

С 351

К 299

3-27

4-59

Б1-1248

Б1-1248

Катышев Ю.Б.

+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Б1-1248

Катышев Ю.В.

С 351

К-299

РАСЧЕТ ПРОБЕГОВ РАЗЛИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В ПРОПАНЕ.

с. ф. 324

Рукопись поступила
в издательский отдел
"30" III 1961 г.

- Дубна, 1961 г. -

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В настоящем отчете приведены результаты расчета пробегов различных частиц в пропане для следующих интервалов импульсов:

Протоны	- от 75	до 101000	Мэв/с
Мюоны	- от 8,5	до 11400	Мэв/с
Пионы	- от 11	до 15000	Мэв/с
K-мезоны	- от 40	до 53200	Мэв/с
Сигма-гипероны	от 95	до 128000	Мэв/с
Каскадные гипероны	- от 106	до 142000	Мэв/с

Кратко описан метод расчета. Результаты данного расчета для протонов сравниваются с другими расчетами до энергии 1000 Мэв.

Для расчета пробегов различных частиц в пропане было использовано выражение для соотношения пробег-энергия для протонов, полученное в 1960 году в работе Штернхаймера⁽¹⁾. Это выражение пригодно для любых веществ, если известен средний потенциал возбуждения атомов данного вещества I . Если ввести обозначение

$$\chi = 69,40 (I / I_{Al}),$$

где I_{Al} -средний потенциал возбуждения для алюминия, то пробег протона с кинетической энергией T_p в веществе со средним потенциалом возбуждения I дается в работе⁽¹⁾ выражением:

$$R_p(T_p, I) = R_p(2 \text{ МэВ}, I) + \frac{A}{2Z} \Phi(T_p) (1 + G_1 \chi + G_2 \chi^2 + G_3 \chi^3). \quad (1)$$

В этой формуле первое слагаемое - пробег протона с кинетической энергией 2 МэВ в данном веществе, A - атомное число, Z - атомный номер, а Φ - функции кинетической энергии протона, протабулированные⁽¹⁾ от 3 до 100000 МэВ. Таблица⁽¹⁾ значений функций Φ использована для данного вычисления пробегов.

Для того, чтобы использовать это выражение для вычисления пробегов в пропане, нам надо найти величины A и I для пропана. Когда Ливингстон и Бете⁽²⁾ считали пробеги для воздуха, т.е. для смеси различных элементов, то они брали в качестве эффективного числа электронов на символический "атом воздуха" величину Z_{eff} , вычисляемую по формуле:

$$Z_{eff} = \sum \alpha_i Z_i,$$

где α_i - процентное содержание i - той компоненты в воздухе, Z_i - заряд ядра i - того элемента.

Эту формулу можно применить и для пропана, причем

$$Z_{C_3H_8} = \frac{3Z_C + 8Z_H}{11},$$

т.к. в молекуле пропана 11 атомов, из них 3 -углеродных и 8 - водородных. Непосредственное вычисление дает:

$$Z_{C_3H_8} = 2,36.$$

Такой же метод усреднения применим и для нахождения $A_{C_3H_8}$:

$$A_{C_3H_8} = \frac{3A_C + 8A_H}{11} = 4.$$

Таким образом, для пропана (C_3H_8): $Z/A = 0,59$. На такую же величину Z/A для пропана указывал Ф.Зейтц в своей статье о работе пузырьковой камеры⁽³⁾.

Средний понижающий потенциал для пропана вычислим по формуле, взятой из работ^(4,5):

$$\log I_{C_3H_8} = \frac{3 Z_C \log I_C + 8 Z_H \log I_H}{3 Z_C + 8 Z_H}.$$

По ~~этой~~ ^{такой же} формуле считался средний понизационный потенциал для фотозмульсии⁽⁵⁾. В эту формулу подставим наиболее точные значения Ионизационных потенциалов углерода и водорода:

$$I_C = 78 \text{ эв,}$$

$$I_H = 19 \text{ эв,}$$

использованные Штернхаймером в работах^(1,6), и получим

$$I_{C_3H_8} = 50 \text{ эв.}$$

На такое же значение указывают авторы недавней работы⁽⁸⁾.

Эта величина была использована в настоящем расчете. Входящая в формулу (I) величина I_{Ar} принималась равной 166 эв⁽¹⁾.

В ряде работ до сих пор использовалась неверная цифра 150 эв, приводившая к неверным значениям понизационных потенциалов для других элементов.

