

**сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

1-84-779

**Б.В.Батюня, Д.Брунцко, В.Врба, Р.Ледницки,
И.М.Граменицкий, В.И.Молостова**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ
УСТАНОВКИ "ЛЮДМИЛА"
С ВНУТРЕННЕЙ ТРЕКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ
МИШЕНЬЮ**

1984

При облучении двухметровой водородной камеры ОИЯИ "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью /ВТМ/, заполненной дейтерием, в сепарированном пучке антинейтронов или дейтронов с импульсом 12,2 ГэВ/с в Серпухове было получено около 200 тыс. снимков.

Для обработки этого материала с помощью программы геометрической реконструкции /ПГР/^{1/} требуется знание оптических констант установки. В данном сообщении описывается процедура определения оптических констант, которая в отличие от случая заполнения объема камеры однородной оптической средой^{2/} дополнительно использует координаты реперных меток, нанесенных на поверхностях стенок мишени и определяет положение мишени в камере.

1. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ

В ПГР^{1/} используются следующие оптические константы:

- координаты входных зрачков фотокамер $\vec{x}_3^{(i)} \equiv (x_3^{(i)}, y_3^{(i)}, z_3^{(i)})$, $i = 1, 2, 3, 4$, /блок CAMERA/;
- координаты изображений реперных меток, умноженные на масштаб съемки /блок REFFER/;
- толщины d_j и показатели преломления n_j сред на пути светового луча от объекта до входного зрачка /блок MEDIA/;
- параметры дисторсий объективов $\beta_k^{(i)}$, $i = 1, 2, 3, 4$ и $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ /блок CORREC/.

Заметим, что преобразование измеренных на пленке координат в координаты изображений той же точки в случае идеальной оптики проводится в соответствии с формулами^{4/}

$$\vec{t}' = D \cdot \vec{t}; \quad \vec{t} = -\frac{1}{f}(\vec{x} - \vec{x}_3),$$

$$D = 1 + \beta_1 t_x + \beta_2 t_y + \beta_3 t_x t_y + \beta_4 t_x^2 +$$

$$\beta_5 t_y^2 + \beta_6 (t_x^2 + t_y^2)^2, \quad // /$$

$$t_y' = t_y + \beta_7 \frac{t_x^2}{z_3}.$$

где $\vec{t} = (t_x, t_y)$, а f - расстояние от выходного зрачка фотокамеры до плоскости пленки.

Для восстановления событий, зарегистрированных в объеме мишени, для ПГР далее требуются:

- координаты /в камерной системе/ реперных меток на верхней поверхности верхней стенки мишени /блок TSTF/;
- коэффициент усадки лексана - материала мишени - /первая величина в блоке SIDE/.

Для определения оптических констант пузырьковых камер в НЭОВК используется программа MUNG^{3/}. В рассматриваемом случае /камеры с ВТМ/ программа MUNG была несколько модифицирована вклю-



чением дополнительных реперных плоскостей - поверхностей верхней и нижней стенок мишени с нанесенными на них реперными метками. Такая модификация, в частности, позволяет более точно определить оптические константы, поскольку в 3-4 раза увеличивает расстояние между основной и вспомогательной плоскостями /вспомогательной плоскостью в случае камеры "Людмила" без ВТМ служит верхняя поверхность камерного стекла/.

Для $\ddot{d}\ddot{d}$ - и $\ddot{d}\ddot{d}$ -экспериментов были использованы две мишени с различным набором меток. Каждая мишень /по форме - параллелепипед/ имела три метки /расположенные треугольником/, нанесенные на верхней стенке мишени. Для экспозиции 503 еще три метки были нанесены на каждую из оставшихся поверхностей верхней и нижней стенок мишени. Для экспозиций 504, 505, и 601 одна метка нанесена на нижней поверхности верхней стенки мишени и остальные две - на верхней поверхности нижней стенки мишени.

2. ОПТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ ДЛЯ ЭКСПОЗИЦИЙ 503, 504, 505 И 601

Входными данными для программы MUNG являются толщина и показатели преломления оптических сред, координаты реперных меток и координаты \vec{x}_F^k изображений реперных меток для фотокамер $k = 1, 2, 3, 4$. Координаты \vec{x}_F^k определяются с помощью следующей процедуры: изображения реперных меток измеряются на нескольких кадрах* вместе с изображениями меток внутреннего ориентирования /которые нанесены на прижимные стекла/. С помощью программы PREST координаты усредняются в системе первого измерения и с помощью заданных координат меток внутреннего ориентирования /координаты этих меток, а также координаты реперных меток на камерном стекле были измерены на координатно-расточном станке/ находятся параметры линейного преобразования.

