

Décembre 1985

INT 124/85

CONDITIONS OHMIQUES DE TCA EN FEVRIER 1985

Jean-Marc MORET

Centre de Recherches en Physique des Plasmas
Association Euratom - Confédération Suisse
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

I. INTRODUCTION

L'étude du plasma cible de TCA largement documentée et rapportée dans la référence [1] a été répétée en élargissant la gamme des paramètres:

$$B_{\phi} = 0.78, 1.16, 1.52 \text{ T}$$

$$I_p = 20 \text{ à } 120 \text{ kA}$$

$$\bar{n}_e = 0.5 \text{ à } 8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$$

Les décharges effectuées dans du deutérium avec des limiteurs recouverts de carbure de silicium, couvrent ainsi une grande partie du diagramme d'opération de la machine (fig. 1). Elles sont dans le présent rapport divisées en quatre classes de courant (fig. 1) présentant chacune un facteur de sécurité moyen de

$$q_a = 3.1, 4.0, 5.8 \text{ et } 8.9.$$

Les tableaux 1a et 1b donnent pour chacune des conditions le courant correspondant et la plus grande densité étudiée.

II. DONNEES BRUTES

Les figures suivantes montrent la variation en fonction de la densité de différents paramètres du plasma:

- fig. 2 résistance de la colonne de plasma
- fig. 3 température électronique au centre (mesurée au moyen de la diffusion Thomson)
- fig. 4 température ionique au centre instantanée
- fig. 5 température ionique au centre dans le même plasma mais stationnaire en densité
- fig. 6 puissance rayonnée totale
- fig. 7 puissance rayonnée par le centre du plasma
- fig. 8 intégrale sur la corde centrale de l'émission de la ligne D_{α}
- fig. 9 intégrale sur la corde centrale de l'émission de la ligne OII (4415 Å)
- fig. 10 valeur de $\beta + l_i / 2$ déduite du champ vertical

fig. 11 valeur de β_p mesurée par la boucle diamagnétique

fig. 12 mi-largeur à mi-hauteur normalisée du profil de densité électronique mesuré avec l'interféromètre multicanal.

Notes

Fig. 4 et 5: Au cours de cet exercice, on a dû varier la gamme d'énergie analysée par le NPA de façon à garder si possible un rapport E/T_i optimum. La valeur de T_i instantanée est prise au même moment que la mesure de T_e par la diffusion Thomson. Cependant pour les plasmas à haute densité, les ions n'ont pas encore atteint un état d'équilibre. La valeur de T_i stationnaire essaie de tenir compte de cet effet en montrant la valeur de T_i dans sa première partie stationnaire, une valeur sensiblement plus élevée que la précédente sans pour autant sortir du bruit.

Rappelons que les mesures à basses densités ($\bar{n}_e < 1.5 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$) peuvent être sujettes à caution à cause du petit flux de neutres dans ces conditions. Ceci explique notamment la température ionique anormalement haute à basse densité à $B_\phi = 0.78 \text{ T}$.

Fig. 7: Les problèmes de l'inversion d'Abel pour un profil creux permettent d'expliquer la grande dispersion des données par rapport à celle de la valeur intégrale (fig. 6).

Fig.11: La calibration absolue reste encore douteuse et la graduation de l'axe vertical doit être considérée comme arbitraire.

Fig.12: Ce chiffre est obtenu par inversion d'Abel symétrique des mesures sur 7 cordes de $\int n_e dl$.

III. IMPURETES ET CONFINEMENT

Dans ce paragraphe, l'ensemble des décharges étudiées est réduit à celles présentant une activité en dents de scie, permettant ainsi de fixer la valeur de q au centre et de deviner selon la méthode exposée dans le paragraphe IVe) de la référence [1] le profil de la tempéra-

ture électronique. Pratiquement, comme le montre la figure 13 où l'on représente l'amplitude relative des dents de scie apparentes sur le flux X, cela revient à exclure les décharges comportant un facteur de sécurité au bord plus grand que 4.5.

Sous cette hypothèse et celle que les impuretés au centre du plasma sont constituées de FeXXI et d'OIX en concentration uniforme, on peut successivement tirer les valeurs des paramètres suivants:

Fig. 14 charge effective au centre du plasma

$$Z_{\text{eff}}(0) = 1.34 \times 10^{-5} (T_{\text{e0}}^{1.5} V_{\text{R}}/B_{\phi})^{1.25} [\text{eV}, V, T]$$

Fig. 15 concentration de FeXXI

$$\eta_{\text{metal}} = n_{\text{metal}}/n_{\text{e}} = 2.52 \times 10^{-7} P_{\text{rad}}(0)/n_{\text{e19}}^2(0) [\text{Wm}^{-3}]$$

Fig. 16 concentration d'OIX

$$\eta_{\text{light}} = n_{\text{light}}/n_{\text{e}} = (Z_{\text{eff}}(0) - 1 - 380 \eta_{\text{metal}})/56$$

Dans tous les cas, la dilution des ions estimée par $\eta_{\text{i}} = 1 - 8 \eta_{\text{light}} - 20 \eta_{\text{metal}}$ ne descend jamais en dessous de 75%.

Comme dans la référence [1], on a choisit comme profils de température électronique et ionique des paraboles à la puissance 2.5 et 1 respectivement. On sait qu'en écrivant les énergies comme

$$W_{\text{e}} = f_{\text{e}}^{3/2} e \bar{n}_{\text{e}} T_{\text{e0}} \Omega$$

$$W_{\text{i}} = f_{\text{i}}^{3/2} e \bar{n}_{\text{e}} T_{\text{i0}} \Omega$$

où Ω est le volume du plasma, les facteurs de forme f_{e} et f_{i} dépendent très peu du profil de n_{e} et prennent dans notre cas les valeurs 0.31 et 0.48 respectivement. On peut ainsi estimer les quantités suivantes:

Fig. 17 énergie thermique des électrons

$$W_{\text{e}} = 0.30 \bar{n}_{\text{e19}} T_{\text{e0}} \quad [\text{J}, \text{eV}]$$

Fig. 18 énergie thermique des ions

$$W_i = 0.46 \eta_i \bar{n}_{e19} T_{i0} \quad [J, eV]$$

Fig. 19 énergie thermique totale

$$W_{tot} = W_e + (1 - 7\eta_{light} - 19\eta_{metal}) W_i / \eta_i$$

Fig. 20 temps de remplacement de l'énergie

$$\tau_E = W_{tot} / P_{oh}$$

IV. DISCUSSION

- impuretés : la comparaison des résultats de la présente étude avec ceux de la réf. [1] effectuée avec une machine équipée de limiteurs en carbone nu est présentée dans la table 2. On constate une diminution d'un facteur 2 du taux d'impuretés dans le plasma.
- confinement : l'énergie thermique totale a atteint 2.5kJ à la plus haute densité étudiée, correspondant à un temps de remplacement de l'énergie de 13ms.
- profil de densité : le profil de densité notamment à leur champ devient plus étroit lorsque l'on diminue le courant. Le piquage à haute densité à $q_a = 3$ et $B_\phi = 1.52T$ observé dans la réf. [1] persiste.

V. CONCLUSION

Ce rapport présente la dépendance paramétrique des principaux paramètres du plasma de TCA sur une grande partie de son diagramme d'opération. Les quantités corollaires sont estimées au moyen d'une méthode déjà utilisée permettant ainsi une comparaison avec des conditions passées et futures et constituent une base pour des travaux plus approfondis.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. de Chambrier et al.
"Target plasma conditions in TCA"
LRP 241/84, novembre 1984, CRPP Lausanne

B_ϕ [T]	q_a	3.1	4.0	5.8	8.9
	I_p [kA]				
0.78		66	51	35	23
1.16		99	76	53	34
1.52		129	100	69	45

Table 1a

B_ϕ [T]	q_a	3.1	4.0	5.8	8.9
	\bar{n}_{e19}				
0.78		2.5	1.8	2.3	1.6
1.16		5.8	5.8	4.2	2.6
1.52		7.8	7.7	4.9	4.0

Table 1b

date limiteurs	réf. [1] avril 84 carbone nu	cette étude février 85 carbone recou- vert de SiC	
P_{rad}	105 kW	56 kW	à $\bar{n}_{e19} = 5$
$Z_{\text{eff}}(0)$	2.5	2	à $\bar{n}_{e19} = 5$
η_{metal}	1.5 ⁰ /00	0.5 ⁰ /00	à $\bar{n}_{e19} = 5$
η_{light}	5%	2%	au maximum

Table 2

SHOT		20638	20639	20641	20642	20643	20644	20645
2 TIME	[S]	9.000E-02	8.910E-02	9.500E-02	9.470E-02	1.148E-01	9.500E-02	9.420E-02
3 BPHI	[T]	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00
4 IP	[A]	1.244E+05	1.244E+05	1.235E+05	1.237E+05	1.227E+05	1.214E+05	1.233E+05
5 RPL	[OHM]	8.700E-06	9.100E-06	9.200E-06	9.600E-06	1.060E-05	1.140E-05	1.040E-05
6 NE	[FRINGES]	4.460E+00	8.140E+00	1.222E+01	1.677E+01	1.604E+01	2.277E+01	1.957E+01
7 BETA+LI/2		8.400E-01	9.400E-01	1.050E+00	1.160E+00	1.120E+00	1.220E+00	1.200E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	1.900E+04	2.400E+04	5.999E+04	7.500E+04	1.330E+05	2.380E+05	1.190E+05
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	1.900E+04	2.960E+04	4.380E+04	5.080E+04	6.090E+04	7.570E+04	6.280E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.006E+00	-1.197E+00	-1.069E+00	-1.038E+00	-1.421E+00	-1.293E+00	-1.149E+00
11 O-II	[V]	-1.400E-02	-1.700E-02	-2.200E-02	-2.500E-02	-3.100E-02	-3.600E-02	-3.100E-02
12 TI	[EV]	3.670E+02	2.950E+02	4.030E+02	4.250E+02	4.610E+02	4.030E+02	4.320E+02
13 TE	[EV]	7.720E+02	8.800E+02	8.130E+02	6.940E+02	6.120E+02	0.000E-01	0.000E-01
14 ZEFF(0)		0.000E-01	0.000E-01	2.420E+00	1.900E+00	1.700E+00	0.000E-01	0.000E-01
15 HWHM/A		7.900E-01	0.000E-01	7.000E-01	0.000E-01	6.000E-01	5.800E-01	6.000E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	2.000E+00	3.250E+00	5.030E+00	0.000E-01	7.750E+00	1.075E+01	9.200E+00
17 TI (STAT)	[EV]	3.860E+02	2.950E+02	4.100E+02	4.620E+02	4.500E+02	3.930E+02	4.340E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-6.980E-01	-6.210E-01	-5.590E-01	-5.010E-01	-4.960E-01	-4.630E-01	-4.770E-01

