

Динамическая роль электронов в ускорении солнечного ветра

ВЕСЕЛОВСКИЙ И.С.(1,2), КАПОРЦЕВА К.Б. (3)

1 МГУ, НИИЯФ

2 ИКИ РАН

3 МГУ, ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время **существует точка зрения**, что электроны в силу их малой массы менее важны, чем ионы в динамике солнечного ветра.

Eckart Marsch, “Kinetic Physics of the Solar Corona and Solar Wind”, Living Rev. Solar Phys., 3, (2006), 1. [Online Article]: cited [30.08.2015], <http://www.livingreviews.org/lrsp-2006-1>), § 2.2

Такая точка зрения представляется нам **ошибочной**.

Метод

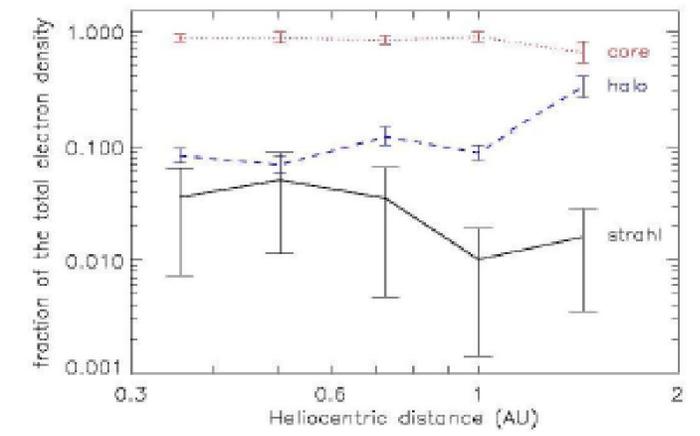
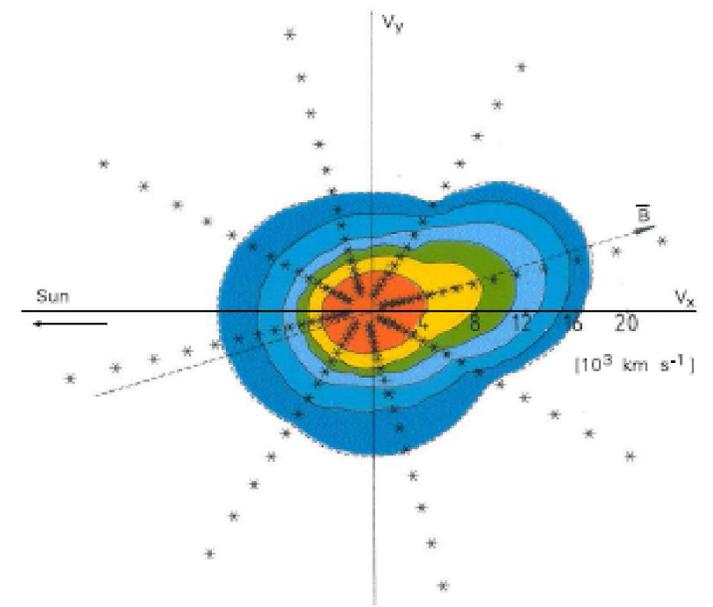
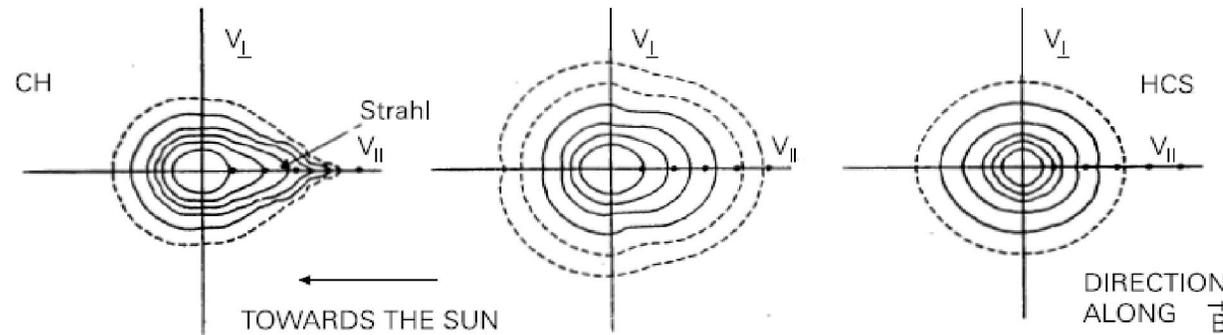
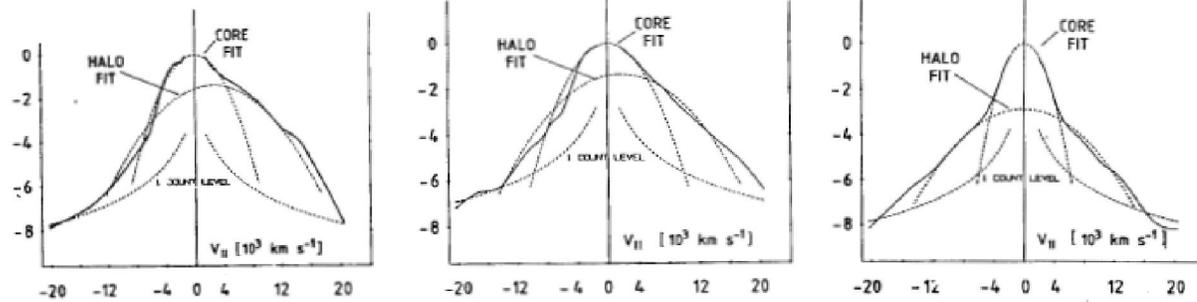
- На основании общих **теоретических** соображений мы показываем, что роль электронов в процессах ускорения и нагрева солнечного ветра **принципиально важна**.
- Мы сравниваем между собой весьма разрозненные **экспериментальные** данные о функциях распределения ионов и электронов, а также теоретические соображения.

