Рекомендации абитурентам по решению некоторых образцов тестовых заданий по физике

Тестовое задание №1

Вектор напряжённости электрического поля $\vec{E}$ и вектор магнитной индукции $\vec{B}$ электромагнитной волны, распространяющейся в вакууме, перпендикулярны друг другу. Какой угол образует вектор напряжённости электрического поля волны $\vec{E}$ с направлением её распространения?

A) π/4
B) π/2
C) π/6
D) π/8

Это тестовое задание составлено в соответствии с подразделом 3.5 третьего раздела и кодом 1.12 требований второго раздела Кодификатора и является заданием первой степени сложности согласно Спецификации.

Порядок выполнения задания:

Согласно теории Максвелла в электромагнитной волне три вектора – электрическое поле ($\vec{E}$), магнитное поле ($\vec{B}$) и скорость волны ($\vec{v}$) взаимоперпендекулярны.

Правильный ответ: B)$\frac{\pi}{2}$

Источник: Т.М.Оплачко и др. Учебное пособие для академических лицеев и профессиональных колледжей. Часть 2. Глава VII. §43. 149 стр. Ташкент 2016.

Тестовое задание №2

Сила тока через катушку с индуктивностью 0,6 Гн равномерно возрастает за 0,3 с от I_1=3 А до I_2. В результате возникает ЭДС самоиндукции 6 В. На сколько изменяется при этом энергия (Дж) магнитного поля катушки?

A) 8,5
B) 8,1
C) 0,85
D) 7,5

Это тестовое задание составлено в соответствии с подразделом 3.4 третьего раздела и кодом 1.12 требований второго раздела Кодификатора и является заданием второй степени сложности согласно Спецификации.

Порядок выполнения задания:

Согласно закону электромагнитной индукции

$$E = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}, \Delta I=-3A.$$

Согласно условию задачи, сила тока возрастает, поэтому корректируем знак силы тока и ЭДС самоиндукции: E=-6 В, ΔI=3А. Затем:

$$I_2 = I_1 + \Delta I = 6 \text{ А},$$

$$\Delta W = L\frac{(I_2^2 - I_1^2)}{2} = 8{,}1 \text{ Дж.}$$

Правильный ответ: B) 8,1

Источник: Т.М.Оплачко и др. Учебное пособие для академических лицеев и профессиональных колледжей. Часть 2. Глава V. §35. 118-119 стр. Ташкент 2016.

Тестовое задание №3

Точечные заряды $4q$, $2q$, и $3q$ закреплены в этой последовательности на одной прямой. Расстояние между соседними зарядами a. Какой скорости достигнет заряд $3q$ с массой m, если его освободить?

A)

B)

C)

D)

Это тестовое задание составлено в соответствии с подразделом 3.1 третьего раздела и кодом 1.12 требований второго раздела Кодификатора и является заданием третьей степени сложности согласно Спецификации

Порядок выполнения задания:

Заряд $3q$ взаимодействует с зарядами $4q$, $2q$, и имеет соответствующую потенциальную энергию взаимодействия:

$$W_{p1} = \frac{k\cdot 4q\cdot 3q}{2\cdot a} + \frac{k\cdot 2q\cdot 3q}{a} = \frac{12k\cdot q^2}{a}$$

При освобождении заряда $3q$ эта энергия преобразуется в кинетическую энергию частицы: $\frac{12k\cdot q^2}{a} = \frac{m\mathrm{v}^2}{2}$, .

Правильный ответ: D) $2q\sqrt{\frac{6k}{ma}}$.

Источник: Т.М.Оплачко и др. Учебное пособие для академических лицеев и профессиональных колледжей. Часть 2. Глава IV. §28. 64 стр., Часть 1. Глава I. §4. 10 стр. Ташкент 2016.

Тестовое задание №4

На высоте h=R над Землёй по круговой орбите двигается космический корабль, на которое действует гравитационная сила 100 кН. Найти центростремительную силу (кН) действующую на корабль. R – радиус Земли.

A) 50

B) 0

C) 100

D) 25

Это тестовое задание составлено в соответствии с подразделом 1.2 второго раздела и кодом 1.5 требований второго раздела Кодификатора и является заданием первой степени сложности согласно Спецификации.

Порядок выполнения задания:

Космический корабль находится в свободном полёте под действием притяжения Земли – силы тяжести (гравитационной силы). Так как в условии задания говорится, что орбита круговая, то корабль имеет центростремительное ускорение. Но единственная сила, действующая на корабль, это гравитационное притяжение и, именно оно образует центростремительную силу, которая придает центростремительное ускорение.

Правильный ответ: C) 100

Источник: П.Хабибуллаев и др. Учебник для 7 класса школ общего среднего образования. Глава V. §31. 104 стр. Ташкент 2017.