SHOT		20646	20647	20648	20650	20651	20652	20656
2 TIME	[S]	1.000E-01	1.000E-01	1.050E-01	1.098E-01	1.048E-01	1.050E-01	8.490E-02
3 BPHI	[T]	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00
4 IP	[A]	1.233E+05	1.230E+05	1.227E+05	9.705E+04	9.548E+04	9.470E+04	9.861E+04
5 RPL	[OHM]	1.060E-05	1.130E-05	1.270E-05	1.050E-05	1.370E-05	1.410E-05	1.450E-05
6 NE	[FRINGES]	2.068E+01	2.412E+01	2.616E+01	5.140E+00	1.061E+01	1.230E+01	1.911E+01
7 BETA+LI/2		1.210E+00	1.260E+00	1.270E+00	9.600E-01	1.090E+00	1.150E+00	1.320E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	1.020E+05	9.800E+04	1.700E+05	1.700E+04	9.000E+04	1.110E+05	2.050E+05
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	6.260E+04	7.330E+04	8.640E+04	2.080E+04	4.340E+04	4.660E+04	6.470E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.149E+00	-1.405E+00	-1.373E+00	-7.020E-01	-8.140E-01	-8.460E-01	-9.740E-01
11 O-II	[V]	-3.100E-02	-3.900E-02	-4.400E-02	-1.200E-02	-1.700E-02	-2.000E-02	-2.700E-02
12 TI	[EV]	4.060E+02	3.670E+02	3.430E+02	2.450E+02	3.140E+02	3.170E+02	3.460E+02
13 TE	[EV]	6.060E+02	6.310E+02	6.450E+02	7.030E+02	6.840E+02	7.280E+02	6.740E+02
14 ZEFF(0)		1.650E+00	1.930E+00	2.200E+00	0.000E-01	2.090E+00	2.400E+00	2.300E+00
15 HWHM/A		6.200E-01	6.300E-01	7.000E-01	7.700E-01	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	9.500E+00	1.100E+01	1.075E+01	2.250E+00	4.500E+00	5.200E+00	0.000E-01
17 TI (STAT)	[EV]	4.530E+02	4.090E+02	3.640E+02	3.040E+02	3.090E+02	3.120E+02	3.480E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-4.480E-01	-3.910E-01	-4.150E-01	-7.360E-01	-6.450E-01	-6.160E-01	-4.680E-01

SHOT		20657	20658	20659	20660	20662	20663	20664
2 TIME	[S]	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02
3 BPHI	[T]	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00
4 IP	[A]	9.949E+04	1.008E+05	7.449E+04	7.342E+04	7.069E+04	7.000E+04	6.902E+04
5 RPL	[OHM]	1.210E-05	1.040E-05	1.430E-05	1.730E-05	2.210E-05	2.440E-05	2.390E-05
6 NE	[FRINGES]	1.061E+01	8.930E+00	5.140E+00	8.610E+00	1.196E+01	1.364E+01	1.532E+01
7 BETA+LI/2		1.170E+00	1.070E+00	1.030E+00	1.140E+00	1.260E+00	1.360E+00	1.470E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	8.000E+04	3.300E+04	2.999E+04	5.799E+04	1.070E+05	1.500E+05	1.330E+05
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	4.060E+04	2.770E+04	1.830E+04	3.250E+04	4.890E+04	5.700E+04	6.200E+04
10 D-ALPHA	[V]	-7.180E-01	-7.180E-01	-5.740E-01	-6.860E-01	-9.260E-01	-1.006E+00	-1.133E+00
11 O-II	[V]	-1.700E-02	-1.700E-02	-1.200E-02	-1.700E-02	-2.500E-02	-2.700E-02	-3.500E-02
12 TI	[EV]	3.560E+02	2.880E+02	1.870E+02	2.260E+02	2.330E+02	2.300E+02	2.330E+02
13 TE	[EV]	7.830E+02	7.560E+02	8.360E+02	5.400E+02	4.520E+02	5.760E+02	5.230E+02
14 ZEFF(0)		2.400E+00	1.900E+00	3.100E+00	1.600E+00	1.600E+00	3.100E+00	2.400E+00
15 HWHM/A		6.200E-01	6.200E-01	0.000E-01	6.200E-01	6.700E-01	6.700E-01	0.000E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	5.700E+00	3.700E+00	2.700E+00	4.690E+00	5.500E+00	6.100E+00	0.000E-01
17 TI (STAT)	[EV]	3.560E+02	2.830E+02	2.060E+02	2.300E+02	2.280E+02	2.300E+02	2.300E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-6.110E-01	-6.540E-01	-6.640E-01	-5.390E-01	-5.350E-01	-5.490E-01	-4.630E-01

SHOT		20666	20666	20667	20668	20671	20672	20673
2 TIME	[S]	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	8.490E-02	7.990E-02	7.990E-02	8.490E-02
3 BPHI	[T]	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00
4 IP	[A]	6.717E+04	5.907E+04	4.579E+04	4.530E+04	4.383E+04	4.920E+04	1.048E+05
5 RPL	[OHM]	2.480E-05	3.000E-05	2.780E-05	3.370E-05	4.130E-05	2.260E-05	1.310E-05
6 NE	[FRINGES]	1.610E+01	1.621E+01	5.920E+00	9.170E+00	1.319E+01	3.690E+00	1.955E+01
7 BETA+LI/2		1.510E+00	1.640E+00	1.180E+00	1.520E+00	1.980E+00	1.030E+00	1.310E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	1.690E+05	2.140E+05	4.700E+04	9.300E+04	1.500E+05	2.400E+04	8.700E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	6.880E+04	7.920E+04	2.580E+04	3.900E+04	5.320E+04	1.540E+04	5.950E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.229E+00	-1.469E+00	-5.900E-01	-7.980E-01	-9.580E-01	-4.460E-01	-9.740E-01
11 O-II	[V]	-3.600E-02	-4.400E-02	-1.500E-02	-2.200E-02	-3.500E-02	-7.000E-03	-2.700E-02
12 TI	[EV]	2.300E+02	2.090E+02	1.440E+02	1.870E+02	1.990E+02	1.110E+02	3.530E+02
13 TE	[EV]	6.100E+02	4.790E+02	4.250E+02	4.150E+02	3.480E+02	5.040E+02	5.600E+02
14 ZEFF(0)		3.400E+00	0.000E-01	1.800E+00	2.200E+00	1.900E+00	2.200E+00	1.500E+00
15 HWHM/A		6.300E-01	0.000E-01	0.000E-01	6.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	6.400E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	7.500E+00	0.000E-01	0.000E-01	4.300E+00	0.000E-01	0.000E-01	9.000E+00
17 TI (STAT)	[EV]	2.250E+02	2.160E+02	1.460E+02	1.990E+02	2.090E+02	1.270E+02	3.830E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-5.830E-01	-5.350E-01	-8.940E-01	-7.550E-01	-6.880E-01	-1.000E+00	-4.440E-01

SHOT		20674	20675	20677	20678	20679	20744	20749
2 TIME	[S]	8.490E-02	9.500E-02	9.500E-02	9.500E-02	9.500E-02	8.090E-02	1.008E-01
3 BPHI	[T]	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.510E+00	1.160E+00	1.160E+00
4 IP	[A]	1.050E+05	1.042E+05	1.033E+05	1.019E+05	1.007E+05	1.031E+05	1.005E+05
5 RPL	[OHM]	1.310E-05	1.390E-05	1.590E-05	1.800E-05	1.960E-05	1.110E-05	1.200E-05
6 NE	[FRINGES]	1.968E+01	2.326E+01	2.482E+01	2.583E+01	2.572E+01	8.490E+00	1.230E+01
7 BETA+LI/2		1.310E+00	1.380E+00	1.390E+00	1.420E+00	1.430E+00	1.030E+00	1.150E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	3.600E+04	8.700E+04	1.340E+05	1.440E+05	2.060E+05	3.500E+04	4.700E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	5.910E+04	7.160E+04	8.960E+04	1.000E+05	1.138E+05	2.970E+04	3.880E+04
10 D-ALPHA	[V]	-9.900E-01	-1.053E+00	-1.549E+00	-1.740E+00	-1.980E+00	-9.580E-01	-1.038E+00
11 O-II	[V]	-3.000E-02	-3.500E-02	-5.200E-02	-5.700E-02	-6.700E-02	-1.700E-02	-2.000E-02
12 TI	[EV]	3.170E+02	3.100E+02	3.170E+02	3.020E+02	2.590E+02	2.350E+02	2.880E+02
13 TE	[EV]	5.760E+02	4.570E+02	4.940E+02	4.750E+02	0.000E-01	5.290E+02	5.280E+02
14 ZEFF(0)		1.600E+00	1.100E+00	1.500E+00	1.600E+00	0.000E-01	1.530E+00	1.600E+00
15 HWHM/A		7.200E-01	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	6.900E-01	6.900E-01
16 NE(O)	[10E19M-3]	8.600E+00	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	4.000E+00	5.300E+00
17 TI(STAT)	[EV]	3.850E+02	3.710E+02	3.500E+02	3.810E+02	2.850E+02	2.470E+02	2.970E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-4.440E-01	-4.340E-01	-4.240E-01	-4.340E-01	-4.580E-01	-5.150E-01	-4.530E-01

SHOT		20750	20751	20752	20753	20754	20755	20756
2 TIME	[S]	1.005E-01	1.005E-01	1.008E-01	1.008E-01	1.008E-01	1.201E-01	1.201E-01
3 BPHI	[T]	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00
4 IP	[A]	9.959E+04	1.001E+05	9.939E+04	1.011E+05	9.676E+04	9.685E+04	9.675E+04
5 RPL	[OHM]	1.370E-05	1.430E-05	1.470E-05	1.470E-05	1.310E-05	1.210E-05	1.240E-05
6 NE	[FRINGES]	1.610E+01	1.811E+01	1.822E+01	1.934E+01	6.260E+00	4.800E+00	3.690E+00
7 BETA+LI/2		1.240E+00	1.260E+00	1.270E+00	1.260E+00	9.400E-01	9.100E-01	8.700E-01
8 P-RAD(0)	[W/M3]	8.400E+04	1.170E+05	1.260E+05	1.310E+05	4.800E+04	2.300E+04	2.500E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	5.250E+04	6.080E+04	6.380E+04	6.910E+04	3.330E+04	2.330E+04	2.160E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.165E+00	-1.085E+00	-1.213E+00	-1.325E+00	-9.420E-01	-9.580E-01	-7.500E-01
11 O-II	[V]	-2.700E-02	-2.700E-02	-3.100E-02	-3.500E-02	-1.700E-02	-1.500E-02	-1.500E-02
12 TI	[EV]	2.810E+02	2.380E+02	2.740E+02	2.590E+02	2.710E+02	1.730E+02	1.510E+02
13 TE	[EV]	5.620E+02	4.600E+02	5.040E+02	5.150E+02	5.840E+02	4.930E+02	5.380E+02
14 ZEFF(0)		2.090E+00	1.600E+00	1.870E+00	2.000E+00	2.050E+00	0.000E-01	0.000E-01
15 HWHM/A		6.200E-01	7.000E-01	7.000E-01	7.200E-01	7.000E-01	7.200E-01	7.200E-01
16 NE(O)	[10E19M-3]	8.000E+00	7.500E+00	7.500E+00	7.600E+00	2.900E+00	2.200E+00	1.600E+00
17 TI(STAT)	[EV]	2.920E+02	2.350E+02	2.710E+02	2.710E+02	2.250E+02	1.800E+02	1.840E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-4.050E-01	-3.620E-01	-3.720E-01	-3.720E-01	-5.830E-01	-6.110E-01	-6.350E-01

