

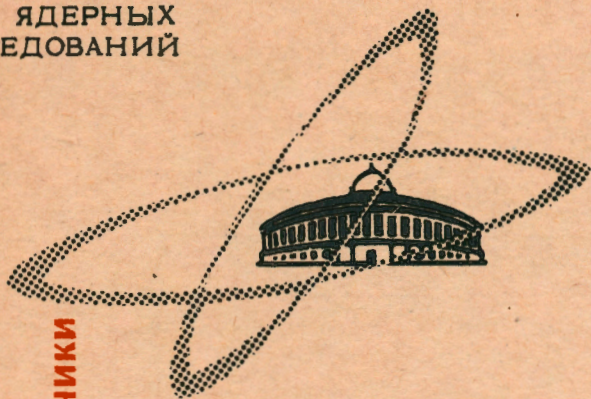
3512

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P11 - 3512

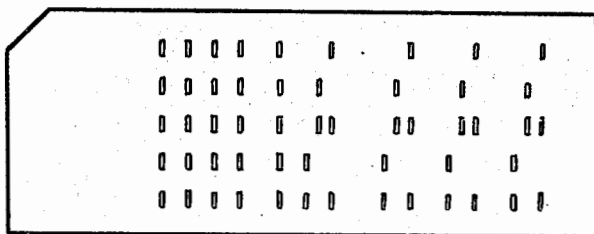


ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

В.И. Мороз, О.В. Мухитова, Г.Н. Тентюкова

СТАНДАРТНАЯ ПРОГРАММА  
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
В ТОЧКАХ ТРЕКА  
ПО ЗАДАННОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ТАБЛИЦЕ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ В КАМЕРЕ

1967.



Объединенный институт  
ядерных исследований  
ЛВТА

P11 - 3512

В.И. Мороз, О.В. Мухитова, Г.Н. Тентюкова

СТАНДАРТНАЯ ПРОГРАММА  
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
В ТОЧКАХ ТРЕКА  
ПО ЗАДАННОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ТАБЛИЦЕ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ В КАМЕРЕ

Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ

О Г Л А В Л Е Н И Е :

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
§ 1. Задание таблицы магнитного поля . . . . .	3
§ 2. Определение магнитного поля в заданной точке . . . . .	5
§ 3. Описание программы . . . . .	6
§ 4. ПРИЛОЖЕНИЕ. Программа кодировки таблицы магнитного поля . . . . .	16

Программа предназначена для вычисления методом линейной интерполяции векторов напряженности магнитного поля  $H_x(x, y, z)$ ,  $H_y(x, y, z)$ ,  $H_z(x, y, z)$  для набора пространственных точек, если магнитное поле задано в узлах трехмерной прямоугольной решетки.

§ I. Задание таблицы магнитного поля

Мы считаем, что поле измерено в первом квадранте ( $x \geq 0, y \geq 0$ ) и может быть распространено на всю плоскость XOY следующими условиями симметрии:

$$\begin{aligned} H_x(x, y, z) &= -H_x(-x, y, z) = H_x(x, -y, z) = -H_x(-x, -y, z) \\ H_y(x, y, z) &= H_y(-x, y, z) = -H_y(x, -y, z) = -H_y(-x, -y, z) \\ H_z(x, y, z) &= H_z(-x, y, z) = H_z(x, -y, z) = H_z(-x, -y, z), \end{aligned}$$

которые сводятся к

$$\begin{aligned} H_x(x, y, z) &= \text{sign } x \cdot H_x(|x|, |y|, z) \\ H_y(x, y, z) &= \text{sign } y \cdot H_y(|x|, |y|, z) \\ H_z(x, y, z) &= H_z(|x|, |y|, z) \end{aligned}$$

Таким образом, таблицу магнитного поля достаточно задать в первом квадранте ( $x \geq 0, y \geq 0$ ).

Таблица компонент магнитного поля задается с постоянным шагом ( $h_x, h_y, h_z$ ) по каждой из осей  $X, Y, Z$ .

\*) Это условие всегда может быть удовлетворено соответствующим выбором системы координат в камере.

Для экономии места в памяти ЭВМ все 3 компоненты поля для одной точки таблицы записываются в одной ячейке памяти.

