

ШТАРКОВСКОЕ УШИРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ Ne II и Ne III

М. С. Димитриевич

УДК 533.9.082.5

Астрономическая обсерватория, Сербия и Черногория,
11160, Белград, ул. Волгина, 7; e-mail: mdimitrijevic@aob.bg.ac.yu

(Поступила 4 сентября 2002)

С использованием полуклассического подхода рассчитаны ширины и сдвиги спектральных линий для трех мультиплетов Ne II и шести мультиплетов Ne III, обусловленные соударениями с электронами, протонами и ионами гелия при плотности возмущающих частиц 10^{17} см^{-3} и различных температурах. Полученные результаты сопоставлены с известными экспериментальными и теоретическими данными.

Ключевые слова: штарковское уширение спектральных линий, полуклассический подход, ударная ширина спектральной линии, сдвиг спектральной линии.

Using a semiclassical approach, we have calculated the widths and shifts of the spectral lines of three Ne II and six Ne III multiplets caused by collisions with electrons, protons, and helium ions at a density of the disturbing particles of 10^{17} cm^{-3} and at different temperatures. The results obtained have been compared with the known experimental and theoretical data.

Keywords: Stark broadening of spectral lines, semiclassical approach, impact width of spectral lines, shift of spectral lines.

Введение. Параметры штарковского уширения спектральных линий Ne II и Ne III представляют интерес для диагностики, моделирования и исследования лабораторной, астрофизической и технологической плазмы. Зная эти параметры, можно получить основные характеристики плазмы, такие, как электронная температура и плотность электронов, существенные для моделирования изучаемой плазмы. Неон присутствует во многих источниках света, лазерах и плазменных устройствах как рабочий газ и является наиболее распространенным элементом во Вселенной после водорода, гелия, кислорода и углерода. Например, он один из продуктов выгорания водорода и гелия внутри звезд в процессе эволюции [1]. Более того, после окончания периодов выгорания водорода, гелия и углерода в массивных звездах происходит выгорание неона.

Начиная с первых исследований влияния эффекта Штарка на уширение спектральных линий Ne II [2, 3], параметры штарковского уширения линий Ne II неоднократно изучались экспериментально (см. ссылки в [4] и [5—16]) и теоретически [6, 7, 9, 12, 15—18]. Штарковское уширение линий Ne II оценивалось также на основании закономерностей и систематических тенденций, которые были представлены в ряде статей [19—21]. Штарковские ширины линий Ne III получены экспериментально в работах [11, 12, 15, 22, 23] и рассчитаны теоретически в [12, 15, 22—27]. Ширины, обусловленные соударениями с электронами, для 22 мультиплетов Ne II, 5 мультиплетов Ne III и 2 мультиплетов Ne IV рассчитаны в [15] с использованием полуклассического формализма учета возмущений [28, 29] (см. также [30—36]), были рассчитаны сдвиги, обусловленные соударениями с электронами, для 22 мультиплетов Ne II [16]. Важность неона для лабораторной, астрофизической и технологической плазмы обуславливает необходимость накопления соответствующих данных по штарковскому уширению, особенно для резонансных линий и линий, начинающихся на низколежащих уровнях энергии. Для того чтобы завершить это исследование представлением наиболее полного набора данных для спектральных линий Ne II и Ne III, полученных, где это возможно, со стандартной точностью, в настоящей работе выполнены расчеты на основе полуклассического формализма учета возмущений [28, 29] обусловленных соударениями с электронами, протонами и ионами гелия ширины и сдвигов спектральных линий дополнительных 3 мультиплетов Ne II и 6 мультиплетов Ne III. Полученные результаты сопоставлены с доступными экспериментальными [9, 11, 14] и теоретическими [9, 18, 19, 26, 27] данными.

