# Шаблон

**ФОРМУЛА**

а) раздел физики, какое физическое явление описывает формула;

б) обозначения всех физических величин в формуле и единицы их измерения;

в) задачи, которые решаются с помощью формулы, ограничения на использовании этих формул.

# Основные формулы электростатики

## (1)

а) электростатика, закон Кулона;

б) F — сила взаимодействия между двумя точечными зарядами [Н],

k — постоянная Кулона *(или коэффициент пропорциональности)* [Н•м2/Кл2],

Q — точечный заряд [Кл],

q — точечный заряд [Кл],

r — расстояние между зарядами [м],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2];

в) Закон Кулона определяет величину и направление силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами.

Чтоб выполнялся закон Кулона необходимо 3 условия: точечность зарядов, неподвижность зарядов, взаимодействие зарядов в вакууме.

## (2)

а) электростатика, напряженность электростатического поля точечного заряда в вакууме;

б) E — напряженность электростатического поля [Н/Кл = Дж/Кл•м = В/м],

r0 — единичный вектор, показывающий направление силы, действующей на положительный заряд [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

r — расстояние от точечного заряда до исследуемой точки [м],

Q — точечный заряд [Кл];

в) Для вычисления напряженности электростатического поля точечного заряда в вакууме.

Напряженность электростатического поля в данной точке есть физическая величина, определяемая силой, действующей на пробный единичный положительный заряд, помещенный в эту точку поля.

Направление вектора Е совпадает с направлением силы, действующей на положитель­ный заряд. Если поле создается положительным зарядом, то вектор Е направлен вдоль радиуса-вектора от заряда во внешнее пространство; если поле создается отрицательным зарядом, то вектор Е направлен к заряду.

## (3)

а) электростатика, физический смысл напряженности электростатического поля;

б) F — сила, действующая на пробный заряд, внесенный в поле заряда [Н],

E — напряженность электростатического поля [Н/Кл],

q — пробный заряд [Кл];

в) Показывает физический смысл напряженности электростатического поля: напряженность численно равна силе, действующая на единичный пробный заряд (q = 1 Кл), внесенный в поле заряда Q.

Формула справедлива для электростатического поля, создаваемого электрическим зарядом, распределенным на теле любой формы и любого размера.

## (4)

а) электростатика, напряженность суммарного электростатического поля;

б) E — напряженность суммарного электростатического поля [Н/Кл],

r0 — единичный вектор, показывающий направление силы, действующей на положительный заряд [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

r — расстояние от точечного заряда до исследуемой точки [м],

Q — (точечный) заряд [Кл];

в) Для вычисления напряженности суммарного электростатического поля.

Напряженность электростатического поля в данной точке есть физическая величина, определяемая силой, действующей на пробный единичный положительный заряд, помещенный в эту точку поля.

Если поле создается несколькими зарядами *Q1, Q2, ..., Qn*, то напряженности суммарного электростатического поля , где .

## (5)

а) электростатика, потенциал электростатического поля точечного заряда в вакууме;

б) Q — точечный заряд [Кл],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

*r* — расстояние от точечного заряда до рассматриваемой точки [м],

φ — потенциал электростатического поля [В = Дж/Кл];

в) Физический смысл потенциала — он численно равен работе по перемещению единичного положительного заряда из данной точки электростатического поля в бесконечность.

## (6)

а) электростатика, совершаемая работа при перемещении точечного заряда +q вдоль произвольной траектории из точки 1 в точку 2 в электростатическом поле, создаваемом точечным зарядом +Q, при r2→∞;

б) A — совершаемая работа [Дж],

r — расстояние между точками [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ϕ — потенциал электростатического поля заряда Q [В = Дж/Кл],

q — перемещаемый точечный заряд [Кл],

Q — точечный заряд, создаваемый электростатическое поле [Кл];

в) Для вычисления работы по перемещении точечного заряда +q вдоль произвольной траектории из точки 1 в точку 2 в электростатическом поле, создаваемом точечным зарядом +Q, при r 2→ ∞.

Совершаемая при этом работа равна , и она не зависит от траектории перемещения, а определяется только положением начальной 1 и конечной 2 точек, причем φ1 и φ2 — потенциалы электростатического поля заряда Q в точках 1 и 2. Если r2 → ∞, то .

## (7)

а) электростатика, работа сил электростатического поля;

б) Q — точечный заряд [Кл],

q — перемещаемый точечный заряд [Кл],

r1 — расстояние между зарядами в начальном положении [м],

r2 — расстояние между зарядами в конечном положении [м],

А — работа сил электростатического поля [Дж],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

φ — потенциал электростатического поля до перемещения заряда [В = Дж/Кл],

φ — потенциал электростатического поля после перемещения заряда [В = Дж/Кл];

в) Пусть в электростатическом поле, создаваемом точечным зарядом +*Q*, вдоль произвольной траектории из точки 1 в точку 2 перемещается точечный заряд +*q*. Работа не зависит от траектории перемещения, а определяется только положением начальной 1 и конечной 2 точек, причем φ1 и φ2 — потенциалы электростатического поля заряда *Q* в точках 1 и 2.

