beta) = \frac{\beta}{c} \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (۱)$$

$$g(\beta) = -\frac{\beta}{c} \sqrt{1-\beta^2}, \quad f(\beta) = \sqrt{1-\beta^2} \quad (۲)$$

$$g(\beta) = -\frac{\beta}{c} \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad f(\beta) = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (۳)$$

$$g(\beta) = -\sqrt{1-\beta^2}, \quad f(\beta) = \frac{\beta}{c} \sqrt{1-\beta^2} \quad (۴)$$

۹۷- اگر \hat{x} عملگر مکان، \hat{I} عملگر واحد و ℓ پارامتر حقیقی ثابتی با بعد طول باشد کدام یک از عملگرهای

$$\hat{B} = i \left(\sin\left(\frac{\hat{x}}{\ell}\right) + \cos\left(\frac{\hat{x}}{\ell}\right) \right) \left(\ell \frac{d}{d\hat{x}} \right) \quad \text{و} \quad \hat{A} = i \left(\left(\frac{\hat{x}}{\ell}\right)^2 + \hat{I} \right) \left(\ell \frac{d}{d\hat{x}} \right) + i \left(\frac{\hat{x}}{\ell} \right)$$

$$\hat{B} \text{ و } \hat{A} \quad (۱)$$

$$\hat{B} \quad (۲)$$

$$\hat{A} \quad (۳)$$

(۴) هیچ کدام

۹۸- $|\varphi_n\rangle$ به ازای $n = 1, 2, \dots, N$ یک مجموعه پایه متعامد، به‌هم‌بند و کامل‌اند. حاصل $\text{Tr}(|\varphi_n\rangle\langle\varphi_m|)$ کدام است؟

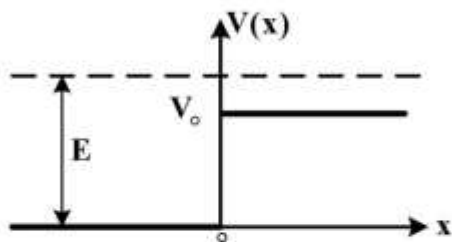
$$0 \quad (۱)$$

$$\delta_{mn} \quad (۲)$$

$$1 \quad (۳)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N |\varphi_n\rangle\langle\varphi_m| \quad (۴)$$

۹۹- ذراتی به جرم m با انرژی E به سد پتانسیل پله‌ای نشان داده شده در شکل زیر برخورد می‌کنند. به ازای نسبت چگالی جریان احتمال عبور به چگالی جریان احتمال فرود کدام است؟



(۱) ۰٫۲۵

(۲) ۰٫۵۶

(۳) ۰٫۷۳

(۴) ۰٫۸۹

۱۰۰- تابع موج ذره آزادی به جرم m در چاه پتانسیل یک بعدی $V(x) = \begin{cases} 0 & |x| < b \\ \infty & |x| \geq b \end{cases}$ در لحظه $t = 0$ ،

در لحظه دلخواه $t > 0$ مقدار چشم‌داشتی $\langle p_x^2 \rangle$ کدام است؟ $\psi(x) = \begin{cases} A \sin^2 \frac{\pi x}{b} & |x| < b \\ 0 & |x| \geq b \end{cases}$ است.

(۱) $\frac{4\hbar^2 \pi^2}{3b^2}$

(۲) $\frac{4\hbar^2 \pi^2}{3b^2} \sin^2 \left(\frac{\hbar t}{mb^2} \right)$

(۳) $\frac{\hbar^2 \pi^2}{2b^2}$

(۴) $\frac{\hbar^2 \pi^2}{2b^2} \sin^2 \left(\frac{\hbar t}{mb^2} \right)$

۱۰۱- اگر $|n\rangle$ و $E_n = \hbar\omega(n + \frac{1}{4})$ ویژه حالت‌ها و ویژه مقادیر متناظر هامیلتونی نوسانگر هماهنگ ساده یک بعدی،

$H = \hbar\omega(a^\dagger a + \frac{1}{4})$ باشند و $|z\rangle = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\sqrt{n!}} |n\rangle$ که z یک عدد مختلط است، حاصل $a|z\rangle$ کدام است؟

(۱) $z|z\rangle$

(۲) $\sqrt{z+1}|z\rangle$

(۳) $z \sum_{n=0}^{\infty} \left((-1)^n n + \frac{1}{4} \right) |n\rangle$

(۴) $\sqrt{z+1} \sum_{n=0}^{\infty} \left((-1)^n n + \frac{1}{4} \right) |n\rangle$

۱۰۲- حالت یک نوسانگر هماهنگ ساده یک بعدی به جرم m و بسامد زاویه‌ای ω در لحظه $t = 0$