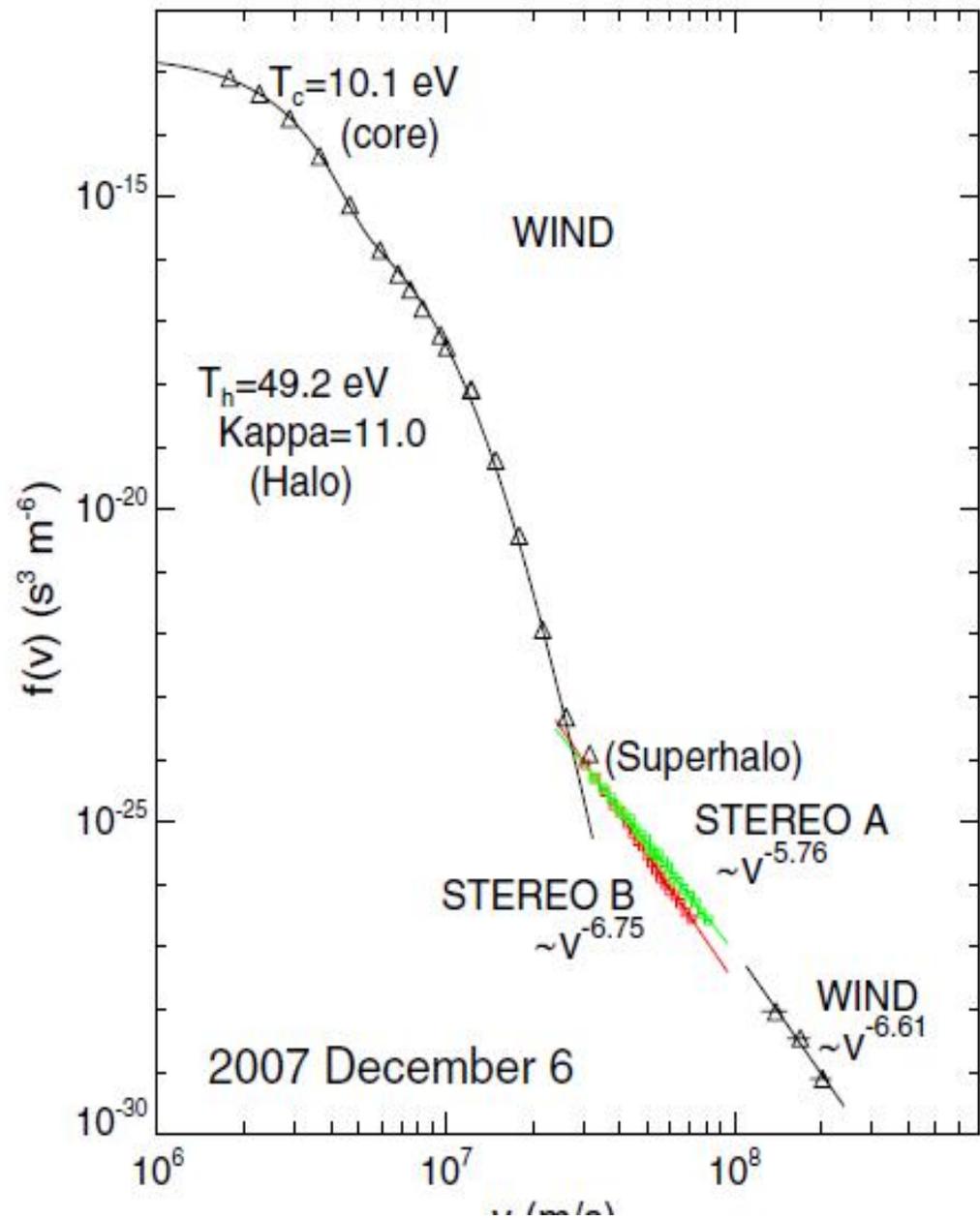
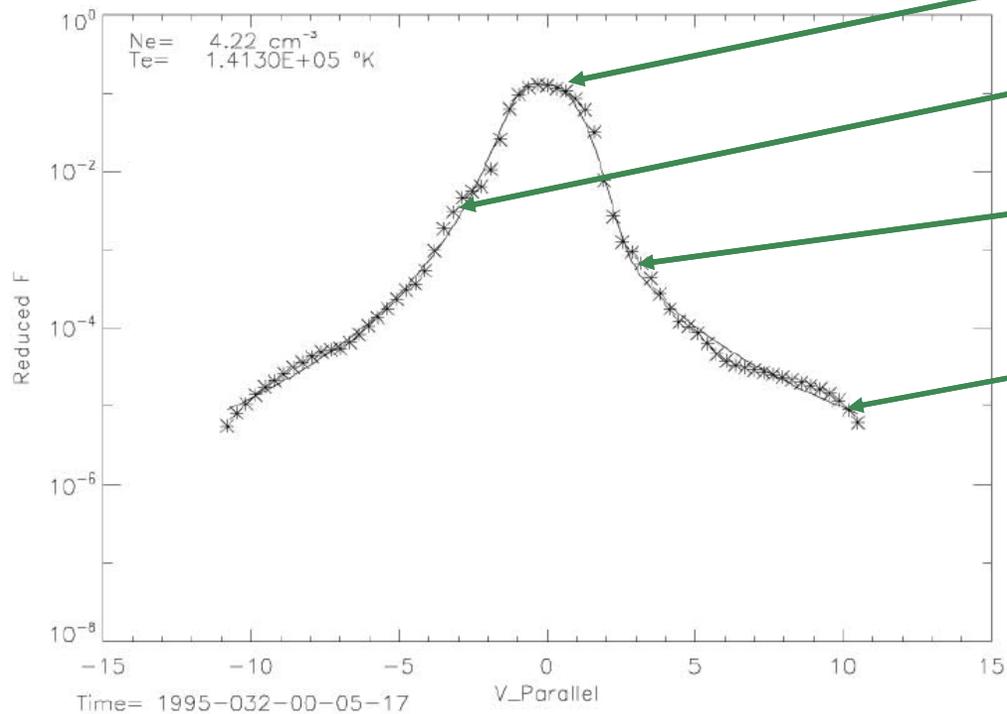