## (8)

а) электростатика, потенциал поля нескольких зарядов;

б) Qi — точечный заряд [Кл],

ri — расстояние от точечного заряда Q до рассматриваемой точки [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ϕ — потенциал электростатического поля заряда Q [В];

в) Для вычисления потенциала поля нескольких зарядов.

Физический смысл потенциала — он численно равен работе по перемещению единичного положительного заряда из данной точки электростатического поля в бесконечность.

Если поле создается несколькими зарядам, то действует правило суперпозиции .

1В есть потенциал такой точки поля, в которой заряд в 1 Кл обладает потенциальной энергией 1 Дж.

## (9) , здесь

а) электростатика, циркуляция вектора напряженности электростатического поля вдоль замкнутого контура;

б) E — напряженность электростатического поля [Н/Кл],

l — бесконечно малый замкнутый путь [м],

*dA* — работа по перемещению единичного заряда *q* на бесконечно малое расстояние *dL* в электростатическом поле под действием кулоновской силы [Дж];

в) работа, совершаемая при перемещении электричес­кого заряда во внешнем электростатическом поле по любому замкнутому пути *L*, равнациркуляции вектора напряженности электростатического поляи равна нулю.

Эта формула является *условием потенциальности электростатического поля*.

## (10)

а) электростатика, вектор напряженности электростатического поля;

б) E — напряженность электростатического поля [Н/Кл = Дж/Кл•м = В/м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

dS — площадь [м2],

Qi — точечный заряд [Кл];

в) Для вычисления напряженности электростатического поля. Формула является теоремой Гаусса для электростатического поля в вакууме и первым уравнением Максвелла.

Теорема Гаусса: поток вектора напряженности электростатического поля в вакууме сквозь произвольную замкнутую поверхность пропорционален алгебраической сумме заключенных внутри этой поверхности точечных зарядов.

Согласно теореме Гаусса (первому уравнению Максвелла) существуют изолированные электрические заряды.

## (11)

а) электростатика, закон Кулона для зарядов, находящихся в диэлектрике;

б) F — сила взаимодействия между двумя точечными зарядами [Н],

k — постоянная Кулона [Н•м2/Кл2],

Q — точечный заряд [Кл],

q — точечный заряд [Кл],

r — расстояние между зарядами [м],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ɛ — диэлектрическая проницаемость среды [безразмерная];

в) Он определяет величину и направление силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами. Условия: точечность зарядов, неподвижность зарядов. Она справедлива только для жидких и газообразных диэлектриков.

## (12)

а) электростатика, напряженность электростатического поля точечного заряда в диэлектрике;

б) E — напряженность электростатического поля [Н/Кл = Дж/Кл•м = В/м],

r0 — единичный вектор, показывающий направление силы, действующей на положительный заряд [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ε — диэлектрическая проницаемость среды [−],

r — расстояние от точечного заряда до исследуемой точки [м],

Q — точечный заряд [Кл];

в) Для вычисления напряженности электростатического поля точечного заряда в диэлектрике.

Напряженность электростатического поля в данной точке есть физическая величина, определяемая силой, действующей на пробный единичный положительный заряд, помещенный в эту точку поля.

Физическая причина уменьшения электрического поля внутри диэлектрика объясняется тем, что под действием внешнего поля на гранях диэлектрика возникает избыток положительного или отрицательного заряда, так что внутри диэлектрика возникает внутреннее поле, направленное против внешнего поля, так что суммарное поле оказывается меньше внешнего поля.  
  
(13)

а) электростатика, напряженность и потенциал поля заряда, равномерно распределенного по объему шара;

б) R — радиус шара [м],

ρ — плотность шара [кг/м3],

r — радиус вспомогательной сферы [м],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

E — напряженность электростатического поля [Н/Кл],

φ — потенциал электростатического поля [В = Дж/Кл],

Q — точечный заряд [Кл];

в) Внутри шара (*r* < *R*o) вспомогательная сфера радиуса *r* охватывает заряд и согласно теореме Гаусса имеем данную формулу, т. е. внутри шара напряженность поля меняется линейно с расстоянием.

## (14)

а) электростатика, электроемкость (емкость) уединенного проводника;

б) C — электроемкость (емкость) уединенного проводника [Ф],

Q — заряд уединенного проводника [Кл],

ϕ — потенциал уединенного проводника [В];

в) Для вычисления электроемкости уединенного проводника.

Уединенный проводник — это проводник, удаленный от других проводников, тел и зарядов.

Электрическая емкость уединенного проводника численно равна заряду, который надо сообщить проводнику для того, чтобы изменить его потенциал на единицу.

Емкость проводника зависит от его размера и формы, но не зависит от материала, агрегатного состояния, формы и размеров полостей внутри проводника.

## (15)

а) электростатика, емкость конденсатора;

б) Q — точечный заряд [Кл],

C — емкость конденсатора [Ф],

φ1 — потенциал электростатического поля [В],

φ2 — потенциал электростатического поля [В],

φ1 − φ2 — разность потенциалов [В];

в) Для вычисления емкости конденсатора.

*Емкость конденсатора* — это величина, равная отношению заряда Q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов (φ1 − φ2) между обкладками.

## (16)

а) электростатика, емкость плоского конденсатора;

б) C — емкость конденсаторов [Ф],

S — площадь одной пластины [м2],

d — расстояние между пластинами [м],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ε — диэлектрическая проницаемость среды [−];

в) Для вычисления емкости плоского конденсатора.