SHOT		20757	20758	20759	20766	20767	20768	20769
2 TIME	[S]	1.201E-01	1.201E-01	1.198E-01	8.990E-02	8.990E-02	8.990E-02	8.990E-02
3 BPHI	[T]	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00
4 IP	[A]	7.322E+04	7.293E+04	7.108E+04	5.292E+04	5.311E+04	5.272E+04	5.604E+04
5 RPL	[OHM]	1.650E-05	1.700E-05	2.290E-05	2.190E-05	2.780E-05	2.870E-05	2.000E-05
6 NE	[FRINGES]	3.910E+00	5.250E+00	8.380E+00	9.050E+00	7.150E+00	7.710E+00	3.240E+00
7 BETA+LI/2		9.200E-01	1.010E+00	1.010E+00	1.240E+00	1.150E+00	1.110E+00	9.600E-01
8 P-RAD(0)	[W/M3]	3.200E+04	2.500E+04	9.900E+04	8.600E+04	9.300E+04	8.700E+04	3.099E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	1.920E+04	2.140E+04	3.920E+04	3.810E+04	4.020E+04	3.930E+04	1.510E+04
10 D-ALPHA	[V]	-6.060E-01	-6.700E-01	-8.460E-01	-8.780E-01	-8.460E-01	-7.660E-01	-4.940E-01
11 O-II	[V]	-1.100E-02	-1.200E-02	-1.500E-02	-1.700E-02	-1.700E-02	-1.700E-02	-1.200E-02
12 TI	[EV]	1.370E+02	1.580E+02	1.870E+02	1.580E+02	1.510E+02	1.580E+02	1.080E+02
13 TE	[EV]	4.770E+02	6.080E+02	4.870E+02	4.030E+02	3.140E+02	3.160E+02	4.870E+02
14 ZEFF(0)		0.000E-01	2.200E+00	1.950E+00	2.090E+00	0.000E-01	1.600E+00	2.000E+00
15 HWHM/A		0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	5.500E-01	5.200E-01	5.400E-01	6.000E-01
16 NE(O)	[10E19M-3]	1.500E+00	2.050E+00	4.600E+00	4.750E+00	4.500E+00	4.250E+00	1.750E+00
17 TI(STAT)	[EV]	1.380E+02	1.730E+02	1.840E+02	1.630E+02	1.630E+02	1.680E+02	1.220E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-6.980E-01	-6.930E-01	-6.210E-01	-5.780E-01	-5.540E-01	-6.450E-01	-7.220E-01

SHOT		20771	20772	20774	20775	20776	20778	20779
2 TIME	[S]	8.990E-02	8.990E-02	8.990E-02	8.990E-02	8.990E-02	9.970E-02	9.970E-02
3 BPHI	[T]	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00
4 IP	[A]	5.272E+04	5.253E+04	3.319E+04	3.622E+04	4.296E+04	8.338E+04	8.289E+04
5 RPL	[OHM]	3.460E-05	3.490E-05	5.580E-05	3.920E-05	2.320E-05	2.000E-05	2.000E-05
6 NE	[FRINGES]	1.163E+01	1.409E+01	8.610E+00	5.140E+00	2.900E+00	1.878E+01	1.923E+01
7 BETA+LI/2		1.520E+00	1.640E+00	1.750E+00	1.260E+00	1.100E+00	1.390E+00	1.400E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	1.600E+05	2.100E+05	1.320E+05	3.200E+04	2.100E+04	2.100E+05	1.980E+05
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	5.010E+04	5.550E+04	3.920E+04	2.220E+04	1.080E+04	6.960E+04	7.090E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.006E+00	-1.101E+00	-1.053E+00	-6.700E-01	-4.620E-01	-1.117E+00	-1.213E+00
11 O-II	[V]	-2.700E-02	-3.000E-02	-2.500E-02	-1.500E-02	-9.000E-03	-3.100E-02	-3.100E-02
12 TI	[EV]	1.870E+02	1.870E+02	1.150E+02	1.010E+02	8.600E+01	1.660E+02	1.610E+02
13 TE	[EV]	3.980E+02	3.910E+02	2.000E+02	2.490E+02	3.870E+02	3.900E+02	4.290E+02
14 ZEFF(0)		2.400E+00	2.360E+00	0.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	1.400E+00	1.700E+00
15 HWHM/A		4.700E-01	5.000E-01	0.000E-01	0.000E-01	5.000E-01	0.000E-01	6.900E-01
16 NE(O)	[10E19M-3]	7.250E+00	7.750E+00	0.000E-01	0.000E-01	1.600E+00	0.000E-01	8.000E+00
17 TI(STAT)	[EV]	1.870E+02	2.060E+02	1.260E+02	1.060E+02	8.800E+01	1.650E+02	1.610E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-4.440E-01	-3.960E-01	-8.700E-01	-8.940E-01	-8.170E-01	-3.190E-01	-3.190E-01

SHOT		20780	20787	20789	20790	20795	20797	20798
2 TIME	[S]	1.000E-01	9.970E-02	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01
3 BPHI	[T]	1.160E+00	1.160E+00	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01
4 IP	[A]	9.949E+04	6.619E+04	6.717E+04	6.776E+04	6.991E+04	4.891E+04	5.086E+04
5 RPL	[OHM]	1.550E-05	2.120E-05	1.740E-05	1.570E-05	1.860E-05	3.440E-05	2.480E-05
6 NE	[FRINGES]	1.945E+01	7.040E+00	3.130E+00	1.900E+00	8.380E+00	5.920E+00	5.030E+00
7 BETA+LI/2		1.280E+00	1.130E+00	9.400E-01	9.200E-01	9.500E-01	1.060E+00	1.110E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	8.600E+04	8.800E+04	1.399E+04	6.000E+03	3.700E+04	6.099E+04	3.300E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	7.050E+04	2.820E+04	1.340E+04	8.500E+03	2.010E+04	2.430E+04	1.870E+04
10 D-ALPHA	[V]	-1.405E+00	-7.660E-01	-7.500E-01	-6.060E-01	-8.460E-01	-8.140E-01	-6.860E-01
11 O-II	[V]	-3.500E-02	-1.500E-02	-1.500E-02	-1.200E-02	-1.500E-02	-1.500E-02	-1.200E-02
12 TI	[EV]	1.660E+02	1.700E+02	1.940E+02	2.880E+02	1.400E+02	1.150E+02	1.150E+02
13 TE	[EV]	4.220E+02	3.500E+02	3.990E+02	4.500E+02	4.420E+02	3.280E+02	3.950E+02
14 ZEFF(0)		1.500E+00	0.000E-01	2.090E+00	2.300E+00	1.940E+00	2.380E+00	2.380E+00
15 HWHM/A		7.400E-01	0.000E-01	0.000E-01	6.500E-01	7.200E-01	5.800E-01	5.600E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	7.800E+00	0.000E-01	1.600E+00	1.000E+00	1.800E+00	3.000E+00	2.600E+00
17 TI(STAT)	[EV]	1.660E+02	1.660E+02	2.150E+02	2.870E+02	1.610E+02	1.390E+02	1.180E+02
18 BETA-PERP	[ARB]	-3.720E-01	-1.000E+00	-5.540E-01	-5.830E-01	-5.490E-01	-4.720E-01	-4.580E-01

SHOT		20800	20804	20806	20808	20809	20810	20812
2 TIME	[S]	1.000E-01	1.000E-01	6.010E-02	6.010E-02	6.010E-02	6.010E-02	8.090E-02
3 BPHI	[T]	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01	7.800E-01
4 IP	[A]	5.174E+04	3.632E+04	3.983E+04	3.651E+04	3.573E+04	3.651E+04	2.069E+04
5 RPL	[OHM]	2.240E-05	4.040E-05	2.770E-05	4.500E-05	5.070E-05	5.050E-05	9.180E-05
6 NE	[FRINGES]	3.690E+00	5.140E+00	3.690E+00	5.810E+00	7.150E+00	7.710E+00	5.360E+00
7 BETA+LI/2		1.030E+00	1.190E+00	1.220E+00	1.350E+00	1.330E+00	1.410E+00	1.940E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	2.400E+04	3.700E+04	2.000E+04	5.599E+04	6.700E+04	7.300E+04	5.899E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	1.410E+04	2.020E+04	1.270E+04	2.250E+04	2.770E+04	2.920E+04	2.200E+04
10 D-ALPHA	[V]	-6.220E-01	-7.180E-01	-5.260E-01	-7.020E-01	-8.460E-01	-8.940E-01	-8.460E-01
11 O-II	[V]	-1.100E-02	-1.200E-02	-1.100E-02	-1.500E-02	-1.700E-02	-2.000E-02	-1.700E-02
12 TI	[EV]	1.010E+02	8.600E+01	7.300E+01	9.100E+01	8.600E+01	8.800E+01	5.800E+01
13 TE	[EV]	4.760E+02	2.810E+02	3.230E+02	2.640E+02	2.340E+02	2.480E+02	2.100E+02
14 ZEFF(0)		3.000E+00	1.460E+00	1.220E+00	1.650E+00	1.400E+00	1.400E+00	2.400E+00
15 HWHM/A		7.000E-01	5.800E-01	5.200E-01	5.400E-01	5.400E-01	5.400E-01	4.400E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	1.900E+00	2.600E+00	1.900E+00	3.100E+00	3.250E+00	3.400E+00	3.000E+00
17 TI(STAT)	[EV]	1.010E+02	8.700E+01	7.400E+01	9.900E+01	9.100E+01	8.900E+01	6.100E+01
18 BETA-PERP	[ARB]	-5.490E-01	-4.820E-01	-5.300E-01	-4.290E-01	-4.770E-01	-4.150E-01	-5.350E-01

SHOT		20813
2 TIME	[S]	8.090E-02
3 BPHI	[T]	7.800E-01
4 IP	[A]	2.157E+04
5 RPL	[OHM]	7.230E-05
6 NE	[FRINGES]	3.800E+00
7 BETA+LI/2		1.400E+00
8 P-RAD(0)	[W/M3]	3.099E+04
9 PRAD (INTEGRAL)	[W]	1.480E+04
10 D-ALPHA	[V]	-7.180E-01
11 O-II	[V]	-1.200E-02
12 TI	[EV]	5.000E+01
13 TE	[EV]	0.000E-01
14 ZEFF(0)		0.000E-01
15 HWHM/A		4.900E-01
16 NE(0)	[10E19M-3]	2.250E+00
17 TI(STAT)	[EV]	5.000E+01
18 BETA-PERP	[ARB]	-6.300E-01