$|\psi, t=0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(\sqrt{3}|n\rangle + i|n+1\rangle)$ است که $|n\rangle$ ویژه حالت بهنجار هامیلتونی نوسانگر،

$H|n\rangle = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})|n\rangle$ است. مقدار چشم‌داشتی عملگر x در لحظه t ، $\langle\psi, t|x|\psi, t\rangle$ ، کدام گزینه است؟

$$\text{داریم } x = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}(a + a^\dagger) \text{ و } P = i\sqrt{\frac{m\omega\hbar}{2}}(-a + a^\dagger)$$

$$(1) \sqrt{\frac{3n\hbar}{\lambda m\omega}} \sin \omega t$$

$$(2) \sqrt{\frac{3(n+1)\hbar}{\lambda m\omega}} \sin \omega t$$

$$(3) \sqrt{\frac{3n\hbar}{\lambda m\omega}} \cos \omega t$$

$$(4) \sqrt{\frac{3(n+1)\hbar}{\lambda m\omega}} \cos \omega t$$

۱۰۳- حالت یک ذره با اسپین یک با $|\psi\rangle = (a-1)|1\rangle + (2a-1)|0\rangle + (3a-1)|-1\rangle$ داده شده است که a یک ثابت

حقیقی و $\{|1\rangle, |0\rangle, |-1\rangle\}$ یک مجموعه پایه متعامد و بهنجار است. احتمال این که ذره مذکور در حالت $|0\rangle$ یافت

شود چند برابر احتمال یافت شدن آن در حالت $|1\rangle$ است؟

$$(1) 1$$

$$(2) \frac{1}{2}$$

$$(3) \sqrt{2}$$

$$(4) \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۱۰۴- اگر $\psi(\vec{x}, t)$ تابع موج ذره بارداری به جرم m و بار الکتریکی q ($q > 0$) در میدان مغناطیسی $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}_1(\vec{x})$

باشد، تابع موج همان ذره در پتانسیل برداری $\vec{A}_2(\vec{x}) = \vec{A}_1(\vec{x}) + \frac{B_0}{2}(y\hat{i} + x\hat{j})$ کدام است؟ (\hat{i} و \hat{j} بردارهای

یکه در جهت محورهای x و y اند.)

$$(1) e^{\frac{iqB_0}{\hbar} (x^2 + y^2)} \psi(\vec{x}, t)$$

$$(2) e^{-\frac{iqB_0}{\hbar} (x^2 + y^2)} \psi(\vec{x}, t)$$

$$(3) e^{\frac{iqB_0xy}{\hbar}} \psi(\vec{x}, t)$$

$$(4) e^{-\frac{iqB_0xy}{\hbar}} \psi(\vec{x}, t)$$

۱۰۵- از سه ذره کوارک هر یک با اسپین $\frac{1}{2}$ ، یک ذره باریونی با اسپین $\frac{3}{2}$ تشکیل می‌شود. کدام حالت، نمی‌تواند حالت این ذره باشد؟ $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3$ و $|+\rangle_i$ و $|-\rangle_i$ ویژه حالت‌های هم‌زمان عملگرهای S_{iz} و S_i^2 هستند و $(i = 1, 2, 3)$

$$(1) |+\rangle_1 |+\rangle_2 |+\rangle_3$$

$$(2) |-\rangle_1 |-\rangle_2 |-\rangle_3$$

$$(3) \frac{1}{\sqrt{3}} (|+\rangle_1 |+\rangle_2 |-\rangle_3 + |+\rangle_1 |-\rangle_2 |+\rangle_3 + |-\rangle_1 |+\rangle_2 |+\rangle_3)$$

$$(4) \frac{1}{\sqrt{6}} (|+\rangle_1 |-\rangle_2 |+\rangle_3 + |-\rangle_1 |+\rangle_2 |+\rangle_3 - 2|+\rangle_1 |+\rangle_2 |-\rangle_3)$$

۱۰۶- هامیلتونی ذره‌ای به جرم m که در صفحه $x-y$ بر روی دایره‌ای به شعاع a حول محور z می‌چرخد $H = \frac{L_z^2}{2ma^2}$ است. جابه‌جایی انرژی اولین حالت برانگیخته این چرخنده در اثر اعمال پتانسیل اختلالی به صورت $V = \lambda V_0 \sin 2\phi$ چقدر است؟ (ϕ زاویه‌ای است که خط واصل از مبدأ مختصات به ذره با محور x می‌سازد، $\lambda \ll 1$ و V_0 ضریب‌هایی ثابت هستند.)

$$(1) \text{ صفر}$$

$$(2) \lambda V_0$$

$$(3) -\lambda V_0$$

$$(4) \pm \frac{\lambda V_0}{2}$$

۱۰۷- با در نظر گرفتن ساختار ریز اتم هیدروژن و صرف‌نظر از تصحیحات الکترودینامیک کوانتومی، ترازهای انرژی اتم

