

5

B

H

2016 (I) भौतिक विज्ञान प्रश्न पत्र

समय : 3:00 घंटे

पूर्णांक : 200 अंक

अनुदेश

- आपने हिन्दी को माध्यम चुना है। इस परीक्षा पुस्तिका में पचहत्तर (20 भाग 'A' में + 25 भाग 'B' + 30 भाग 'C' में) बहुल विकल्प प्रश्न (MCQ) दिए गए हैं। आपको भाग 'A' में से अधिकतम 15 और भाग 'B' में 20 तथा भाग 'C' में से 20 प्रश्नों के उत्तर देने हैं। यदि निर्धारित से अधिक प्रश्नों के उत्तर दिए गए तब केवल पहले भाग 'A' से 15, भाग 'B' से 20 तथा भाग 'C' से 20 उत्तरों की जांच की जाएगी।
- ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक अलग से दिया गया है। अपना रोल नम्बर और केन्द्र का नाम लिखने से पहले यह जांच लीजिए कि पुस्तिका में पृष्ठ पूरे और सही हैं तथा कहीं से कटे-फटे नहीं हैं। यदि ऐसा है तो आप इन्विजिलेटर से उसी कोड की पुस्तिका बदलने का निवेदन कर सकते हैं। इसी तरह से **ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक को भी जांच लें। इस पुस्तिका में रफ काम करने के लिए अतिरिक्त पन्ने संलग्न हैं।
- ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक के पृष्ठ 1 में दिए गए स्थान पर अपना रोल नम्बर, नाम तथा इस परीक्षा पुस्तिका का क्रमांक लिखिए, साथ ही अपना हस्ताक्षर भी अवश्य करें।
- आप अपनी **ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक में रोल नंबर, विषय कोड, पुस्तिका कोड और केन्द्र कोड से संबंधित समुचित वृत्तों को काले बॉल पेन से अवश्य काला करें। यह एक मात्र परीक्षार्थी की जिम्मेदारी है कि वह **ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक में दिए गए निर्देशों का पूरी सावधानी से पालन करें, ऐसा न करने पर कम्प्यूटर विवरणों का सही तरीके से अक्यूटि नही कर पाएगा, जिससे अंततः आपको हानि, जिसमें आपकी **ओ.एम.आर.** उत्तर पत्रक की अस्वीकृति भी शामिल है, हो सकती है।
- भाग 'A' में प्रत्येक प्रश्न के 2 अंक, भाग 'B' में प्रत्येक प्रश्न के 3.5 अंक तथा 'C' में प्रत्येक प्रश्न 5 अंक का है। प्रत्येक गलत उत्तर का ऋणात्मक मूल्यांक 25% की दर से किया जाएगा।
- प्रत्येक प्रश्न के नीचे चार विकल्प दिए गए हैं। इनमें से केवल एक विकल्प ही "सही" अथवा "सर्वोत्तम हल" है। आपको प्रत्येक प्रश्न का सही अथवा सर्वोत्तम हल ढूँढना है।
- नकल करते हुए या अनुचित तरीकों का प्रयोग करते हुए पाए जाने वाले परीक्षार्थियों का इस और अन्य भावी परीक्षाओं के लिए अयोग्य ठहराया जा सकता है।
- परीक्षार्थी को उत्तर या रफ पन्नों के अतिरिक्त कहीं और कुछ भी नहीं लिखना चाहिए।
- केलक्यूलेटर का उपयोग करने की अनुमति नहीं है।
- परीक्षा समाप्ति पर छिद्र बिन्दु चिह्नित स्थान से ओ.एम.आर. उत्तर पत्रक को विभाजित करें। इन्विजिलेटर को मूल ओ.एम.आर. उत्तर पत्रक सौंपने के पश्चात आप इसकी कॉर्बनलैस प्रतिलिपि ले जा सकते हैं।**
- हिन्दी माध्यम/संस्करण के प्रश्न में विसंगति होने/पाये जाने पर अंग्रेजी संस्करण प्रमाणिक होगा।
- केवल परीक्षा की पूरी अवधि तक बैठने वाले परीक्षार्थी को ही परीक्षा पुस्तिका साथ ले जाने की अनुमति दी जाएगी।

रोल नंबर :

नाम :

परीक्षार्थी द्वारा भरी गई जानकारी को मैं सत्यापित करता हूँ।

.....
इन्विजिलेटर के हस्ताक्षर

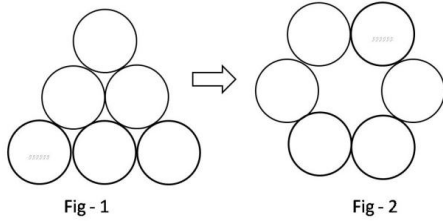
FOR ROUGH WORK

उपयोगी मूलभूत नियतांक/ USEFUL FUNDAMENTAL CONSTANTS

m	इलेक्ट्रान का द्रव्यमान	Mass of electron	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
h	प्लांक नियतांक	Planck's constant	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
e	इलेक्ट्रान का आवेश	Charge of electron	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
k	बोल्ट्समान नियतांक	Boltzmann constant	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
c	निर्वात में प्रकाश का वेग	Speed of light in vacuum	$3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$
R	मोलर गैस नियतांक	Molar gas constant	$8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mole}^{-1}$
Ry	रिडबर्ग नियतांक	Rydberg constant	$1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
N_A	आवोगाद्रो संख्या	Avogadro number	$6.023 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
G	न्यूटन नियतांक	Newton constant	$6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
ϵ_0	परावैद्युत अचर	Permittivity of vacuum	$8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
μ_0	चुंबकीय व्याप्यता	Permeability of vacuum	$4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
	1 eV	1 eV	$1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
	amu	amu	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

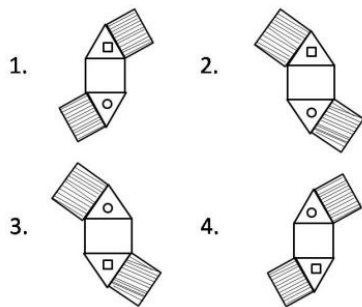
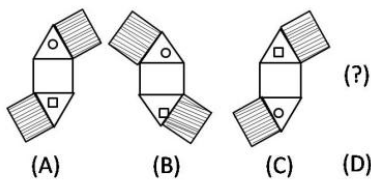
Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium	Ac	89	(227)	Mercury	Hg	80	200.59
Aluminium	Al	13	26.98	Molybdenum	Mo	42	95.94
Americium	Am	95	(243)	Neodymium	Nd	60	144.24
Antimony	Sb	51	121.75	Neon	Ne	10	20.183
Argon	Ar	18	39.948	Neptunium	Np	93	(237)
Arsenic	As	33	74.92	Nickel	Ni	28	58.71
Astatine	At	85	(210)	Niobium	Nb	41	92.91
Barium	Ba	56	137.34	Nitrogen	N	7	14.007
Berkelium	Bk	97	(249)	Nobelium	No	102	(253)
Beryllium	Be	4	9.012	Osmium	Os	76	190.2
Bismuth	Bi	83	208.98	Oxygen	O	8	15.9994
Boron	B	5	10.81	Palladium	Pd	46	106.4
Bromine	Br	35	79.909	Phosphorus	P	15	30.974
Cadmium	Cd	48	112.40	Platinum	Pt	78	195.09
Calcium	Ca	20	40.08	Plutonium	Pu	94	(242)
Californium	Cf	98	(251)	Polonium	Po	84	(210)
Carbon	C	6	12.011	Potassium	K	19	39.102
Cerium	Ce	58	140.12	Praseodymium	Pr	59	140.91
Cesium	Cs	55	132.91	Promethium	Pm	61	(147)
Chlorine	Cl	17	35.453	Protactinium	Pa	91	(231)
Chromium	Cr	24	52.00	Radium	Ra	88	(226)
Cobalt	Co	27	58.93	Radon	Rn	86	(222)
Copper	Cu	29	63.54	Rhenium	Re	75	186.23
Curium	Cm	96	(247)	Rhodium	Rh	45	102.91
Dysprosium	Dy	66	162.50	Rubidium	Rb	37	85.47
Einsteinium	Es	99	(254)	Ruthenium	Ru	44	101.1
Erbium	Er	68	167.26	Samarium	Sm	62	150.35
Europium	Eu	63	151.96	Scandium	Sc	21	44.96
Fermium	Fm	100	(253)	Selenium	Se	34	78.96
Fluorine	F	9	19.00	Silicon	Si	14	28.09
Francium	Fr	87	(223)	Silver	Ag	47	107.870
Gadolinium	Gd	64	157.25	Sodium	Na	11	22.9898
Gallium	Ga	31	69.72	Strontium	Sr	38	87.62
Germanium	Ge	32	72.59	Sulfur	S	16	32.064
Gold	Au	79	196.97	Tantalum	Ta	73	180.95
Hafnium	Hf	72	178.49	Technetium	Tc	43	(99)
Helium	He	2	4.003	Tellurium	Te	52	127.60
Holmium	Ho	67	164.93	Terbium	Tb	65	158.92
Hydrogen	H	1	1.0080	Thallium	Tl	81	204.37
Indium	In	49	114.82	Thorium	Th	90	232.04
Iodine	I	53	126.90	Thulium	Tm	69	168.93
Iridium	Ir	77	192.2	Tin	Sn	50	118.69
Iron	Fe	26	55.85	Titanium	Ti	22	47.90
Krypton	Kr	36	83.80	Tungsten	W	74	183.85
Lanthanum	La	57	138.91	Uranium	U	92	238.03
Lawrencium	Lr	103	(257)	Vanadium	V	23	50.94
Lead	Pb	82	207.19	Xenon	Xe	54	131.30
Lithium	Li	3	6.939	Ytterbium	Yb	70	173.04
Lutetium	Lu	71	174.97	Yttrium	Y	39	88.91
Magnesium	Mg	12	24.312	Zinc	Zn	30	65.37
Manganese	Mn	25	54.94	Zirconium	Zr	40	91.22
Mendelevium	Md	101	(256)				

6. What is the minimum number of moves required to transform figure 1 to figure 2? A move is defined as removing a coin and placing it such that it touches two other coins in its new position.