STARK BROADENING OF Ne II and Ne III SPECTRAL LINES

M. S. Dimitrijević (Astronomical Observatory, 7 Volgina Str., Belgrade, 11160, Serbia and Montenegro; e-mail: mdimitrijevic@aob.bg.ac.yu)

Результаты и их обсуждение. Используемый полуклассический формализм учета возмущений [28, 29] и все нововведения и оптимизации программ численного счета обсуждались нами ранее [36] и здесь повторяться не будут. Энергетические уровни атомов, необходимые для расчетов и отсутствующие в работах [37, 38] (или измененные позже), взяты из [39] для Ne II и из [40] для Ne III. Соответствующие потенциалы ионизации для Ne III также взяты из работы [40]. Силы осцилляторов были рассчитаны по методу Бейтса и Дамгаард [41, 42]. При этом для более высоких уровней использован метод, описанный в [43]. Результаты расчетов параметров уширения Штарка, обусловленного соударениями с электронами, протонами и ионами гелия, для 3 мультиплетов Ne II и 6 мультиплетов Ne III представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Параметры уширения (в Å), обусловленного соударениями с электронами, протонами и ионами гелия, для спектральных линий Ne II и Ne III при возмущающей плотности 10^{17} см^{-3} и различных температурах, а также переходы и соответствующие длины волн