Вместо истинных табличных значений поля  $(H_x, H_y, H_z)$  введем их отклонения  $(H'_x, H'_y, H'_z)$  от некоторых величин

$$\begin{aligned} H'_x &= H_x - \hat{H}_x \\ H'_y &= H_y - \hat{H}_y \\ H'_z &= H_z - \hat{H}_z, \end{aligned} \quad (I)$$

подобрав  $\hat{H}_x, \hat{H}_y, \hat{H}_z$  таким образом, чтобы  $H'_x, H'_y, H'_z$  были  $> 0$  и их порядки  $P_n$  были бы заключены в пределах:

$$0 \leq P_n \leq 3.$$

Последнее условие всегда выполняется для реально встречающихся полей в пузырьковых камерах, т.к. неоднородность магнитного поля в них не очень велика. Для записи каждой из величин  $H'_x, H'_y, H'_z$  используются 15 разрядов:

2 для порядка ( $P_n$ ) и 13 для мантиссы ( $q_n$ ).

В 45-разрядной ячейке памяти М-20 размещаются все 3 компоненты поля в следующем порядке:

$P_{H'_x}$	в разрядах	44-45
$q_{H'_x}$	— " —	31-43
$P_{H'_y}$	— " —	29-30
$q_{H'_y}$	— " —	16-28
$P_{H'_z}$	— " —	14-15
$q_{H'_z}$	— " —	1-13

Максимальная (при  $P_n = 3$ ) погрешность условной записи

$$\epsilon = 10^{-2} \approx 0,0009765 \approx 0,001$$

Если магнитное поле задано в  $K$  гауссах, то

$$\epsilon \leq 0,001 \quad K \text{ гаусс} = 1 \text{ гаусс}$$

Пример записи компонент поля в одном 45-разрядном слове приведен в "Приложении".

Программа выбирает из оперативной памяти значения  $H'_x, H'_y, H'_z$ , а использует для расчетов  $H_x, H_y, H_z$ .

Выбор  $\hat{H}_x, \hat{H}_y, \hat{H}_z$  и составление таблицы величин  $H'_x, H'_y, H'_z$  в условной записи делается до обращения к программе. Для получения условной записи таблицы поля составлена программа кодировки, которая приводится в "Приложении".

## § 2. Определение магнитного поля в заданной точке.

Для определения магнитного поля в заданной точке  $(X, Y, Z)$  проводится линейная интерполяция (с экстраполяцией на концах) по каждому из аргументов по следующей схеме.

$$\begin{aligned} \text{Пусть } x_i &\leq x \leq x_{i+1} \\ y_j &\leq y \leq y_{j+1} \\ z_k &\leq z \leq z_{k+1} \end{aligned}$$

$(x_i, y_j, z_k)$  - координаты узлов таблицы)

$$H(x, y_j, z_k) = H(x_i, y_j, z_k) + \frac{H(x_{i+1}, y_j, z_k) - H(x_i, y_j, z_k)}{h_x} (x - x_i)$$

$$H(x, y_{j+1}, z_k) = H(x_i, y_{j+1}, z_k) + \frac{H(x_{i+1}, y_{j+1}, z_k) - H(x_i, y_{j+1}, z_k)}{h_x} (x - x_i)$$

$$H(x, y, z_k) = H(x, y_j, z_k) + \frac{H(x, y_{j+1}, z_k) - H(x, y_j, z_k)}{h_y} (y - y_j)$$

$$H(x, y_j, z_{k+1}) = H(x_i, y_j, z_{k+1}) + \frac{H(x_{i+1}, y_j, z_{k+1}) - H(x_i, y_j, z_{k+1})}{h_x} (x - x_i)$$

$$H(x, y_{j+1}, z_{k+1}) = H(x_i, y_{j+1}, z_{k+1}) + \frac{H(x_{i+1}, y_{j+1}, z_{k+1}) - H(x_i, y_{j+1}, z_{k+1})}{h_x} (x - x_i)$$

$$H(x, y, z_{k+1}) = H(x, y_j, z_{k+1}) + \frac{H(x, y_{j+1}, z_{k+1}) - H(x, y_j, z_{k+1})}{h_y} (y - y_j)$$

$$H(x, y, z) = H(x, y, z_k) + \frac{H(x, y, z_{k+1}) - H(x, y, z_k)}{h_z} (z - z_k)$$

### § 3. Описание программы

Программа оформлена в виде стандартного блока в системе ИС-2 для машины М-20. Работает в групповом режиме.

Обращение осуществляется двумя командами:

$x - I$	0	I6	$x$	750I	76I0
$x$	$\pi_1 \pi_2 \pi_3$	00	$d$	$N_{сп}$	$\beta$

$d$  - начало массива исходных данных.

В ячейке  $d$  располагается по I адресу число  $N - I$ , где  $N$  - число точек.