Во всех случаях были получены три набора оптических констант с использованием трех вариантов программы:

- I. Немодифицированной /без учета мишени/ программы MUNG;
- II. Модифицированной программы MUNG с использованием верхней стенки мишени в виде вспомогательной реперной плоскости;
- III. Модифицированной программы MUNG с использованием всех реперных меток мишени.

В таблицах 1-8 приведены значения оптических констант, координаты реперных меток на верхней поверхности верхней стенки мишени и коэффициент усадки лексана для экспозиций 503, 504, 505 и 601. Видно, что координаты зрачков, так же как и расстояние от входного зрачка объектива до плоскости пленки, практически не зависят от способа определения оптических параметров. В то же время, для некоторых фотокамер наиболее значимые пара-

*Были выбраны 1 или 2 пленки, снятые в середине рабочего сеанса. Реперные метки измерялись на 17 разных снимках на полуавтоматических приборах ПУОС.

Таблица 1

Экспозиция 503

Величина	Случай	Камера			
		I	II	III	IV
X_y	I	23.488I \pm 0.0002	-22.5I34 \pm 0.0002	-22.5I24 \pm 0.0002	22.4825 \pm 0.0002
	II	23.488I \pm 0.0002	-22.5I34 \pm 0.0002	-22.5I32 \pm 0.0002	23.4825 \pm 0.0002
	III	23.4884 \pm 0.0002	-22.5I33 \pm 0.0002	-22.5I32 \pm 0.0002	23.4824 \pm 0.0002
Y_z	I	-39.0837 \pm 0.0003	-39.0744 \pm 0.0003	6.9I39 \pm 0.0002	6.9I43 \pm 0.0002
	II	-39.0837 \pm 0.0003	-39.0745 \pm 0.0003	6.9I39 \pm 0.0002	6.9I43 \pm 0.0002
	III	-39.083I \pm 0.0003	-39.0745 \pm 0.0003	6.9I42 \pm 0.0002	6.9I38 \pm 0.0002
Z_y	I	223.50 \pm 0.2I			
	II	223.58 \pm 0.20			
	III	223.66 \pm 0.12			
$\beta_1 \cdot 10^4$	I	I9 \pm 8	-4 \pm 10	-I2 \pm 7	I8 \pm I2
	II	22 \pm 8	5 \pm 9	-9 \pm 6	I6 \pm 6
	III	I8 \pm 8	-4 \pm 9	-8 \pm 7	I6 \pm 6
$\beta_2 \cdot 10^4$	I	-3I \pm 42	-3I \pm 46	-26 \pm I3	-26 \pm I2
	II	-28 \pm 40	-5I \pm I2	-28 \pm I2	-26 \pm I2
	III	20 \pm 38	-6 \pm 42	-I3 \pm I2	-I2 \pm II
$\beta_3 \cdot 10^4$	I	-37 \pm 34	-42 \pm 39	-I6 \pm 35	89 \pm 34
	II	-5I \pm 34	-70 \pm 37	-I3 \pm 35	88 \pm 34
	III	-65 \pm 34	20 \pm 39	32 \pm 35	78 \pm 34
$\beta_4 \cdot 10^4$	I	I42 \pm 46	237 \pm 50	324 \pm 48	392 \pm 56
	II	I60 \pm 45	I9I \pm 45	309 \pm 47	37I \pm 55
	III	209 \pm 45	I46 \pm 43	296 \pm 48	338 \pm 55
$\beta_5 \cdot 10^4$	I	I39 \pm II4	227 \pm I22	-I28 \pm I28	-I17 \pm I43
	II	I45 \pm I07	I45 \pm II4	-I52 \pm I23	-I54 \pm I32
	III	48 \pm I0I	84 \pm II0	-255 \pm I20	-4 \pm I25
$\beta_6 \cdot 10^4$	I	I2I \pm I5I	-I23 \pm I45	-42I \pm I84	-804 \pm 255
	II	49 \pm I50	-7 \pm I37	-385 \pm I80	-76I \pm 253
	III	-II2 \pm I49	I24 \pm I32	-299 \pm I83	-645 \pm 25I
$\beta_7 \cdot 10^3$	I	307 \pm 66	I49 \pm 57	-III \pm 42	-322 \pm 49
	II	280 \pm 62	I55 \pm 56	-II3 \pm 4I	-337 \pm 46
	III	I60 \pm 62	-I63 \pm 55	-I27 \pm 40	-342 \pm 44
ξ	I	I4.985 \pm 0.005	I4.968 \pm 0.006	I5.0I8 \pm 0.002	I5.029 \pm 0.003
	II	I4.992 \pm 0.005	I4.975 \pm 0.006	I5.022 \pm 0.002	I5.033 \pm 0.003
	III	I5.0II \pm 0.005	I4.976 \pm 0.006	I5.032 \pm 0.002	I5.044 \pm 0.003

