

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**  
«Движение заряженной частицы в электрическом поле»

**ФИЗИКА часть 2**

Для студентов всех специальностей горного университета

Составитель,  
доцент кафедры ОТФ

В.В. Фицак

Санкт-Петербург  
2021 г.

### Формулировка задания.

Заряженная частица влетает в плоский конденсатор под углом  $\alpha_+$  к положительно заряженной пластине или под углом  $\alpha_-$  к отрицательно заряженной пластине на расстоянии  $h_0$  от отрицательно заряженной пластины.

#### Параметры частицы:

$m$  – масса,  
 $q$  – заряд,  
 $v_0$  – начальная скорость,  
 $E_0$  – начальная энергия.

#### Параметры конденсатора:

$d$  – расстояние между пластинами,  
 $l$  – длина пластины (пластина имеет форму квадрата),  
 $Q$  – заряд,  
 $U$  – разность потенциалов между пластинами,  
 $C$  – емкость,  
 $W$  – энергия.

Численные значения параметров частицы и конденсатора приведены в таблицах 1 и 2 в соответствии с номером варианта. Определить величины, отмеченные знаком вопроса. Построить графики зависимостей, отмеченные знаком “+” в таблице 3 для каждого варианта:

$R(t)$  – зависимость радиуса кривизны траектории частицы от времени полета в конденсаторе,

$a_\tau(t)$  – зависимость тангенциального ускорения частицы от времени полета в конденсаторе,

$a_n(t)$  – зависимость нормального ускорения частицы от времени полета в конденсаторе,

$y(x)$  – зависимость координаты – “ $y$ ” частицы от ее положения “ $x$ ” (направление осей  $X$ ,  $Y$  показано на рисунке).

$E(t)$  – зависимость кинетической энергии частицы от времени полета в конденсаторе,

$V(x)$  – зависимость скорости частицы от ее координаты “ $x$ ”,

$a_\tau(y)$  – зависимость тангенциального ускорения частицы от ее координаты “ $y$ ”,

$a_n(y)$  – зависимость нормального ускорения частицы от ее координаты “ $y$ ”.

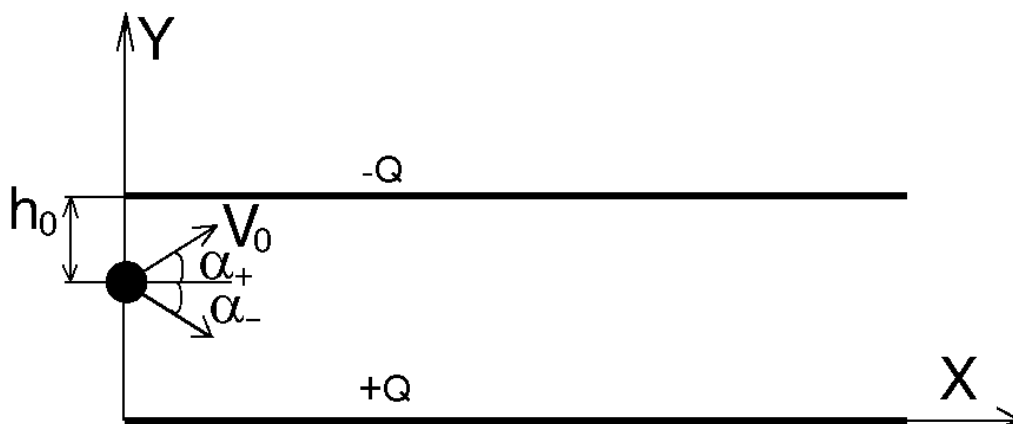


Рис. Исходные параметры частицы.

На частицу действует сила тяжести, направленная против оси  $Y$ .

### Параметры частицы

Таблица 1.

Вариант	Частица	$\alpha_+$ , град.	$\alpha_-$ , град.	$v_0$ , км/с	$h_0$ , мм	$E_0$ , кэВ
1.	${}^3\text{P}^+$	-	15	150	2	?
2.	Протон	-	10	900	7	?
3.	${}^4\text{He}^{2+}$	-	20	?	5	10
4.	${}^{10}\text{B}^{3+}$	-	40	100	2	?
5.	Электрон	15	-	2000	2	?
6.	${}^3\text{P}^+$	5	-	?	9	80
7.	${}^{23}\text{Na}^+$	-	20	?	6	40
8.	${}^{48}\text{BF}_2^+$	-	10	500	12	?
9.	Протон	10	-	700	2	?
10.	${}^{48}\text{BF}_2^+$	-	25	?	13	120
11.	${}^{16}\text{NH}_2^-$	40	-	200	8	?
12.	${}^4\text{He}^{2+}$	-	40	200	6	?
13.	Протон	-	10	1000	5	?
14.	Электрон	30	-	?	4	2
15.	${}^{121}\text{Sb}^+$	-	40	100	5	?
16.	Протон	-	60	?	5	4
17.	${}^{28}\text{N}_2^+$	15	-	400	2	?
18.	${}^3\text{P}^+$	-	50	300	10	?
19.	Электрон	40	-	?	7	1
20.	${}^{121}\text{Sb}^+$	20	-	?	15	60
21.	${}^{121}\text{Sb}^+$	-	15	80	7	?
22.	${}^{28}\text{N}_2^+$	-	30	?	8	120
23.	${}^{10}\text{B}^{3+}$	-	20	?	2	20
24.	${}^{16}\text{NH}_2^-$	30	-	?	10	30
25.	${}^4\text{He}^{2+}$	-	30	400	7	?
26.	${}^{48}\text{BF}_2^+$	10	-	?	5	100
27.	${}^4\text{He}^{2+}$	-	45	300	2	?
28.	Электрон	25	-	?	6	2.5
29.	${}^4\text{He}^{2+}$	-	30	100	5	?
30.	Протон	-	55	1000	5	?