При расчете пренебрегали величиной $R_p(2Mэв, I)$, входящей в формулу (I), из-за её практической малости (меньше 0,01 см пропана).

Заметим, что формула (I) точна с погрешностью не более 1% для величин потенциалов, лежащих в интервале от $I_{Be} = 64$ эв до $I_{Pb} = 1070$ эв⁽¹⁾. Данный расчет, конечно, имеет худшую точность т.к. сам метод эффективного "атома пропана" не доказан.

После того, как с помощью формулы (I) были получены пробеги протонов R_p в пропане, считались пробеги других частиц R_i . Пробег R_i для частицы i с кинетической энергией T_i считался по формуле:⁽⁷⁾

$$R_i(T_i) = \frac{m_i}{m_p} R_p\left(\frac{m_p}{m_i} T_i\right), \quad (2)$$

где : m_i - масса i -той частицы,

m_p - масса протона,

$R_p\left(\frac{m_p}{m_i} T_i\right)$ - пробег протона с кинетической энергией $\frac{m_p}{m_i} T_i$.

Формула (2) не включает в себя множитель, учитывающий небольшую зависимость максимальной энергии, передаваемой электрону, от массы налетающей частицы при очень высоких энергиях. Однако величина этого множителя практически не зависит от электрического заряда атомного ядра и не более чем на 1% больше единицы в широком интервале энергий (смотри, например, работу⁽⁷⁾).

Ниже следует таблица I, в которой сравниваются величины пробегов протонов в пропане, приведенные в обзоре⁽⁹⁾, с результатами данного расчета, выполненного для плотности пропана $0,43\text{г/см}^3$. Согласие хорошее.

В следующих таблицах приведены результаты настоящего расчета. Кроме величины пробегов, в таблицах приведены потери импульса на сантиметре пути в пропане. Эти потери для i -го импульса частицы P_i вычислялись по формуле:

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta R}\right)_i \approx \frac{P_i - P_{i-1}}{R_i - R_{i-1}},$$

где P_{i-1} и R_{i-1} - импульс и пробег для ($i - 1$)-го импульса в таблице пробегов.

Таблица I

Сравнение пробегов протонов в пропане, приведенных в обзоре И.И. Першина⁽⁹⁾, с результатами данного расчета

Кинетическая энергия протона МэВ	Пробеги протонов в пропане, см	
	Обзор И.И.Першина ⁽⁹⁾ Плотность пропана C_3H_8 0,42 г/см ³	Данный расчет Плотность пропана 0,43г/см ³
10	0,25	0,23
50	4,6	4,6
100	17	16
500	250	250
1000	690	690

При расчете были использованы следующие величины масс частиц (в Мэв):

(см. стр. 6)

Протон	938,213
Мюон	105,655
Пион	139,59
K-мезон	493,9
Сигма-гиперон	1190
Каскадный гиперон	1318,4

В цифрах использованная формула для подсчета пробегов протона в пропане выглядит так:

$$R_p(T_p) = 0,846 \Phi (1 - 0,517 G_1 + 0,267 G_2 - 0,138 G_3).$$

Здесь пробег получается в единицах г/см².

Катышев / Катышев Д.В. /

Июнь 1961 год.

Л и т е р а т у р а

- ✓1. R.M.Sternheimer, Phys.Rev. 118, 1045 (1960).
2. M.S.Livingston, H.A.Bethe, Rev.Mod.Phys. 9, 267 (1937).
3. F.Seitz, Phys.of Fluids, 1, 2 (1958).
4. S.K.Allison, S.D.Warshaw, Rev.Mod.Phys. 25, 779 (1953).
- ✓5. W.H.Вагkas, Nuovo Cim. 8, 204 (1958).
6. R.M.Sternheimer, Phys.Rev. 103, 512 (1956).
7. R.M.Sternheimer, Phys.Rev. 115, 137 (1959).
- ✓8. A.Ahmadzadeh, N.N.Biswas, Nuovo Cim., 19, 958 (1961).
9. И.И.Першин, УФН 73, 559 (1961).