Переход, λ , Å	T, K	Возмущающие частицы					
		электрон		протон		ионы гелия	
		ширина	сдвиг	ширина	сдвиг	ширина	сдвиг
Ne II							
$2p^5 2P-3s^2 P$ 446.6 $C = 0.56 \cdot 10^{19}$	5000	$0.292 \cdot 10^{-2}$	$0.110 \cdot 10^{-2}$	$0.484 \cdot 10^{-5}$	$0.281 \cdot 10^{-4}$	$0.695 \cdot 10^{-5}$	$0.270 \cdot 10^{-4}$
	10000	$0.206 \cdot 10^{-2}$	$0.843 \cdot 10^{-3}$	$0.210 \cdot 10^{-4}$	$0.540 \cdot 10^{-4}$	$0.250 \cdot 10^{-4}$	$0.496 \cdot 10^{-4}$
	20000	$0.142 \cdot 10^{-2}$	$0.656 \cdot 10^{-3}$	$0.520 \cdot 10^{-4}$	$0.834 \cdot 10^{-4}$	$0.509 \cdot 10^{-4}$	$0.732 \cdot 10^{-4}$
	30000	$0.115 \cdot 10^{-2}$	$0.546 \cdot 10^{-3}$	$0.754 \cdot 10^{-4}$	$0.102 \cdot 10^{-3}$	$0.730 \cdot 10^{-4}$	$0.858 \cdot 10^{-4}$
	50000	$0.944 \cdot 10^{-3}$	$0.468 \cdot 10^{-3}$	$0.106 \cdot 10^{-3}$	$0.119 \cdot 10^{-3}$	$0.930 \cdot 10^{-4}$	$0.990 \cdot 10^{-4}$
	100000	$0.769 \cdot 10^{-3}$	$0.380 \cdot 10^{-3}$	$0.140 \cdot 10^{-3}$	$0.143 \cdot 10^{-3}$	$0.119 \cdot 10^{-3}$	$0.119 \cdot 10^{-3}$
$3s^2 P-3p^2 S$ 3507.9 $C = 0.35 \cdot 10^{21}$	5000	0.317	$-0.447 \cdot 10^{-3}$	$0.583 \cdot 10^{-2}$	$-0.299 \cdot 10^{-3}$	$0.824 \cdot 10^{-2}$	$-0.298 \cdot 10^{-3}$
	10000	0.230	$-0.145 \cdot 10^{-2}$	$0.100 \cdot 10^{-1}$	$-0.650 \cdot 10^{-3}$	$0.123 \cdot 10^{-1}$	$-0.629 \cdot 10^{-3}$
	20000	0.168	$-0.189 \cdot 10^{-2}$	$0.140 \cdot 10^{-1}$	$-0.119 \cdot 10^{-2}$	$0.154 \cdot 10^{-1}$	$-0.110 \cdot 10^{-2}$
	30000	0.144	$-0.180 \cdot 10^{-2}$	$0.154 \cdot 10^{-1}$	$-0.155 \cdot 10^{-2}$	$0.166 \cdot 10^{-1}$	$-0.134 \cdot 10^{-2}$
	50000	0.126	$-0.219 \cdot 10^{-2}$	$0.169 \cdot 10^{-1}$	$-0.198 \cdot 10^{-2}$	$0.181 \cdot 10^{-1}$	$-0.172 \cdot 10^{-2}$
	100000	0.112	$-0.197 \cdot 10^{-2}$	$0.188 \cdot 10^{-1}$	$-0.249 \cdot 10^{-2}$	$0.195 \cdot 10^{-1}$	$-0.208 \cdot 10^{-2}$
$3p^4 S-4s^4 P$ 3414.8 $C = 0.97 \cdot 10^{20}$	5000	0.668	0.271	$0.130 \cdot 10^{-1}$	$0.155 \cdot 10^{-1}$	$0.139 \cdot 10^{-1}$	$0.130 \cdot 10^{-1}$
	10000	0.468	0.207	$0.227 \cdot 10^{-1}$	$0.242 \cdot 10^{-1}$	$0.232 \cdot 10^{-1}$	$0.203 \cdot 10^{-1}$
	20000	0.345	0.155	$0.338 \cdot 10^{-1}$	$0.325 \cdot 10^{-1}$	$0.304 \cdot 10^{-1}$	$0.268 \cdot 10^{-1}$
	30000	0.314	0.141	$0.393 \cdot 10^{-1}$	$0.364 \cdot 10^{-1}$	$0.345 \cdot 10^{-1}$	$0.300 \cdot 10^{-1}$
	50000	0.291	0.116	$0.462 \cdot 10^{-1}$	$0.421 \cdot 10^{-1}$	$0.405 \cdot 10^{-1}$	$0.348 \cdot 10^{-1}$
	100000	0.271	0.0911	$0.551 \cdot 10^{-1}$	$0.490 \cdot 10^{-1}$	$0.467 \cdot 10^{-1}$	$0.405 \cdot 10^{-1}$
Ne III							
$3s^5 S-3p^5 P$ 2593.1 $C = 0.26 \cdot 10^{21}$	20000	$0.916 \cdot 10^{-1}$	$-0.108 \cdot 10^{-2}$	$0.173 \cdot 10^{-2}$	$-0.527 \cdot 10^{-3}$	$0.244 \cdot 10^{-2}$	$-0.510 \cdot 10^{-3}$
	50000	$0.594 \cdot 10^{-1}$	$-0.114 \cdot 10^{-2}$	$0.326 \cdot 10^{-2}$	$-0.111 \cdot 10^{-2}$	$0.395 \cdot 10^{-2}$	$-0.982 \cdot 10^{-3}$
	100000	$0.450 \cdot 10^{-1}$	$-0.167 \cdot 10^{-2}$	$0.436 \cdot 10^{-2}$	$-0.156 \cdot 10^{-2}$	$0.465 \cdot 10^{-2}$	$-0.135 \cdot 10^{-2}$