Конденсатор — это устройство, состоящее из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком.

Емкость конденсатора — это величина, равная отношению заряда Q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов между обкладками.

## (17)

а) электростатика, емкость цилиндрического конденсатора;

б) C — емкость цилиндрического конденсатора [Ф],

h — высота цилиндров [м],

*r*1, *r*2 — радиусы цилиндров [м],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ɛ — диэлектрическая проницаемость среды [безразмерная];

в) Для вычисления емкости цилиндрического конденсатора.

*Цилиндрический конденсатор* — состоит из двух коаксиальных цилиндров.

## (18)

а) электростатика, емкость сферического конденсатора;

б) C — емкость конденсаторов [Ф],

r1 и r2 — радиусы сфер [Ф],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ε — диэлектрическая проницаемость среды [−];

в) Для вычисления емкости сферического конденсатора.

Конденсатор — это устройство, состоящее из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком.

Емкость конденсатора — это величина, равная отношению заряда Q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов между обкладками.

## (19)

а) электростатика, емкость параллельно соединенных конденсаторов;

б) C — емкость конденсатора [Ф],

Сi — емкость каждого параллельно соединенного конденсатора [Ф];

в) Для вычисления параллельно соединенных конденсаторов.

## (20)

а) электростатика, емкость конденсаторов для последовательного соединения;

б) C — суммарная емкость конденсаторов [Ф],

Ci — емкость каждого конденсатора [Ф];

в) Для вычисления емкости конденсаторов при последовательном соединении.

Конденсатор — это устройство, состоящее из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком.

Емкость конденсатора — это величина, равная отношению заряда Q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов между обкладками.

## (21)

а) электростатика, потенциальная энергия системы неподвижных точечных зарядов;

б) W — потенциальная энергия [Дж],

*ϕi* — потенциал, создаваемый в точке, где находится заряд *Qi*, всеми зарядами, кроме *i*-го [В],

*Qi* — точечный заряд [Кл];

в) Для вычисления потенциальной энергии системы неподвижных точечных зарядов.

(22) *(вообще здесь между дробями должно стоять =)*

а) электростатика, потенциальная энергия заряженного уединенного проводника;

б) W — потенциальная энергия заряженного уединенного проводника [Дж],

C — емкость уединенного проводника [Ф],

ϕ — потенциал уединенного проводника [В],

Q — заряд уединенного проводника [Кл];

в) Для вычисления потенциальной энергии заряженного уединенного проводника.

Энергия заряженного проводника равна той работе, которую надо совершить, чтобы зарядить его.

## (23)

а) электростатика, потенциальная энергия заряженного конденсатора;

б) W — потенциальная энергия [Дж],

Δϕ — разность потенциалов между обкладками конденсатора [В],

*Q* — заряд конденсатора [Кл],

C — емкость конденсатора [Ф];

в) Для вычисления потенциальной энергии заряженного конденсатора.

## (24)

а) электростатика, потенциальная энергия электростатического поля;

б) W — потенциальная энергия электростатического поля [Дж],

ε0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ε — диэлектрическая проницаемость среды [−],

E — напряженность электростатического поля [Н/Кл = Дж/Кл•м = В/м],

S — площадь одной пластины конденсатора [м2],

d — расстояние между пластинами [м],

V — объем, где находится поле [м3];

в) Для вычисления потенциальной энергии электростатического поля.

## (25)

а) электростатика, объемная плотность энергии электростатического поля (энергия единицы объема) ;

б) W — потенциальная энергия [Дж],

V — объем [м3],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ɛ — диэлектрическая проницаемость среды [безразмерная],

E — напряженность электростатического поля [Н/Кл],

*w —* объемная плотность энергии электростатического поля [Н/м2];

в) Для вычисления объемной плотности энергии электростатического поля (энергия единицы объема).

# Основные формулы электродинамики

## (26)

а) электродинамика, сила тока;

б) Q — сила тока [A],

Q — электрический заряд [Кл],

t — время [с],

n — концентрация носителей тока [1/м3],

q — заряд носителя [Кл],

S — поперечное сечение проводника [м2],

V — скорость упорядоченного движения зарядов [м/с];

в) Для вычисления силы тока.

Электрическим током называется любое направленное (упорядоченное) движение электрических зарядов. За направление электрического тока принимается направление движения положительных зарядов.

Сила тока I (скалярная величина) служит количественной мерой электрического тока и определяется данным выражением (формулой).

Если сила тока и его направление не изменяются во времени, то ток называется постоянным.

1А — сила тока, когда через поперечное сечение проводника за 1 с протекает 1 Кл электричества.

## (27)

а) электродинамика, плотность тока;

б) *n* — концентрация носителей тока [1/м3],

*q* — заряд носителя [Кл],

*V* — скорость упорядоченного движения зарядов [м/с],

j — плотность тока [А/м2];

в) Плотность тока— вектор, численно равный силе тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока , и направление вектора совпадает с направлением упорядоченного движения положительных заряд**.**

Плотность тока является количественной мерой электрического тока.

## (28)

а) электродинамика, плотность тока;

б) j — плотность тока [А/м2],

dS — площадь поперечного сечения проводника [м2],

dI — сила тока [А];

в) Для вычисления работы, совершаемой источником тока и электростатическим полем при перемещении 1 кулона положительного заряда на участке цепи 1–2.