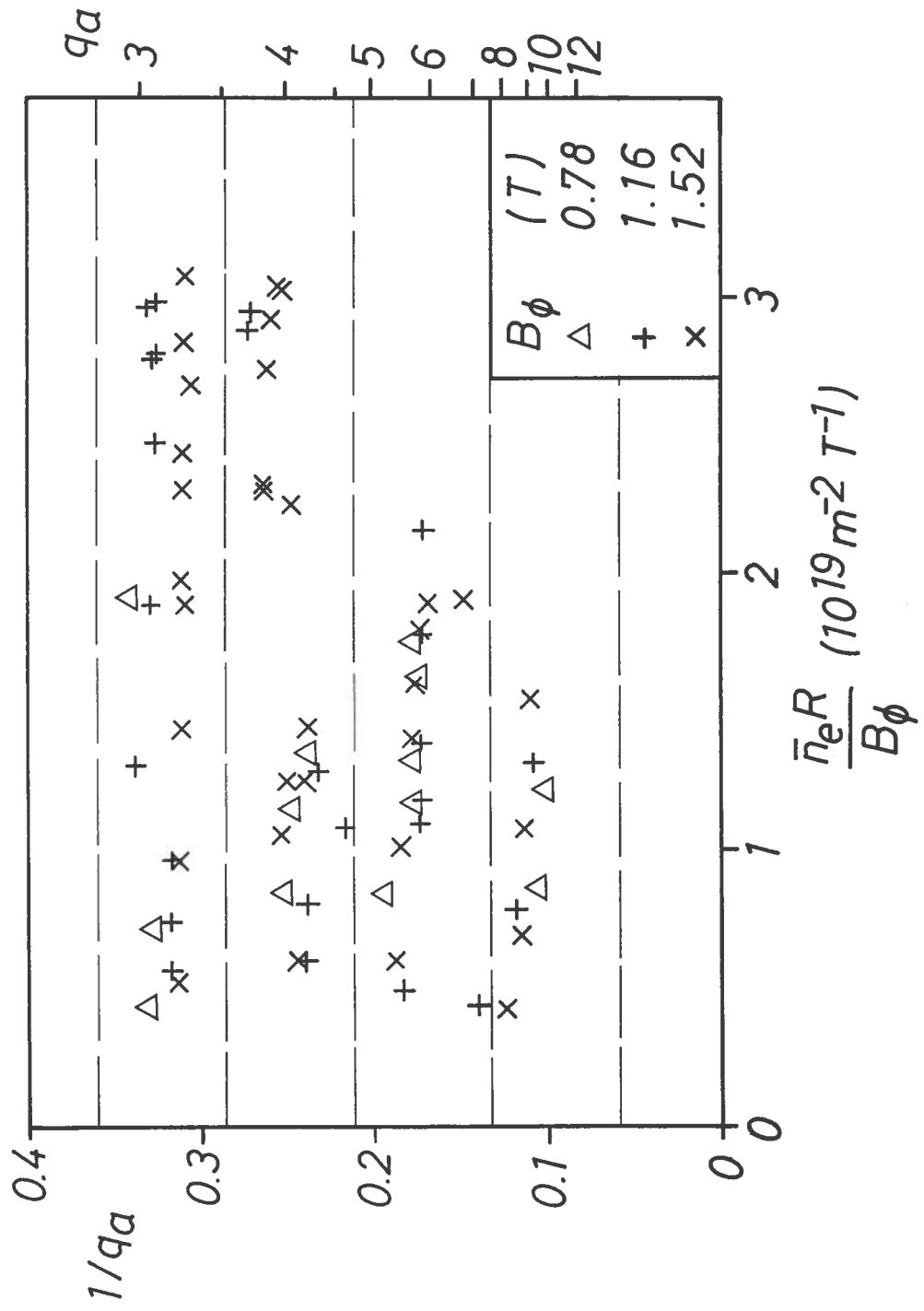


Figure 1

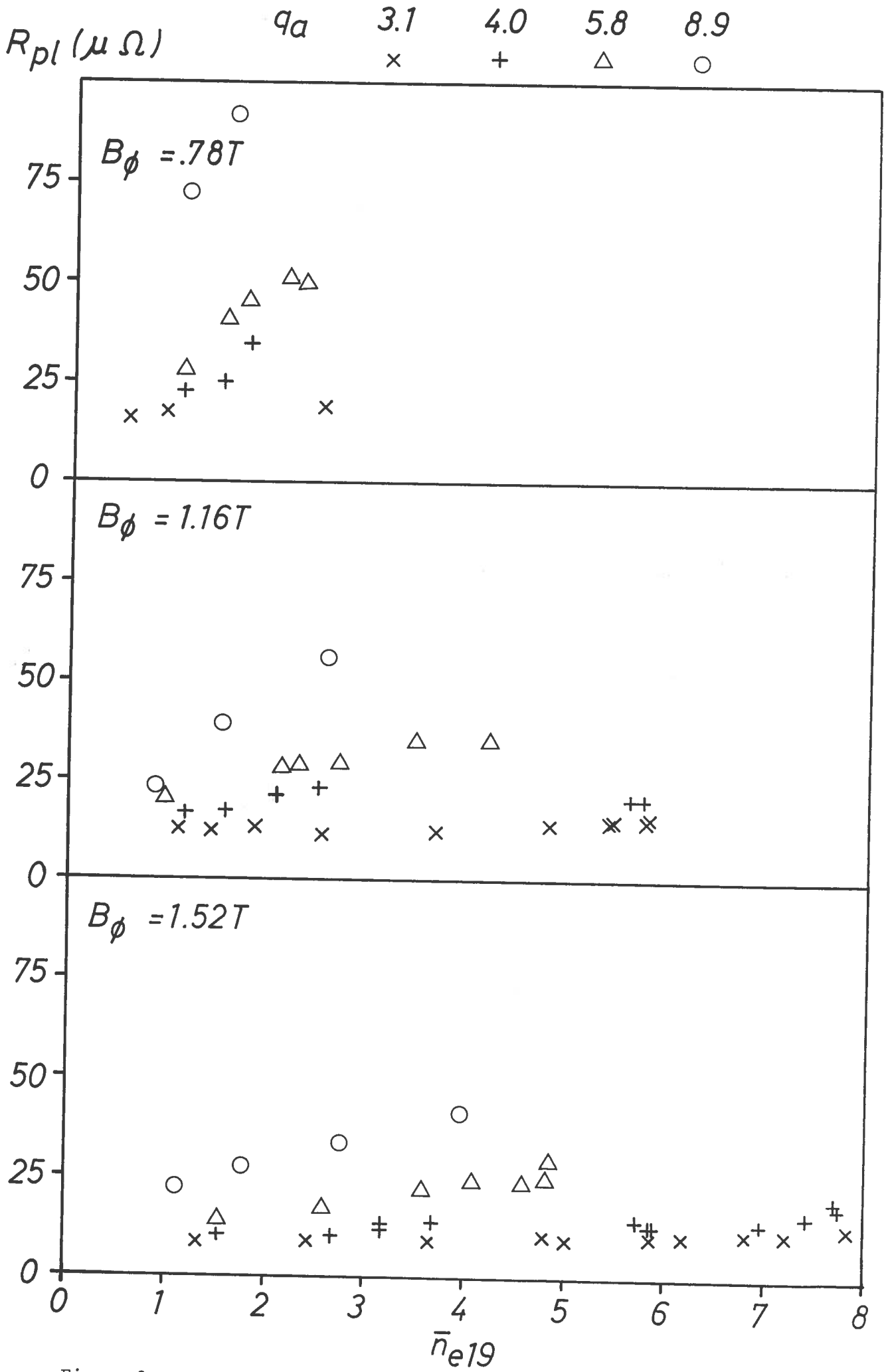


Figure 2

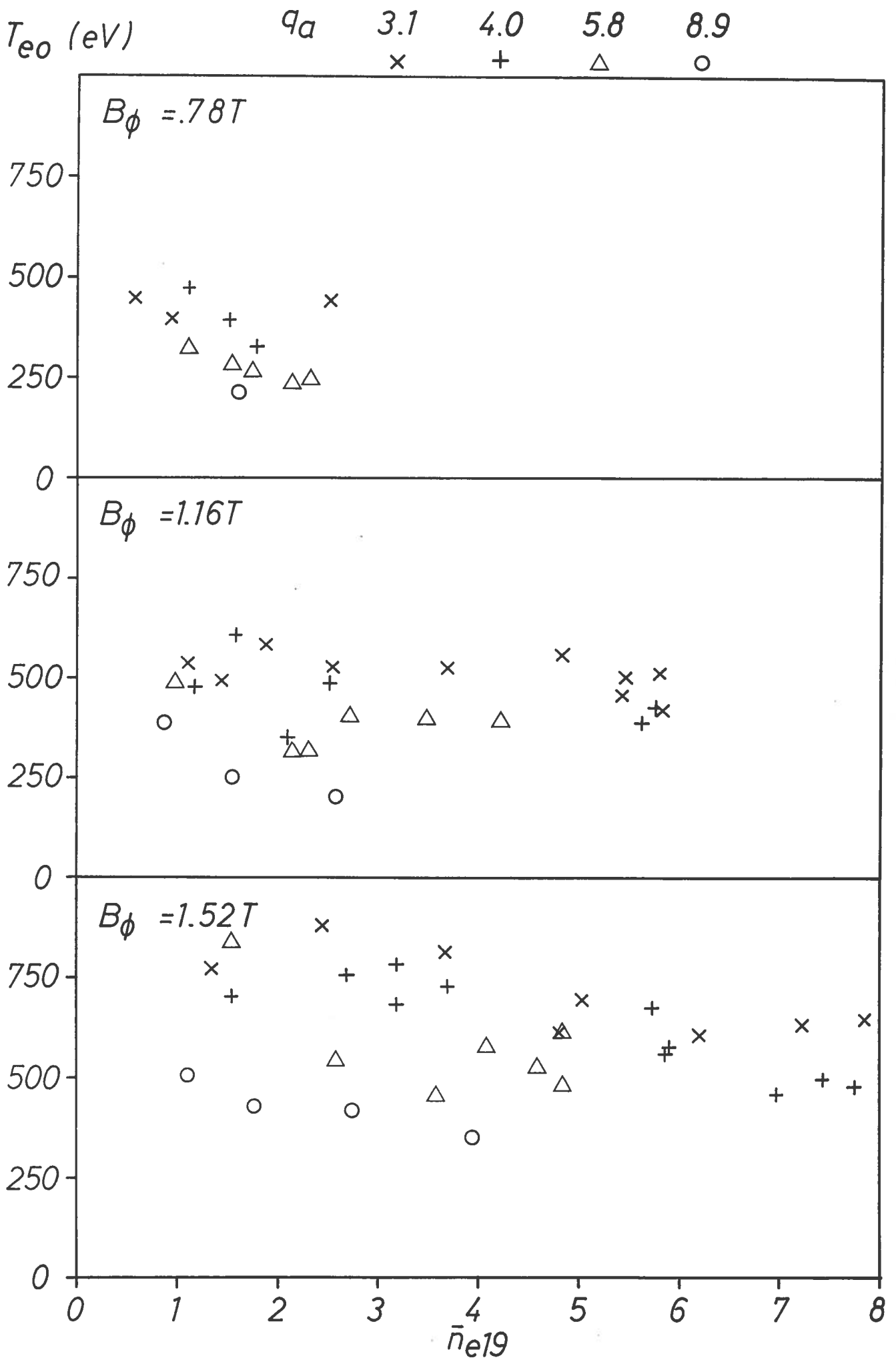


Figure 3

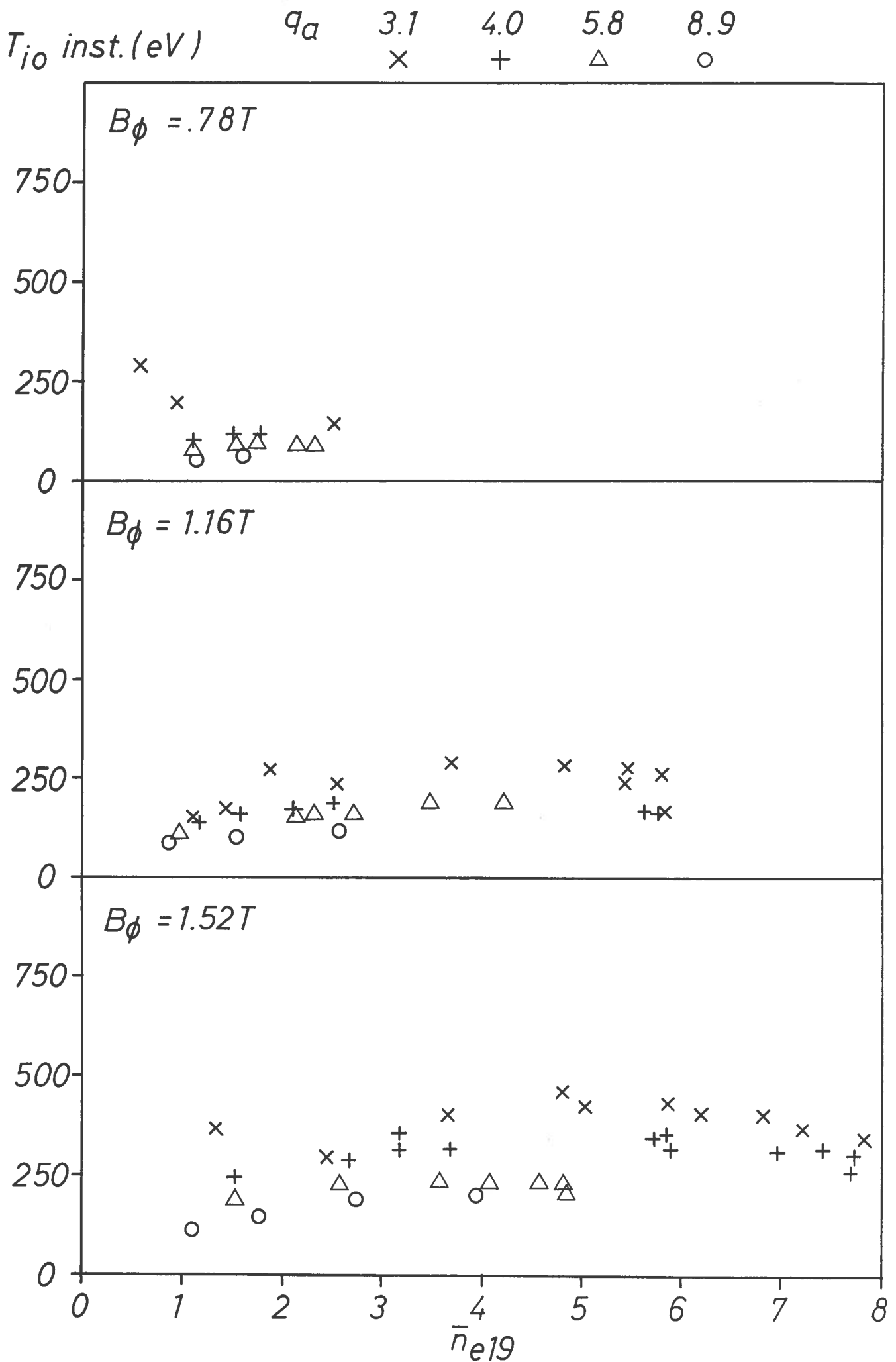