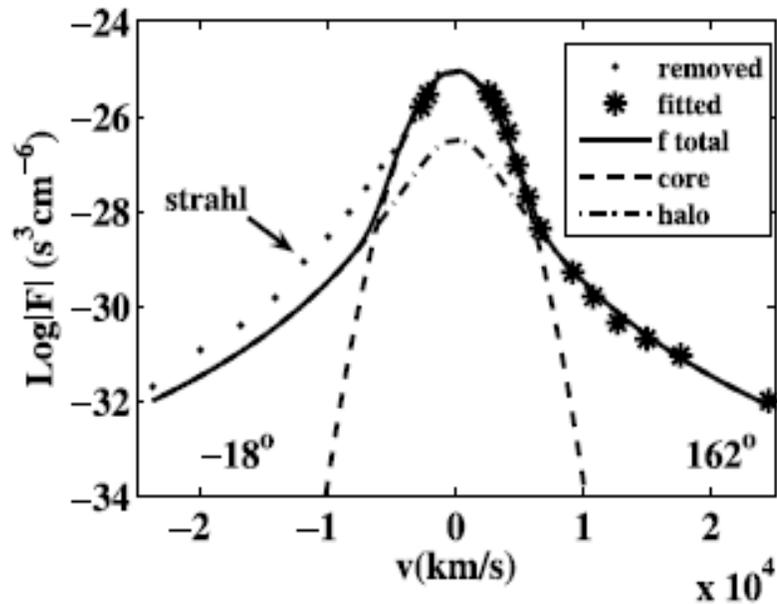
Замечание