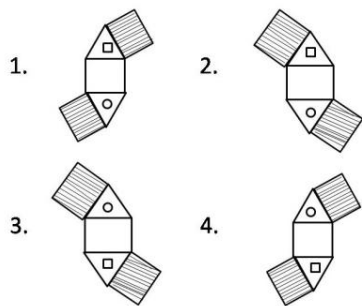
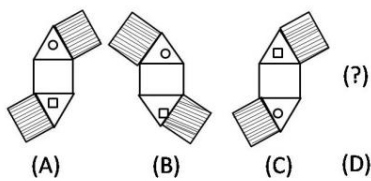


- 1. 1
- 2. 2
- 3. 3
- 4. 4

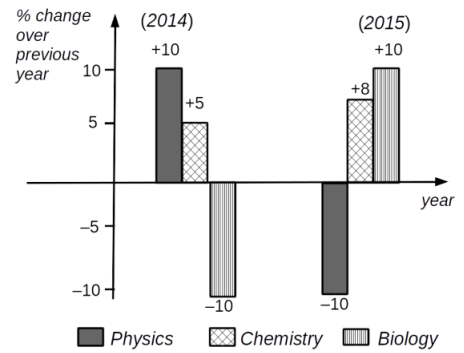
7. अगला चित्र 'D' बताओ



7. Find the next figure 'D'



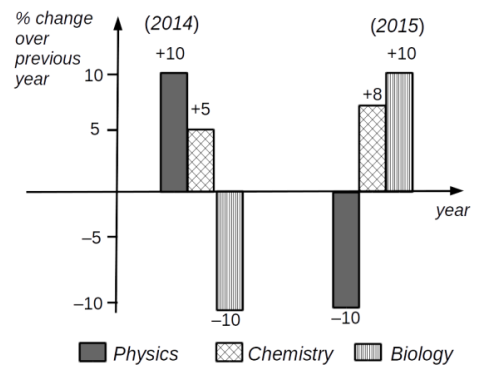
8.



उपरोक्त ग्राफ से निम्न में से कौन-सा निष्कर्ष निकला जा सकता है?

- भौतिक शास्त्र में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की कुल संख्या 2015 तथा 2014 में समान है।
- 2013 की अपेक्षा 2015 में जैव विज्ञान में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की संख्या कम है।
- 2014 में जैव विज्ञान में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की संख्या की तुलना में 2015 में रसायन शास्त्र में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की संख्या को अधिक होना चाहिए।
- 2014 जैव विज्ञान में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की संख्या तथा 2015 में भौतिक शास्त्र में उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों की संख्या समान है।

8.



Which of the following inferences can be drawn from the above graph?

- The total number of students qualifying in Physics in 2015 and 2014 is the same
- The number of students qualifying in Biology in 2015 is less than that in 2013

3. The number of Chemistry students qualifying in 2015 must be more than the number of students who qualified in Biology in 2014
4. The number of students qualifying in Physics in 2015 is equal to the number of students in Biology that qualified in 2014

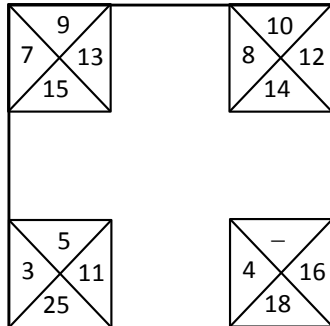
9. एक छात्र को परीक्षा में अनुत्तीर्ण घोषित किया जाता है, यदि उसके प्राप्तांक मध्यिका प्राप्तांक के आधे से कम होते हैं। इसका तात्पर्य है:

1. परीक्षा में भाग लेने वाले कुल छात्रों में से $\frac{1}{4}$ छात्र हमेशा अनुत्तीर्ण होते हैं।
2. यदि छात्र के प्राप्तांक अधिकतम प्राप्तांक के $\frac{1}{4}$ से कम हैं तो वह अनुत्तीर्ण होता/होती है।
3. यदि छात्र के प्राप्तांक अधिकतम प्राप्तांक के $\frac{1}{2}$ से अधिक होते हैं तो वह हमेशा उत्तीर्ण होता/होती है।
4. यह संभव है कि कोई भी छात्र अनुत्तीर्ण ही न हो।

9. A student appearing for an exam is declared to have failed the exam if his/her score is less than half the median score. This implies

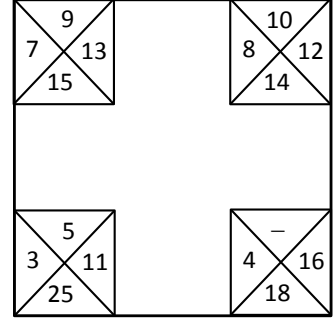
1. $\frac{1}{4}$ of the students appearing for the exam always fail.
2. if a student scores less than $\frac{1}{4}$ of the maximum score, he/she always fails.
3. if a student scores more than $\frac{1}{2}$ of the maximum score, he/she always passes.
4. it is possible that no one fails.

10. प्रत्येक कोने में बने वर्ग की संख्याओं में जो संबंध है वही अन्य कोनों के वर्गों की संख्याओं में है। लुप्त संख्या ज्ञात करें।



1. 10
2. 8
3. 6
4. 12

10. The relationship among the numbers in each corner square is the same as that in the other corner squares. Find the missing number.



1. 10
2. 8
3. 6
4. 12

11. निम्न में से कौन-सा कथन तार्किक रूप से गलत है?

1. मैं हमेशा सत्य बोलता हूँ
2. मैं यदा-कदा असत्य बोलता हूँ
3. मैं यदा-कदा सत्य बोलता हूँ
4. मैं हमेशा असत्य बोलता हूँ

11. Which of the following statements is logically **incorrect**?

1. I always speak the truth
2. I occasionally lie
3. I occasionally speak the truth
4. I always lie

12. इस क्रम में आगे क्या आयेगा?

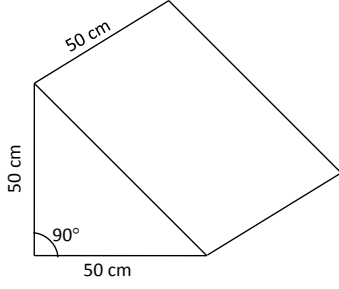


- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

12. What comes next in the sequence?



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.



1. 50
 2. 100
 3. 125
 4. 250
20. दो भाई संता और क्रिस अपने घर से स्कूल पैदल जाते हैं, अगला 40 मिनट में जबकि पिछला 30 मिनट लेता है। एक दिन संता क्रिस से 5 मिनट पहले चला था। कितने मिनट के बाद क्रिस, संता से आगे निकला होगा?
1. 5
 2. 15
 3. 20
 4. 25
20. Brothers Santa and Chris walk to school from their house. The former takes 40 minutes while the latter, 30 minutes. One day Santa started 5 minutes earlier than Chris. In how many minutes would Chris overtake Santa?
1. 5
 2. 15
 3. 20
 4. 25

भाग \ PART 'B'

21. मानें कि प्रेक्षकों O तथा O' द्वारा उपयोगित निर्देशांक तंत्र क्रमशः (x, t) तथा (x', t') हैं। प्रेक्षक O' गति $v = \beta c$ के साथ उनके अपने आम धन x -अक्ष के समांतर चलता है। यदि निर्देशांकों के एकघात संचय $x_+ = x + ct$ तथा $x_- = x - ct$ हैं, तो O तथा O' को संबंधित करनेवाला लोरेन्ट्स रूपांतरण यह रूप लेता है:
1. $x'_+ = \frac{x_- - \beta x_+}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ तथा $x'_- = \frac{x_+ - \beta x_-}{\sqrt{1 - \beta^2}}$,
 2. $x'_+ = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} x_+$ तथा $x'_- = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} x_-$
 3. $x'_+ = \frac{x_+ - \beta x_-}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ तथा $x'_- = \frac{x_- - \beta x_+}{\sqrt{1 - \beta^2}}$,
 4. $x'_+ = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} x_+$ तथा $x'_- = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} x_-$

21. Let (x, t) and (x', t') be the coordinate systems used by the observers O and O' , respectively. Observer O' moves with a velocity $v = \beta c$ along their common positive x -axis. If $x_+ = x + ct$ and $x_- = x - ct$ are the linear combinations of the coordinates, the Lorentz transformation relating O and O' takes the form

1. $x'_+ = \frac{x_- - \beta x_+}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ and $x'_- = \frac{x_+ - \beta x_-}{\sqrt{1 - \beta^2}}$,
2. $x'_+ = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} x_+$ and $x'_- = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} x_-$
3. $x'_+ = \frac{x_+ - \beta x_-}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ and $x'_- = \frac{x_- - \beta x_+}{\sqrt{1 - \beta^2}}$,
4. $x'_+ = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} x_+$ and $x'_- = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} x_-$

22. पार्श्व R के एक वर्ग के चार शीर्षों पर चार समान आवेश प्रत्येक $+Q$ रखे जाते हैं। द्रव्यमान m तथा आवेश $+Q$ का एक कण वर्ग के तल पर केंद्र से अल्प दूरी a ($\ll R$) पर रखा जाता है। यदि कण की गतिशीलता तल पर प्रतिबंधित है तो वह छोटे दोलन अनुभव करेगा इस कोणीय आवृत्ति के साथ:

1. $\sqrt{\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
2. $\sqrt{\frac{Q^2}{\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
3. $\sqrt{\frac{\sqrt{2} Q^2}{\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
4. $\sqrt{\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 R^3 m}}$

22. Four equal charges of $+Q$ each are kept at the vertices of a square of side R . A particle of mass m and charge $+Q$ is placed in the plane of the square at a short distance a ($\ll R$) from the centre. If the motion of the particle is confined to the plane, it will undergo small oscillations with an angular frequency

1. $\sqrt{\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
2. $\sqrt{\frac{Q^2}{\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
3. $\sqrt{\frac{\sqrt{2} Q^2}{\pi\epsilon_0 R^3 m}}$
4. $\sqrt{\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 R^3 m}}$

23. द्रव्यमान m की एक गेंद जो प्रारंभ में आराम की स्थिति में है, 5 मीटर की ऊँचाई से गिरायी जाती है। यदि प्रत्यवस्थान गुणांक 0.9 है, गेंद के दूसरी बार ज़मीन पर पड़ने के तुरन्त पूर्व उसकी गति है लगभग ($g = 9.8$ मी/से² मानें)
1. 9.80 मी/से
 2. 9.10 मी/से
 3. 8.91 मी/से
 4. 7.02 मी/से