	200000	$0.361 \cdot 10^{-1}$	$-0.144 \cdot 10^{-2}$	$0.500 \cdot 10^{-2}$	$-0.196 \cdot 10^{-2}$	$0.524 \cdot 10^{-2}$	$-0.163 \cdot 10^{-2}$
	300000	$0.324 \cdot 10^{-1}$	$-0.147 \cdot 10^{-2}$	$0.539 \cdot 10^{-2}$	$-0.218 \cdot 10^{-2}$	$0.555 \cdot 10^{-2}$	$-0.182 \cdot 10^{-2}$
	500000	$0.288 \cdot 10^{-1}$	$-0.137 \cdot 10^{-2}$	$0.581 \cdot 10^{-2}$	$-0.250 \cdot 10^{-2}$	$0.581 \cdot 10^{-2}$	$-0.204 \cdot 10^{-2}$
$3p^5 P-3d^5 D$ 2162.6 $C = 0.17 \cdot 10^{21}$	20000	$0.712 \cdot 10^{-1}$	$-0.103 \cdot 10^{-3}$	$0.262 \cdot 10^{-2}$	$0.738 \cdot 10^{-6}$	$0.340 \cdot 10^{-2}$	$0.738 \cdot 10^{-6}$
	50000	$0.469 \cdot 10^{-1}$	$-0.687 \cdot 10^{-5}$	$0.437 \cdot 10^{-2}$	$0.191 \cdot 10^{-5}$	$0.493 \cdot 10^{-2}$	$0.191 \cdot 10^{-5}$
	100000	$0.360 \cdot 10^{-1}$	$0.277 \cdot 10^{-5}$	$0.517 \cdot 10^{-2}$	$0.382 \cdot 10^{-5}$	$0.557 \cdot 10^{-2}$	$0.381 \cdot 10^{-5}$
	200000	$0.294 \cdot 10^{-1}$	$0.446 \cdot 10^{-4}$	$0.582 \cdot 10^{-2}$	$0.754 \cdot 10^{-5}$	$0.617 \cdot 10^{-2}$	$0.739 \cdot 10^{-5}$
	300000	$0.268 \cdot 10^{-1}$	$0.217 \cdot 10^{-4}$	$0.616 \cdot 10^{-2}$	$0.109 \cdot 10^{-4}$	$0.636 \cdot 10^{-2}$	$0.104 \cdot 10^{-4}$
	500000	$0.242 \cdot 10^{-1}$	$0.233 \cdot 10^{-4}$	$0.640 \cdot 10^{-2}$	$0.160 \cdot 10^{-4}$	$0.656 \cdot 10^{-2}$	$0.147 \cdot 10^{-4}$
$2p^4 3P-2s^3 S$ 313.4 $C = 0.37 \cdot 10^{19}$	20000	$0.738 \cdot 10^{-3}$	$0.598 \cdot 10^{-4}$	$0.355 \cdot 10^{-5}$	$0.152 \cdot 10^{-4}$	$0.482 \cdot 10^{-5}$	$0.143 \cdot 10^{-4}$
	50000	$0.438 \cdot 10^{-3}$	$0.584 \cdot 10^{-4}$	$0.169 \cdot 10^{-4}$	$0.287 \cdot 10^{-4}$	$0.158 \cdot 10^{-4}$	$0.252 \cdot 10^{-4}$
	100000	$0.318 \cdot 10^{-3}$	$0.619 \cdot 10^{-4}$	$0.304 \cdot 10^{-4}$	$0.396 \cdot 10^{-4}$	$0.289 \cdot 10^{-4}$	$0.329 \cdot 10^{-4}$
	200000	$0.245 \cdot 10^{-3}$	$0.585 \cdot 10^{-4}$	$0.448 \cdot 10^{-4}$	$0.475 \cdot 10^{-4}$	$0.385 \cdot 10^{-4}$	$0.395 \cdot 10^{-4}$
	300000	$0.213 \cdot 10^{-3}$	$0.565 \cdot 10^{-4}$	$0.519 \cdot 10^{-4}$	$0.528 \cdot 10^{-4}$	$0.440 \cdot 10^{-4}$	$0.437 \cdot 10^{-4}$
	500000	$0.182 \cdot 10^{-3}$	$0.526 \cdot 10^{-4}$	$0.611 \cdot 10^{-4}$	$0.601 \cdot 10^{-4}$	$0.526 \cdot 10^{-4}$	$0.492 \cdot 10^{-4}$
$2p^4 3P-3d^3 D$ 229.1 $C = 0.13 \cdot 10^{18}$	20000	$0.191 \cdot 10^{-2}$	$0.260 \cdot 10^{-4}$	$0.116 \cdot 10^{-3}$	$-0.964 \cdot 10^{-4}$	$0.129 \cdot 10^{-3}$	$-0.837 \cdot 10^{-4}$
	50000	$0.146 \cdot 10^{-2}$	$0.383 \cdot 10^{-5}$	$0.177 \cdot 10^{-3}$	$-0.141 \cdot 10^{-3}$	$0.170 \cdot 10^{-3}$	$-0.117 \cdot 10^{-3}$
	100000	$0.122 \cdot 10^{-2}$	$0.287 \cdot 10^{-5}$	$0.218 \cdot 10^{-3}$	$-0.169 \cdot 10^{-3}$	$0.202 \cdot 10^{-3}$	$-0.140 \cdot 10^{-3}$
	200000	$0.103 \cdot 10^{-2}$	$0.104 \cdot 10^{-4}$	$0.265 \cdot 10^{-3}$	$-0.198 \cdot 10^{-3}$	$0.230 \cdot 10^{-3}$	$-0.162 \cdot 10^{-3}$
	300000	$0.933 \cdot 10^{-3}$	$0.194 \cdot 10^{-4}$	$0.300 \cdot 10^{-3}$	$-0.216 \cdot 10^{-3}$	$0.245 \cdot 10^{-3}$	$-0.175 \cdot 10^{-3}$
	500000	$0.822 \cdot 10^{-3}$	$0.216 \cdot 10^{-4}$	$0.330 \cdot 10^{-3}$	$-0.233 \cdot 10^{-3}$	$0.270 \cdot 10^{-3}$	$-0.196 \cdot 10^{-3}$

