

измерителем разности частот, то при помощи формулы (4) мы найдем линейную (окружную) скорость и, следовательно, скорость вращения звезды.

Тут уместно вспомнить анекдотичный случай с одним Физиком, автомобиль которого остановил Полисмен за движение на красный свет. Физик объяснил, что при сближении со светофором красный свет кажется зеленым. Зная характерные длины волн для этих участков спектра ($\lambda_{кр} \approx 0,65$ мкм, $\lambda_{зел} \approx 0,55$ мкм), по формуле (3) можно рассчитать или по формуле (4) оценить эту скорость сближения – она более ста миллионов километров в час! Поэтому Полисмен все-таки оштрафовал Физика – за превышение скорости в городе. (Полисмен всегда прав.)

Эффект Доплера сыграл большую роль в космологии. Астрономические наблюдения показали, что чем дальше находится галактика, тем больше ее излучение сдвинуто в красную сторону спектра («красное смещение») и, значит, тем быстрее она удаляется от нас: $v = Hr$. Это выражение получило имя *закона Хаббла*, а коэффициент пропорцио-

нальности H – постоянной Хаббла. Картина похожа на разлет осколков при сильном взрыве. Так появилось понятие Большого Взрыва – исходной точки нашей Вселенной. В настоящее время постоянная Хаббла принимается равной приблизительно 50 км/с на миллион парсеков. Поскольку 1 парсек $\approx 3 \cdot 10^{13}$ км, то $H \approx 2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$. Обратная H величина не случайна – это время: $1/H = \tau_H \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ с} \approx 20$ млрд. лет. И оно имеет определенное отношение к возрасту Вселенной, а будучи умноженным на скорость света, дает оценку современного размера Вселенной: $R \sim t_H c \sim 10^{26}$ м.

Так эффект Доплера позволил добраться до самого начала Мира. Почему же древние физики умалчивают о нем (хотя они ближе к Большому Взрыву). Конечно, не только потому, что Доплер тогда еще не родился. По-видимому, это связано с тем, что в то время не было достаточно больших скоростей передвижения, которые позволили бы обнаружить этот эффект. А с лошади что возьмешь?..

Кинематика и векторы

В. ПЛИС

ОБСУДИМ ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ С ВЕКТОРНЫМИ СООТНОШЕНИЯМИ В КИНЕМАТИКЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ПРОИЛЛЮСТРИРУЕМ ИХ НА ПРИМЕРАХ РАВНОМЕРНОГО И РАВНОПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЙ.

Равномерное движение

Известно, что при равномерном движении скорость \vec{v} материальной точки остается постоянной и равной начальной скорости \vec{v}_0 , а перемещение

$$\vec{s}(t) = \vec{r}(t) - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t$$

за время от 0 до t сонаправлено с вектором \vec{v}_0 и пропорционально ему по величине (здесь \vec{r} – радиус-вектор материальной точки).

Задача 1. *Сверхзвуковой самолет летит горизонтально. Два микрофона, находящиеся на одной вертикали на расстоянии d друг от друга, зарегистрировали приход звука от самолета с запаздыванием по времени, равным τ . Найдите величину v скорости самолета. Скорость звука в воздухе c .*

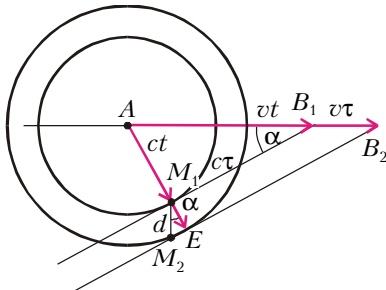


Рис. 1

Обратимся к рисунку 1, иллюстрирующему последовательные перемещения сверхзвукового самолета (источника звука) и фронта звуковой волны (огibaющей вторичных волн). Пусть при пролете самолета через точку A в атмосфере

возбуждается звуковая волна, и через некоторое время t волновое возмущение достигает первого микрофона M_1 . В этот момент времени самолет находится в точке B_1 , и прямая B_1M_1 определяет положение волнового фронта. За последующий промежуток времени τ самолет перемещается в точку B_2 , а волновой фронт, двигаясь со скоростью c , перемещается в положение B_2EM_2 . Проанализировав кинематику перемещений самолета и волнового фронта, находим:

из прямоугольного треугольника AB_1M_1

$$\sin \alpha = \frac{AM_1}{AB_1} = \frac{ct}{vt} = \frac{c}{v},$$

из прямоугольного треугольника M_1M_2E

$$\cos \alpha = \frac{c\tau}{d}.$$

Исключая α из полученных соотношений, получаем

$$v = c \sqrt{1 - \frac{(c\tau)^2}{d^2}}.$$

Задача 2. *Две частицы 1 и 2 движутся с постоянными скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 , их радиусы-векторы в начальный момент времени равны \vec{r}_{01} и \vec{r}_{02} соответственно. При каком соотношении между этими четырьмя векторами частицы испытают столкновение друг с другом?*

По условию, частицы в лабораторной системе отсчета движутся равномерно, их радиусы-векторы зависят от времени по законам

$$\vec{r}_1(t) = \vec{r}_{01} + \vec{v}_1 t, \quad \vec{r}_2(t) = \vec{r}_{02} + \vec{v}_2 t.$$