23. A ball of mass m , initially at rest, is dropped from a height of 5 meters. If the coefficient of restitution is 0.9, the speed of the ball just before it hits the floor the *second time* is approximately (take $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

1. 9.80 m/s
2. 9.10 m/s
3. 8.91 m/s
4. 7.02 m/s

24. मानें कि X तथा Y दो स्वतंत्र यादृच्छिक चर हैं, जिनमें से प्रत्येक एक ही मानक विचलन σ के एक प्रसामान्य बंटन का अनुकरण करता है, परंतु माध्य क्रमशः $+\mu$ तथा $-\mu$ के साथ। तो योगफल $X + Y$ अनुकरण करता है एक

1. बंटन का, जिसके दो चरम $\pm\mu$ पर हैं, तथा माध्य 0 एवं मानक विचलन $\sigma\sqrt{2}$ के साथ।
2. प्रसामान्य बंटन का, माध्य 0 तथा मानक विचलन 2σ के साथ।
3. बंटन का, जिसके दो चरम $\pm\mu$ पर हैं, तथा माध्य 0 एवं मानक विचलन 2σ के साथ।
4. प्रसामान्य बंटन, माध्य 0 तथा मानक विचलन $\sigma\sqrt{2}$ के साथ।

24. Let X and Y be two independent random variables, each of which follow a normal distribution with the same standard deviation σ , but with means $+\mu$ and $-\mu$, respectively. Then the sum $X + Y$ follows a

1. distribution with two peaks at $\pm\mu$ and mean 0 and standard deviation $\sigma\sqrt{2}$
2. normal distribution with mean 0 and standard deviation 2σ
3. distribution with two peaks at $\pm\mu$ and mean 0 and standard deviation 2σ
4. normal distribution with mean 0 and standard deviation $\sigma\sqrt{2}$

25. प्लैंक ने विमीय विश्लेषण के आधार पर गुरुत्व अचर G , प्लैंक का अचर h , बोल्ट्स्मान अचर k_B एवं निर्वात में प्रकाश की गति c के घातों को उपयोग करके एक अभिलक्षणिक ताप T_p को परिभाषित किया था। T_p का व्यंजक इसके अनुपात में है:

1. $\sqrt{\frac{hc^5}{k_B^2 G}}$
2. $\sqrt{\frac{hc^3}{k_B^2 G}}$
3. $\sqrt{\frac{G}{hc^4 k_B^2}}$
4. $\sqrt{\frac{hk_B^2}{Gc^3}}$

25. Using dimensional analysis, Planck defined a characteristic temperature T_p from powers of the gravitational constant G , Planck's constant h , Boltzmann constant k_B and the speed of light c in vacuum. The expression for T_p is proportional to

1. $\sqrt{\frac{hc^5}{k_B^2 G}}$
2. $\sqrt{\frac{hc^3}{k_B^2 G}}$
3. $\sqrt{\frac{G}{hc^4 k_B^2}}$
4. $\sqrt{\frac{hk_B^2}{Gc^3}}$

26. $x = 0$ के आस-पास, फलन $\frac{1}{\cosh(x)}$ का टेलर-अनुक्रम विस्तरण की अभिसरण त्रिज्या है

1. ∞
2. π
3. $\frac{\pi}{2}$
4. 1

26. The radius of convergence of the Taylor series expansion of the function $\frac{1}{\cosh(x)}$ around $x = 0$, is

1. ∞
2. π
3. $\frac{\pi}{2}$
4. 1

27. $z = 0$ के आस-पास टेलर अनुक्रम विस्तरण $F(a, b, c; z) =$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{a(a+1) \cdots (a+n-1)b(b+1) \cdots (b+n-1)}{c(c+1) \cdots (c+n-1) n!} z^n$$

से परिभाषित गाऊस हाईपरज्योमेट्रिक फलन

$F(a, b, c; z)$ निम्न पुनरावर्तन संबंध का समाधान करता है:

1. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{c}{ab} F(a-1, b-1, c-1; z)$
2. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{c}{ab} F(a+1, b+1, c+1; z)$
3. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{ab}{c} F(a-1, b-1, c-1; z)$
4. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{ab}{c} F(a+1, b+1, c+1; z)$

27. The Gauss hypergeometric function $F(a, b, c; z)$, defined by the Taylor series expansion around $z = 0$ as $F(a, b, c; z) =$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{a(a+1) \cdots (a+n-1)b(b+1) \cdots (b+n-1)}{c(c+1) \cdots (c+n-1) n!} z^n,$$

satisfies the recursion relation

1. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{c}{ab} F(a-1, b-1, c-1; z)$
2. $\frac{d}{dz} F(a, b, c; z) = \frac{c}{ab} F(a+1, b+1, c+1; z)$

3. $\frac{d}{dz}F(a, b, c; z) = \frac{ab}{c}F(a-1, b-1, c-1; z)$
 4. $\frac{d}{dz}F(a, b, c; z) = \frac{ab}{c}F(a+1, b+1, c+1; z)$

28. व्यापकीकृत निर्देशांक एवं संवेग (q, p) युक्त एक तंत्र की हैमिल्टनी $H = p^2q^2$ है। हैमिल्टनी गति-समीकरण का एक समाधान है (निम्न में A तथा B अचर हैं)

1. $p = Be^{-2At}, q = \frac{A}{B}e^{2At}$
2. $p = Ae^{-2At}, q = \frac{A}{B}e^{-2At}$
3. $p = Ae^{At}, q = \frac{A}{B}e^{-At}$
4. $p = 2Ae^{-A^2t}, q = \frac{A}{B}e^{A^2t}$

28. The Hamiltonian of a system with generalized coordinate and momentum (q, p) is $H = p^2q^2$. A solution of the Hamiltonian equation of motion is (in the following A and B are constants)

1. $p = Be^{-2At}, q = \frac{A}{B}e^{2At}$
2. $p = Ae^{-2At}, q = \frac{A}{B}e^{-2At}$
3. $p = Ae^{At}, q = \frac{A}{B}e^{-At}$
4. $p = 2Ae^{-A^2t}, q = \frac{A}{B}e^{A^2t}$

29. कॉन्टूर समाकलन

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_C \frac{e^{4z} - 1}{\cosh(z) - 2\sinh(z)} dz$$

का, एकक चक्रिका C के समांतर वामावर्त चंक्रमणित मान है

1. 0
2. 2
3. $-8/\sqrt{3}$
4. $-\tanh\left(\frac{1}{2}\right)$

29. The value of the contour integral

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_C \frac{e^{4z} - 1}{\cosh(z) - 2\sinh(z)} dz$$

around the unit circle C traversed in the anti-clockwise direction, is

1. 0
2. 2
3. $-8/\sqrt{3}$
4. $-\tanh\left(\frac{1}{2}\right)$

30. 0 से L तक के अंतराल में स्थित एक एक-विमीय अनम्य बक्से के अंदर स्थित द्रव्यमान m के एक कण की स्थिति प्रसामान्यीकृत तरंग फलन

$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}}\left(\frac{3}{5}\sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) + \frac{4}{5}\sin\left(\frac{4\pi x}{L}\right)\right)$ से दिया जाता है। यदि उसकी ऊर्जा मापी जाती है, संभव परिणाम तथा ऊर्जा का माध्य मान क्रमशः हैं

1. $\frac{h^2}{2mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{73}{50} \frac{h^2}{mL^2}$
2. $\frac{h^2}{8mL^2}, \frac{h^2}{2mL^2}$ and $\frac{19}{40} \frac{h^2}{mL^2}$
3. $\frac{h^2}{2mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{19}{10} \frac{h^2}{mL^2}$
4. $\frac{h^2}{8mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{73}{200} \frac{h^2}{mL^2}$

30. The state of a particle of mass m in a one-dimensional rigid box in the interval 0 to L is given by the normalised wavefunction

$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}}\left(\frac{3}{5}\sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) + \frac{4}{5}\sin\left(\frac{4\pi x}{L}\right)\right)$. If its energy is measured, the possible outcomes and the average value of energy are, respectively

1. $\frac{h^2}{2mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{73}{50} \frac{h^2}{mL^2}$
2. $\frac{h^2}{8mL^2}, \frac{h^2}{2mL^2}$ and $\frac{19}{40} \frac{h^2}{mL^2}$
3. $\frac{h^2}{2mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{19}{10} \frac{h^2}{mL^2}$
4. $\frac{h^2}{8mL^2}, \frac{2h^2}{mL^2}$ and $\frac{73}{200} \frac{h^2}{mL^2}$

31. एक चुंबकीय क्षेत्र B , प्रांत $x > 0$ में $B\hat{z}$ है तथा अन्य सभी जगह शून्य है। $x < 0$ प्रांत से $x > 0$ प्रांत में एक अचर गति $\mathbf{v} = v\hat{x}$ के साथ xy -तल में एक आयताकार पाश, जिसके पार्श्व l (x -दिशा के समांतर) तथा h (y -दिशा के समांतर) हैं, घुसाया जाता है। निम्न l तथा h मानों में किसके लिए उच्चतम विद्युतवाहक बल (EMF) जनित होगा?

1. $l = 8, h = 3$
2. $l = 4, h = 6$
3. $l = 6, h = 4$
4. $l = 12, h = 2$

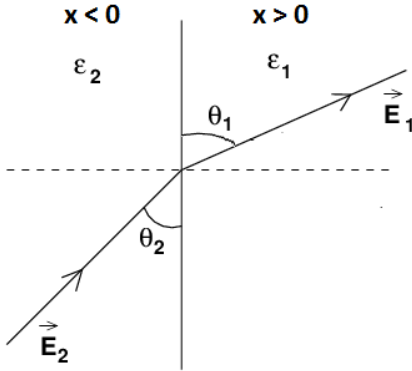
31. A magnetic field B is $B\hat{z}$ in the region $x > 0$ and zero elsewhere. A rectangular loop, in the xy -plane, of sides l (along the x -direction) and h (along the y -direction) is inserted into the $x > 0$ region from the $x < 0$ region at a constant velocity $\mathbf{v} = v\hat{x}$. Which of the following values of l and h will generate the largest EMF?