Также, исходя из многолетнего опыта проведения тестовых испытаний, приводим рекомендации, которые посвящены исправлению ряда системных недостатков в знаниях абитуриентов по физике

1. О теплоёмкости

Молярная энергия газов подробно освещена во всех учебниках по физике, например в учебнике [1]:

$$U = \frac{i}{2}RT \qquad (1)$$

Степень свободы i=3 (для идеального газа, одноатомного газа), i=5 (для двухатомного газа), i=6 (для многоатомного газа). На основе формулы (1) определяется молярная и удельная теплоёмкость газов:

$$C_V = \frac{i}{2}R \qquad (2)$$

$$c_v = \frac{i}{2\mu}R \qquad (3)$$

Здесь μ - молярная масса. При использовании этих формул имеется одно исключение: три атома в молекуле CO_2 расположены линейно, поэтому степень свободы таких молекул равно пяти, как и для двухатомных молекул.

Подобным образом закон Дюлонга-Пти определяет теплоёмкость твёрдых тел:

$$C_v = 3R \qquad (4)$$

$$c_v = 3R/\mu \qquad (5)$$

Приведённые формулы во многих случаях позволяют определять молярную и удельную теплоёмкость без обращения к справочникам. Хотя справочники могут уточнять эти сведения.

2. О гравитационной энергии

Согласно закону Всемирного тяготения, между точечными или сферическими телами существует сила притяжения:

$$F = G\frac{Mm}{r^2} \qquad (6)$$

Там, где есть сила, есть работа и энергия. В частности энергия гравитационного взаимодействия двух шарообразных тел равна:

$$W = -G\frac{Mm}{r}. \qquad (7)$$

Так как гравитационное взаимодействие всегда имеет характер притяжения, энергия взаимодействия всегда имеет отрицательный знак (в случае взаимодействия электрических зарядов знак энергии определяется знаками взаимодействующих зарядов). Формулы (6) и (7), естественно, взаимосвязаны: методами высшей математики из первого можно вывести второй, из второго - первый.

Используя формулу (7) можно записать закон сохранения энергии тела (m) в гравитационном поле планеты (M):

$$W = m\left(\frac{\mathbf{v}^2}{\mathbf{2}} - G\frac{M}{r}\right) = const. \qquad (8)$$

Здесь величина $\varphi(r) = -GM/r$ является потенциалом гравитационного поля сферической планеты, с использованием которого потенциальная энергия взаимодействия записывается в виде $m\varphi$. В реальных расчётах потенциал поля удобно записывать через ускорение свободного падения при соответствующей координате: $\varphi(r) = -g(r)r = -\frac{gR^2}{r}$, здесь R–радиус планеты.

С помощью формулы (8) можно определить, свободно ли тело m от планеты M: при: W<0 тело связано с планетой, не может от него уйти, при W>0 тело взаимодействует с планетой, но в конце уйдёт от неё навсегда. Случай W=0 определяет предельно малую скорость (вторую космическую скорость), при которой тело может уйти от планеты: $\mathbf{v}_2 = 2GM$. Первая космическая скорость–определяется законами вращательного движения вокруг планеты: $\mathbf{v}_1 = GM$ и как видно из выражения также связана с потенциалом гравитационного поля. При таком вращательном движении модуль потенциальной энергии вдвое превышает кинетическую энергию вращения, а полная энергия тела равна: $W = -GMm/2r$.

Гравитационная потенциальная энергия имеет абсолютный характер и не требует ограничений типа “относительно поверхности земли”. При удалении тел на бесконечное расстояние энергия взаимодействия достигает максимума, равного нулю.

В учебниках седьмого класса [2] вводится формула потенциальной энергии mgh. Найдём связь между двумя формулами потенциальной энергии. Пусть тело с массой m вначале находится на расстоянии r_1 от центра планеты, в конце движения – на расстоянии r_2. Если ввести обозначение $h = r_2 - r_1$, на основе (7) разность потенциальных энергий будет равна $\Delta W = \frac{GMm}{r_1 r_2} h$. В случае h<<R произведение $r_1 r_2$ можно заменить радиусом планеты: R^2. Тогда разность потенциальных энергий равна:

$$\Delta W = \frac{GMm}{R^2} h = mgh \qquad (9)$$

Итак, формула (7) имеет абсолютный характер, а формула *mgh* для потенциальной энергии (и работы) имеет приближённый и относительный характер. Когда Человечество жило на поверхности Земли, мы в расчётах работы и энергии могли ограничиться использованием формулы *mgh*. Ныне, когда космические аппараты вышли даже за пределы Солнечной системы, при решении космических проблем есть потребность в использовании более совершенных знаний и математического аппарата.

3.Релятивистское соотношение между энергией и импульсом

Во всех учебниках, как и в учебнике [1] приводятся релятивистские выражения для энергии и импульса материальных тел:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad (10)$$

здесь m и масса покоя и скорость тела. Исключая из этих формул скорость тела находим релятивистскую связь между импульсом и полной энергией тела:

$$E^2 / c^2 = p^2 + m^2 c^2 \qquad (11)$$

В теоретических трудах уравнение (11) получается ранее формул (10). Нетрудно понять, что уравнение (11) имеет более важное значение, чем выражения (10). Действительно, выражения (10) применимы только к телам с массой покоя, а уравнение (11) применимо также к материи без массы покоя (m=0), каковыми являются электромагнитные волны. Для них уравнение (11) приводит к соотношению $E = pc$ между энергией и импульсом, которое подтверждается также электродинамикой.