метры β_4 и β_7 заметно различаются при использовании разных вариантов программы I-III /см. также рис.1,2/. В ПГР^{1/} очень важно знать оптические константы с хорошей точностью. Это связано прежде всего со специальной процедурой 'track-match', в которой основную роль играет наличие метки последней точки первого сегмента трека в мишени. Если оптические параметры /тем самым и координаты меток на верхней поверхности мишени в системе камеры/ определены плохо, в ПГР при восстановлении трека в пространстве меченая точка трека может реконструироваться вне мишени, в результате чего треки бракуются.

Таблица 2

Экспозиция 504

Величина	Случай	Камера			
		I	II	III	IV
X_2	I	23.4893±0.0002	-22.5129±0.0002	-22.5151±0.0002	23.4811±0.0002
	II	23.4891±0.0002	-22.5130±0.0002	-22.5147±0.0002	23.4807±0.0002
	III	23.4896±0.0001	-22.5125±0.0001	-22.5142±0.0002	23.4812±0.0002
Y_2	I	-39.0853±0.0003	-39.0741±0.0003	6.9146±0.0002	6.9129±0.0002
	II	-39.0845±0.0003	-39.0741±0.0003	6.9146±0.0002	6.9127±0.0002
	III	-39.0838±0.0003	-39.0735±0.0003	6.9158±0.0002	6.9135±0.0002
Z_2	I	223.43±0.20			
	II	223.29±0.20			
	III	223.39±0.20			
$\rho_{1.10^4}$	I	19±8	-11±10	-43±8	15±6
	II	32±8	-27±9	-32±8	29±6
	III	32±8	-24±9	-34±8	28±6
$\rho_{2.10^4}$	I	-51±41	-35±41	-7±13	23±12
	II	-87±39	-61±39	4±13	38±12
	III	-78±37	-52±38	4±13	39±12
$\rho_{3.10^4}$	I	-58±34	41±36	-35±36	95±34
	II	-100±34	69±35	-74±36	101±34
	III	-103±33	60±34	-76±35	98±34
$\rho_{4.10^4}$	I	199±46	215±48	297±53	275±56
	II	390±43	260±46	424±52	410±54
	III	322±42	244±44	429±51	392±52
$\rho_{5.10^4}$	I	243±112	206±100	37±128	153±143
	II	412±104	277±101	129±125	464±133
	III	387±100	250±96	118±122	461±127
$\rho_{6.10^4}$	I	-98±150	-90±143	-420±193	-393±253
	II	-427±145	-163±137	-718±189	-780±243
	III	-412±141	-128±133	-727±186	-701±235
$\rho_{7.10^3}$	I	222±66	-20±56	-305±42	-750±48
	II	106±63	-10±55	-305±41	-713±47
	III	100±62	9±53	-289±40	-733±46
δ	I	14.981±0.006	14.953±0.006	15.007±0.002	15.016±0.003
	II	14.978±0.005	14.941±0.005	15.002±0.002	15.017±0.003
	III	14.985±0.005	14.948±0.005	15.008±0.002	15.023±0.003

Проверка оптических параметров, соответствующих вариантам I-III на случайной выборке из 200 событий, показала, что в случае варианта II бракуется на 17% и в случае варианта III - на 31% меньше, чем в случае варианта I. На этом основании для массовой обработки событий применяются оптические константы, полученные с использованием всех реперных меток мишени - вариант III.