1. $l = 8, h = 3$ 2. $l = 4, h = 6$
3. $l = 6, h = 4$ 4. $l = 12, h = 2$
32. किसी प्रांत में स्थैतिक चुंबकीय क्षेत्र के x - तथा z -घटक क्रमशः $B_x = B_0(x^2 - y^2)$ तथा $B_z = 0$ हैं। उसके y -घटक के लिये निम्न हलों में से कौन-सा मैक्सवेल समीकरणों से अविरोधी है?
- $B_y = B_0xy$
 - $B_y = -2B_0xy$
 - $B_y = -B_0(x^2 - y^2)$
 - $B_y = B_0\left(\frac{1}{3}x^3 - xy^2\right)$
32. The x - and z -components of a static magnetic field in a region are $B_x = B_0(x^2 - y^2)$ and $B_z = 0$, respectively. Which of the following solutions for its y -component is consistent with the Maxwell equations?
- $B_y = B_0xy$
 - $B_y = -2B_0xy$
 - $B_y = -B_0(x^2 - y^2)$
 - $B_y = B_0\left(\frac{1}{3}x^3 - xy^2\right)$
33. मानें कि हाईड्रोजन परमाणु के कूलुंब विभव को एक व्युत्क्रम-वर्ग पद जोड़कर इस प्रकार परिवर्तित किया जाता है कि कुल विभव $V(\vec{r}) = -\frac{Ze^2}{r} + \frac{g}{r^2}$ बन जाता है, जहां g एक अचर है। परिवर्तित विभव में ऊर्जा के अभिलक्षणिक मान E_{nlm}
- n तथा l पर निर्भर हैं, परंतु m पर नहीं
 - n पर निर्भर हैं परंतु l तथा m पर नहीं
 - n तथा m पर निर्भर हैं, परंतु l पर नहीं
 - सभी तीन क्वांटम संख्याओं n, l तथा m पर सुस्पष्टतः निर्भर हैं
33. Suppose that the Coulomb potential of the hydrogen atom is changed by adding an inverse-square term such that the total potential is $V(\vec{r}) = -\frac{Ze^2}{r} + \frac{g}{r^2}$, where g is a constant. The energy eigenvalues E_{nlm} in the modified potential
- depend on n and l , but not on m
 - depend on n but not on l and m
 - depend on n and m , but not on l
 - depend explicitly on all three quantum numbers n, l and m
34. त्रिविम में कोणीय संवेग संकारक के घटक यदि \hat{L}_x, \hat{L}_y तथा \hat{L}_z हैं, तो क्रमविनिमेयक $[\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z]$ को इस पर सरलीकृत किया जा सकता है:
- $i\hbar L_x(\hat{L}_z^2 - \hat{L}_y^2)$
 - $i\hbar \hat{L}_z \hat{L}_y \hat{L}_x$
 - $i\hbar L_x(2\hat{L}_z^2 - \hat{L}_y^2)$
 - 0
34. If \hat{L}_x, \hat{L}_y and \hat{L}_z are the components of the angular momentum operator in three dimensions, the commutator $[\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z]$ may be simplified to
- $i\hbar L_x(\hat{L}_z^2 - \hat{L}_y^2)$
 - $i\hbar \hat{L}_z \hat{L}_y \hat{L}_x$
 - $i\hbar L_x(2\hat{L}_z^2 - \hat{L}_y^2)$
 - 0
35. दो समांतर प्लेट संधारित्र जो दूरियां x तथा $1.1x$ से अलगित हैं, उनके प्लेटों के बीच परावैद्युतांक 3.0 वाले परावैद्युत वस्तु भरे जाते हैं तथा बोल्टता V के एक बैटरी के सिरों से संलग्नित किए जाते हैं। प्रथम संधारित्र से सापेक्ष द्वितीय संधारित्र में आवेश अंतर है
- +66%
 - +20%
 - 3.3%
 - 10%
35. Two parallel plate capacitors, separated by distances x and $1.1x$ respectively, have a dielectric material of dielectric constant 3.0 inserted between the plates, and are connected to a battery of voltage V . The difference in charge on the second capacitor compared to the first is
- +66%
 - +20%
 - 3.3%
 - 10%
36. किसी समय-निरपेक्ष हैमिल्टनी के अभिलक्षणिक मानों E_1 तथा E_2 से संगत अभिलक्षणिक अवस्थार्यें क्रमशः $|1\rangle$ तथा $|2\rangle$ हैं। यदि समय $t = 0$ पर तंत्र $|\psi(t = 0)\rangle = \sin\theta|1\rangle + \cos\theta|2\rangle$ में हैं, तो समय t पर $\langle\psi(t)|\psi(t)\rangle$ का मान होगा:
- 1
 - $(E_1 \sin^2\theta + E_2 \cos^2\theta)/\sqrt{E_1^2 + E_2^2}$
 - $e^{iE_1t/\hbar} \sin\theta + e^{iE_2t/\hbar} \cos\theta$
 - $e^{-iE_1t/\hbar} \sin^2\theta + e^{-iE_2t/\hbar} \cos^2\theta$
36. किसी समय-निरपेक्ष हैमिल्टनी के अभिलक्षणिक मानों E_1 तथा E_2 से संगत अभिलक्षणिक अवस्थार्यें क्रमशः $|1\rangle$ तथा $|2\rangle$ हैं। यदि समय $t = 0$ पर तंत्र $|\psi(t = 0)\rangle = \sin\theta|1\rangle + \cos\theta|2\rangle$ में हैं, तो समय t पर $\langle\psi(t)|\psi(t)\rangle$ का मान होगा:
- 1
 - $(E_1 \sin^2\theta + E_2 \cos^2\theta)/\sqrt{E_1^2 + E_2^2}$
 - $e^{iE_1t/\hbar} \sin\theta + e^{iE_2t/\hbar} \cos\theta$
 - $e^{-iE_1t/\hbar} \sin^2\theta + e^{-iE_2t/\hbar} \cos^2\theta$

36. The eigenstates corresponding to eigenvalues E_1 and E_2 of a time-independent Hamiltonian are $|1\rangle$ and $|2\rangle$ respectively. If at $t = 0$, the system is in a state $|\psi(t=0)\rangle = \sin\theta|1\rangle + \cos\theta|2\rangle$ the value of $\langle\psi(t)|\psi(t)\rangle$ at time t will be

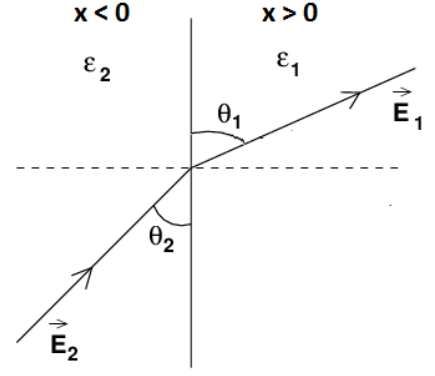
1. 1
2. $(E_1 \sin^2 \theta + E_2 \cos^2 \theta) / \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$
3. $e^{iE_1 t/\hbar} \sin \theta + e^{iE_2 t/\hbar} \cos \theta$
4. $e^{-iE_1 t/\hbar} \sin^2 \theta + e^{-iE_2 t/\hbar} \cos^2 \theta$

37. अर्ध समष्टि प्रांत $x > 0$ तथा $x < 0$ क्रमशः परावैद्युतांक ϵ_1 तथा ϵ_2 वाले परावैद्युत माध्यम से भरे जाते हैं। हर प्रांत में एक एकसमान विद्युत क्षेत्र है। दायें अर्ध में अंतरापृष्ठ के साथ विद्युत क्षेत्र कोण θ_1 बनाता है। बायें अर्ध में संगत कोण θ_2 ऐसा दिया जाता है:



1. $\epsilon_1 \sin \theta_2 = \epsilon_2 \sin \theta_1$
2. $\epsilon_1 \tan \theta_2 = \epsilon_2 \tan \theta_1$
3. $\epsilon_1 \tan \theta_1 = \epsilon_2 \tan \theta_2$
4. $\epsilon_1 \sin \theta_1 = \epsilon_2 \sin \theta_2$

37. The half space regions $x > 0$ and $x < 0$ are filled with dielectric media of dielectric constants ϵ_1 and ϵ_2 respectively. There is a uniform electric field in each part. In the right half, the electric field makes an angle θ_1 to the interface. The corresponding angle θ_2 in the left half satisfies



1. $\epsilon_1 \sin \theta_2 = \epsilon_2 \sin \theta_1$
2. $\epsilon_1 \tan \theta_2 = \epsilon_2 \tan \theta_1$
3. $\epsilon_1 \tan \theta_1 = \epsilon_2 \tan \theta_2$
4. $\epsilon_1 \sin \theta_1 = \epsilon_2 \sin \theta_2$

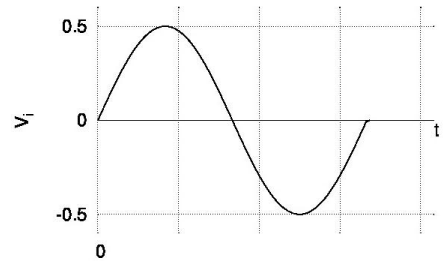
38. आयतन V का एक बक्सा, जिसमें आदर्श गैस के N अणु हैं, एक छेद वाले दीवार द्वारा दो उपखंडों में बंटा है। यदि छोटे उपखंड का आयतन $V/3$ है, तो उसमें स्थित अणुओं की संख्या का प्रसरण है

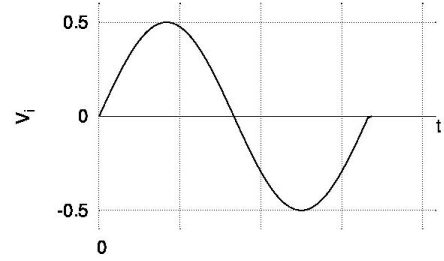
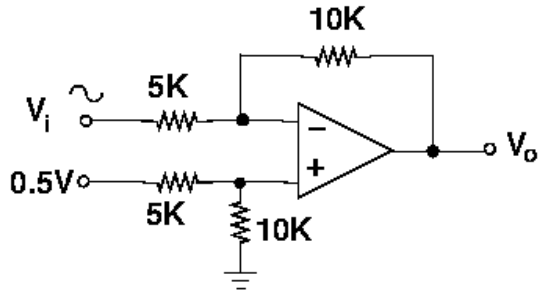
1. $N/3$
2. $2N/9$
3. \sqrt{N}
4. $\sqrt{N}/3$

38. A box of volume V containing N molecules of an ideal gas, is divided by a wall with a hole into two compartments. If the volume of the smaller compartment is $V/3$, the variance of the number of particles in it, is

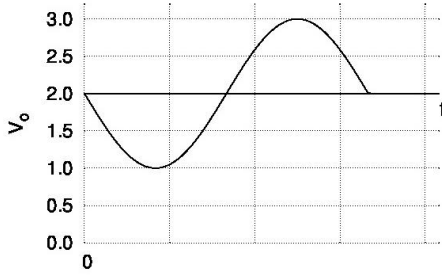
1. $N/3$
2. $2N/9$
3. \sqrt{N}
4. $\sqrt{N}/3$

39. निम्न दर्शाये गये निविष्ट वोल्टता V_i के लिए परिपथ में निर्गम वोल्टता V_0 का, निम्न तरंग रूपों में से कौन-सा श्रेष्ठतम प्रतिनिधित्व करता है?