Продолжение табл. 1

Переход, λ , Å	T , К	Возмущающие частицы					
		электрон		протон		ионы гелия	
		ширина	сдвиг	ширина	сдвиг	ширина	сдвиг
$3s^3S-3p^3P$ 2679.0 $C = 0.27 \cdot 10^{21}$	20000	0.106	$-0.118 \cdot 10^{-2}$	$0.221 \cdot 10^{-2}$	$-0.558 \cdot 10^{-3}$	$0.307 \cdot 10^{-2}$	$-0.540 \cdot 10^{-3}$
	50000	$0.688 \cdot 10^{-1}$	$-0.128 \cdot 10^{-2}$	$0.404 \cdot 10^{-2}$	$-0.118 \cdot 10^{-2}$	$0.485 \cdot 10^{-2}$	$-0.104 \cdot 10^{-2}$
	100000	$0.525 \cdot 10^{-1}$	$-0.176 \cdot 10^{-2}$	$0.524 \cdot 10^{-2}$	$-0.165 \cdot 10^{-2}$	$0.561 \cdot 10^{-2}$	$-0.143 \cdot 10^{-2}$
	200000	$0.424 \cdot 10^{-1}$	$-0.159 \cdot 10^{-2}$	$0.598 \cdot 10^{-2}$	$-0.208 \cdot 10^{-2}$	$0.630 \cdot 10^{-2}$	$-0.173 \cdot 10^{-2}$
	300000	$0.382 \cdot 10^{-1}$	$-0.160 \cdot 10^{-2}$	$0.643 \cdot 10^{-2}$	$-0.232 \cdot 10^{-2}$	$0.665 \cdot 10^{-2}$	$-0.193 \cdot 10^{-2}$
	500000	$0.339 \cdot 10^{-1}$	$-0.152 \cdot 10^{-2}$	$0.686 \cdot 10^{-2}$	$-0.265 \cdot 10^{-2}$	$0.688 \cdot 10^{-2}$	$-0.217 \cdot 10^{-2}$
$3p^3P-3d^3D$ 1248.1 $C = 0.40 \cdot 10^{19}$	20000	$0.645 \cdot 10^{-1}$	$-0.938 \cdot 10^{-3}$	$0.372 \cdot 10^{-2}$	$-0.292 \cdot 10^{-2}$	$0.414 \cdot 10^{-2}$	$-0.254 \cdot 10^{-2}$
	50000	$0.486 \cdot 10^{-1}$	$-0.676 \cdot 10^{-3}$	$0.558 \cdot 10^{-2}$	$-0.427 \cdot 10^{-2}$	$0.535 \cdot 10^{-2}$	$-0.354 \cdot 10^{-2}$
	100000	$0.405 \cdot 10^{-1}$	$-0.613 \cdot 10^{-3}$	$0.679 \cdot 10^{-2}$	$-0.510 \cdot 10^{-2}$	$0.631 \cdot 10^{-2}$	$-0.422 \cdot 10^{-2}$
	200000	$0.342 \cdot 10^{-1}$	$-0.310 \cdot 10^{-3}$	$0.816 \cdot 10^{-2}$	$-0.599 \cdot 10^{-2}$	$0.707 \cdot 10^{-2}$	$-0.487 \cdot 10^{-2}$
	300000	$0.311 \cdot 10^{-1}$	$0.708 \cdot 10^{-5}$	$0.917 \cdot 10^{-2}$	$-0.646 \cdot 10^{-2}$	$0.769 \cdot 10^{-2}$	$-0.533 \cdot 10^{-2}$
	500000	$0.275 \cdot 10^{-1}$	$0.120 \cdot 10^{-3}$	$0.999 \cdot 10^{-2}$	$-0.705 \cdot 10^{-2}$	$0.851 \cdot 10^{-2}$	$-0.593 \cdot 10^{-2}$