Экспозиция 505

Таблица 3

Величина	Случай	Камера			
		I	II	III	IV
X_2	I	23.4859±0.0002	-22.5150±0.0002	-22.5124±0.0002	23.4830±0.0002
	II	23.4860±0.0002	-22.5148±0.0002	-22.5117±0.0002	23.4829±0.0002
	III	23.4865±0.0001	-22.5143±0.0001	-22.5112±0.0002	23.4833±0.0002
Y_2	I	-39.0829±0.0003	-39.0775±0.0003	6.9118±0.0002	6.9146±0.0002
	II	-39.0819±0.0003	-39.0776±0.0003	6.9117±0.0002	6.9145±0.0002
	III	-39.0812±0.0003	-39.0770±0.0003	6.9124±0.0002	6.9153±0.0002
Z_2	I	223.22±0.20			
	II	223.05±0.20			
	III	223.16±0.20			
$\rho_{1.10^4}$	I	12±8	1±10	-12±8	19±6
	II	28±8	-13±9	-41±8	33±6
	III	29±8	-10±9	-42±8	33±6
$\rho_{2.10^4}$	I	-11±43	-3±41	-12±13	-11±12
	II	-49±40	-27±39	0.9±13	4±12
	III	-45±39	-18±38	0.06±13	5±12
$\rho_{3.10^4}$	I	-17±35	13±36	-29±36	45±34
	II	-68±34	39±35	-71±36	50±34
	III	-69±34	31±34	-72±35	48±34
$\rho_{4.10^4}$	I	202±51	174±48	349±53	356±56
	II	354±47	215±46	474±52	485±54
	III	345±46	199±44	473±51	462±52
$\rho_{5.10^4}$	I	136±120	127±109	-87±128	317±143
	II	323±110	191±101	-5±125	354±133
	III	309±106	163±97	-29±121	344±133
$\rho_{6.10^4}$	I	-15±170	-13±143	-494±192	-631±253
	II	-404±162	-82±137	-782±189	-979±243
	III	-378±157	-45±13	-775±186	-878±235
$\rho_{7.10^3}$	I	125±71	12±56	-104±42	-244±48
	II	-25±69	39±54	-93±41	-210±47
	III	-28±66	58±53	-78±40	-221±46
δ	I	14.937±0.006	14.940±0.006	14.994±0.002	15.001±0.003
	II	14.969±0.006	14.925±0.005	14.985±0.002	14.998±0.003
	III	14.997±0.005	14.933±0.005	14.993±0.002	15.005±0.003

Таблица 4

Экспозиция 601					
Величина	Случай	Камера			
		I	II	III	IV
X_2	I	23.4902±0.0002	-22.5110±0.0002	-22.5138±0.0002	23.4820±0.0002
	II	23.4889±0.0002	-22.5131±0.0002	-22.5146±0.0002	23.4804±0.0002
	III	23.4895±0.0002	-22.5125±0.0001	-22.5180±0.0002	23.4809±0.0002
Y_2	I	-39.0853±0.0003	-39.0742±0.0003	6.9139±0.0002	6.9123±0.0002
	II	-39.0844±0.0003	-39.0741±0.0003	6.9140±0.0002	6.9121±0.0002
	III	-39.0837±0.0003	-39.0735±0.0003	6.9146±0.0002	6.9128±0.0002
Z_2	I	223.52±0.21			
	II	223.39±0.21			
	III	223.49±0.21			
$\rho_{x \cdot 10^3}$	I	32±11	2±10	-7±8	21±6
	II	47±10	-16±10	-35±8	36±6
	III	47±10	-14±9	-36±8	36±6
$\rho_{y \cdot 10^3}$	I	-46±43	-40±43	4±13	-1±12
	II	-88±40	-68±40	17±13	15±12
	III	-80±38	-60±40	17±13	15±12
$\rho_{z \cdot 10^3}$	I	-62±41	1±37	-32±37	58±35
	II	-114±40	35±36	-70±36	67±35
	III	-115±40	28±36	-71±36	66±35
$\rho_{x \cdot 10^2}$	I	253±51	209±51	306±57	286±57
	II	391±48	263±48	429±56	435±55
	III	384±46	249±46	439±55	416±53
$\rho_{y \cdot 10^2}$	I	252±117	249±114	181±132	94±146
	II	437±107	327±103	263±129	437±135
	III	415±102	300±100	262±125	421±130
$\rho_{z \cdot 10^2}$	I	-174±162	-84±154	-393±226	-356±258
	II	-532±155	-174±149	-680±222	-787±246
	III	-520±119	-138±145	-708±219	-712±239
$\rho_{x \cdot 10^1}$	I	162±66	46±57	-116±46	-308±49
	II	64±64	-53±56	-134±44	-242±48
	III	60±62	-37±55	-121±43	-252±46
f	I	14.991±0.006	14.963±0.006	15.016±0.003	15.021±0.003
	II	14.988±0.005	14.951±0.006	15.010±0.002	15.022±0.003
	III	14.996±0.005	14.958±0.006	15.018±0.002	15.029±0.003