Начиная с ячейки ( $d + I$ ) располагаются координаты точек:

$x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, \dots, x_N, y_N, z_N$ . Следом за координатами ставятся результаты счета:  $H_{x_1}, H_{y_1}, H_{z_1}, \dots, H_{x_N}, H_{y_N}, H_{z_N}$ .

$\beta$  - начало массива данных о таблице поля:

$x$  нач.,  $y$  конечн.,  $h_x, y$  нач.,  $y$  конечн.,  $h_y, z$  нач.,

$z$  конечн.,  $h_z, \hat{H}_x, \hat{H}_y, \hat{H}_z$ . В ячейку ( $\beta + I4$ ) записывается число:

0 00,  $y$ , 0000, 0000, где  $y$  - начало таблицы поля.

$\pi_2 = 0$  Программа настраивается по  $d$  и  $\beta$

$\pi_1 = 0$  Если программа не стерта в МОЗУ, то настройка не производится.

Характеристика СП:

Длина - 256 ячеек ;

Длина счетной части - 146 ячеек ;

Количество нестандартных констант - 20

Рабочие ячейки - 000I-00I0

Время выполнения счетной части

для  $N = 20$  - 0,36 сек

Далее приводится программа вычисления магнитного поля.

2000		I6	2I74	7573	760I	к БЭИ I6; 200I,7573,760I	1
I		55	76I6	77I2			2
2		76		2005			3
3		33	76I0	7722	76I0		4
4		56		7705			5
5		I3	2I65		2I43	I00; N, 0, 0	6
6		65	2I43	2I60	2I44	I00; 0, 3N, 0	7
7		I4	0064	2I44	2I4I	I00; 0, 0, 3N	8
20I0		I3	2I4I	7725	2I4I	I00; 000I, 0, 3N+I	9
I		I3	2I4I	7725	2I42	I00; 0002, 0, 3N+2	10
2		I3	2I42	7725	2I43	I00; 0003, 0, 3N+3	11
3		I4	0I14	2I44	2I44	I00; 3N 0, 0	12
4		I3	2I6I	2I44	2I44	II2; 3+3(N-I) 20I6, 0003	2
5		52				d ⇒ PA	2
6	4	55	000I	77I2	2252		3
7		75	776I	2252	2226	sign x ⇒ 2226	4
2020	4	55	0002	77I2	2252	sign y ⇒ 2227	5
I		75	776I	2252	2227		6
2	4	03	000I		2200	x  ⇒ 2200	7
3	4	03	0002		2207	y  ⇒ 2207	8
4	4	00	0003		22I6	x ⇒ 22I6	9
5	4	52			2I40	0 ⇒ PA Запомин. [PA] ст.	10
6	7	02	2200	2I74	220I	$\left[ \frac{x-x_0}{h_x} \right] \Rightarrow i$	11
7	7	04	220I	2I76	220I		12

2030		5	2I	220I	7753	220I		3
I			36		2036		i < 0, уход	2
2		6	02	220I	2I77		i - n	3
3			36		2037		i < n, то уход	4
4		5	02	2I77	776I	220I	если i ≥ n, то n-1 ⇒ i	5
5			I6		2037			6
6		I	00			220I	0 ⇒ i	7
7		5	0I	220I	776I	2202	i + 1 ⇒ 2202	8
2040		I	I2	00I6	2026	0007		9
I			05	220I	2I76	2252		10
2			0I	2252	2I74	2224	$x_0 + ih_x \Rightarrow x_i$ для	11
3			05	22I0	2205	2252	интерполяции	12
4			0I	2252	2203	2225	$y_0 + jh_y \Rightarrow y_j$	4
5			52				0 ⇒ [PAz]	2
6	4		00	22I7		0003	k ⇒ k <sub>1</sub> ; k+1 ⇒ k <sub>1</sub>	3
7			0I	2I77	776I	2252	(n+1)k <sub>1</sub> ⇒ R <sub>1</sub>	4
2050			05	2252	0003	2255		5
I				2207		00I0	y ⇒ t	6
2				2205		0006	h <sub>y</sub> ⇒ h для интерполяции	7
3				2225		0007	y <sub>j</sub> ⇒ d по y	8
4	4		00	2I72		2I22		9
5	4		52			2I24	Запомин. [PAz] 0 ⇒ [PAz]	10
6	4		00	220I		000I	i ⇒ i <sub>1</sub> ; i+1 ⇒ i <sub>1</sub>	11
7			0I	2206	776I	2253	m + 1	12