П р и м е ч а н и е. Если значение величины C разделить на соответствующее значение ширины линии на полувысоте [33], то получится оценка максимальной возмущающей плотности заряженных частиц, когда линия еще может рассматриваться как изолированная и табулированные данные могут использоваться.

Заметим, что электронные ударные ширины для $3s^5S^0-3p^5P$ - и $3s^3S^0-3p^3P$ -мультиплетов, взятые из [15], приводятся для полноты данных.

Мы также уточнили параметр C [33], используемый для оценки максимальной возмущающей плотности заряженных частиц, при которой спектральная линия может рассматриваться как изолированная при выделении соответствующей полной ширины на уровне половины максимальной интенсивности. Если ударное приближение неприменимо, то вклад ионного уширения можно оценить путем использования квазистатического приближения [17, 32]. В промежуточной области, где ни одно из этих двух приближений не применимо, должен использоваться так называемый “унифицированный подход”. Например, в [44] для такого случая приведено простое аналитическое выражение. Точность результатов уменьшается, когда уширение вследствие взаимодействия с ионами становится существенным.

Т а б л и ц а 2. Теоретические результаты для полных штарковских ширин на полувысоте, обусловленных соударениями с электронами (W_e), ионами азота (W_N) и ионами неона (W_{Ne}), и экспериментальные значения W_m

Переход	Длина волны, Å	n_e , 10^{17} см $^{-3}$	T , К	W_e , Å	W_N , Å	W_{Ne} , Å	W_m , Å
Ne II							
$3s^2P-3p^2S$	3481.96	1.0	40000	0.132	0.0183	0.0184	0.150 [14]
	3557.84	1.0	40000	0.132	0.0183	0.0184	0.100 [14]
$4s^4P-3p^4S$	3442.12	1.39	28000	0.205	0.0240	0.0242	0.149 [9]
		1.0	40000	0.298	0.0343	0.0431	0.170 [14]
Ne III							
$3p^5P-3d^5D$	2163.8	2.18	59000	0.0955	0.0117	0.0118	0.080 [11]

В табл. 2 полученные в настоящей работе результаты сопоставлены с доступными экспериментальными данными [9, 11, 14]. В [14] измерения штарковской ширины спектральных линий Ne II выполнены в газоразрядной лампе, работающей при непрерывной прокачке чистого неона. В работе [11] использован плазменный источник на основе линейного пинча с неоном в качестве рабочего газа, а в [9] — импульсный дуговой Z-разряд низкого давления в чистом неооне либо в газовой смеси, состоящей из 25 % неона и 75 % азота. В табл. 2 приведены также полные ширины линий на уровне половинной интенсивности, обусловленные соударениями с ионами N и Ne. Как видно, они различаются незначительно. Полученные нами данные хорошо согласуются с экспериментальными значениями [11] для спектральной линии Ne III 2163.8 Å. Для линий Ne II наши результаты выше экспериментальных данных, за исключением линии 3481.96 Å, для которой получено хорошее согласие. Однако, обратив внимание на различие экспериментальных значений [11] для линий 3481.96 Å (0.15 Å) и 3557.84 Å (0.10 Å) в одном и том же мультиплете Ne II $3s^2P-3p^2S_0$, мы не можем найти теоретического объяснения. А именно, если расположение атомных энергетических уровней регулярно и разница между уровнями вблизи термов $3s^2P$ и $3p^2S_0$ много меньше интервала до ближайших возмущающих термов (которые имеются в этом случае), то ширины линий в таком мультиплете

те должны быть близки [45]. Следовательно, новые экспериментальные измерения штарковской ширины для таких линий представляют определенный интерес.