ПРОБЕГИ ПРОТОНОВ В ПРОПАНЕ

Кинетическая энергия, МэВ	Импульс протона, МэВ/с	Пробеги протонов в единицах		Потери импульса на сантиметре пути, МэВ/с/см.
		z/cm^2	см	
3	75	0,005	0,01	-
4	87	0,014	0,03	600
5	97	0,024	0,06	525
6	106	0,035	0,08	450
7	115	0,049	0,11	300
8	123	0,064	0,15	200
9	130	0,080	0,19	175
10	137	0,098	0,23	175
12	150	0,14	0,32	144
14	163	0,19	0,43	118
16	174	0,24	0,56	85
18	185	0,30	0,69	85
20	195	0,36	0,84	66
22,5	207	0,45	1,1	40
25	218	0,55	1,3	55
27,5	229	0,65	1,5	55
30	239	0,77	1,8	33
35	259	1,0	2,4	33
40	277	1,3	3,0	30
45	294	1,6	3,8	21
50	310	2,0	4,6	20
55	326	2,3	5,4	20
60	341	2,7	6,4	15
65	355	3,2	7,3	16

I	2	3	4	5
70	369	3,6	8,4	I3
75	383	4,1	9,5	I2,7
80	396	4,6	10,7	I0,8
90	421	5,7	13,2	I0
I00	444	6,9	15,9	8,5
I10	467	8,1	18,9	7,7
I20	489	9,5	22,1	6,9
I30	511	10,9	25,4	6,7
I40	531	12,5	29,0	5,6
I50	551	14,1	32,7	5,4
I60	571	15,8	36,6	5,1
I80	608	19,3	45,0	4,4
200	644	23,2	54,0	4
225	688	28,4	66,0	3,7
250	729	34,0	79,0	3,2
275	769	39,9	92,7	2,9
300	808	46,1	107,3	2,7
325	856 846	52,7	122	2,5
350	883	59,5	138	2,3
375	919	66,5	155	2,1
400	954	73,3	172	2,1
450	I023	89,2	207	2
500	I090	I05,3	245	I,8
550	I155	I22	284	I,7
600	I219	I40	325	I,6
700	I343	I76	410	I,5
800	I463	215	499	I,3
900	I581	255	592	I,3
I000	I696	296	688	I,2

I	2	3	4	5
I250	1977	402	935	I,I
I500	225I	5I2	II9I	I,I
I750	25I9	625	I453	I
2000	2784	739	I7I8	I
2250	3047	854	I986	0,98
2500	3308	969	2254	0,97
2750	3566	I085	2524	0,96
3000	3825	I20I	2793	0,96
3500	4338	I433	3333	0,95
4000	4849	I664	3869	0,95
4500	5356	I895	4407	0,94
5000	5863	2I24	4939	0,95
6000	6875	2580	600I	0,95
7000	7882	303I	7049	0,96
8000	8889	3479	8090	0,97
9000	9894	3923	9I22	0,97
I0000	I0900	4362	I0I45	0,98
I2500	I3405	5450	I2674	0,99
I5500	I5909	6522	I5I69	I
I7500	I84I5	7584	I7638	I,0I
20000	209I6	8633	20076	I,03
22500	23420	9675	22499	I,03
25000	2592I	I0707	24900	I,04
27.500	28424	II733	27286	I,05
30000	30924	I2752	29655	I,06
40000	40927	I6773	390I0	I,06
50000	5093I	20737	48225	I,08
60000	60934	24640	573I2	I,I
70000	70929	285I0	66308	I,I
80000	80932	32338	75204	I,I
90000	90934	36I39	84044	I,I
I00.000	I00944	39936	92875	I,I

ПРОБЕГИ КАСКАДНОГО ГИПЕРОНА В ПРОПАНЕ

Импульс, МэВ/с	Пробег в единицах		Потери импульса на 1 см, $\frac{\text{МэВ/с}}{\text{см}}$
	г/см ²	см	
106	0,009	0,02	-
122	0,020	0,05	530
136	0,034	0,08	470
149	0,050	0,12	320
161	0,069	0,16	300
173	0,090	0,21	240
183	0,113	0,26	200
193	0,138	0,32	170
212	0,196	0,5	130
229	0,262	0,6	130
244	0,337	0,8	80
260	0,419	1,0	80
274	0,510	1,2	70
290	0,635	1,5	53
306	0,771	1,8	53
322	0,919	2,1	53
336	1,08	2,5	35
364	1,43	3,3	35
389	1,83	4,3	25
413	2,27	5,3	24
436	2,75	6,4	21
458	3,28	7,6	18
479	3,84	8,9	16
499	4,44	10,3	14
519	5,07	11,8	13
538	5,75	13,4	12
556	6,46	15,0	11
591	7,98	18,6	9,7
625	9,63	22,4	8,9
657	11,4	26,6	7,6
688	13,3	31	7,0
718	15,4	35,7	6,4
747	17,5	40,7	5,8
775	19,8	46	5,3
802	22,1	51,5	4,9
855	27,2	63,2	4,5
906	32,6	75,8	4,0
966	39,9	92,8	3,5
1025	47,7	111	3,2
1081	56,0	130,3	2,9
1135	64,8	150,7	2,6
1188	74,0	172,1	2,5
1240	83,6	194	2,4
1291	93,5	217	2,2
1341	104	241	2,1
1438	125	292	1,9
1530	148	344	1,8