2060		0I	2255	000I	2252	$(R_1 + i_1) \cdot (m+1)$	5
I		05	2252	2253	2256	$(m+1)[(n+1)k_1 + i_1] \Rightarrow R_2$	2
2	4	00	2I70		2I07		3
3	4	52			2III	Запоминание $[PA_x]$ $0 \Rightarrow [PA_y]$	4
4	4	00	22I0		0002	$j = j_1 ; j+1 \Rightarrow j_1$	5
5		0I	2256	0002	2252	$R_2 + j_1 =$	6
6	4	I	2252	7752	2252	$= (m+1)[(n+1)k_1 + i_1] + j_1$	7
7		55	2252	773I	2252	получ. условн. числа	8
2070		54	0I30	2252	2252	по $IA$	9
I		I3	2I57	2252	2074		10
2	4	00	2I66		2077		11
3	4	52			2I0I	Запомин. $[PA_y]$ $0 \Rightarrow PA$	12
4		0				000 $y \dots, 0, 2254$	6
5	2	55	2254	2I62	2252		2
6	4	74	2I54	2252	2252		3
7		0				I53; 2252, 77II, <sup>2233</sup> 2230	4
2I00	I	I2	0002	2075	000I		5
I		0				052; $0, [PA_y], 0$	6
2	I	I2	000I	2064	000I	конец цикла по $j_1$	7
3		52				$0 \Rightarrow PA$	8
4	4	00	2230		0004		9
5	4	00	2233		0005		10
6		I6	2I07	2I46	2I53	на интерполяц. по $y$	11
7		0				I00; 2252, $0, \overset{2241}{2236}$	12

2IIO		I	I2	0002	2I04	000I		4
I		0					052; $0, [PA_x], 0$	2
2		I	I2	000I	2056	000I	конец цикла по $i_1$	3
3				2200		00I0	$x \Rightarrow t$	4
4				2I76		0006	$h_x \Rightarrow h$	5
5				2224		0007	$x_i \Rightarrow d$	6
6			52				$0 \Rightarrow PA$	7
7	4	00	2236			0004		8
2I20	4	00	224I			0005		9
I		I6	2I22	2I46	2I53		уход на интерполяцию.	10
2		0					I00; 2252, $0, \overset{2247}{2244}$	11
3		I	I2	0002	2I17	000I		12
4		0					052; $0 [PA_z] 0$	8
5	I	I2	000I	2046		000I	конец цикла по $k_1$	2
6			22I6			00I0	$z \Rightarrow t$	3
7			22I4			0006	$h_z \Rightarrow h$	4
2I30		05	22I7	22I4	2252			5
I		0I	2252	22I2	0007		$z_0 + k h_z \Rightarrow d$	6
2		52					$0 \Rightarrow PA$	7
3	4	00	2244			0004		8
4	4	00	2247			0005		9
5		I6	2I36	2I46	2I53		на интерполяцию	10
6	3	02	2252	222I	000I		$H_x H_y H_z$	11
7		I	I2	0002	2I33	000I		12

2I40		0				052; 0, [PA]ст, 0	9
I		0				I00; 000I, 0, 3N+1	2
2		0				I00; 0002, 0, 3N+2	3
3		0				I00; 0003, 0, 3N+3	4
4		0				II2; 2+3(N-1), 20I6, 0003	5
5		I6	76I0	7600	760I	БЭР	6
6		02	0005	0004	2252		7
7		04	2252	0006	2252		8
2I50		02	00I0	0007	2253	Интерполяция	9
I		05	2252	2253	2252		10
2		0I	2252	0004	2252		11
3		0					12
4		7I					
5	I	I0					2
6	I	27					3
7					2254		4
2I60	I	00	0003				5
I	I	I2	7775	20I6	0003		6
2	7	77	7700				7
3			0077	7770			8
4				0007	7777		9
5	I	00	000I				10
6	I	53	2252	77II	2230		11
7	I	53	2252	77II	2233		12

2I70		I	00	2252		2236		
I		I	00	2252		224I	const	2
2		I	00	2252		2244		3
3		I	00	2252		2247		4
4			I4	0064	7604	7604	$\pi, 00, 0, \alpha, 0$	5
5			55	7604	77I7		p (есть ли) признак	6
6			36		2200			7
7			I3	7604	752I	7604	признак есть + PA	8
2200			I4	0II4	7607	7607	$00\pi_3, 00, 0, \beta, 0.$	9
I			55	7607	77I7		p (есть ли) признак	10
2			36		2204			11
3			I3	7607	752I	7607	признак есть + PA	12
4			I4	0II4	7607	7607	$00\pi_3, 00; \beta, 0, 0.$	
5			I3	22I6	7607	22I6	I3; $\beta+14, 2I57, 2I57$	2
6			I3	2220	7607	2220	500; $\beta, 0, 2I74$	3
7			I3	2220	2225	222I		4
22I0			I3	222I	2225	2222		5
I			I3	2222	2225	2225		6
2			I3	20I5	7604	20I5		7
3			I3	2005	7604	2005		8
4			I4	0II4	7604	7604	$\pi, 00, 00; \alpha, 0, 0$	9
5			I3	2I6I	7604	2I6I		10
6			I3	00I4	2I57	2I57		11
7			52				$0 \Rightarrow PA$	12