В работе [9] с использованием полуэмпирического подхода [46] выполнены расчеты для линии Ne II 3557.84 Å, согласно которым отношение измеренных величин к рассчитанным равно 1.71, тогда как по нашим результатам это отношение равно 0.73. Также отношение измеренных в [9] значений к рассчитанным в [18] составляет 1.20. Зависимость штарковских ширин и сдвигов резонансных спектральных линий от атомной поляризуемости была определена в работе [18]. Оцененная с ее использованием ширина мультиплета Ne II $2p^5\ ^2P^0-3s^2P$ при электронной температуре $T=10000$ К и плотности электронов $n_e = 10^{17}$ см⁻³ составляет 0.00194 Å. Наш расчет дает значение 0.00142 Å, что находится в разумном согласии. В работах [26, 27] штарковские ширины линий Ne III рассчитаны с использованием модифицированного полуэмпирического подхода [47] — W_{MSE} ; полуэмпирического подхода Грима [46]; приближенного полуклассического метода Грима (см. [17], уравнение 526) — W_G , а также его модификации [47] — W_{GM} . Например, для линии Ne III 2163.8 Å мультиплета $3p^5P_7-3d^5D^0_9$, при $T=20000$ К и $n_e = 10^{17}$ см⁻³ получено $W_{MSE} = 0.0484$ Å, $W_{GM} = 0.0606$ Å, $W_G = 0.0760$ Å, наш результат 0.0712 Å. Как видно, лучшее согласие наблюдается с данными, полученными приближенным полуклассическим методом Грима.

Заключение. Представленные результаты способствуют не только нашим знаниям об уширении Штарка в спектрах Ne II и Ne III, но и созданию большого массива надежных полуклассических данных по штарковскому уширению, необходимых для решения различных задач при исследовании астрофизической и лабораторной плазмы.

Настоящая работа является частью проекта “Влияние ударных процессов на профили линий астрофизической плазмы”, поддержанного Министерством науки, технологии и развития Сербии.