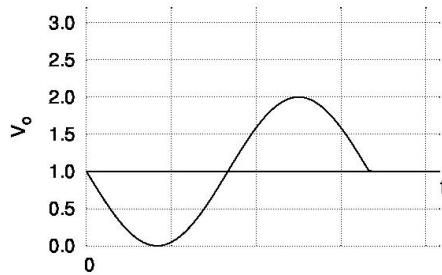




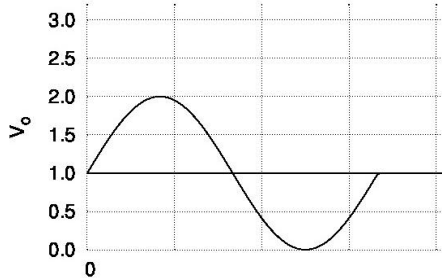
1.



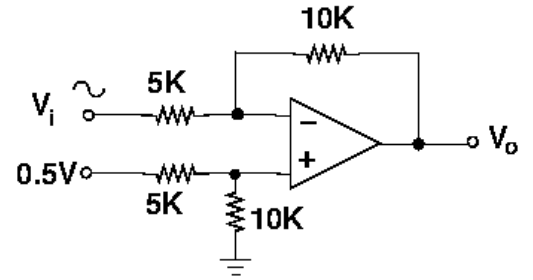
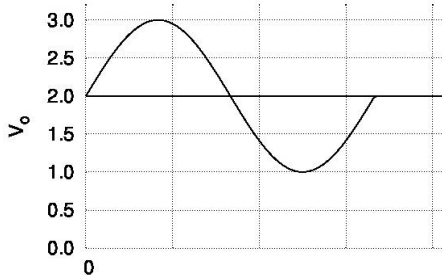
2.



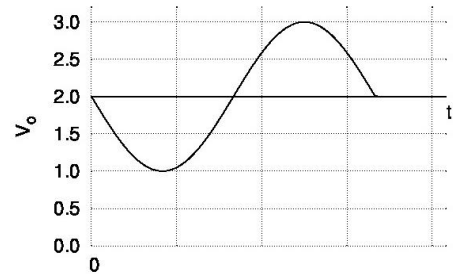
3.



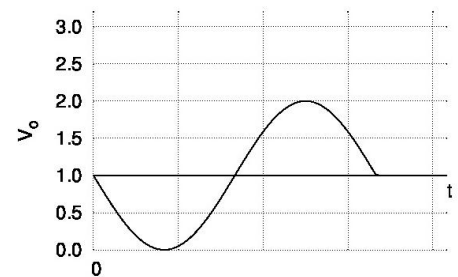
4.



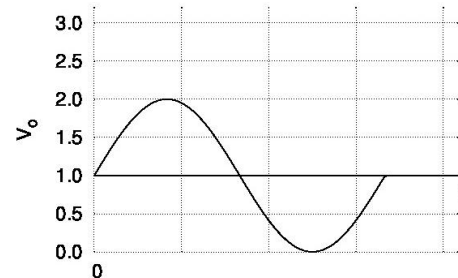
1.



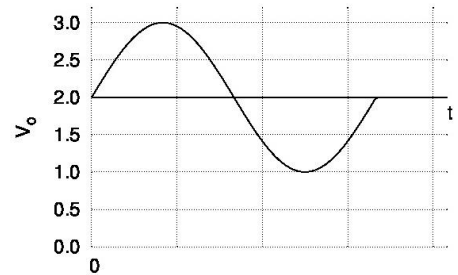
2.



3.



4.



39. Given the input voltage V_i , which of the following waveforms correctly represents the output voltage V_o in the circuit shown below?

40. किसी पदार्थ के एक अवशोषण परत पर एक लाल LED की तीव्रता बंटन तरंगदैर्घ्य $\lambda_0 = 660$ nm पर माध्यित गाऊसियन है, चौड़ाई 20 nm के साथ। यदि अवशोषण गुणांक तरंगदैर्घ्य के साथ $\alpha_0 - K(\lambda - \lambda_0)$ के रूप में बदलता है, जहां α_0 तथा K धन अचर हैं, अवशोषक से निकलता प्रकाश होगा:

1. नील-विस्थापित, गाऊसियन तीव्रता बंटन को बनाये रखते हुए
2. नील-विस्थापित, एक असममित तीव्रता बंटन के साथ
3. लाल-विस्थापित, गाऊसियन तीव्रता बंटन को बनाये रखते हुये
4. लाल-विस्थापित, एक असममित तीव्रता बंटन के साथ

40. The intensity distribution of a red LED on an absorbing layer of material is a Gaussian centred at the wavelength $\lambda_0 = 660$ nm and width 20 nm. If the absorption coefficient varies with wavelength as $\alpha_0 - K(\lambda - \lambda_0)$, where α_0 and K are positive constants, the light emerging from the absorber will be

1. blue shifted retaining the Gaussian intensity distribution
2. blue shifted with an asymmetric intensity distribution
3. red shifted retaining the Gaussian intensity distribution
4. red shifted with an asymmetric intensity distribution

41. किसी एक यंत्र के विद्युत धारा I की वोल्टता V पर निर्भरता है

$$I = I_0 \left(1 - \frac{V}{V_0}\right)^2$$

जहां I_0 तथा V_0 अचर हैं। किसी प्रयोग में यंत्र पर लागू वोल्टता V को बढ़ाते हुये I का मापन किया जाता है। प्राचल V_0 तथा $\sqrt{I_0}$ आलेखतः इस प्रकार निर्धारित किये जा सकते हैं:

1. $I-V^2$ आलेख की प्रवणता एवं y -अंतःखंड
2. $I-V^2$ आलेख का y -अंतःखंड तथा प्रवणता के अनुपात का ऋण, एवं y -अंतःखंड
3. $\sqrt{I}-V$ आलेख की प्रवणता एवं y -अंतःखंड
4. $\sqrt{I}-V$ आलेख का y -अंतःखंड तथा प्रवणता के अनुपात का ऋण एवं y -अंतःखंड

41. The dependence of current I on the voltage V of a certain device is given by

$$I = I_0 \left(1 - \frac{V}{V_0}\right)^2$$

where I_0 and V_0 are constants. In an experiment the current I is measured as the voltage V applied across the device is increased. The parameters V_0 and $\sqrt{I_0}$ can be graphically determined as

1. the slope and the y -intercept of the $I-V^2$ graph
2. the negative of the ratio of the y -intercept and the slope, and the y -intercept of the $I-V^2$ graph
3. the slope and the y -intercept of the $\sqrt{I}-V$ graph
4. the negative of the ratio of the y -intercept and the slope, and the y -intercept of the $\sqrt{I}-V$ graph

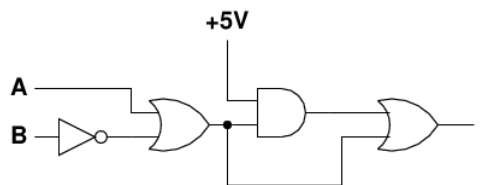
42. एक विम में, अनापेक्षिकीय चिरप्रतिष्ठित कणों के एक गैस को विभव $V(x) = \alpha |x|$ (जहां α एक अचर है) के अधीन किया जाता है। संवितरण फलन है ($\beta = \frac{1}{k_B T}$)

1. $\sqrt{\frac{4m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
2. $\sqrt{\frac{2m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
3. $\sqrt{\frac{8m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
4. $\sqrt{\frac{3m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$

42. A gas of non-relativistic classical particles in one dimension is subjected to a potential $V(x) = \alpha |x|$ (where α is a constant). The partition function is ($\beta = \frac{1}{k_B T}$)

1. $\sqrt{\frac{4m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
2. $\sqrt{\frac{2m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
3. $\sqrt{\frac{8m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$
4. $\sqrt{\frac{3m\pi}{\beta^3 \alpha^2 h^2}}$

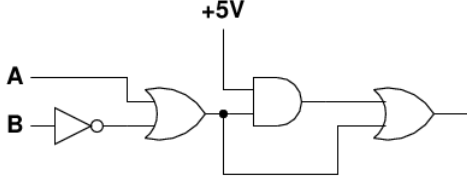
43. निम्न दिये गये व्यवस्थात्मक चित्र में मानें कि प्रत्येक तर्क-द्वार का संचरण विलंब t_{gate} है।



परिपथ का संचरण विलंब उच्चतम होगा जब तर्क-निवेश A तथा B इस संक्रमण को करते हैं:

1. $(0, 1) \rightarrow (1, 1)$
2. $(1, 1) \rightarrow (0, 1)$
3. $(0, 0) \rightarrow (1, 1)$
4. $(0, 0) \rightarrow (0, 1)$

43. In the schematic figure given below, assume that the propagation delay of each logic gate is t_{gate} .



The propagation delay of the circuit will be maximum when the logic inputs A and B make the transition

