Пока мы по-прежнему считаем мир одномерным. Все ракеты в этом листке летят вдоль оси x со скоростью u. Задача 1. (сокращение Лоренца) а) Пусть ракета снабжена метровым стержнем, который наблюдается из лаборатории. Какова его наблюдаемая длина в лаборатории? 6) В начале и в конце стержня закреплены часы, которые в ракете показывают одинаковое время. Какое время будет наблюдаться в лаборатории?

- **Задача 2.** (*замедление времени*) Пусть ракета снабжена настенными часами, которые наблюдаются из лаборатории. С какой скоростью идут эти часы при наблюдении из лаборатории?
- **Задача 3.** (*сложение скоростей*) Пусть ракета снабжена табуреткой, двигающейся со скоростью v относительно ракеты. С какой скоростью летит табуретка относительно лаборатории?
- **Задача 4.** (*парадокс шеста и сарая*) Возьмём шест длины 10 м и сарай длиной также 10 м. Запустим шест так, чтобы в системе отсчёта сарая из-за лоренцева сокращения он имел длину 2 м. Тогда в некоторый момент он полностью поместится в сарае. С другой стороны, с системе шеста сарай имеет длину 2 м, и шест туда никак не может поместиться. Парадокс.
- Задача 5. (бетон и машина времени) Зальём бетоном сарай так, чтобы оставался только вход. Возьмём шест длиной 20 м и разгоним до сокращения до 2 м. Как только шест влетит в сарай, зальём бетоном вход (у нас на это будет время точно не меньшее  $\frac{8M}{3\cdot 10^8 M/c}$ ). В системе шеста вся наша затея выглядит комично. Парадокс.
- **Задача 6.** ( ( непригодность ньютоновской механики для космических полётов) Как должна зависеть скорость ракеты и параметр скорости от времени, чтобы наблюдатель в ракете всё время испытывал ускорение Через какое время ракета разгонится до 0,9 скорости света? А что предсказывает Ньютоновская механика?
- Задача 7. (парадокс близнецов) а) Близнецы А и Б расстались в тот день, когда им было по 21 году. А двигался от Земли со скоростью 0,96 скорости света в течении 7 лет (своего времени) в одну сторону и столько же обратно. Насколько моложе он будет своего брата Б по возвращении? б) Однако в системе отчёта близнеца Б Земля улетала от него со скоростью 0,96, а потом летела к нему со скоростью 0,96. Поэтому по возвращению близнец А должен быть моложе. Парадокс.

## Этот трёхмерный мир.

- **Задача 8.** (*Лоренцево сокращение 2*) Придумайте мысленный опыт, подтверждающий, что шест, расположенный перпендикулярно направлению движения, не изменяет своей наблюдаемой длины.
- Задача 9. (инвариантный интервал) Придумайте мысленный опыт, подтверждающий, что во всех системах отсчёта сохраняется число  $(\Delta t)^2 (\Delta x)^2 (\Delta y)^2$  (время в  $\mathbf{M}_s$ ). Это число называется интервалом между событиями.
- **Задача 10.** (преобразование углов) Метровый стержень в ракете прибит под углом  $\varphi'$  к оси x'. Под каким углом к оси x стержень наблюдается в лаборатории?
- **Задача 11.** (преобразование направлений движения) Пусть табуретка летит со скоростью v' под углом  $\varphi'$  к оси x' внутри ракеты. Под каким углом к оси x наблюдается движение табуретки в лаборатории? Чем эта задача отличается от предыдущей?
- Задача 12. (эффект «прожектора») а) Табуретка из предыдущей задачи на проверку оказалась фотоном, то есть двигается со скоростью света. Под каким углом к оси x распространяется этот фотон в лаборатории?
- **б)** Частица, двигающая с большой скоростью, испускает свет в переднюю полусферу с своей системе отсчёта. Покажите, что в системе лаборатории свет сконцентрируется в узкий конус.
- **Задача 13.** (*сложение скоростей 2*) Фотон из предыдущей задачи на проверку оказался табуретом, летящим в ракете вдоль оси y' со скоростью v'. С какой скоростью он движется в системе лаборатории?

| 1<br>a | 1<br>6 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7<br>a | 7<br>6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12<br>a | 12<br>6 | 13 |
|--------|--------|---|---|---|---|---|--------|--------|---|---|----|----|---------|---------|----|
|        |        |   |   |   |   |   |        |        |   |   |    |    |         |         |    |