Плотность тока является количественной мерой электрического тока.

Плотность тока — вектор, численно равный силе тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока , и направление вектора совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов.

## (29)

а) электродинамика, сила тока через произвольную поверхность S;

б) *S* — площадь поперечного сечения проводника (м2),

I — сила тока [А],

j — плотность тока [А/м2];

в) для вычисления силы тока через произвольную поверхность *S*.

## (30)

а) электродинамика, работа по перемещению электрических зарядов внутри источника тока, которую совершают сторонние силы источника тока;

б) А — работа по перемещению электрических зарядов внутри источника тока [Дж],

ε— ЭДС источника тока [В],

Q — количество перенесенного электрического заряда [Кл];

в) Для вычисления работы по перемещению электрических зарядов внутри источника тока, которую совершают сторонние силы источника тока (химические реакции в гальванических элементах и механические силы в генераторах).

## (31)

а) электродинамика, ЭДС источника тока;

б) ε — электродвижущая сила (ЭДС) источника тока [В],

Аст — работа по перемещению электрических зарядов [Дж],

Q — количество перенесенного электрического заряда [Кл];

в) ЭДС — это физическая величина (скаляр), численно равная работе сторонних сил источника тока, совершаемой ими при перемещении 1 кулона положительного заряда внутри источника тока.  
  
(32)

а) электродинамика, работа, совершаемая источником тока и электростатическим полем при перемещении 1 кулона положительного заряда на участке цепи 1–2;

б) А — работа... [Дж],

ε 12 — ЭДС, действующая на участке цепи 1–2 [В],

φ1 − φ 2 — разность потенциалов на участке цепи 1–2 [В],

U12 = ε 12 + (φ 1 − φ 2) — напряжение на участке цепи 1–2 [В],

Q — точечный заряд [Кл];

в) Для вычисления работы, совершаемой источником тока и электростатическим полем при перемещении 1 кулона положительного заряда на участке цепи 1–2.

## (33)

а) электродинамика, закон Ома для однородного участка цепи;

б) *I* — сила тока [А],

*U* — приложенное напряжение [В],

*R* — сопротивление проводника [Ом];

в) Участок цепи, в котором отсутствует ЭДС, называется однородным участком цепи.

1 Ом — сопротивление такого проводника, в котором при напряжении 1 В течет постоянный ток 1 А.

## (34)

а) электродинамика, удельное сопротивление проводника;

б) ρ — удельное сопротивление проводника [Ом•м],

S — площадь поперечного сечения [м2],

R — сопротивление проводника [Ом],

l — длина проводника [В];

в) Для вычисления удельное сопротивление проводника.

Сопротивление проводника R зависит от его размера, формы и материала, из которого проводник изготовлен.

Поэтому удобно ввести понятие удельное сопротивление проводника.

Удельное сопротивление характеризует материал проводника и не зависит от его размеров.

## (35)

а) электродинамика, зависимость сопротивления от температуры;

б) R — значение сопротивления при температуре T [Ом],

R0 — значение сопротивления при температуре 273 К [Ом],

α — температурный коэффициент сопротивления [К-1],

*Т* — термодинамическая температура [К];

в) Для вычисления сопротивления. С ростом температуры сопротивление проводника линейно возрастает.

## (36)

а) электродинамика, удельное сопротивление проводника (эксперимент);

б) ρ — удельное сопротивление проводника при температуре T [Ом•м],

α — температурный коэффициент сопротивления (коэф. пропорциональности — зависимость между ρ и Т) [К-1],

ρo — удельное сопротивление проводника при температуре 273 К [Ом•м],

T — термодинамическая температура [К (Кельвин)];

в) Для вычисления удельное сопротивление проводника.

Сопротивление проводника R зависит от его размера, формы и материала, из которого проводник изготовлен.

Удельное сопротивление характеризует материал проводника и не зависит от его размеров.

Удельное сопротивление характеризует материал проводника и не зависит от его размеров. Эксперимент: с ростом температуры сопротивление проводника линейно возрастает.

Для некоторых проводников при очень низких температурах сопротивление скачкообразно уменьшается до нуля, т. е. проводник становится сверхпроводником.

## (37) , где и

а) электродинамика, закон Ома в дифференциальной форме;

б) *ρ —* удельное сопротивление [Ом•м],

σ — удельная электрическая проводимость [См/м (сименс на метр)],

E — напряженность электрического поля в проводнике [Н/Кл],

L — длина проводника [м],

j — плотность тока [А/м2],

*U* — приложенное напряжение [В];

в) Закон Ома может быть записан в дифференциальной форме , где — напряженность электрического поля в проводнике, причем направления векторов и совпадают (здесь L — длина проводника).

## (38)

а) электродинамика, закон Ома для неоднородного участка цепи;

б) I — сила тока на неоднородном участке цепи [А],

ε 12 — ЭДС, действующая на участке цепи 1–2 [В],

φ1 − φ 2 — разность потенциалов на участке цепи 1–2 [В],

R — сопротивление внешней цепи [Ом],

r — внутреннее сопротивление источника тока [Ом];

в) Для вычисления силы тока для неоднородного участка цепи по закону Ома.