1. $(0, 1) \rightarrow (1, 1)$
 2. $(1, 1) \rightarrow (0, 1)$
 3. $(0, 0) \rightarrow (1, 1)$
 4. $(0, 0) \rightarrow (0, 1)$
44. जब एक आदर्श एकाणविक गैस को प्रारंभिक आयतन V_0 से $3V_0$ तक रुद्धोष्मतः विस्तारित किया जाता है, उसका ताप T_0 से T में परिवर्तित होता है। तो अनुपात T/T_0 है
1. $\frac{1}{3}$
 2. $\left(\frac{1}{3}\right)^{2/3}$
 3. $\left(\frac{1}{3}\right)^{1/3}$
 4. 3
44. When an ideal monatomic gas is expanded adiabatically from an initial volume V_0 to $3V_0$, its temperature changes from T_0 to T . Then the ratio T/T_0 is
1. $\frac{1}{3}$
 2. $\left(\frac{1}{3}\right)^{2/3}$
 3. $\left(\frac{1}{3}\right)^{1/3}$
 4. 3
45. उच्च तापों पर एक द्विपरमाणवीय अणु वाले गैस की प्रति अणु विशिष्ट ऊष्मा है:
1. $8k_B$
 2. $3.5 k_B$
 3. $4.5 k_B$
 4. $3k_B$
45. The specific heat per molecule of a gas of diatomic molecules at high temperatures is
1. $8k_B$
 2. $3.5 k_B$
 3. $4.5 k_B$
 4. $3k_B$

भाग \ PART 'C'

46. बहुपद $f(x) = 3x^3 - 4x - 5$ के मूलों को पुनरावर्ती न्यूटन-रैफसन विधि द्वारा ढूँढते समय, प्रारंभिक अनुमान $x = 2$ लिया जाता है। अगले पुनरावर्त में उसका मान इसके निकटतम है:
1. 1.671
 2. 1.656
 3. 1.559
 4. 1.551

46. In finding the roots of the polynomial $f(x) = 3x^3 - 4x - 5$ using the iterative Newton-Raphson method, the initial guess is taken to be $x = 2$. In the next iteration its value is nearest to
1. 1.671
 2. 1.656
 3. 1.559
 4. 1.551

47. फ्रेम F में ऊर्जा E तथा संवेग p वाले एक कण के लिए द्रुतता $y = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{E+p_3c}{E-p_3c} \right)$ से परिभाषित है। फ्रेम F के संदर्भ में वेग $v = (0, 0, \beta c)$ के साथ गतिशील F' फ्रेम में द्रुतता y' होगी:

$$1. y' = y + \frac{1}{2} \ln(1 - \beta^2)$$

$$2. y' = y - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

$$3. y' = y + \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

$$4. y' = y + 2 \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

47. For a particle of energy E and momentum p (in a frame F), the rapidity y is defined as $y = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{E+p_3c}{E-p_3c} \right)$. In a frame F' moving with velocity $v = (0, 0, \beta c)$ with respect to F, the rapidity y' will be

$$1. y' = y + \frac{1}{2} \ln(1 - \beta^2)$$

$$2. y' = y - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

$$3. y' = y + \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

$$4. y' = y + 2 \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

48. फलन

$$f(x) = \delta(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d^n}{dx^n} \delta(x)$$

(जहाँ $\delta(x)$ डिरैक डेल्टा-फलन है) का फूरिये रूपांतरण $\int dx e^{ikx} f(x)$ क्या है?

1. $\frac{1}{1-ik}$
2. $\frac{1}{1+ik}$
3. $\frac{1}{k+i}$
4. $\frac{1}{k-i}$

48. What is the Fourier transform $\int dx e^{ikx} f(x)$ of

$$f(x) = \delta(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d^n}{dx^n} \delta(x),$$

where $\delta(x)$ is the Dirac delta-function?

1. $\frac{1}{1-ik}$
2. $\frac{1}{1+ik}$
3. $\frac{1}{k+i}$
4. $\frac{1}{k-i}$

49. समाकल समीकरण

$$\phi(x, t) = \lambda \int dx' dt' \int \frac{d\omega dk}{(2\pi)^2} \frac{e^{-ik(x-x') + i\omega(t-t')}}{\omega^2 - k^2 - m^2 + i\epsilon} \phi^3(x', t')$$

इस अवकल समीकरण से तुल्य है:

1. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2} - m^2 + i\epsilon\right) \phi(x, t) = -\frac{1}{6} \lambda \phi^3(x, t)$
2. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = \lambda \phi^2(x, t)$
3. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = -3\lambda \phi^2(x, t)$
4. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = -\lambda \phi^3(x, t)$

49. The integral equation

$$\phi(x, t) = \lambda \int dx' dt' \int \frac{d\omega dk}{(2\pi)^2} \frac{e^{-ik(x-x') + i\omega(t-t')}}{\omega^2 - k^2 - m^2 + i\epsilon} \phi^3(x', t')$$

is equivalent to the differential equation

1. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2} - m^2 + i\epsilon\right) \phi(x, t) = -\frac{1}{6} \lambda \phi^3(x, t)$
2. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = \lambda \phi^2(x, t)$
3. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = -3\lambda \phi^2(x, t)$
4. $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + m^2 - i\epsilon\right) \phi(x, t) = -\lambda \phi^3(x, t)$

50. जनक फलन $F(q, P) = q^2 P$ द्वारा एक विहित रूपांतरण $(q, p) \rightarrow (Q, P)$ हैमिल्टनी

$$H(q, p) = \frac{p^2}{2\alpha q^2} + \frac{\beta}{4} q^4$$

(जहाँ α तथा β अचर हैं) पर किया जाता है।

(Q, P) का गति-समीकरण हैं:

1. $\dot{Q} = P/\alpha$ तथा $\dot{P} = -\beta Q$
2. $\dot{Q} = 4P/\alpha$ तथा $\dot{P} = -\beta Q/2$
3. $\dot{Q} = P/\alpha$ तथा $\dot{P} = -\frac{2P^2}{Q} - \beta Q$
4. $\dot{Q} = 2P/\alpha$ तथा $\dot{P} = -\beta Q$

50. A canonical transformation $(q, p) \rightarrow (Q, P)$ is made through the generating function $F(q, P) = q^2 P$ on the Hamiltonian

$$H(q, p) = \frac{p^2}{2\alpha q^2} + \frac{\beta}{4} q^4$$

where α and β are constants. The equations of motion for (Q, P) are

1. $\dot{Q} = P/\alpha$ and $\dot{P} = -\beta Q$
2. $\dot{Q} = 4P/\alpha$ and $\dot{P} = -\beta Q/2$
3. $\dot{Q} = P/\alpha$ and $\dot{P} = -\frac{2P^2}{Q} - \beta Q$
4. $\dot{Q} = 2P/\alpha$ and $\dot{P} = -\beta Q$

51. एक छः अवयव समूह $G = \{e, a, b, c, d, f\}$ की समूह गुणन तालिका का एक भाग निम्न दर्शाया गया है (निम्न में G का तत्समक अवयव e है।)

	e	a	b	c	d	f
e	e	a	b	c	d	f
a	a	b	e	d		
b	b	e	x	f	y	z
c	c					
d	d					
f	f					

प्रविष्टियां x, y तथा z को होने चाहिये:

1. $x = a, y = d$ तथा $z = c$
2. $x = c, y = a$ तथा $z = d$
3. $x = c, y = d$ तथा $z = a$
4. $x = a, y = c$ तथा $z = d$

51. A part of the group multiplication table for a six element group $G = \{e, a, b, c, d, f\}$ is shown below. (In the following e is the identity element of G .)

	e	a	b	c	d	f
e	e	a	b	c	d	f
a	a	b	e	d		
b	b	e	x	f	y	z
c	c					
d	d					
f	f					

The entries x , y and z should be

- $x = a$, $y = d$ and $z = c$
 - $x = c$, $y = a$ and $z = d$
 - $x = c$, $y = d$ and $z = a$
 - $x = a$, $y = c$ and $z = d$
52. एक एकसमान चुंबक क्षेत्र B में विद्युत धारा I को वहन करते एक पाश, जिसकी त्रिज्या a है, को रखा जाता है। यदि पाश से लंब दिशा को \hat{n} से निर्दिष्ट किया जाता है, तो पाश पर बल F तथा बल आघूर्ण T हैं

- $F = 0$ तथा $T = \pi a^2 I \hat{n} \times B$
- $F = \frac{\mu_0}{4\pi} I \times B$ तथा $T = 0$
- $F = \frac{\mu_0}{4\pi} I \times B$ तथा $T = I \hat{n} \times B$
- $F = 0$ तथा $T = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} IB$

52. A loop of radius a , carrying a current I , is placed in a uniform magnetic field B . If the normal to the loop is denoted by \hat{n} , the force F and the torque T on the loop are

- $F = 0$ and $T = \pi a^2 I \hat{n} \times B$
- $F = \frac{\mu_0}{4\pi} I \times B$ and $T = 0$
- $F = \frac{\mu_0}{4\pi} I \times B$ and $T = I \hat{n} \times B$
- $F = 0$ and $T = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} IB$

53. किसी विशिष्ट निर्देश फ्रेम में विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्रों के मान (गाऊसी इकाइयों में) क्रमशः $E = 3\hat{x} + 4\hat{y}$ तथा $B = 3\hat{z}$ हैं। इस फ्रेम के सापेक्ष चलने वाला एक जड़त्वीय प्रेक्षक विद्युत क्षेत्र के परिमाण पाता है $|E'| = 4$ । उससे मापा गया चुंबक क्षेत्र का परिमाण $|B'|$ है:

- 5
- 9
- 0
- 1

53. The values of the electric and magnetic fields in a particular reference frame (in Gaussian units) are $E = 3\hat{x} + 4\hat{y}$ and $B = 3\hat{z}$, respectively. An inertial observer moving with respect to this frame measures the magnitude of the electric field to be $|E'| = 4$. The magnitude of the magnetic field $|B'|$ measured by him is

- 5
- 9
- 0
- 1

54. त्रिविम में गतिशील एक तंत्र का लाग्रान्जी

$$L = \frac{1}{2} m \dot{x}_1^2 + m(\dot{x}_2^2 + \dot{x}_3^2) - \frac{1}{2} k x_1^2 - \frac{1}{2} k (x_2 + x_3)^2$$

से दिया जाता है। गति के स्वतंत्र अचर हैं/हैं

- केवल ऊर्जा
- केवल ऊर्जा, रेखिक संवेग का एक घटक एवं कोणीय संवेग का एक घटक
- केवल ऊर्जा एवं रेखिक संवेग का एक घटक
- केवल ऊर्जा एवं कोणीय संवेग का एक घटक

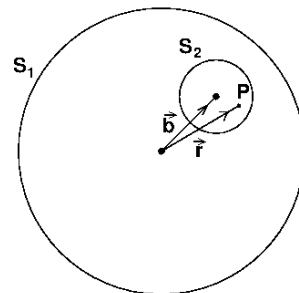
54. The Lagrangian of a system moving in three dimensions is

$$L = \frac{1}{2} m \dot{x}_1^2 + m(\dot{x}_2^2 + \dot{x}_3^2) - \frac{1}{2} k x_1^2 - \frac{1}{2} k (x_2 + x_3)^2$$