4. Столкновения шаров

Большие возможности законов сохранения особенно проявляются при исследовании столкновений. Пусть шар с импульсом $\vec{p}$ на горизонтальной плоскости сталкивается со вторым неподвижным шаром. Импульсы шаров после столкновения обозначим через $\vec{p}_1$ и $\vec{p}_2$. Согласно закона сохранения импульса:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \qquad (12)$$

$$p^2 = p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2\cos\alpha \quad (13)$$

Здесь α - угол между векторами $\vec{p}_1$ и $\vec{p}_2$.

Запишем закон сохранения энергии при столкновении через импульсы шаров:

$$\frac{p^2}{2m_1} = \frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2}. \qquad (14)$$

При столкновении одинаковых шаров имеем:

$$p^2 = p_1^2 + p_2^2 \qquad (15)$$

Сравнивая (13) и (14) находим условие сохранения энергии и импульса при столкновении:

$$p_1p_2\cos\alpha = 0 \qquad (16)$$

При центральном столкновении $\cos\alpha = 1$, значит условия (16) и (15) выполняются только при $p_1 = 0, p_2 = p$: при центральном столкновении одинаковые шары обмениваются импульсами и скоростями. На этом свойстве столкновений изготавливаются интересные игрушки.

В случае не центрального столкновения условие (16) даёт решение $\cos\alpha = 0$, следовательно $\alpha = \pi/2$: при не центральном столкновении одинаковых шаров они рассеваются взаимно перпендикулярно. К таким интересным свойствам столкновений приводят законы сохранения энергии и импульса.

5. Преобразования Галилея

Преобразования Галилея, хотя и включены в учебные программы, редко применяются. Здесь покажем, как сильно преобразования Галилея упрощают решение некоторых задач.

Задача. Протон с массой m и начальной скоростью v издали приближается к покоящейся вначале α-частице. Найти конечную скорость протона.

В этой задаче α-частица также приходит в движение, поэтому решение задачи не простое. Учтём, что масса α-частицы равна 4m. Вычислим скорость центра масс системы из двух частиц: $V = \frac{m\mathbf{v}}{5m} = \frac{\mathbf{v}}{5}$. Произведя преобразования Галилея, перейдём в систему координат, связанную с центром масс. В частности начальная скорость протона в этой системе равна $\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \frac{\mathbf{v}}{5} = \frac{4\mathbf{v}}{5}$. В этой системе координат обе частицы с равными импульсами приближаются к центру масс (началу координат) с противоположенных сторон, отталкиваются друг от друга и в конце возвращаются к начальному положению с противоположной скоростью. Значит, скорость протона будет $\mathbf{v}' = -\frac{4\mathbf{v}}{5}$. Осталось вернуться к начальной системе координат: конечная скорость протона равна: $-\frac{4\mathbf{v}}{5} + \frac{v}{5} = -\frac{3v}{5}$. Задача решена.

6. Движение под действием вязкого трения

При движении твёрдого тела в газах и жидкостях действует вязкое трение, сила которого пропорциональна скорости тела: . Движение под действием такой силы описывается уравнениями:

$$ma = -k\mathbf{v},$$

$$m\frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t} = -k\frac{\Delta\mathbf{x}}{\Delta t}$$

$$m\Delta\mathbf{v} = -k\Delta\mathbf{x}. \qquad (12)$$

Знак минус в этих уравнениях показывает, что движение вперёд связано с уменьшением скорости тела. Левая часть уравнения (12) равна изменению импульса тела, правая часть эффективным образом определяет импульс силы при непостоянной силе. Линейная связь между путём, пройденным телом и изменением скорости позволяет ставить задачи по определению пути, массы, коэффициенту сопротивления k, скорости, импульса? кинетической энергии, импульсу силы.

7. Формулы приближённого вычисления

В физике используются многие возможности математики. Здесь приведём формулы приближённого вычисления, сведения о которых трудно найти в учебниках математики. Границы аргумента приближённых формул рассчитаны исходя из требования, чтобы их ошибки не превышали 2%.

$$\sin x \approx x, \quad |x| < 0.35, \qquad (13)$$

$$tgx \approx x, \quad |x| < 0.25, \qquad (14)$$

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + x/2, \quad |x| < 0.35, \qquad (15)$$

$$\frac{1}{1+x} \approx 1 - x, \quad |x| < 0.14, \qquad (16)$$

$$e^x = 1 + x + x^2/2, \quad |x| < 0.18, \qquad (17)$$

$$\ln(1+x) = x - x^2/2 + x^3/3, \; |x| < 0.4. \qquad (18)$$

Формулы (13)-(14) в частности показывают, что радианная мера углов, является естественной, а градусная – исторической и искусственной.

Надеемся, что приведённые рекомендации помогут учащимся и их наставникам в подготовке к тестовым испытаниям.

Литература

1. А.Ғ.Ғаниев, А.К. Авлиёқулов, Г.А.Алмардонова. Физика, Тошкент, “Ўқитувчи”, 2010
2. П.Хабибуллаев и др.,Физика, 7-класс, Ташкент, 2017.