Таблица 5

Экспозиция 503				
Случай	x (см)	y (см)	z (см)	ρ (%)
I	13.021	0.374		
	-31.234	8.373	-24.71±0.03	1.23
II	-66.538	-0.111		
	13.016	0.366		
III	-31.232	8.375	-24.71±0.03	1.23
	-66.534	-0.100		

Таблица 6

Экспозиция 504				
Случай	x (см)	y (см)	z (см)	ρ (%)
I	8.321	10.302		
	-23.939	1.838	-25.30±0.03	2.05
II	-56.321	9.828		
	8.328	10.310		
III	-23.925	1.846	-25.26±0.04	2.03
	-56.300	9.834		

Таблица 7

Экспозиция 505				
Случай	x (см)	y (см)	z (см)	ρ (%)
I	8.400	10.100		
	-23.874	1.677	-25.29±0.04	2.04
II	-56.248	9.711		
	8.406	10.106		
III	-23.859	1.685	-25.24±0.02	2.07
	-56.225	9.716		

Таблица 8

Экспозиция 601				
Случай	x (см)	y (см)	z (см)	ρ (%)
I	8.318	10.288	-25.33±0.04	2.05
	-23.942	1.821		
II	-56.324	9.809		
	8.325	10.293		
III	-23.925	1.828	-25.28±0.04	2.08
	-56.299	9.814		

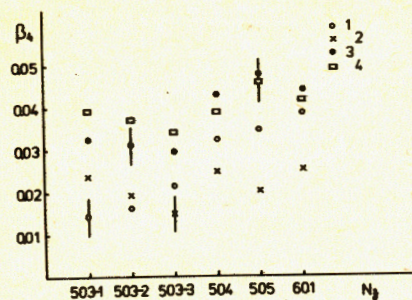


Рис.1. Зависимость параметра β_4 от экспозиции для фотокамер 1,2,3,4. Для экспозиции 503 приведены значения параметра β_4 для вариантов I-III /см. текст/.

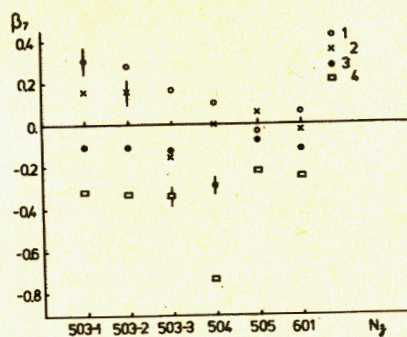


Рис.2. Зависимость параметра β_7 от экспозиции для фотокамер 1,2,3,4. Для экспозиции 503 приведены значения β_7 для вариантов I-III /см. текст/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артеян А.С. и др. ОИЯИ, 10-34-450, Дубна, 1984.
2. Валкарова А. и др. ОИЯИ, 1-12356, Дубна, 1979.
3. Ледницки Р., Сайтов И.С. ОИЯИ, 52-10-7737, Дубна, 1974.
4. TC Program Library, CERN, 1968, vol. 1,2,3.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 декабря 1984 года.

Батюня Б.В. и др.

1-84-779

Определение оптических констант установки "Людмила"
с внутренней трекочувствительной мишенью

Приводится описание процедуры вычисления оптических констант для установки "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью. Рассматриваются три варианта процедуры, отличающиеся учетом реперных меток, нанесенных на стенках мишени. Полученные оптические константы для экспозиций 503, 504, 505 и 601 установки "Людмила" на пучке антитейтрон и дейтрон с импульсом 12 ГэВ/с проверены программой геометрической реконструкции, в результате чего был отобран вариант с учетом всех реперных меток, нанесенных на мишени.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Batyunya B.V. et al.

1-84-779

Calculation of Optical Constants of "Ludmila" Facility with
Internal Track-Sensitive Target

The procedure of calculating the optical constants for "Ludmila" facility with an internal track-sensitive target is described. Three variants are discussed in dependence of the possibility to account the fiducial marks on the target walls. The optical constants for the expositions 503, 504, 505 and 601 of "Ludmila" facility with antideuteron and deuteron beam at 12 GeV/c are tested by the program of geometrical reconstruction. On the basis of this test the variant accounting all fiducial marks on the target walls is chosen.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984