The independent constant(s) of motion is/are

- energy alone
- only energy, one component of the linear momentum and one component of the angular momentum.
- only energy and one component of the linear momentum
- only energy and one component of the angular momentum

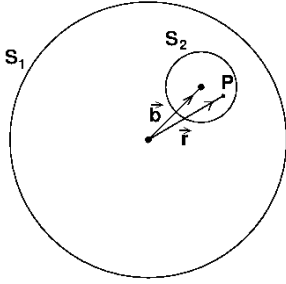
55. त्रिज्या R के एक गोले S_1 पर विचारें जो एक एकसमान आवेश घनत्व ρ रखता है। उसमें से त्रिज्या $a < R/2$ का एक छोटा गोला S_2 , काटकर निकाल दिया जाता है। जैसे कि चित्र में दर्शाया गया है, दोनों गोलों के केंद्र सदिश $\vec{b} = \hat{n}R/2$ से पृथकित हैं।



S_2 के अंदर बिंदु P पर विद्युत क्षेत्र है

1. $\frac{\rho R}{3\epsilon_0} \hat{n}$
2. $\frac{\rho R}{3\epsilon_0 a} (\vec{r} - \hat{n}a)$
3. $\frac{\rho R}{6\epsilon_0} \hat{n}$
4. $\frac{\rho a}{3\epsilon_0 R} \vec{r}$

55. Consider a sphere S_1 of radius R which carries a uniform charge of density ρ . A smaller sphere S_2 of radius $a < R/2$ is cut out and removed from it. The centres of the two spheres are separated by the vector $\vec{b} = \hat{n}R/2$, as shown in the figure.



The electric field at a point P inside S_2 is

1. $\frac{\rho R}{3\epsilon_0} \hat{n}$
2. $\frac{\rho R}{3\epsilon_0 a} (\vec{r} - \hat{n}a)$
3. $\frac{\rho R}{6\epsilon_0} \hat{n}$
4. $\frac{\rho a}{3\epsilon_0 R} \vec{r}$

56. विभव $V(x) = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 + g \cos kx$ के अधीन द्रव्यमान m के एक कण पर विचारें। सरल प्रसंवादी (हार्मोनिक) विभव $\frac{1}{2}m\omega^2 x^2$ की तुलना में, g में प्रथम कोटि तक आद्यावस्था ऊर्जा में परिवर्तन है:

1. $g \exp\left(-\frac{k^2 \hbar}{2m\omega}\right)$
2. $g \exp\left(\frac{k^2 \hbar}{2m\omega}\right)$
3. $g \exp\left(-\frac{2k^2 \hbar}{m\omega}\right)$
4. $g \exp\left(-\frac{k^2 \hbar}{4m\omega}\right)$

56. Consider a particle of mass m in a potential $V(x) = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 + g \cos kx$. The change in the ground state energy, compared to the simple harmonic potential $\frac{1}{2}m\omega^2 x^2$, to first order in g is

1. $g \exp\left(-\frac{k^2 \hbar}{2m\omega}\right)$
2. $g \exp\left(\frac{k^2 \hbar}{2m\omega}\right)$
3. $g \exp\left(-\frac{2k^2 \hbar}{m\omega}\right)$
4. $g \exp\left(-\frac{k^2 \hbar}{4m\omega}\right)$

57. एक विम में द्रव्यमान m का एक कण विभव $V(x) = -\alpha\delta(x)$ (जहां α एक धन अचर है), के

प्रभाव में गतिशील है। उसकी आद्य अवस्था में गुणनफल $(\Delta x)(\Delta p)$ में अनिश्चितता है:

1. $2\hbar$
2. $\hbar/2$
3. $\hbar/\sqrt{2}$
4. $\sqrt{2}\hbar$

57. A particle of mass m moves in one dimension under the influence of the potential $V(x) = -\alpha\delta(x)$, where α is a positive constant. The uncertainty in the product $(\Delta x)(\Delta p)$ in its ground state is

1. $2\hbar$
2. $\hbar/2$
3. $\hbar/\sqrt{2}$
4. $\sqrt{2}\hbar$

58. एक तरंग पथक का अनुप्रस्थ काट, पार्श्व $2a$ का एक वर्ग है। तरंग सदिश k की TM विधाओं के लिए सीमा प्रतिबंध $\psi(\pm a, y) = \psi(x, \pm a) = 0$ युक्त समीकरण

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \left(\frac{\omega^2}{c^2} - k^2 \right) \right] \psi(x, y) = 0$$

का समाधान करते एक फलन $\psi(x, y)$ के पदों पर अनुप्रस्थ विद्युत-चुंबकीय विधायें पायी जाती हैं। न्यूनतम विधा की आवृत्ति ω है:

1. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{4\pi^2}{a^2} \right)$
2. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{a^2} \right)$
3. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{2a^2} \right)$
4. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{4a^2} \right)$

58. A waveguide has a square cross-section of side $2a$. For the TM modes of wavevector k , the transverse electromagnetic modes are obtained in terms of a function $\psi(x, y)$ which obeys the equation

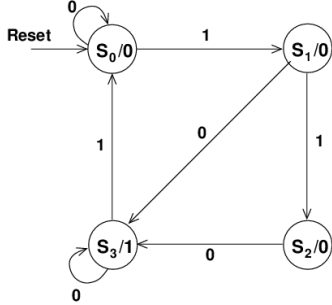
$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \left(\frac{\omega^2}{c^2} - k^2 \right) \right] \psi(x, y) = 0$$

with the boundary condition $\psi(\pm a, y) = \psi(x, \pm a) = 0$. The frequency ω of the lowest mode is given by

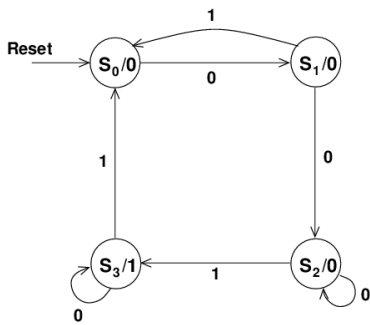
1. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{4\pi^2}{a^2} \right)$
2. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{a^2} \right)$
3. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{2a^2} \right)$
4. $\omega^2 = c^2 \left(k^2 + \frac{\pi^2}{4a^2} \right)$

59. एक बिट अनुक्रमी सरिता में तीन या अधिक क्रमागत 1 का संसूचन निम्न अवस्था चित्रों में कौन-सा करता है?

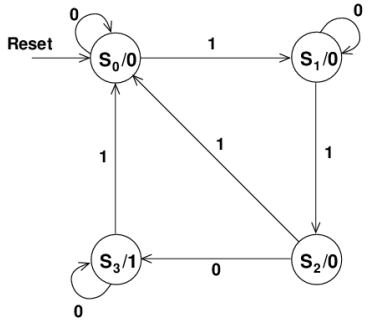
1.



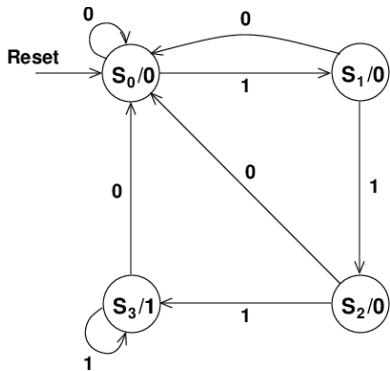
2.



3.

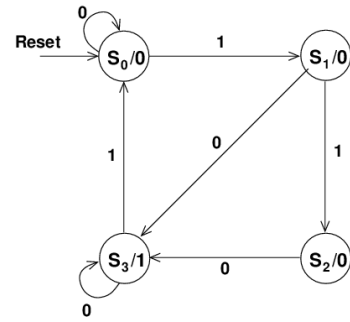


4.

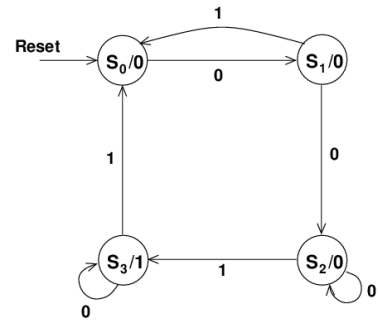


59. The state diagram that detects three or more consecutive 1's in a serial bit stream is

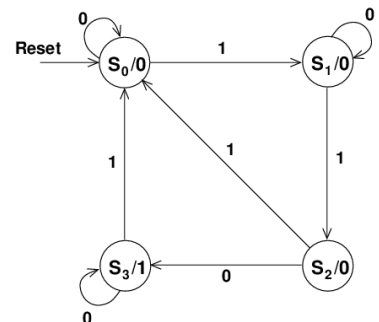
1.



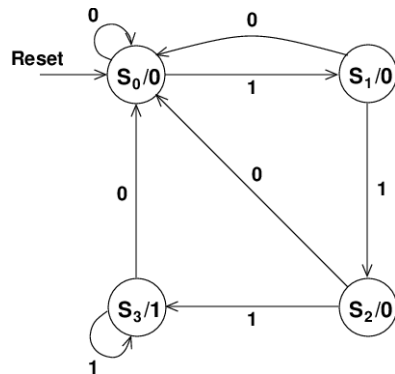
2.



3.



4.