Обозначения ионов:

${}^mX^n$ , где  $m$  – атомная масса,  $X$  – символ иона,  $n$  – заряд иона в единицах элементарного заряда (положительный, если знак “+”, отрицательный – “-”).

Обозначения ионизованных молекул:

${}^mM^n$ , где  $m$  – атомная масса всей молекулы,  $M$  – формула молекулы,  $n$  – заряд молекулы.

### Параметры конденсатора

Таблица 2.

Вариант	d, мм	l, см	Q, мкКл	U, кВ	C, нФ	W, мДж
1.	10	50	?	10	?	?
2.	15	20	?	?	?	2.2
3.	10	40	0.7	?	?	?
4.	?	50	?	?	0.2	2
5.	?	30	?	7	?	1.5
6.	15	?	1.2	?	?	3
7.	?	50	?	20	0.1	?
8.	?	40	2	15	?	?
9.	10	20	0.5	?	?	?
10.	20	?	?	20	0.3	?
11.	12	40	?	?	?	4
12.	?	50	1.5	?	0.15	?
13.	12	?	?	18	0.4	?
14.	?	40	?	?	0.1	2.5
15.	20	30	1.4	?	?	?
16.	10	?	?	7	0.3	?
17.	?	25	0.3	12	?	?
18.	20	40	?	?	?	3
19.	?	50	2	?	?	4
20.	15	40	?	20	?	?
21.	12	?	?	?	0.2	3.5
22.	?	30	?	15	?	1.5
23.	15	?	?	18	0.3	?
24.	20	50	2.5	?	?	?
25.	?	40	3	20	?	?
26.	15	?	?	15	0.2	?
27.	10	40	?	15	?	?
28.	15	40	?	?	?	4
29.	?	45	0.5	?	0.25	?
30.	15	?	?	20	0.3	?

## Графические зависимости

Таблица 3.

Вариант	$R(t)$	$a_r(t)$	$a_n(t)$	$y(x)$	$E(t)$	$V(x)$	$a_r(y)$	$a_n(y)$
1.		+			+			
2.			+	+				
3.	+						+	
4.		+				+		
5.	+			+				
6.					+			+
7.			+			+		
8.	+				+			
9.				+			+	
10.						+		+
11.	+		+					
12.		+				+		
13.				+	+			
14.	+							+
15.			+			+		
16.		+		+				
17.	+				+			
18.				+			+	
19.			+			+		
20.		+			+			
21.	+			+				
22.			+			+		
23.		+		+				
24.	+							+
25.			+		+			
26.				+		+		
27.		+			+			
28.	+						+	
29.		+				+		
30.				+	+			

## **Требования к содержанию отчёта**

Отчёт оформляется в печатном виде на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой ОТФ, в котором помимо стандартного титульного листа должны быть раскрыты следующие пункты:

- I. Цель работы.
- II. Краткое теоретическое содержание:
  1. Явление, изучаемое в работе.
  2. Определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин.
  3. Законы и соотношения, изучаемые процессы, на основании которых получены расчётные формулы.
  4. Пояснения к физическим величинам и их единицы измерений.
- III. Расчётные формулы.  
(Таблицы должны иметь номер и название. Единицы измерения физических величин должны быть указаны в отдельной строке.)
- IV. Пример вычисления (для одного опыта):
  1. Исходные данные.
  2. Вычисления.
  3. Окончательный результат.
- V. Графический материал:
  1. Аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить.
  2. На осях координат указать масштаб, физические величины и единицы измерения.
  3. На координатной плоскости должны быть нанесены экспериментальные точки.
  4. По результатам эксперимента, представленным на координатной плоскости, провести плавную линию, аппроксимирующую функциональную теоретическую зависимость в соответствии с методом наименьших квадратов.
- VI. Анализ полученного результата. Выводы.

## **Рекомендации по защите отчета**

К защите допускаются студенты, подготовившие отчет в соответствии с требованиями к его содержанию в установленные сроки. После проверки преподавателем содержания отчёта, при наличии ошибок и недочетов, работа возвращается студенту на доработку.

При правильном выполнении работы, соблюдении всех требований к содержанию и оформлению отчёта, студент допускается к защите.

Для успешной защиты отчета необходимо изучить теоретический материал по теме работы, а так же освоить математический аппарат, необходимый для вывода расчетных формул работы.

При подготовке к защите, помимо данного методического указания, необходимо использовать учебники и другие учебные пособия, рекомендованные к учебному процессу кафедрой ОТФ и Министерством образования и науки.

Во время защиты студент должен уметь ответить на вопросы преподавателя в полном объёме теоретического и методического содержания данной работы, уметь самостоятельно вывести необходимые расчётные формулы, выполнить анализ полученных зависимостей и прокомментировать полученные результаты.