- [1] V.Trimble. *Astron. Astrophys. Rev.*, **3** (1991) 1—46
- [2] W.E.Pretty. *Proc. Phys. Soc. London*, **43** (1931) 279—304
- [3] L.I.Maissel. *Proc. Phys. Soc. London*, **74** (1959) 97—100
- [4] S.L.Mandel'shtam. In “Optik und Spektroskopie aller Wellenlängen”, Akademie Verlag, Berlin (1962) 372—378
- [5] S.L.Mandel'shtam, M.A.Mazing, I.I.Sobel'man, I.A.Vainshtein. *Proc. VI Int. Conf. on Ionized Phenomena in Gases*, **3**, S.E.R.M.A., Paris (1963) 331—334
- [6] М.А.Мазинг, Н.А.Врублевская. *Опт. и спектр.*, **13** (1962) 308—312
- [7] M.Platiša, M.S.Dimitrijević, N.Konjević. *Astron. Astrophys.*, **67** (1978) 103—105
- [8] T.L.Pittman, N.Konjević. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **35** (1986) 247—253
- [9] N.Konjević, T.L.Pittman. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **35** (1986) 473—477
- [10] J.Purić, S.Djeniže, A.Srećković, J.Labat, Lj.Ćirković. *Phys. Rev. A*, **35** (1987) 2111—2116
- [11] J.Purić, S.Djeniže, A.Srećković, M.Ćuk, J.Labat, M.Platiša. *Z. Phys. D*, **8** (1988) 343—347
- [12] N.I.Uzelac, S.Glenzer, N.Konjević, J.D.Hey, H.J.Kunze. *Phys. Rev. E*, **47** (1993) 3623—3630
- [13] B.Bлагоjević, M.V.Поповић, N.Konjević. *Physica Scripta*, **59** (1999) 374—378
- [14] J.A.del Val, J.A.Aparicio, S.Mar. *Astrophys. J.*, **536** (2000) 998—1004
- [15] V.Milosavljević, M.S.Dimitrijević, S.Djeniže. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **135** (2001) 115—124
- [16] S.Djeniže, V.Milosavljević, M.S.Dimitrijević. *Astron. Astrophys.*, **382** (2002) 359—367
- [17] H.R.Griem. *Spectral Line Broadening by Plasmas*, Academic Press, New York (1974)
- [18] W.W.Jones, S.M.Benett, H.R.Griem. *Calculated Electron-Impact Broadening Parameters for Isolated Spectral Lines from the Singly Charged Ions: Lithium through Calcium*, University of Maryland Tech. Report N 71-128, College Park, Maryland (1971)
- [19] J.Purić, I.S.Lakićević, V.Glavonjić. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **26** (1981) 65—70
- [20] D.Bertucelli, H.O.Di Rocco. *Physica Scripta*, **47** (1993) 747—750
- [21] S.Djeniže, A.Srećković, J.Labat, M.Platiša. *Physica Scripta*, **59** (1999) 98—104
- [22] N.Konjević, T.L.Pittman. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **37** (1987) 311—318
- [23] B.Bлагоjević, M.V.Поповић, N.Konjević. *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer*, **67** (2000) 9—20
- [24] M.S.Dimitrijević, N.Konjević. In “Spectral Line Shapes”, Ed. B. Wende, New York, W. de Gruyter (1981) 211—239
- [25] M.S.Dimitrijević, N.Konjević. *Astron. Astrophys.*, **172** (1987) 345—349
- [26] M.S.Dimitrijević. *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **76** (1988) 53—59
- [27] M.S.Dimitrijević. *Bull. Obs. Astron. Belgrade*, **139** (1988) 31—58
- [28] S.Sahal-Bréchet. *Astron. Astrophys.*, **1** (1969) 91—123
- [29] S.Sahal-Bréchet. *Astron. Astrophys.*, **2** (1969) 322—354
- [30] S.Sahal-Bréchet. *Astron. Astrophys.*, **35** (1974) 319—321
- [31] C.Fleurier, S.Sahal-Bréchet and J. Chapelle. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **17** (1977) 595—604
- [32] S.Sahal-Bréchet. *Astron. Astrophys.*, **245** (1991) 322—330
- [33] M.S.Dimitrijević, S.Sahal-Bréchet and V. Bommier. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **89** (1991) 581—590
- [34] M.S.Dimitrijević, S.Sahal-Bréchet. *Physica Scripta*, **52** (1995) 41—51

-
- [35] **M.S.Dimitrijević, S.Sahal-Bréchet.** *Physica Scripta*, **54** (1996) 50—55
- [36] **М.С.Димитриевич.** *Журн. прикл. спектр.*, **63** (1996) 810—815
- [37] **C.E.Moore.** *Atomic Energy Levels, Vol. I, Nat. Stand. Ref. Data Ser.*, 35, NBS, Washington (1971)
- [38] **S.Bashkin, J.O.Stoner, Jr.** *Atomic Energy Levels and Grotrian Diagrams, Vol. 2, North Holland, Amsterdam* (1978)
- [39] **P.Quinet, P.Palmeri, E.Biémont.** *Physica Scripta*, **49** (1994) 436—445
- [40] **W.Persson, C.G.Wahlström, I.Jönsson.** *Phys. Rev. A*, **43** (1991) 4791—4823
- [41] **D.R.Bates, A.Damgaard.** *Trans. Roy. Soc. London, Ser. A*, **242** (1949) 101—122
- [42] **G.K.Oertel, L.P.Shomo.** *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **16** (1968) 175—218
- [43] **H.Van Regemorter, Hoang Binh Dy, M.Prud'homme.** *J. Phys. B*, **12** (1979) 1053—1062
- [44] **A.J.Barnard, J.Cooper, E.W.Smith.** *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **14** (1974) 1025—1077
- [45] **W.L.Wiese, N.Konjević.** *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **28** (1982) 185—198
- [46] **H.R.Griem.** *Phys. Rev.*, **165** (1968) 258—266
- [47] **M.S.Dimitrijević, N.Konjević.** *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **24** (1980) 451—459