1	2	3	4
I623	I72	399	I,7
I713	I96	456	I,6
I887	248	576	I,4
2060	302	702	I,4
2220	358	832	I,2
2380	416	967	I,18
2780	565	I310	I,17
3160	720	I674	I,04
3540	878	2042	I,03
3910	I040	2414	0,994
4280	I200	2790	0,984
4650	I360	3168	0,979
5010	I520	3547	0,950
5380	I690	3925	0,979
6100	2010	4683	0,950
6810	2340	5437	0,942
7530	2660	6193	0,952
8240	2980	6940	0,950
9660	3630	8433	0,951
III00	4260	9906	0,978
I2500	4890	II400	0,937
I3900	5510	I2800	I
I5300	6130	I4300	0,93
I8800	7660	I7800	I
22400	9170	21300	I,03
25900	I0700	24800	I
29400	I2100	28210	I,03
32900	I3600	31600	I,03
36400	I5000	35000	I,03
39900 ← 39900	I6500	38300	I,06
43400	I7900	41700	I,03
57500	23600	54800	I,08
71600	29100	67800	I,08
85600	34600	80500	I,10
99700	40100	93200	I,11
II4000	45400	I06000	I,12
I28000	50800	II8000	I,17
I42000	56100	I31000	I,08

ПРОБЕГИ СИГМА - ГИПЕРОНОВ В ПРОПАНЕ

Импульс, Мэв/с	Пробеги в единицах		Потери импульса на 1 см пути, Мэв/с/см
	г/см ²	см	
95	0,008	0,02	-
110 ← 110	0,02	0,04	750
123	0,031	0,07	450
135	0,045	0,11	330
146	0,062	0,14	330
156	0,081	0,19	200
165	0,102	0,24	180
174	0,125	0,29	180
191	0,18	0,41	142
206	0,24	0,55	107
221	0,30	0,71	94
234	0,38	0,88	76
247	0,46	1,1	70
263	0,57	1,3	70
277	0,70	1,6	47
291	0,83	1,9	47
304	1,0	2,3	34
329	1,3	3,0	34
352	1,7	3,8	29
374	2,0	4,8	22
394	2,5	5,8	20
414	3,0	6,9	18
433	3,5	8,1	16
451	4,0	9,3	15
469	4,6	10,6	14
486	5,2	12,1	11
503	5,8	13,6	11
534	7,2	16,8	9,7
565	8,7	20,2	9,1
594	10,3	24	7,6
622	12	28	7
650	13,9	32,3	6,5
675	15,8	36,8	5,6
700	18	41	5,9
725	20	46	5
775	24,6	57	4,5
820	29,5	68	4,1
875	36	84	3,4
925	43	100	3,1
980	51	118	3,1
1025	58,6	136	2,5
1075	67	156	2,5
1120	75	176	2,4
1170	84	196	2,3
1210	94	218	1,8
1300	113	264	2

1	2	3	4
I385	I34	311	I,8
I470	I55	361	I,7
I550	I78 ← 178	413	I,5
I705	224	520	I,4
I860	273	634	I,4
2010	324	752	I,3
2160	376	874	I,2
2515	510	1190	I,1
2860	651	1510	I,1
3200	794	1850	I,0
3540	940	2180	I,0
3870	I085	2525	0,96
4200	I230	2865	0,97
4530	I380	3200	0,98
4860	I530	3550	0,94
5500	I820	4235	0,93
6160	2100	4920	0,96
6810	2400	5600	0,96
7450	2700	6300	0,91
8740	3300	7600	0,99
I0000	3800	8950	0,93
I1300	4400	I0300	0,96
I2600	5000	I1500	I
I3800	5500	I2350	0,96
I7000	6900	I6100	0,98
20200	8300	I9300	I
23400	9600	22400	I0
26600	I1000	25500	I,0
29700	I2300	28500	I
32900	I3600	31500	I,07
36000	I4900	34550	I,02
39300	I6200	37700	I,08
52000	21300	49500	I,07
64800	26400	61300	I,09
77500	31000	73000	I,08
90000	36000	84000	I,I
I03000	41000	95000	I,2
I16000	46000	I07000	I,I
I28000	50700	I18000	I,I

