

при путешествии в прямом направлении в нашем примере должно быть $m_0/m' \approx 60$ (m' — масса ракеты, достигшей второй планеты). При обратном путешествии $m'/m \approx 60$, так что $m_0/m \approx 3600$. Таким образом, для осуществления межпланетных полетов запас топлива должен превышать массу космического корабля по меньшей мере в несколько тысяч раз. Технические трудности очень велики, но, по-видимому, все же преодолимы.

Но для межзвездных полетов ракеты на химическом топливе абсолютно непригодны. Возьмем, например, $v_{\text{отн}} = 10$ км/с, что для ракет на химическом топливе, по-видимому, превышает пределы возможного. (Если допустить, что газовая струя состоит из наиболее легкого вещества — атомарного водорода, то для достижения таких скоростей потребуется температура порядка 5000°C .) Расстояния до звезд измеряются *световыми годами* — от ближайшей звезды свет идет до Земли около 4 лет. Поэтому для достижения даже ближайших звезд нужны космические корабли, скорости которых близки к скорости света c . В табл. 2 приведены значения отношения m/m_0 при различных значениях β , вычисленные по релятивистской формуле (21.6) и по формуле Циолковского (21.5) в предположении, что $v_{\text{отн}} = 10$ км/с. Таблица, между прочим, наглядно показывает, когда существенны релятивистские эффекты и формула Циолковского неприменима.

Таблица 2

$\beta = \frac{v}{c}$	m_0/m		$\beta = \frac{v}{c}$	m_0/m	
	по формуле (21.6)	по формуле (21.5)		по формуле (21.6)	по формуле (21.5)
0,001	$1,0690 \cdot 10^{13}$	$1,0686 \cdot 10^{13}$	0,25	$5,37 \cdot 10^{3327}$	$1,62 \cdot 10^{3257}$
0,01	$1,963 \cdot 10^{130}$	$1,942 \cdot 10^{130}$	1/3	$2,84 \cdot 10^{4515}$	$8,81 \cdot 10^{4342}$
0,1	$1,79 \cdot 10^{1307}$	$7,64 \cdot 10^{1302}$,	

Допустим, что скорость космического корабля v должна составлять четверть скорости света ($\beta = 0,25$). Тогда должно быть $m_0/m \approx 5 \cdot 10^{3327}$. На каждую тонну полезного груза должно приходиться $5 \cdot 10^{3327}$ т топлива! Если полезная масса $m = 20$ т $= 2 \cdot 10^7$ г, то стартовая масса корабля должна быть $m_0 \approx 10^{3329}$ т $= 10^{3335}$ г! Обычно, когда имеют дело с очень большими величинами, их называют «астрономическими». В данном случае такое сравнение не годится — речь идет о величинах несравненно большего масштаба. Для сравнения приведем массы некоторых частиц и астрономических объектов:

масса электрона	$9,11 \cdot 10^{-25}$ г,	масса Солнца	$1,99 \cdot 10^{33}$ г,
масса протона	$1,67 \cdot 10^{-24}$ г,	масса Галактики	$3 \cdot 10^{44}$ г,
масса Земли	$5,98 \cdot 10^{27}$ г,	масса Метагалактики	10^{56} г.

Под *Метагалактикой* понимают ту часть Вселенной, которая доступна обнаружению методами современной оптической, радио- и гамма-астрономии. Масса Метагалактики превосходит массу электрона примерно в 10^{83} раза. Масса нашего фантастического корабля с топливом должна превосходить массу Метагалактики в 10^{3329} раз! Эти цифры превосходят всякое воображение. В масштабах нашего космического корабля Метага-