Figure 4

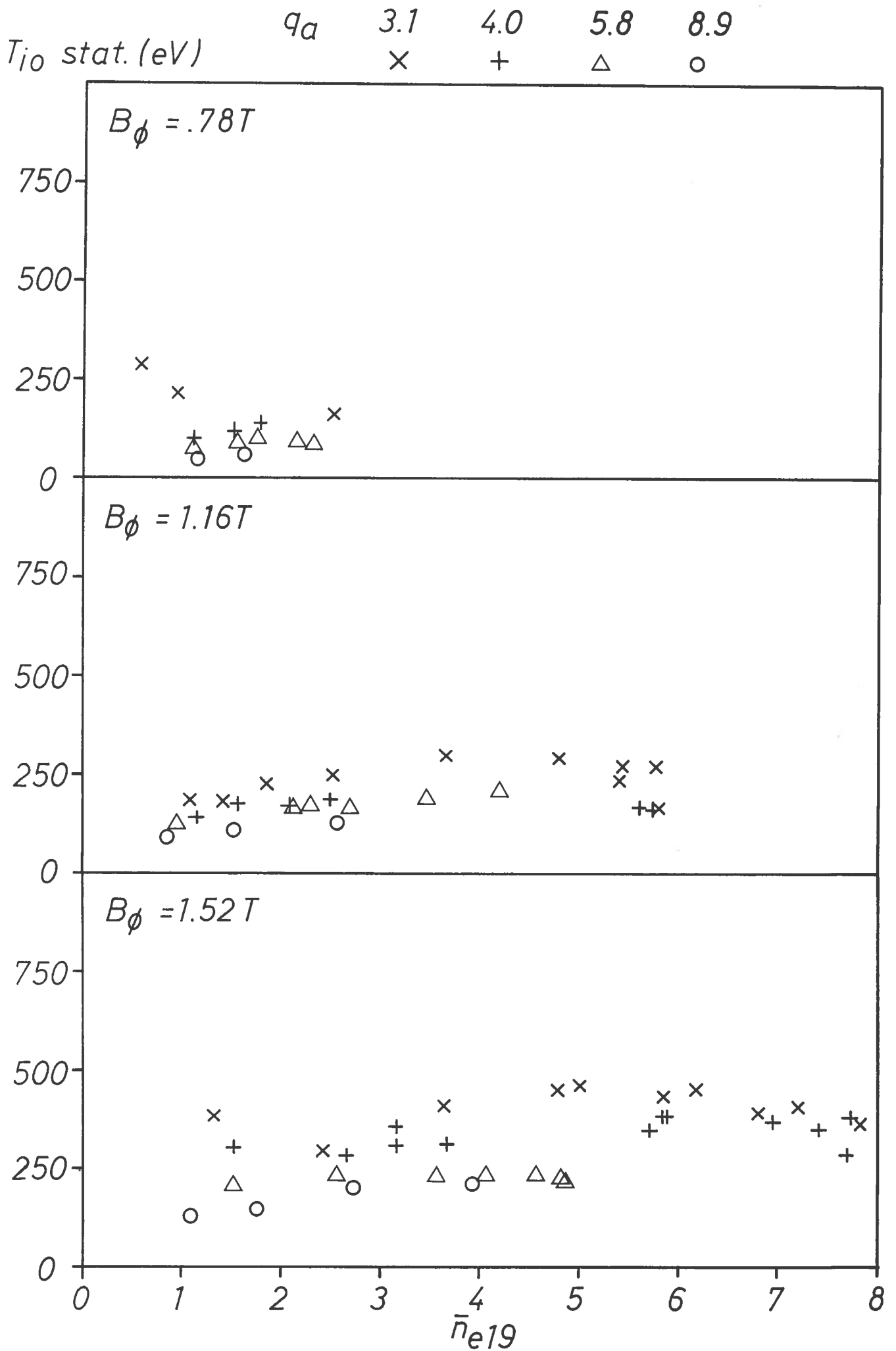


Figure 5

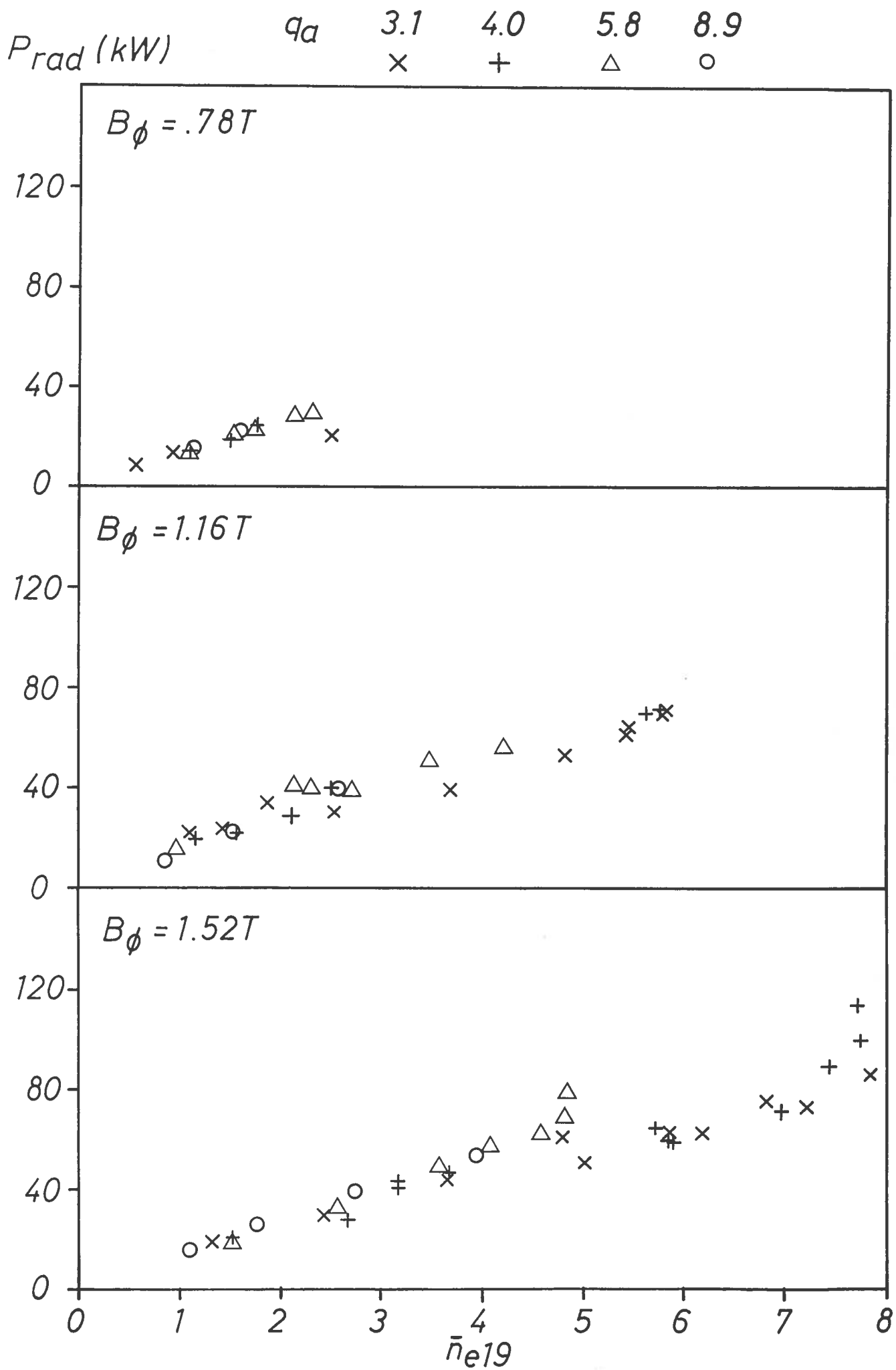


Figure 6

$P_{rad}(0) (MWm^{-3})$
 q_a 3.1
4.0
5.8
8.9