ПРОБЕГИ К-МЕЗОНОВ В ПРОПАНЕ

Импульс, МэВ/с	Пробеги в единицах		Потери импульса на сантиметре пути, $\frac{\text{МэВ/с}}{\text{см}}$
	г/см ²	см	
40	0,003	0,008	-
46	0,008	0,02	500
51	0,013	0,03	500
56	0,019	0,04	500
60	0,026	0,06	200
65	0,034	0,08	200
69	0,042	0,1	200
72	0,052	0,12	150
79	0,073	0,17	140
86	0,098	0,23	117
92	0,126	0,29	100
96	0,157	0,37	75
103	0,191	0,44	75
109	0,238	0,55	55
115	0,289	0,67	50
120	0,344	0,80	40
126	0,405	0,94	40
136	0,537	1,2	38
146	0,686	1,6	25
155	0,851	2,0	22
163	1,03	2,4	20
172	1,23	2,9	18
179	1,44	3,3	17,5
187	1,66	3,9	14
194	1,90	4,4	14
201	2,15	5	11,7
208	2,42	5,6	11,7
222	2,99	7	10
234	3,61	8,4	8,6
246	4,28	10	8
258	5,0	11,6	7,5
269	5,76	13,4	6,1
280	6,56	15,3	5,8
290	7,41	17,2	5,3
300	8,3	19,3	4,8
320	10,2	23,7	4,5
339	12,2	28,4	4
362	14,9	34,8	3,6
384	17,9	41,6	3,2
405	21,0	48,8	2,9
425	24,3	56,5	2,59
465	31,3	72,8	2,4
484	35,0	81,5	2,2
502	38,9	90,4	2
539	47	109,2	1,97
445	27,7	64,5	2,5

I	2	3	4
574	55,4	I28,9	I,78
608	64,3	I50	I,65
642	73,5	I71	I,58
707	92,8	2I6	I,45
770	II3	263	I,34
832	I34	3I2	I,26
893	I56	362	I,22
I040	2I2	492	I,I3
II80	270	627	I,04
I330	329	765	I,09
I470	389	904	I,0
I600	449	I050	0,9
I740	5I0	II90	I
I880	57I	I330	I
20I0	632	I470	0,9
2280	754	I750	0,96
2550	876	2040	0,93
2820	998	2320	0,96
3090	II20	2600	0,96
3620	I360	3I60	0,95
4I50	I600	37I0	0,96
4680	I830	4260	0,96
52I0	2060	4800	0,98
5740	2300	5340	0,98
7060	2870	6670	0,99
8380	3430	7990	I,0
9690	3990	9290	I,0
II000	4540	I0600 ← 40600	I,0
I2300	5090	II800	I,I
I3600	5640	I3I00	I
I5000	6I80	I4400	I,I
I6300	67I0	I5600	I,I
2I600	8830	20500	I,I
26800	I0900	25400	I,I
32I00	I3000	30200	I,I
37300	I5000	34900	I,I
42600	I7000	39600	I,I
47900	I9000	44200	I,I
53200	2I000	48900	I,I

ПРОБЕГИ ПИОНОВ В ГРОПАНЕ

Импульс пиона Мэв/с	Пробег в единицах		Потери импульса на сантиметре пути Мэв/с / см.
	г/см ²	см	
11	0,0009	0,002	-
13	0,002	0,005	1000
14	0,004	0,008	800
16	0,005	0,01	500
17	0,007	0,02	400
18	0,009	0,022	300
19	0,012	0,028	200
20	0,015	0,034	200
22	0,021	0,05	200
24	0,028	0,06	200
26	0,036	0,08	100
27	0,044	0,10	80
29	0,054	0,13	70
31	0,067	0,16	70
32	0,082	0,19	60
34	0,097	0,23	50
36	0,114	0,27	50
38	0,152	0,35	30
41	0,194	0,45	30
44	0,240	0,56	27
46	0,292	0,68	20
48	0,347	0,81	20
51	0,406	0,95	20
53	0,470	1,1	15
55	0,537	1,2	15
57	0,608	1,4	10
59	0,684	1,6	10
63	0,845	2,0	10
66	1,02	2,4	10
70	1,21	2,8	8
73	1,41	3,3	6
76	1,63	3,8	6