هیدروژن $E_n^{(0)} = -\frac{1}{2} \frac{mc^2 \alpha^2}{n^2}$ تا مرتبه اول اختلال به صورت $E_n = E_n^{(0)} + \Delta_n^{(1)}$ خواهند بود که

$$\Delta_n^{(1)} = \frac{\alpha^2 E_n^{(0)}}{4n^2} \left(\frac{4n}{j + \frac{1}{2}} - 1 \right)$$

(۱) سه

(۲) چهار

(۳) پنج

(۴) شش

۱۰۸- اگر $\psi(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_N)$ تابع موج دستگاهی متشکل از N ذره یکسان باشد، عملگر تعویض P_{ij} با خاصیت

$$P_{ij} \psi(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_i, \dots, \vec{x}_j, \dots, \vec{x}_N) = \psi(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_j, \dots, \vec{x}_i, \dots, \vec{x}_N)$$

(۱) عملگر P_{ij} هرمیتی و یکانی است و ویژه مقادیر آن ± 1 است.

(۲) عملگر P_{ij} هرمیتی است و ویژه مقادیر آن هر عدد حقیقی می‌توانند باشند.

(۳) $P_{ij}^2 = 1$ و ویژه مقدار عملگر P_{ij} اگر ذرات بوزون باشند $+1$ است.

(۴) $P_{ij} P_{ij}^\dagger = 1$ و ویژه مقدار عملگر P_{ij} اگر ذرات فرمیون باشند -1 است.

۱۰۹- هامیلتونی ذره‌ای به جرم m در چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی به پهنای L به صورت

$$H_0 = \begin{cases} \frac{p^2}{2m} & 0 < x < L \\ \infty & x \leq 0, x \geq L \end{cases}$$

است. در حضور پتانسیل اختلالی وابسته به زمان $V_1(x) = \lambda \left(x - \frac{L}{2}\right) \sin \omega t$ که از

لحظه $t = 0$ به ذره اعمال می‌شود، با استفاده از نظریه اختلال وابسته به زمان تا مرتبه اول λ احتمال گذار از تراز پایه

$$H_0 \text{ به دومین تراز برانگیخته } H_0 \text{ در زمان } t \text{ کدام است؟} \left(\omega_{ij} = \frac{E_i^{(0)} - E_j^{(0)}}{\hbar} \text{ که } E_i^{(0)} \text{ ها ویژه مقادیر } H_0 \text{ هستند.} \right)$$

(۱) صفر

$$\left(\frac{\lambda}{\hbar}\right)^2 \left(\frac{16a}{9\pi^2}\right)^2 \frac{\omega^2}{(\omega_{21}^2 - \omega^2)^2} \quad (۲)$$

$$\left(\frac{\lambda}{\hbar}\right)^2 \left(\frac{25a}{16\pi^2}\right)^2 \frac{\omega^2}{(\omega_{21}^2 - \omega^2)^2} \quad (۳)$$

$$\left(\frac{\lambda}{\hbar}\right)^2 \left(\frac{25a}{9\pi^2}\right)^2 \frac{\omega^2}{(\omega_{21}^2 - \omega^2)^2} \quad (۴)$$

۱۱۰- پراکندگی پروتون - پروتون را در محدوده مکانیک کوانتومی غیرنسبیتی در نظر بگیرید. تابع موج فضایی پراکندگی

$$\psi(\vec{x}) = \left[e^{i\vec{k}\cdot\vec{x}} \pm e^{-i\vec{k}\cdot\vec{x}} + \frac{e^{ikr}}{r} [f(\theta) \pm f(\pi - \theta)] \right] X_{\mp}$$

کشسان برای پروتون‌های پراکنده شده به صورت

است که $\vec{x} = \vec{x}_1 - \vec{x}_2$ بردار مکان نسبی دو پروتون بعد از پراکندگی، $f(\theta)$ و $f(\pi - \theta)$ به ترتیب دامنه پراکندگی در زاویه θ و $\pi - \theta$ نسبت به راستای اولیه حرکت پروتون‌ها قبل از پراکندگی و X_{\pm} تابع موج اسپین دو

پروتون در حالت سه تایی $s = 1$ (حالت یکتایی $s = 0$) است. مقدار سطح مقطع دیفرانسیلی $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \Big|_{\theta = \frac{\pi}{2}} \right)$

پراکندگی در زاویه پراکندگی $\theta = \frac{\pi}{2}$ ، کدام است؟

$$4 \left| f\left(\frac{\pi}{2}\right) \right|^2 \quad (۱)$$

$$2 \left| f\left(\frac{\pi}{2}\right) \right|^2 \quad (۲)$$

$$\left| f\left(\frac{\pi}{2}\right) \right|^2 \quad (۳)$$

(۴) صفر