x
+
△
○

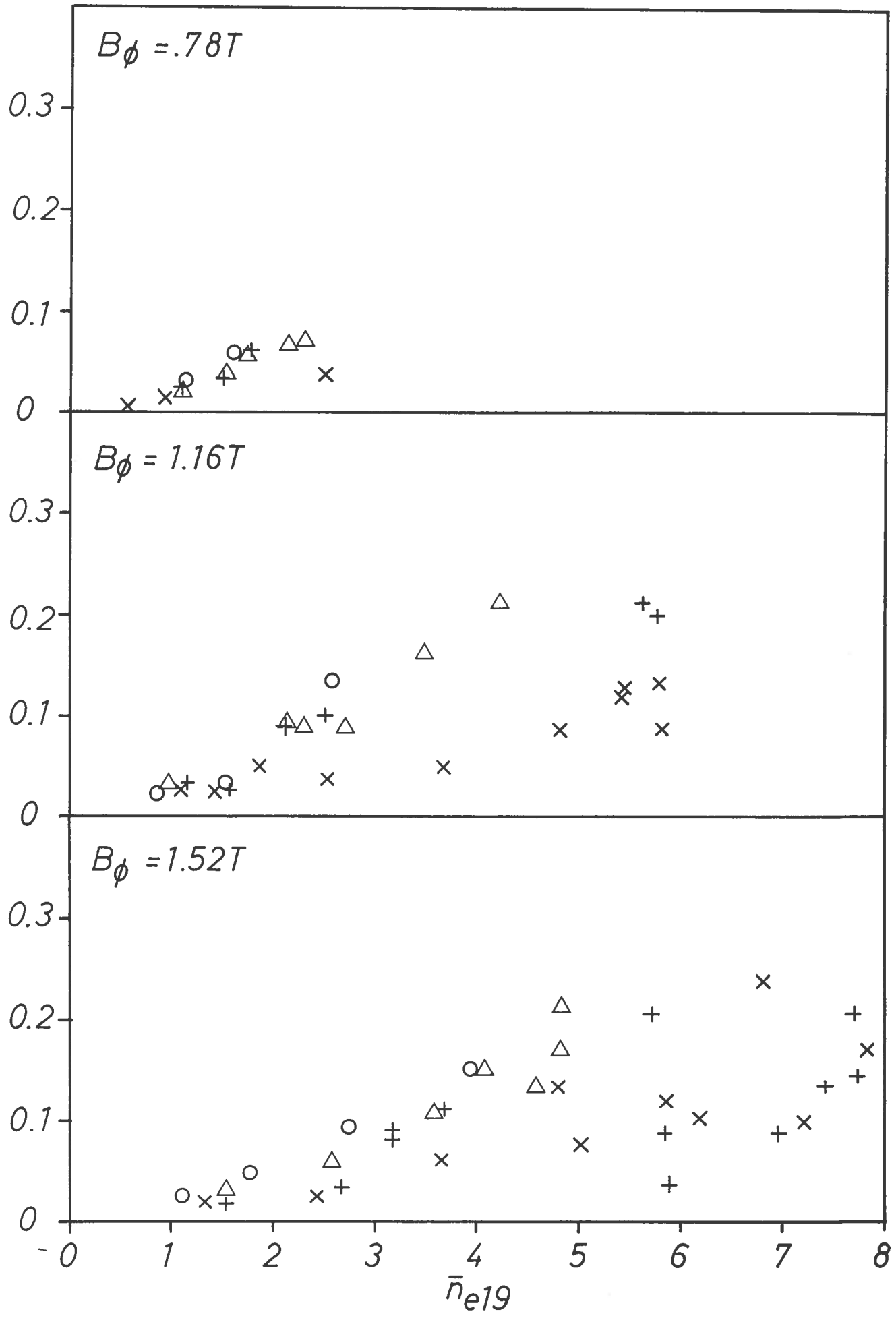


Figure 7

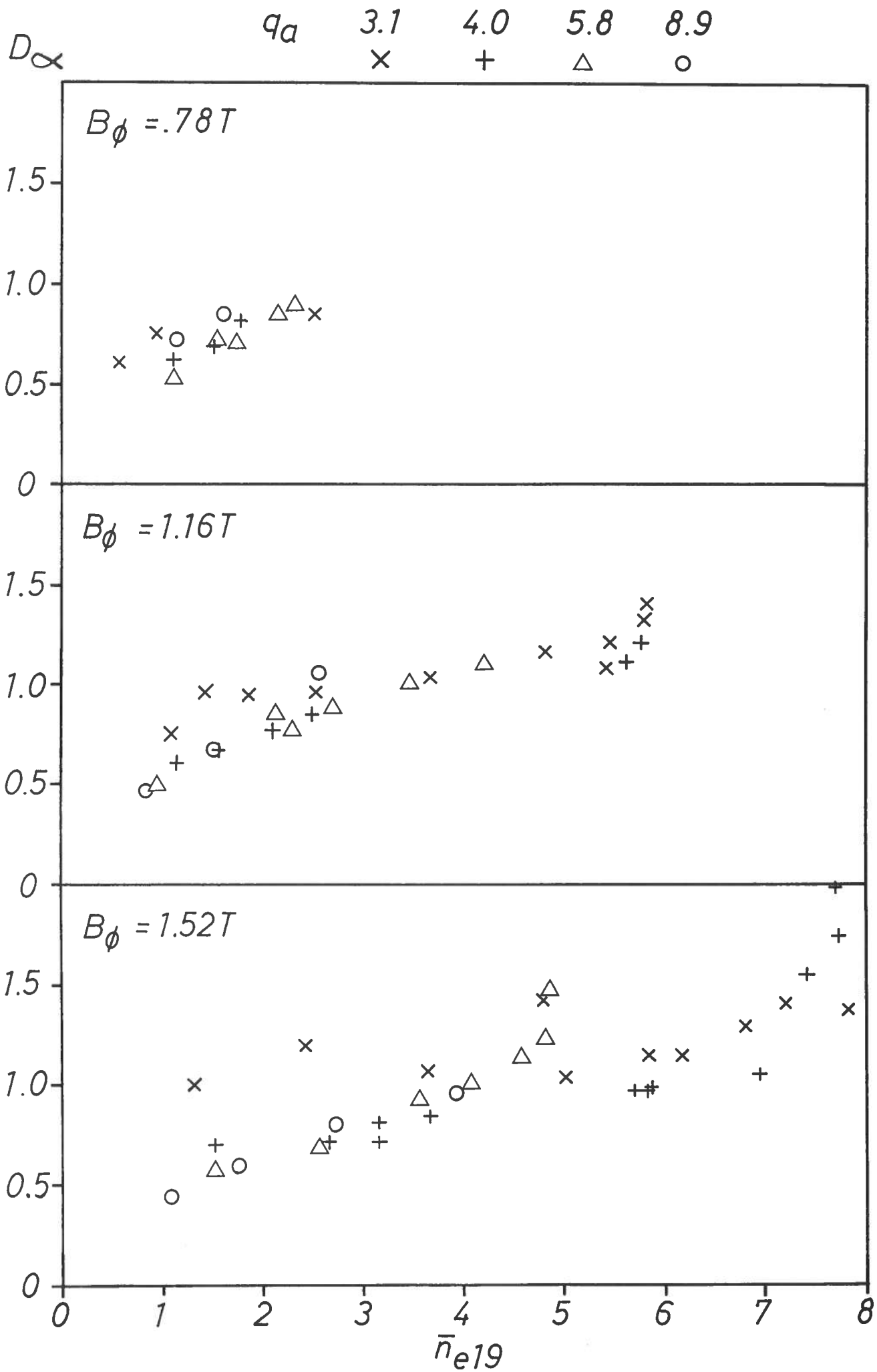


Figure 8

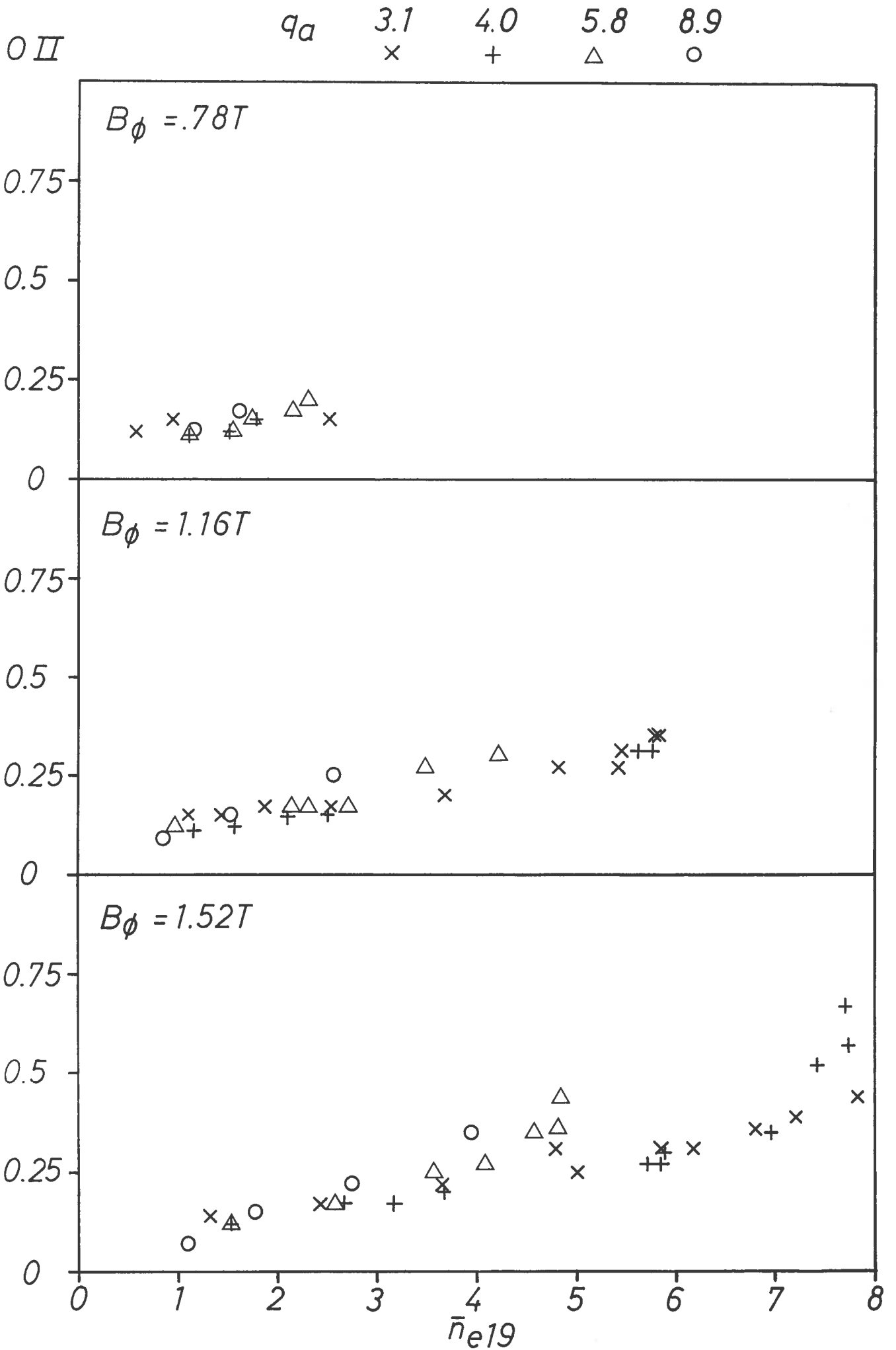


Figure 9