I	2	3	4
79	1,85	4,3	6
82	2,09	4,9	5
85	2,34	5,5	5
91	2,88	6,7	5
96	3,45	8,0	3,8
I02	4,22	9,8	3,3
I08	5,05	11,8	3,0
II4	5,93	13,8	3
I20	6,86	16,0	2,7
I26	7,83	18,2	2,7
I31	8,85	20,6	2,1
I37	9,90	23,0	2,5
I42	11,0	25,6	1,9
I52	13,3	30,9	1,9
I62	15,7	36,4	1,8
I72	18,2	42,3	1,7
I81	20,8	48,3	1,5
200	26,2	<u>61,0</u>	1,5
218	31,9	74,3	1,4
235	37,9	88,1	1,2
252	44,0	102	1,2
294	59,8	139	1,1
335	76,2	177	1,08
375	93,0	216	1,02
414	110	256	1
453	127	295	1
492	144	335	0,98
531	161	376	0,95
569	179 ← 179	416	0,95
645	213	496	0,95
721 ← 721	248	576	0,95
797	282	656	0,95
872	316	735	0,95
I023	384	893	0,95

I	2	3	4
II73	45I	I049	0,96
I322	5I8	I204	0,96
I472	584	I357	0,98
I62I	649	I509	0,98
I994	8II	I886	0,99
2367	970	2257	I,0
2740	II30	2624	I,02
3II2	I280	2987	I,02
3484	I440	3348	I,03
3856	I590	3705	I,04
4228	I750	4060	I,05
460I	I900	44I2	I,06
6089	2500	5804	I,07
7578	3090	7I75	I,09
9065	3670	8527	I,IO
I0550	4240	9866	I,II
I2040	48I0	II190	I,I2
I3530	5380	I2504	I,I3
I5020	5940	I38I8	I,I3