Если на участке цепи 1–2 действует ЭДС ε12 и на концах участка разность потенциалов равна (φ 1 − φ 2), то такой участок называют неоднородным участком цепи.

## (39)

а) электродинамика, закон Ома для замкнутой цепи;

б) *R* — сопротивление внешней цепи [Ом],

*r* — внутреннее сопротивление источника тока [Ом],

*I* — сила тока [А],

ε — электродвижущая сила (ЭДС) источника тока [В];

в) Для вычисления силы тока для замкнутой цепи по закону Ома. Замкнутой цепью называется цепь, для которой точки начала и конца совпадают.

## (40)*(49)*

а) электродинамика, работа тока;

б) А — работа по перемещению заряда [Дж],

I — ток через проводник [А],

φ1 − φ 2 — разность потенциалов на участке цепи 1–2 [В],

U — напряжение, приложенное к концам однородного проводника [В],

q — заряд [Кл],

R — сопротивление [Ом],

t — время [с];

в) Для вычисления работы тока.

Данная формула позволяет рассчитать работу по перемещения заряда q под действием электрического поля за время t.

Силы, перемещающие заряды по проводнику, совершают работу. Эту работу называют работой тока.

## (41)

а) электродинамика, мощность тока;

б) A — работа перемещения заряда q [Дж],

P — мощность тока [Вт],

t — время [с],

*I* — ток через проводник [А],

*U* — напряжение, приложенное к концам однородного проводника [В];

*R* — сопротивление проводника [Ом],

в) Для вычисления мощности тока.

## (42)

а) электродинамика, закон Джоуля-Ленца;

б) Q — количество теплоты [Дж],

I — ток через проводник [А],

U — напряжение [В],

R — сопротивление [Ом],

t — время [с];

в) Для вычисления количества теплоты, выделяющегося при прохождении электрического тока по проводнику. Это количество прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени, в течении которого шел ток. Если ток течет по неподвижному проводнику, то вся работа тока идет на нагревание проводника.

По закону сохранения энергии количество теплоты, выделяющееся в проводнике при прохождении электрического тока, равно работе тока.

## (43)

а) электромагнетизм, индукция магнитного поля;

б) B — индукция магнитного поля [Тл],

Fmax — максимальная сила, действу­ющей на проводник с током со стороны магнитного поля[Н],

L — длина проводника [м],

I — сила тока [А];

в) Принимают, что величина (модуль) индукции магнитного поля В в данной точке равна отношению максимальной силы, действу­ющей на проводник с током со стороны магнитного поля, к длине проводника L и силе тока I в проводнике, помещенном в эту точку.

Формула служит для определения единицы магнитной индукции — тесла: 1 Тл — магнитная индукция такого однородного магнитного поля, которое действует силой 1 Н на каждый метр длины прямолинейного проводника, расположенного перпендикулярно направлению поля, если по этому проводнику проходит ток 1 А: 1 Тл = 1 .

## (44)

а) электродинамика, вектор магнитной индукции, связь между ним и вектором напряженности (эксперимент);

б) В — вектор магнитной индукции [Тл (Тесла)],

Н — вектор напряженности [А/м],

μ0 — магнитная постоянная [Н/А2 = Гн/м],

μ — магнитная проницаемость среды [−];

в) Для вычисления магнитной индукции, определения связи между вектором магнитной индукции и вектором напряженности (эксперимент)

Вектор магнитной индукции характеризует результирующее магнитное поле, создаваемое в веществе всеми макро- и микротоками.

Магнитное поле макротоков описывается вектором напряженности .

## (45)

а) электромагнетизм, сила ампера;

б) B — индукция магнитного поля [Тл],

F — сила Ампера [Н],

L — длина проводника [м],

I — ток проводника [А],

α — угол между векторами и [° (градусы)];

в) Для вычисления силы Ампера. На проводник с током *I*, находящегося в магнитном поле *B*, действует сила Ампера.

## (46)

а) электродинамика, сила Лоренца;

б) F — сила Лоренца [Н],

q — электрический заряд [Кл],

V — скорость заряда [м/с],

B — индукция магнитного поля [Тл],

α — угол между векторами V и В [о (градусы)];

в) Для вычисления силы Лоренца.

Эксперимент: на электрический заряд q, движущийся со скоростью V в магнитном поле B, действует сила Лоренца.

Сила Лоренца направлена перпендикулярно к векторам и .

Поскольку сила Лоренца перпендикулярна направлению движения частицы, она не может из­менить ее скорость (она не совершает работы), а может изменить лишь направление ее движения, т. е. искривить траекторию.

(Сила Лоренца — сила, действующая на заряженную частицу.)

## (47)

а) электромагнетизм, закон Био-Савара-Лапласа;

б) B — индукция магнитного поля [Тл],

dL — длина проводника [м],

I — ток проводника [А],

*r* — расстояние от проводника в точку, где создается поле [м],

*μ*o — магнитная постоянная [Гн/м],

*μ* — магнитная проницаемость среды [безразмерная],

α — угол между векторами и [о(градусы)];

в) магнитная индукция поля dB, создаваемого проводником длины dL, по которому идет постоянный электрический ток I, удовлетворяет закону Био-Савара-Лапласа.