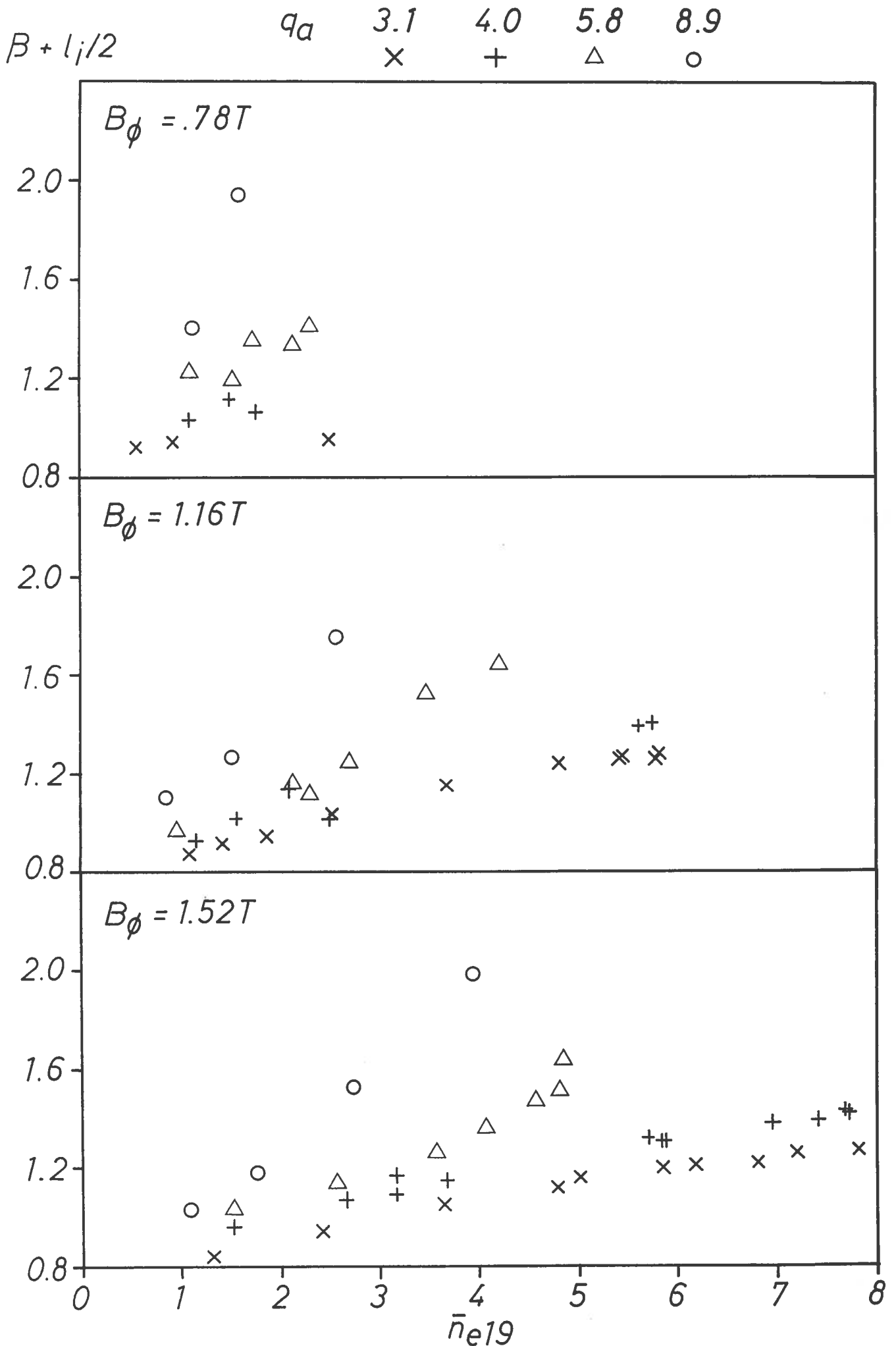


Figure 10

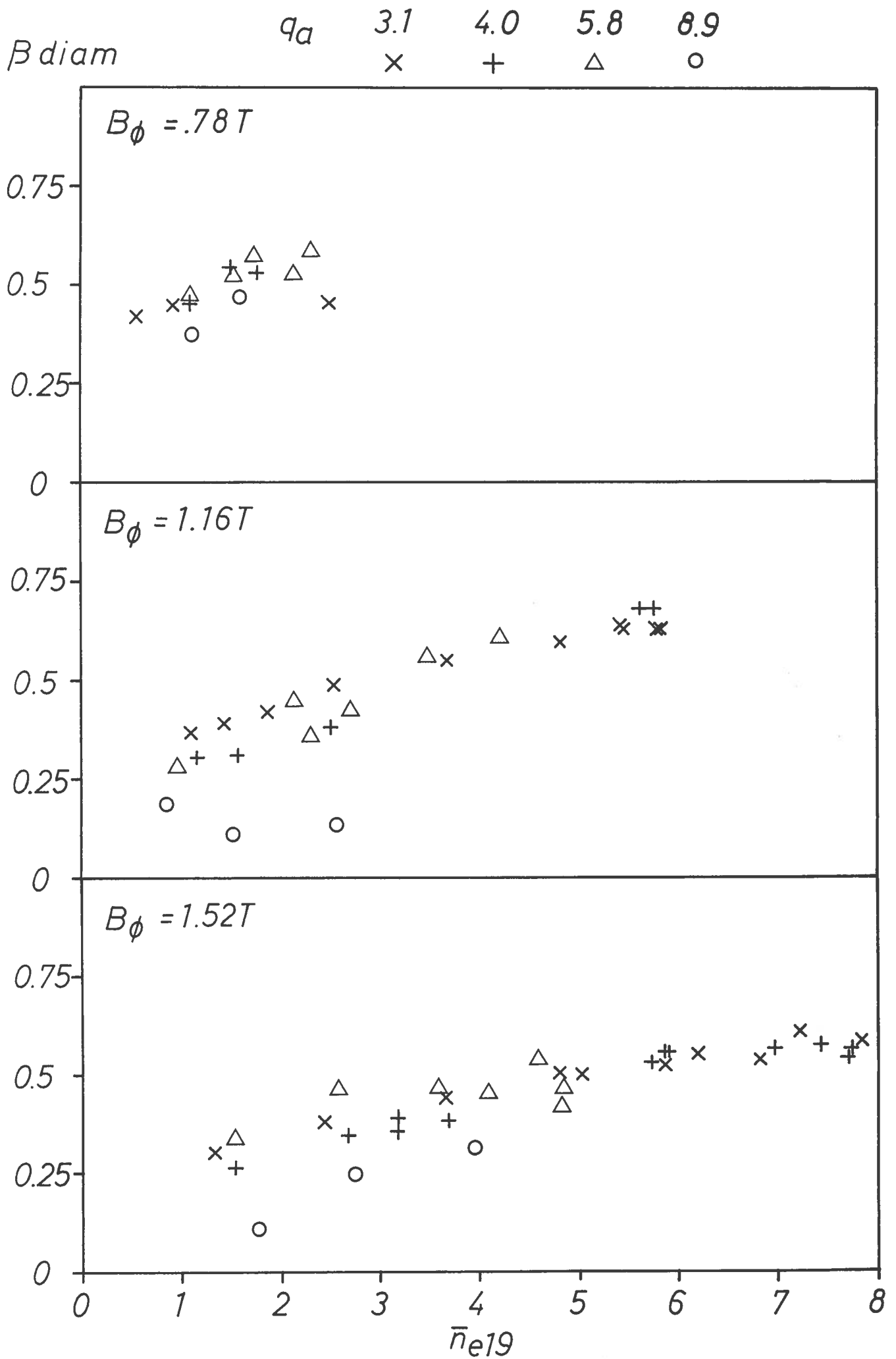


Figure 11

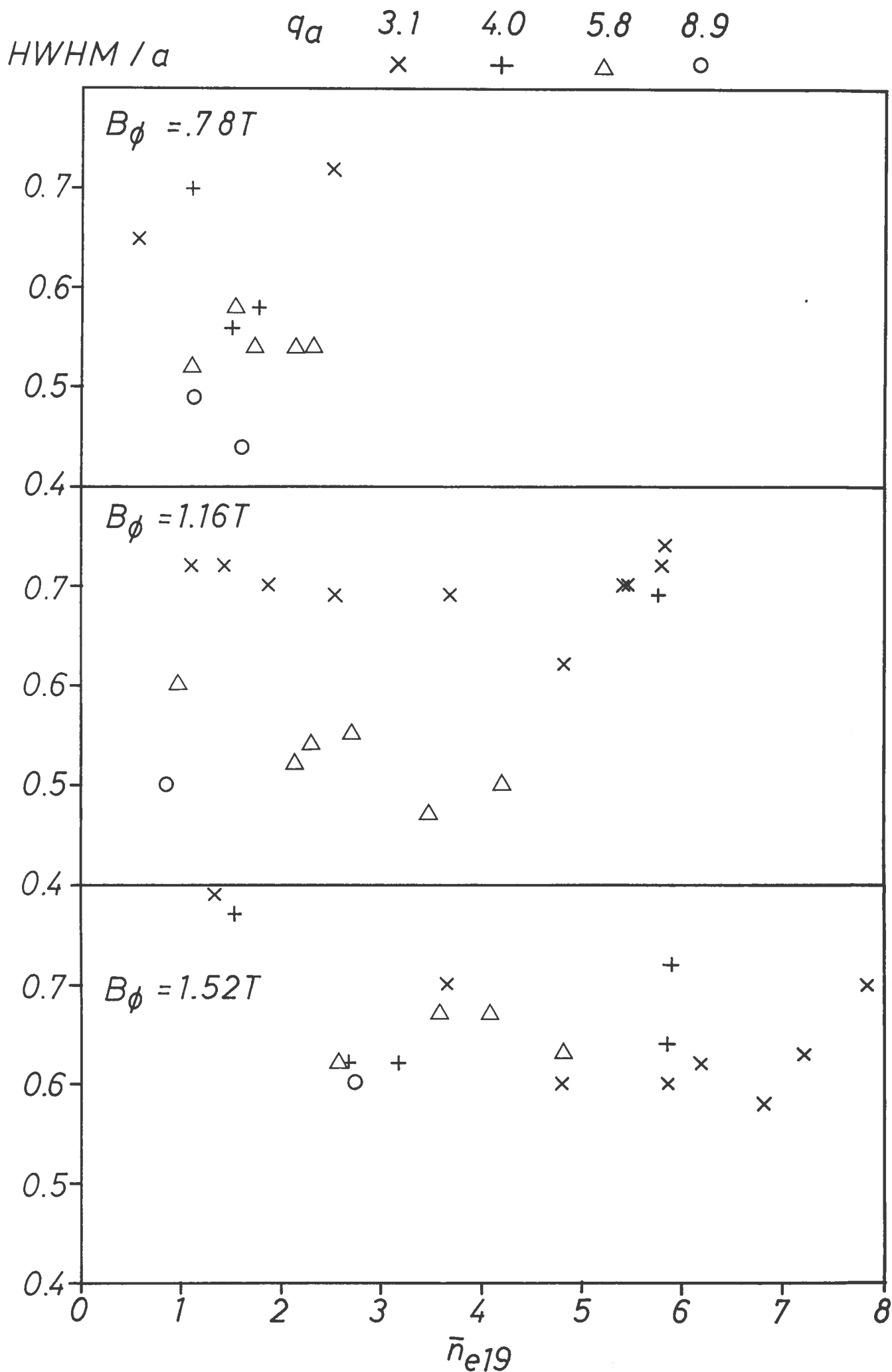


Figure 12

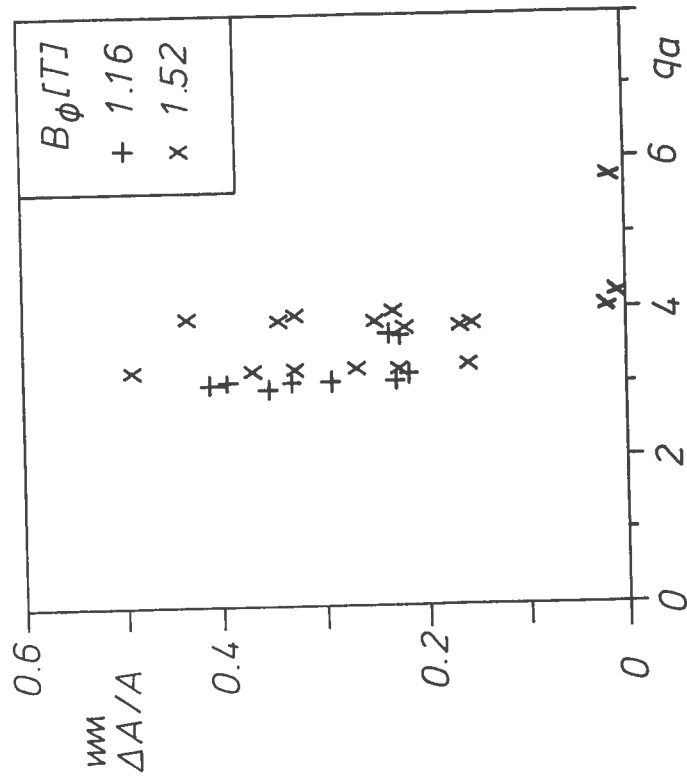