60. विभव $V(x) = a|x|$ में स्थित द्रव्यमान m के एक कण के WKB सन्निकटन

$$\sqrt{2m} \int_a^b \sqrt{E - V(x)} dx = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \pi,$$

(जहां a तथा b वर्तन बिंदु हैं तथा $n = 0, 1, 2, \dots$) में निर्धारित ऊर्जा-स्तरों है

1. 1×10^{-9} K 2. 7×10^{-5} K
3. 1×10^{-3} K 4. 2×10^{-8} K
64. Consider a gas of Cs atoms at a number density of 10^{12} atoms/cc. When the typical inter-particle distance is equal to the thermal de Broglie wavelength of the particles, the temperature of the gas is nearest to (Take the mass of a Cs atom to be 22.7×10^{-26} kg.)
1. 1×10^{-9} K 2. 7×10^{-5} K
3. 1×10^{-3} K 4. 2×10^{-8} K
65. नियत आयतन पर एक तंत्र की आंतरिक ऊर्जा $E(T)$ ताप T पर इस प्रकार निर्भर पाया गया: $E(T) = aT^2 + bT^4$. तो ताप के एक फलन के रूप में एंट्रॉपी $S(T)$ है
1. $\frac{1}{2}aT^2 + \frac{1}{4}bT^4$ 2. $2aT^2 + 4bT^4$
3. $2aT + \frac{4}{3}bT^3$ 4. $2aT + 2bT^3$
65. The internal energy $E(T)$ of a system at a fixed volume is found to depend on the temperature T as $E(T) = aT^2 + bT^4$. Then the entropy $S(T)$, as a function of temperature, is
1. $\frac{1}{2}aT^2 + \frac{1}{4}bT^4$ 2. $2aT^2 + 4bT^4$
3. $2aT + \frac{4}{3}bT^3$ 4. $2aT + 2bT^3$
66. किसी स्फटिक में एक इलेक्ट्रॉन की बैंड ऊर्जा, एक विशिष्ट k -दिशा के लिए $\varepsilon(k) = A - B \cos 2ka$ के रूप में है, जहाँ A तथा B अचर हैं तथा $0 < ka < \pi$. k का निम्न परिसर पर इलेक्ट्रॉन का होल-जैसा व्यवहार होगा:
1. $\frac{\pi}{4} < ka < \frac{3\pi}{4}$ 2. $\frac{\pi}{2} < ka < \pi$
3. $0 < ka < \frac{\pi}{4}$ 4. $\frac{\pi}{2} < ka < \frac{3\pi}{4}$
66. The band energy of an electron in a crystal for a particular k -direction has the form $\varepsilon(k) = A - B \cos 2ka$, where A and B are positive constants and $0 < ka < \pi$. The electron has a hole-like behaviour over the following range of k :
1. $\frac{\pi}{4} < ka < \frac{3\pi}{4}$ 2. $\frac{\pi}{2} < ka < \pi$
3. $0 < ka < \frac{\pi}{4}$ 4. $\frac{\pi}{2} < ka < \frac{3\pi}{4}$
67. गैफीन, जो कार्बन परमाणुओं का एक समतलीय एकाणवीय परत है, में इलेक्ट्रॉनों पर विचारें। यदि पूरे k -स्पेस में इलेक्ट्रॉनों का परिक्षेपण संबंध $\varepsilon(k) = ck$ (जहाँ c एक अचर है) लिया जाता है, तो फेर्मी ऊर्जा ε_F इलेक्ट्रॉनों की संख्या-घनत्व ρ पर इस प्रकार निर्भर है:
1. $\varepsilon_F \propto \rho^{1/2}$ 2. $\varepsilon_F \propto \rho$
3. $\varepsilon_F \propto \rho^{2/3}$ 4. $\varepsilon_F \propto \rho^{1/3}$
67. Consider electrons in graphene, which is a planar monatomic layer of carbon atoms. If the dispersion relation of the electrons is taken to be $\varepsilon(k) = ck$ (where c is constant) over the entire k -space, then the Fermi energy ε_F depends on the number density of electrons ρ as
1. $\varepsilon_F \propto \rho^{1/2}$ 2. $\varepsilon_F \propto \rho$
3. $\varepsilon_F \propto \rho^{2/3}$ 4. $\varepsilon_F \propto \rho^{1/3}$
68. भारी क्वॉर्क सीमांत में, भारी छद्म-अदिश मैसॉनों के क्षयांक f_p उनके अपने द्रव्यमान m_p से $f_p = \frac{a}{\sqrt{m_p}}$ द्वारा संबंधित हैं। यहाँ a एक आनुभविक प्राचल है, जिसका निर्धारण बाकी है। मान $m_p = 6400 \pm 160$ MeV तथा $f_p = 180 \pm 15$ MeV एक मैसॉन के असहसंबंधित मापन से संगत हैं। a के आकलन में त्रुटि है
1. 175 (MeV)^{3/2} 2. 900 (MeV)^{3/2}
3. 1200 (MeV)^{3/2} 4. 2400 (MeV)^{3/2}
68. The decay constants f_p of the heavy pseudoscalar mesons, in the heavy quark limit, are related to their masses m_p by the relation $f_p = \frac{a}{\sqrt{m_p}}$, where a is an empirical parameter to be determined. The values $m_p = 6400 \pm 160$ MeV and $f_p = 180 \pm 15$ MeV correspond to uncorrelated measurements of a meson. The error on the estimate of a is
1. 175 (MeV)^{3/2} 2. 900 (MeV)^{3/2}
3. 1200 (MeV)^{3/2} 4. 2400 (MeV)^{3/2}
69. ²²Ti के बाह्य कोश की आद्य अवस्था का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास [Ar]3d²4s² है। मानक स्पेक्ट्रोस्कोपिक निर्दिष्टों में, इस विन्यास के लिए निम्न में से कौन-सा संभव नहीं है?
1. ¹F₃ 2. ¹S₀
3. ¹D₂ 4. ³P₀
69. ²²Ti के बाह्य कोश की आद्य अवस्था का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास [Ar]3d²4s² है। मानक स्पेक्ट्रोस्कोपिक निर्दिष्टों में, इस विन्यास के लिए निम्न में से कौन-सा संभव नहीं है?
1. ¹F₃ 2. ¹S₀
3. ¹D₂ 4. ³P₀

69. The ground state electronic configuration of ^{22}Ti is $[\text{Ar}]3d^24s^2$. Which state, in the standard spectroscopic notations, is not possible in this configuration?
1. 1F_3
 2. 1S_0
 3. 1D_2
 4. 3P_0
70. मानें कि परमाणुओं की एक-विमीय श्रृंखला में फ़ोनॉनों की आवृत्ति तरंग सदिश के अनुपात में है। यदि n परमाणुओं की संख्या घनत्व है तथा c फ़ोनॉनों की गति है, तो डेबाई आवृत्ति है
1. $2\pi cn$
 2. $\sqrt{2}\pi cn$
 3. $\sqrt{3}\pi cn$
 4. $\pi cn/2$
70. Suppose the frequency of phonons in a one-dimensional chain of atoms is proportional to the wavevector. If n is the number density of atoms and c is the speed of the phonons, then the Debye frequency is
1. $2\pi cn$
 2. $\sqrt{2}\pi cn$
 3. $\sqrt{3}\pi cn$
 4. $\pi cn/2$
71. चुंबकीय क्षेत्र 0.3 T के उपयोग करते हुये एक साधारण ज़ीमान प्रभाव प्रयोग में 660 nm मानावलीय (स्पेक्ट्रमी) रेखा के घटकों के बीच का विपाटन है
1. 12 pm
 2. 10 pm
 3. 8 pm
 4. 6 pm
71. In a normal Zeeman effect experiment using a magnetic field of strength 0.3 T, the splitting between the components of a 660 nm spectral line is
1. 12 pm
 2. 10 pm
 3. 8 pm
 4. 6 pm
72. कोश प्रतिमान के अनुसार $^{27}_{13}\text{Al}$ नाभिक का नाभिकीय चुंबकीय आघूर्ण है (यह दिया गया है कि एक प्रोटॉन के लिए $g_l = 1$, $g_s = 5.586$, तथा एक न्यूट्रॉन के लिए $g_l = 0$, $g_s = -3.826$.)
1. $-1.913 \mu_N$
 2. $14.414 \mu_N$
 3. $4.793 \mu_N$
 4. 0
72. According to the shell model, the nuclear magnetic moment of the $^{27}_{13}\text{Al}$ nucleus is (Given that for a proton $g_l = 1$, $g_s = 5.586$, and for a neutron $g_l = 0$, $g_s = -3.826$.)
1. $-1.913 \mu_N$
 2. $14.414 \mu_N$
 3. $4.793 \mu_N$
 4. 0
73. एक दो-स्तर परमाणु के ऊर्जा स्तरों 2 eV से पृथकृत है। मानें कि आद्य अवस्था में 4×10^{20} परमाणु हैं तथा लेसिंग के शुरू होने के तुरंत पहले 7×10^{20} परमाणु उत्तेजित अवस्था में पंपित किये जाते हैं। केवल एक लेसर पल्स में कितनी ऊर्जा निकलेगी?
1. 24.6 J
 2. 22.4 J
 3. 98 J
 4. 48 J
73. The separation between the energy levels of a two-level atom is 2 eV. Suppose that 4×10^{20} atoms are in the ground state and 7×10^{20} atoms are pumped into the excited state just before lasing starts. How much energy will be released in a single laser pulse?
1. 24.6 J
 2. 22.4 J
 3. 98 J
 4. 48 J
74. मानें कि द्रव बिंदु प्रतिमान में E_S प्रति न्यूक्लियॉन की पृष्ठीय ऊर्जा निर्दिष्ट करती है। अनुपात $E_S(^{27}_{13}\text{Al}) : E_S(^{64}_{30}\text{Zn})$ है
1. 2:3
 2. 4:3
 3. 5:3
 4. 3:2
74. Let E_S denote the contribution of the surface energy per nucleon in the liquid drop model. The ratio $E_S(^{27}_{13}\text{Al}) : E_S(^{64}_{30}\text{Zn})$ is
1. 2:3
 2. 4:3
 3. 5:3
 4. 3:2
75. बृहत् हैड्रॉन कोल्लाइडर (LHC) में 27 कि.मी. लंबी एक वर्तुलाकार पथ में दो समान ऊर्जा वाले प्रोटॉन बीम उल्टी दिशाओं में पारित होती हैं। एक प्रोटॉन-प्रोटॉन युगल की द्रव्यमान-केंद्र-ऊर्जा यदि 14 TeV है, तो पूरे पथ को पारित करने में प्रोटॉन को लगने वाले उचित काल का श्रेष्ठतम सन्निकटन निम्न में से क्या है?
1. 12 ns
 2. 1.2 μs
 3. 1.2 ns
 4. 0.12 μs
75. In the large hadron collider (LHC), two equal energy proton beams traverse in opposite directions along a circular path of length 27 km. If the total centre of mass energy of a proton-proton pair is 14 TeV, which of the following is the best approximation for the proper time taken by a proton to traverse the entire path?
1. 12 ns
 2. 1.2 μs
 3. 1.2 ns
 4. 0.12 μs

FOR ROUGH WORK