ПРОБЕГИ МЮОНОВ В ПРОПАНЕ

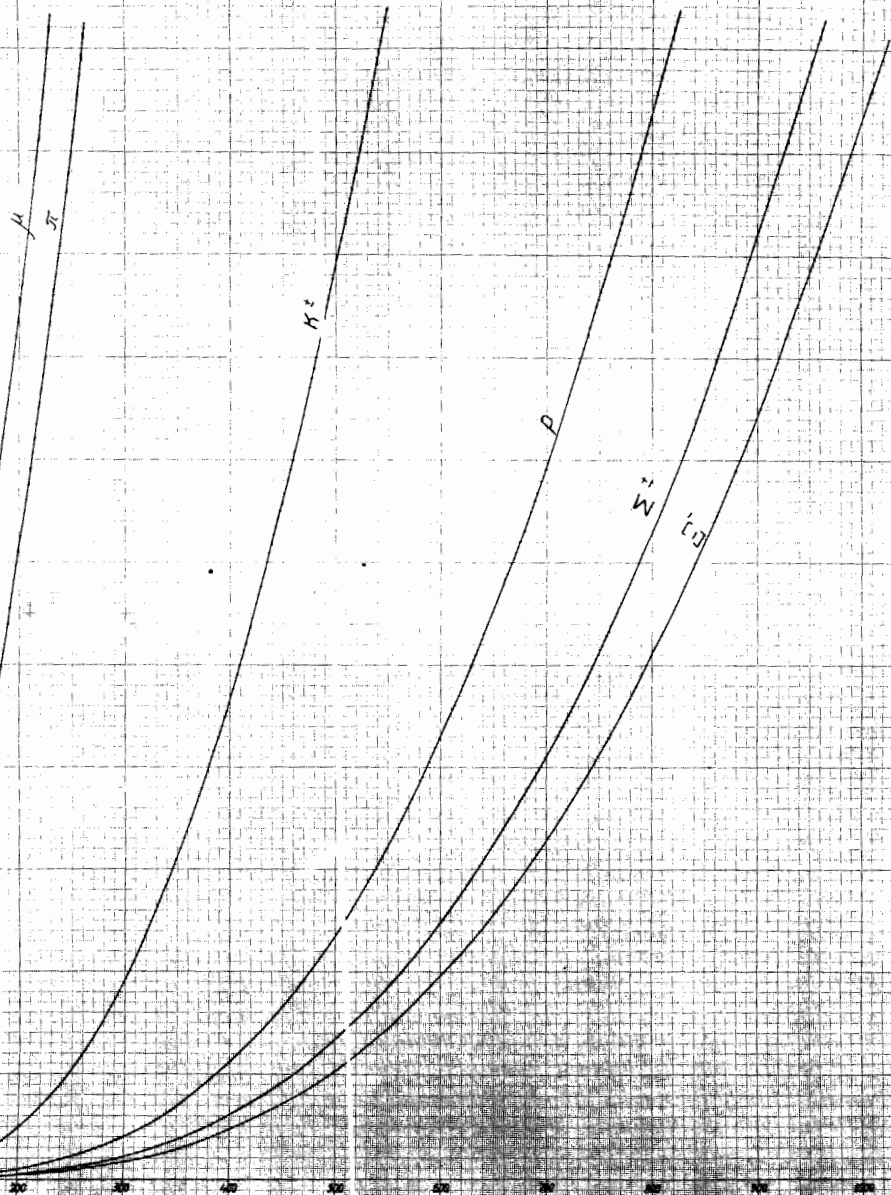
Импульс мюона, Мэв/с	Пробеги мюонов в единицах:		Потери импульса на сантиметре пути в пропане Мэв/с / см.
	г/см ²	см	
8,5	0,001	0,0016	-
9,8	0,002	0,0037	619
10,9	0,003	0,0063	420
12,0	0,004	0,0093	370
12,9	0,006	0,013	225
13,8	0,0072	0,017	225
14,7	0,0090	0,021	225
15,5	0,011	0,026	160
17	0,016	0,036	100
18	0,021	0,049	77
20	0,027	0,063	70
21	0,034	0,078	67
22	0,041	0,095	59
23	0,051	0,12	50
25	0,062	0,14	40
26	0,074	0,17	33
27	0,087	0,20	33
29	0,115	0,27	28
31	0,147	0,34	28
33	0,182	0,42	25
35	0,221	0,51	22
37	0,262	0,61	20 ← 20
38	0,308	0,72	19
40	0,356	0,83	18
42	0,407	0,95	17
43	0,46	1,1	16
45	0,52	1,2	14
47	0,64	1,5	12
50	0,77	1,8	10
53	0,92	2,1	10
55	1,1	2,5	8
58	1,2	2,9	7,5

1	2	3	4
60	1,4	3,3	5
62	1,6	3,7	5
64	1,8	4,1	5
69	2,2	5,1	5
73	2,6	6,1	4
77	3,2	7,4	3
82	3,8	8,9	3
87	4,5	10,4	3
91	5,2	12,1	2,4
95	5,9	13,8	2,4
99	6,7	15,6	2,2
103	7,5	17,4	2,2
107	8,3	19,3	2,1
115	10	23,4	2
123	11,9	27,6	1,9
130	13,8	32	1,6
137	15,7	36,6	1,5
151	19,9	46,2	1,4
165	24,2	56,2	1,4
178	28,7	66,7	1,2
191	33,3	77,5	1,2
223	45,3	105,3	1,2
253	57,7	134	1
284	70,4	164	1
314	83,2	193	1
343	96,1	224	1
373	109,2	254	1
402	122,2	284	0,95
431	135,3	314	0,96
488	161,4	375	0,94
546	187,4	436	0,96
603	213,4	496	0,94
660	239	556	0,95
774	291	676	0,95
888	341	794	0,97
1001	392	911	0,96
1114	442	1027	0,98

I	2	3	4
I227	49I	II42	0,98
I5I0	6I4	I427	0,99
I792	734	I708	I
2074	854	I986	I
2356	972	226I	I,02
2637	I089	2534	I,03
29I9	I206	2804	I,04
320I	I320	3073	I,05
3483	I440	3340	I,06
4609	I890	4393	I,07
5735	2335	543I	I,08
686I	2775	6454	I,I
7989	32I0	7467	I,I
9II4	3642	8469	I,I
I0240	4070	9464	I,I
II367	4497	IC460	I,I \leftarrow 1,1

Пробег в C_3H_8
см

70
60
50
40
30
20
10



Импульс, МэВ/с