- Солнечный ветер – термодинамически и механически **неравновесное, нестационарное и необратимое** диссипативное явление.
- Это следствие **граничных условий**, которые поддерживаются в настоящее время в гелиосфере между Солнцем и межзвездной средой.
- Внешняя граница при этом столь же важна, как и внутренняя.
- Ионизованная плазма расширяется в вакуум быстрее нейтрального газа при прочих равных условиях. **Скорость расширения плазмы** близка к скорости ионного звука и примерно **в 40 раз выше тепловой скорости** протонов в случае водородной плазмы.

Функции распределения электронов по скоростям

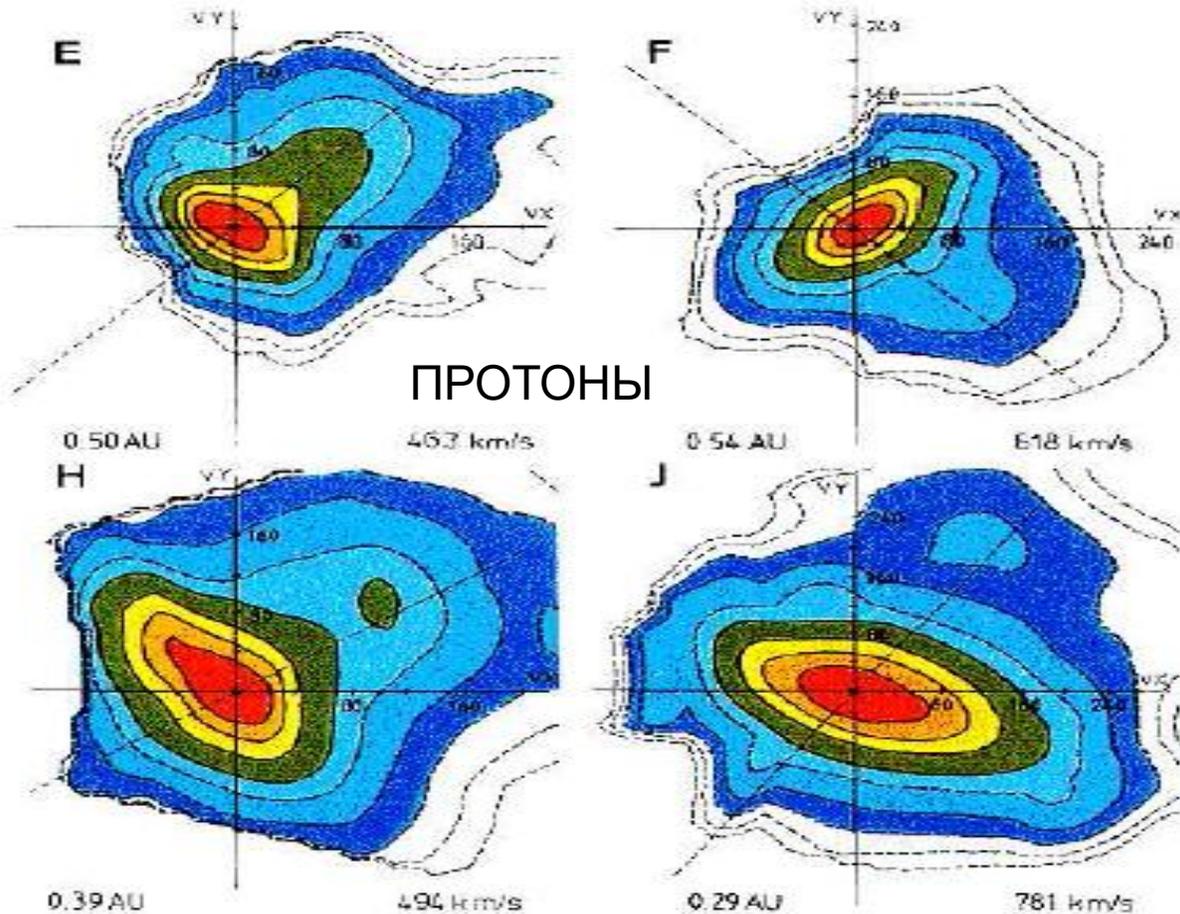
Log (F/MAX)