## (48)

а) электродинамика, магнитное поле движущегося заряда;

б) μ0 — магнитная постоянная [Н/А2 = Гн/м],

Q — точечный заряд [Кл],

V — скорость частицы [м/с],

B — индукция магнитного поля, возбуждаемого заряженной частицей, в точке [Тл],

r — расстояние от заряда до точки [м],

α — угол между векторами V и r [о градусы];

в) Для вычисления магнитного поля движущего точечного заряда.

Формула справедлива лишь при малых скоростях (V << c) движущихся зарядов, когда электрическое поле свободно движущегося заряда можно считать электростатическим, т. е. создаваемым неподвижным зарядом, находящимся в той точке, где в данный момент времени находится движущийся заряд.

## (49)

а) электромагнетизм, индукция магнитного поля прямого тока;

б) B — индукция магнитного поля прямого тока [Тл],

I — ток проводника [А],

R — расстояние от проводника в точку, где создается поле [м],

*μ*o — магнитная постоянная [Гн/м],

*μ* — магнитная проницаемость среды [безразмерная];

в) Прямой ток — это ток силой I, текущий по тонкому прямому проводу бесконечной длины.

## (50)

а) электродинамика, магнитное поле в центре кругового проводника с током;

б) В — вектор магнитной индукции [Тл (Тесла)],

I — сила тока [А],

R — радиус кругового проводника [м],

μ0 — магнитная постоянная [Н/А2 = Гн/м],

μ — магнитная проницаемость среды [−];

в) Для вычисления магнитного поля в центре кругового проводника с током.

Магнитная индукция в центре кругового проводника радиуса R с током I направлена перпендикулярно плоскости витка.  
  
(51)

а) электромагнетизм, индукция магнитного поля внутри соленоида;

б) B — индукция магнитного поля внутри соленоида [Тл],

I — ток, текущий по соленоиду, внутри соленоида поле однородно [А],

*L* — длина соленоида [м],

*N* — число витков [безразмерная],

*μ*o — магнитная постоянная [Гн/м],

*μ* — магнитная проницаемость среды [безразмерная];

в) Соленоид — это цилиндрическая катушка с током, состоящая из большого числа витков проволоки, которые образуют винтовую линию.

## (52)

а) электродинамика, магнитное взаимодействие двух движущихся зарядов;

б) F — сила Лоренца[Н],

*μ*o — магнитная постоянная [Гн/м],

Q — заряд [Кл],

q — заряд [Кл],

r — расстояние между зарядами [м],

V — скорость [м/с];

в) Для вычисления силы Лоренца для магнитного взаимодействия двух движущихся зарядов (V << *c*). Каждый из зарядов создает магнитное поле, которое действует по закону Лоренца на другой заряд.

Сила Лоренца, действующая на движущийся заряд *q* со стороны магнитного поля другого движущегося заряда *Q,* называется силой магнитного взаимодействия зарядов *q* и *Q*.

## (55)

а) электромагнетизм, результирующая сила Лоренца;

б) F — сила Лоренца [Н],

q — движущийся электрический заряд [Кл],

— напряженность электростатического поля [Н/Кл],

V — скорость заряда [м/с],

B — индукция магнитного поля [Тл];

в) Если на движущийся электрический заряд действуют одновременно магнитное и электростатическое поля, то результирующая (обобщенная) сила Лоренца определяется данной формулой.

## (57) , если

а) электродинамика, движение заряженной частицы в однородном магнитном поле;

б) m — масса [кг],

q — электрический заряд [Кл],

V — скорость заряда [м/с],

B — индукция магнитного поля [Тл];

в) Для вычисления силы Лоренца, радиуса окружности, по которой будет двигаться частица

Сила Лоренца направлена перпендикулярно к векторам и .

Поскольку сила Лоренца перпендикулярна направлению движения частицы, она не может из­менить ее скорость (она не совершает работы), а может изменить лишь направление ее движения, т. е. искривить траекторию.

Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.

Если угол между этими векторами и равен , то сила Лоренца постоянна по модулю и нормальна к траектории частицы.

Согласно второму закону Ньютона, эта сила создает центростремительное ускорение.

Отсюда следует, что частица будет двигаться по окружности, причем радиус этой окружности r можно определить из условия , т. е. .

(Сила Лоренца — сила, действующая на заряженную частицу.)

## (58)

а) электромагнетизм, закон электромагнитной индукции Фарадея;

б) *εi* *—* ЭДС электромагнитной индукции [В],

dФ — магнитный поток [Вб],

dt — время изменения магнитного потока [с],

dФ/dt — скорость изменения магнитного потока;

в) ЭДС электромагнитной индукции в контуре числено равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром.

Закон электромагнитной индукции Фарадея: ЭДС определяется только скоростью изменения магнитного потока.

## (61) , причем и , здесь

а) электродинамика, уравнение Максвелла для циркуляции вектора напряженности суммарного электрического поля;

б) — напряженность электростатического поля, создаваемого неподвижными зарядами [Н/Кл],

— напряженность электрического поля, создаваемого переменным магнитным полем [Н/Кл],

E — вектора напряженности суммарного электрического поля [Н/Кл],

B — вектор индукции магнитного поля [Тл],

dL — длина замкнутого контура [м],

*dA* — работа по перемещению единичного заряда на бесконечно малое расстояние *dL* в электростатическом поле под действием кулоновской силы [Дж],

dt — изменения во времени индукции магнитного поля [с];

в) Согласно Максвеллу, закон электромагнитной индукции (а это именно он), справедлив для любого замкнутого контура, произвольно выбранного в переменном магнитном поле.