2220		5	00			2I74					
I			0				пересылка	$x_0$	$x_n$	$h_x$	2
2			0'					$y_0$	$y_m$	$h_y$	3
3								$z_0$	$z_p$	$h_z$	4
3		I	I2	0002	2220	000I					4
4			52							$0 \Rightarrow PA$	5
5				0003		0007	пересылка	$\Delta H_x$	$\Delta H_y$	$\Delta H_z$	6
6		I	I2	0002	2225	000I					
7			52							$0 \Rightarrow PA$	8
2230		7	02	2I75	2I74	2I77	$\left[ \frac{x_n - x_0}{h_x} \right] \Rightarrow n$				9
I		7	04	2I77	2I76	2I77					
2		5	4I	2I77	7752	2I77	$\left[ \frac{y_m - y_0}{h_y} \right] \Rightarrow m$	$\left[ \frac{z_p - z_0}{h_z} \right] \Rightarrow p$			11
3		5	02	2I77	7752	2I77					
4		I	I2	00I6	2230	0007					
5			33	2000	2237	2000	корректировка обрац. к БЭИ				2
6			I6		2005		Уход в СП				3
7				0I73							4
2240						000I					5
I						0002					6
2						000I					7
3						0002					8
4						000I					9
5						0002					10
6						000I					11
7						0002					12

2250										000I		
I										0002		2
2										000I		3
3										0002		4
4										000I		5
5										0002		6
6										000I		7
												8
											$K \Sigma$	9
												10
												11
												12
												2
												3
												4
												5
												6
												7
												8
												9
												10
												11
												12

ПРИЛОЖЕНИЕ

Программа кодировки таблицы магнитного поля

Таблица компонент магнитного поля, преобразованных по формулам (I), записывается на бланках тройками десятичных чисел  $H'_x, H'_y, H'_z$  (по одному числу в каждую строку) для значений аргументов  $(X, Y, Z)$ , заданных в следующем порядке:

$Z$ нач.	$X$ нач.	$Y$ нач. $Y$ нач. + $h_y$ ..... $Y$ конечное
$Z$ нач.	$X$ нач. + $h_x$	$Y$ нач. $Y$ нач. + $h_y$ $Y$ конечное
$Z$ нач.	$X$ конечное	$Y$ нач. $Y$ нач. + $h_y$ ..... $Y$ конечное
$Z$ нач. + $h_z$	$X$ нач.	$Y$ нач. $Y$ нач. + $h_y$ ..... $Y$ конечное
$Z$ конечное	$X$ конечное	$Y$ конечное

Полученная таблица суммируется и подкладывается к программе кодировки. Программа переводит числа  $H'_x, H'_y, H'_z$  в двоичный код и компоует их в одно 45-разрядное число, соответственно описанному ранее правилу. Полученная таблица выдается на печать и перфорацию.

Приведем пример условной записи таблицы.

Пусть в некоторой точке

$$H_x = 3,5 \text{ кгс}$$

$$H_y = 4,5 \text{ кгс}$$

$$H_z = 12,0 \text{ кгс}$$

и выбраны  $H'_x = 2,0 \text{ кгс}, H'_y = 3,5 \text{ кгс}, H'_z = 10,0 \text{ кгс}.$

Тогда  $H'_x = 1,5 \text{ кгс}, H'_y = 1,0 \text{ кгс}, H'_z = 2,0 \text{ кгс}.$

Переводя эти числа в двоичную систему, получим

$$\begin{aligned} P_{H'_x} &= 01 \\ Q_{H'_x} &= 110 \dots 0 \\ P_{H'_y} &= 01 \\ Q_{H'_y} &= 100 \dots 0 \\ P_{H'_z} &= 10 \\ Q_{H'_z} &= 100 \dots 0 \end{aligned}$$

Записывая эти величины в одном слове, как было указано, получим число

45 p. I p.

011100.000.000.000.011.000.000.000.000.101.000.000.000.000

Восьмеричная запись этого числа:

340.0030.0005.0000

Далее приводится программа кодировки таблицы магнитного поля.