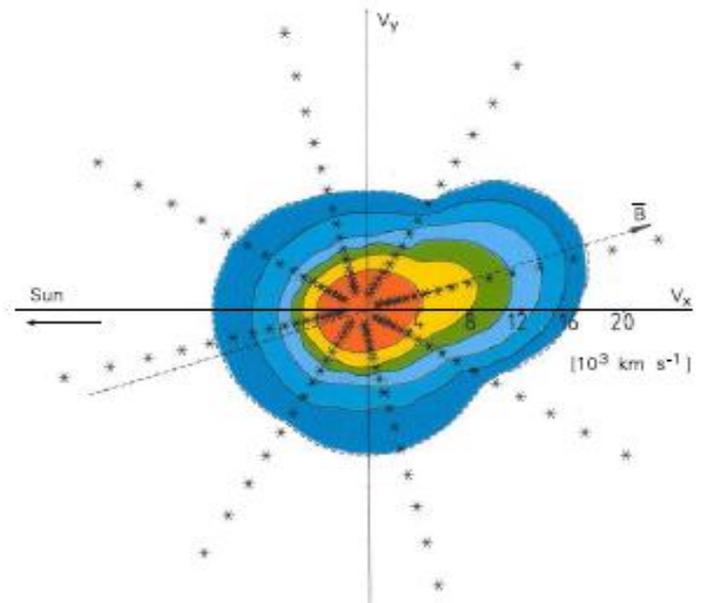


Распределение протонов более анизотропно

ПРОТОНЫ



ЭЛЕКТРОНЫ



Роль электронов

1. Во-первых, электроны **обеспечивают квазинейтральность** при расширении корональной плазмы в межпланетное пространство, оставаясь при этом дозвуковой и доальвеновской составляющей плазмы.
2. Во-вторых, они обладают более высокой теплопроводностью и **переносят основной тепловой поток** для нагрева ионов, который эффективно лимитируется локальной неустойчивостью в режиме частых столкновений, либо нелокальными механизмами при редких столкновениях на пролетных и захваченных траекториях.
3. В-третьих, электроны подвижнее ионов вдоль магнитного поля. Они **переносят электрические токи**, в целом преобладающие по величине по сравнению с ионами.

ВЫВОДЫ

Электроны могут обеспечивать **более эффективный и быстрый канал переноса** энергии по сравнению с ионами от электромагнитного поля к солнечному ветру из-за высокой подвижности вдоль магнитного поля.

Оба канала в солнечном ветре в целом играют сравнимую роль, а локально может преобладать какой-то один из них, в чем состоит большая **сложность** при моделировании.

Solar Probe Plus – перспективы.