Смысл этого уравнения: Переменное магнитное поле в любой точке пространства создает вихревое электрическое поле.

Это уравнение показывает, что источниками электрического поля могут быть не только электрические заряды, но и изменяющиеся во времени магнитные ноля.

# Колебания, упругие волны, электромагнитные волны, оптика

## (67)

а) колебания, закон косинуса;

б) s — колеблющаяся величина [м],

so — максимальное значение колеблющейся величины (амплитуда колебания) [м],

 — циклическая частота (собственная циклическая частота) [Гц],

 — начальная фаза колебания в момент времени t = 0 [рад],

t — время [с],

t + — фаза колебания в момент времени t;

в) Простейшим типом колебаний являются гармонические колебания — колебания, при которых колеблющаяся величина s изменяется во времени по закону синуса (косинуса): *s = s*ocos(*t +*) (фаза определяет значение колеблющейся величины в данный момент времени).

## (68)

а) колебания, период колебаний;

б) T — период колебаний [с],

ω — частота колебаний [Гц];

в) Для вычисления периода колебаний

Период колебаний Т — время, за которое совершается одно колебание.

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются повторяемостью во времени.

## (69)

а) колебания, собственная частота колебаний;

б)  — собственная частота колебаний [Гц],

T — период колебаний [с];

в) Собственная частота колебаний  — число полных колебаний, совершаемых в единицу времени ν = 1/T. Единица частоты — герц (Гц): 1 Гц — частота периодического процесса, при которой за 1 с совершается один цикл процесса.

## (70)

а) колебания, дифференциальное уравнение гармонических колебаний;

б) s — колеблющаяся величина [м],

w0 — частота собственных колебаний [Гц],

t — время [с];

в) Любой периодический процесс (т. е. процесс, повторяющийся через время Т) можно представить как наложение нескольких гармонических колебаний.

## (71)

а) колебания, циклическая собственная частота пружинного маятника;

б) w — циклическая частота (собственная циклическая частота) [Гц],

k — жесткость пружины (постоянная Гука) [Н/м],

m — масса груза [кг];

в) Пружинный маятник совершает гармонические колебания.

## (72)

а) колебания, период колебаний пружинного маятника;

б) T — период колебаний [с],

m — масса материальной точки [кг],

k — жесткость пружины (постоянная Гука) [Н/м = кг/с2];

в) Для вычисления периода колебаний пружинного маятника.

Период колебаний Т — время, за которое совершается одно колебание.

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются повторяемостью во времени.

Пружинный маятник является примером гармонического осциллятора.

Пружинный маятник — это материальная точка массы m, подвешенная на абсолютно упругой пружине и совершающая гармонические колебания под действием упругой силы Гука.

Когда отсутствует сила трения, пружинный маятник совершает гармонические колебания с циклической собственной частотой и периодом.

## (73)

а) колебания, собственная циклическая частота математического маятника;

б) *w* — собственная циклическая частота [Гц],

g — ускорение свободного падения [м/c2],

L — длина нити [м];

в) Математический маятник совершает гармонические колебания — зависимость угла отклонения от положения равновесия α от времени задается законом , с собственной циклической частотой .

## (74)

а) оптика (колебания), период колебаний математического маятника;

б) T — период колебаний [с],

L — длина нити [м],

g — ускорение свободного падения [м/c2];

в) Для вычисления периода колебаний математического маятника.

Период колебаний Т — время, за которое совершается одно колебание.

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются повторяемостью во времени.

Математический маятник является примером гармонического осциллятора.

Математический маятник — это материальная точка массы m, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити длиной L, и колеблющаяся под действием силы тяжести mg.

Когда отсутствует сила трения, математический маятник совершает гармонические колебания с собственной циклической частотой и периодом.

## (75)

а) колебания, собственная циклическая частота колебательного контура;

б) w — собственная циклическая частота [Гц],

L — индуктивность [Гн],

C — ёмкость конденсатора [Ф];

в) Колебательный контур — это электрическая цепь, состоящая из последовательно включенных катушки индуктивностью L, конденсатора емкостью С и резистора сопротивлением R.

При R = 0 в контуре заряд Q совершает гармонические колебания с собственной циклической частотой и периодом.

## (76)

а) оптика (колебания), период колебаний колебательного контура;

б) T — период колебаний [с],

L — индуктивность катушки [Гн (Генри)],

С — емкость конденсатора [Ф];

в) Для вычисления периода колебаний колебательного контура.

Период колебаний Т — время, за которое совершается одно колебание.

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются повторяемостью во времени.

Колебательный контур является примером гармонического осциллятора.

Колебательный контур — это электрическая цепь, состоящая из последовательно включенных катушки индуктивностью L, конденсатора емкостью С и резистора сопротивлением R.

Когда сопротивление резистора равно 0, в контуре заряд Q совершает гармонические колебания с собственной циклической частотой и периодом.

**(77)**

а) колебания, разложение Фурье или гармонический анализ сложного периодического колебания;

б) s — сложное периодическое колебание

*w*o — частота [Гц],

φ1, … φn — фаза колебания [рад],

t — время [с],

A — амплитуда [м],

n — порядковый номер [−];

в) Тело, участвуя в нескольких гармонических колебаниях, совершает также гармоническое колебание.

Любое сложное периодическое колебание s(t) можно представить виде суперпозиции одновременно совершающихся гармонических колебаний с различными амплитудами, начальными фазами, а также частотами, кратными циклической частоте wo (разложение Фурье или гармонический анализ сложного периодического колебания).

, где слагаемые ряда Фурье с частотами wo, 2wo, 3wo... называются первой (основной), второй, третьей и т. д. гармониками сложного периодического колебания.

## (80)

а) оптика (колебания), резонансная частота;

б) ω — резонансная частота [Гц],

ω0 — собственная частота колебательной системы [Гц],

δ — коэффициентом затухания (постоянная) [1/c = Гц];

в) Для вычисления резонансной частоты.

Вынужденные колебания возникают под действием внешней периодически изменяющейся силы.

Вынужденные колебания являются гармоническими, происходят с частотой внешней силы ω и амплитудой, зависящей от разности (ωо − ω2). Амплитуда вынужденных колебаний имеет максимумрезонансной частоте.

Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы ω к частоте, близкой к собственной частоте колебательной системы ωо, называется резонансом.

## (82)

а) волны, волновое уравнение: уравнение плоской монохроматической волны;

б) ε(x,t) — периодическая функция

А — амплитуда волны [м],

w — циклическая частота волны (частота осциллятора — источника волны) [Гц],

ϕ — начальная фаза волны (т. е. начальная фаза осциллятора — источника волны) [рад],

— фаза волны[рад],

— волновое число (т. е. модуль волнового вектора , который показывает направление распространения волны) [м-1];

в) Для волны, распространяющейся вдоль оси х можно записать уравнение плоской монохроматической волны, причем ε(x,t) является периодической функцией как координаты, так и времени.

## (84) ,

а) оптика (электромагнитные волны), функции, описывающие, векторы напряженностей электрического и магнитного переменного электромагнитного поля; уравнения, описывающие плоскую монохроматическую волну;

б) Ey — вектор напряженности электрического переменного электромагнитного поля [В/м],

Hz — вектор напряженности магнитного переменного электромагнитного поля [А/м],

E0 — амплитуда напряженности электрического поля волны [В/м],

H0 — амплитуда напряженности магнитного поля волны [А/м],

ω — круговая частота ЭМ-волны [Гц],

t — время [с],

k — волновое число [1/c = Гц],

x — координата (расстояние) [м],

ϕ — начальная фаза колебаний в точке с координатой х = 0 [рад?];

в) Для вычисления векторов напряженностей электрического и магнитного переменного электромагнитного поля.

Электромагнитные волны — это переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью.

Вектора и колеблются в одинаковых фазах, они одновременно достигают максимума, одновременно обращаются в нуль.

Для однородной и изотропной среды вдали от зарядов и токов, создающих электромагнитное поле, из уравнений Максвелла следует, что векторы напряженностей и переменного электромагнитного поля описываются данными функциями.

Данные уравнения описывают плоскую монохроматическую волну.

## (85)

а) электромагнитные волны, фазовая скорость электромагнитной волны;

б) v — фазовая скорость электромагнитной волны [м/с],

c — скорость света [м/с],

*μ*o — магнитная постоянная [Гн/м],

*μ* — магнитная проницаемость среды [безразмерная],

ɛ0 — электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ɛ — электрическая проницаемость среды [безразмерная];

в) Фазовая скорость ЭМ-волн (скорость ЭМ-волны в веществе, *V* < *c*).

## (86)

а) оптика (электромагнитные волны), объемная плотность энергии ЭМ-волны;

б) W — объемная плотность энергии [Дж/м3],

μ0 — магнитная постоянная [Н/А2],

μ — магнитная проницаемость среды [−],

ε0— электрическая постоянная [Кл2/Н•м2],

ε— электрическая проницаемость среды [−],

E — амплитуда напряженности электрического поля волны [В/м],

H — амплитуда напряженности магнитного поля волны [А/м];

в) Для вычисления объемной плотности энергии ЭМ-волны.

Электромагнитные волны — это переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью.

ЭМ-волна переносит энергию.

Объемная плотность энергии ЭМ-волны w есть сумма объемных энергий электрического wE и магнитного wH полей.

## (87)*(67)*

а) оптика, линзы, формула тонкой линзы;

б) f — фокус линзы [м],

N — *nлинза/nсреда* — относительный показатель преломления (*nлинза*, *nсреда* — абсолютные показатели преломления линзы и окружающей среды) [безразмерная],

R1 — радиус кривизны поверхностей линзы [м],

R2 — радиус кривизны поверхностей линзы [м],

a — расстояние от линзы до предмета [м],

b — расстояние от линзы до изображения предмета [м];

в) Формула тонкой линзы — соотношение, связывающее радиусы кривизны R1 и R2 поверхностей линзы, с расстояниями a и b от линзы до предмета A и его изображения B.

Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы считается положительным, а вогнутой — отрицательным, f — фокус линзы.