Figure 13

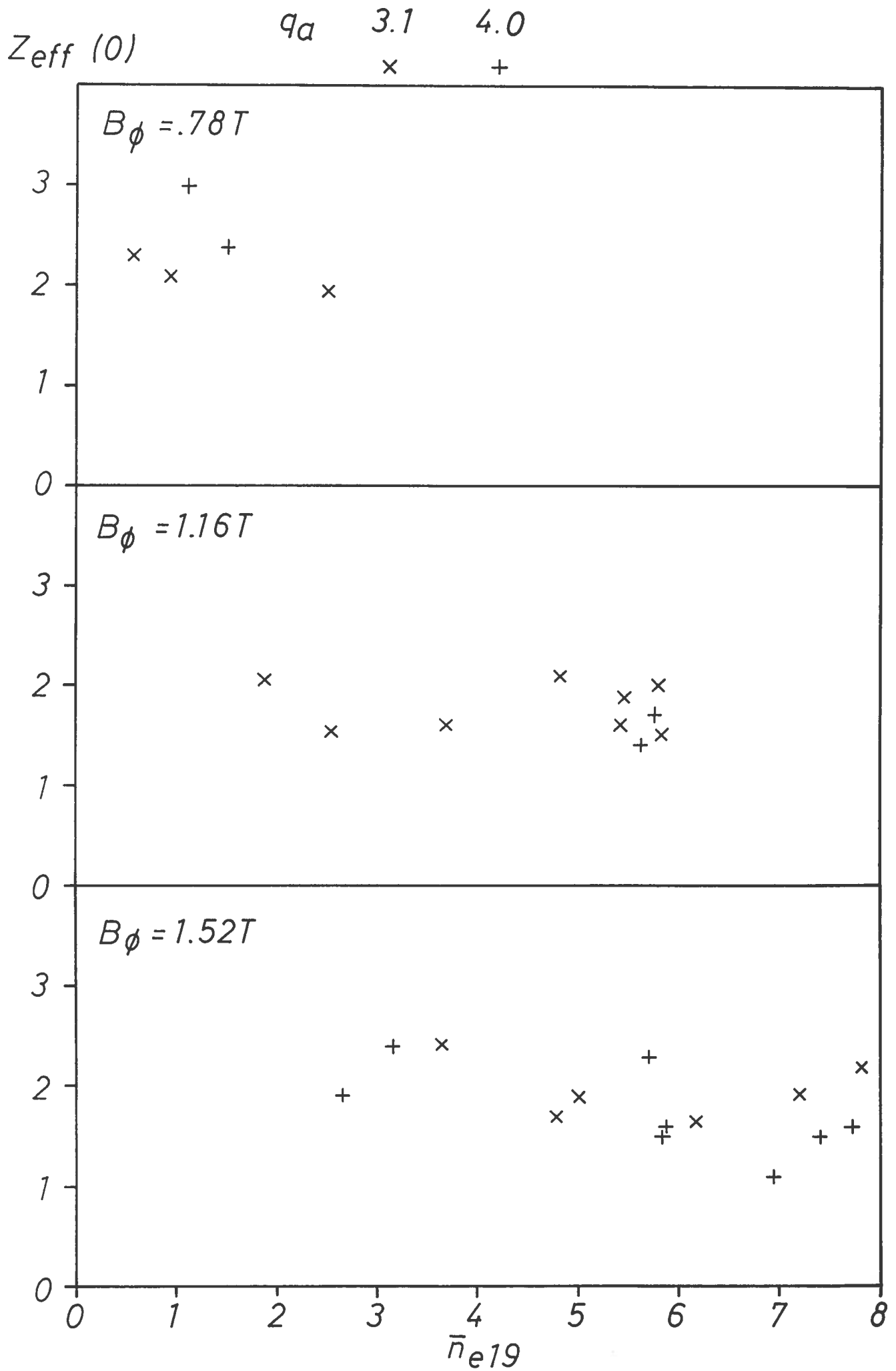


Figure 14

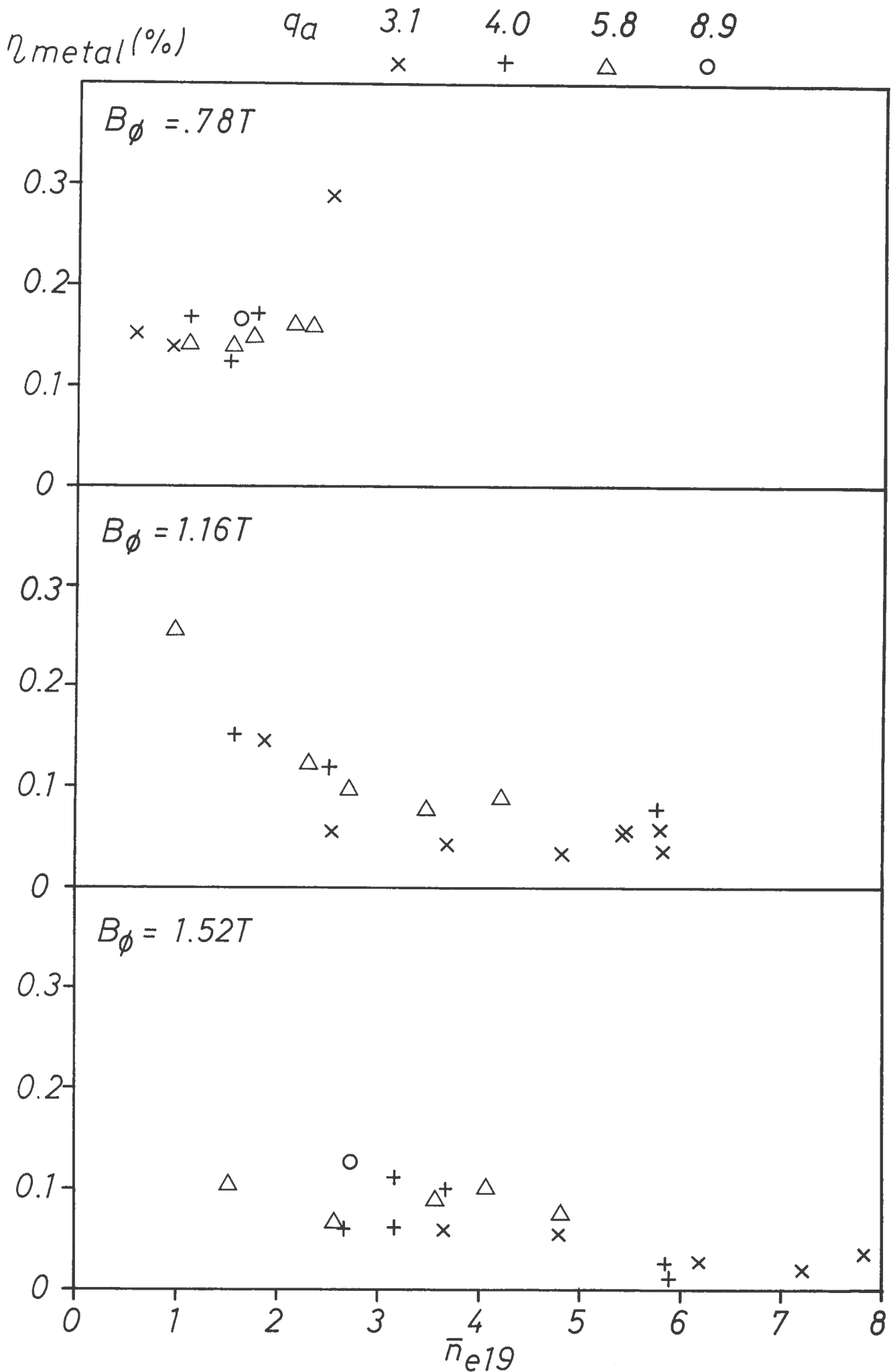


Figure 15

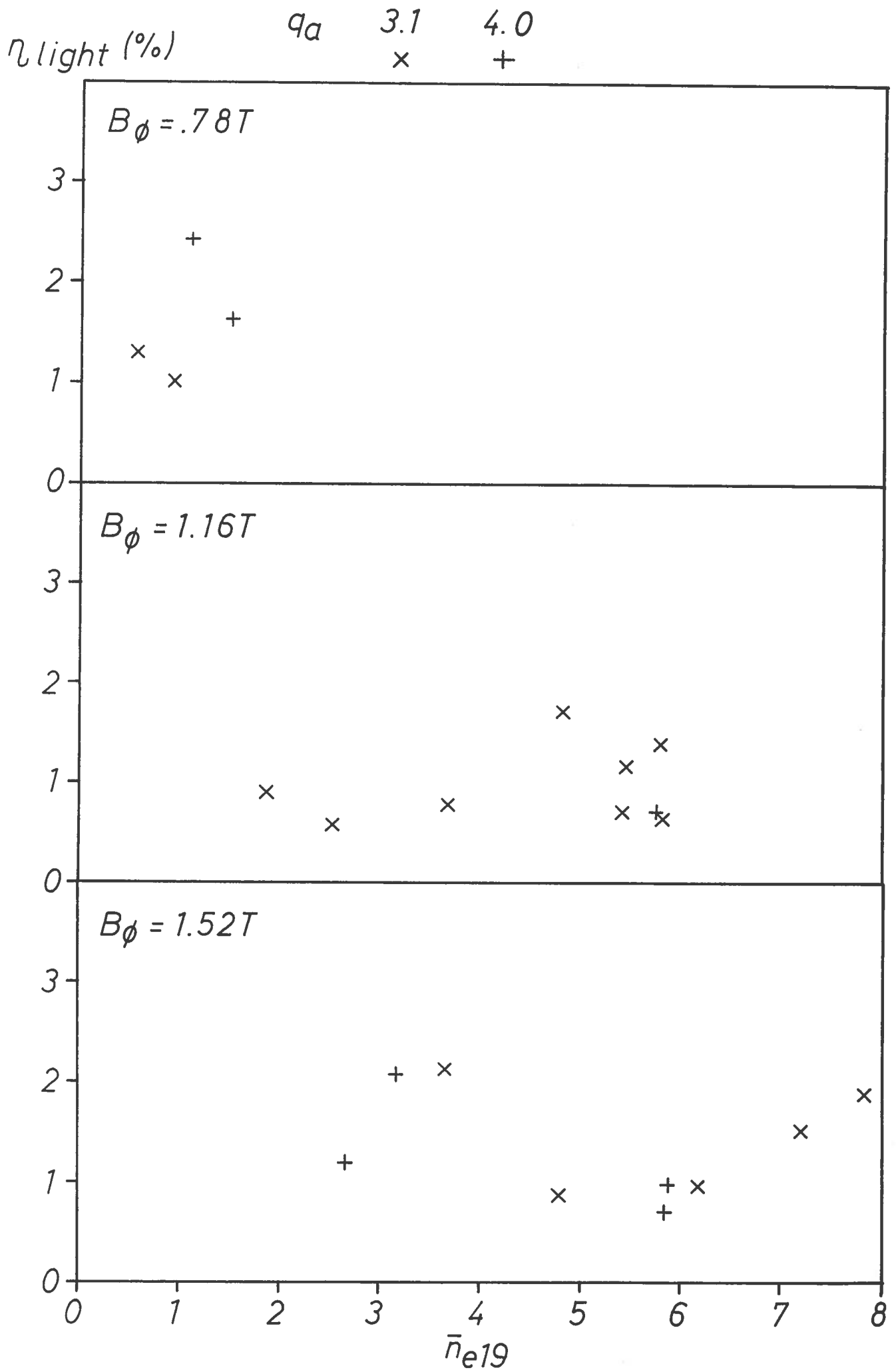


Figure 16

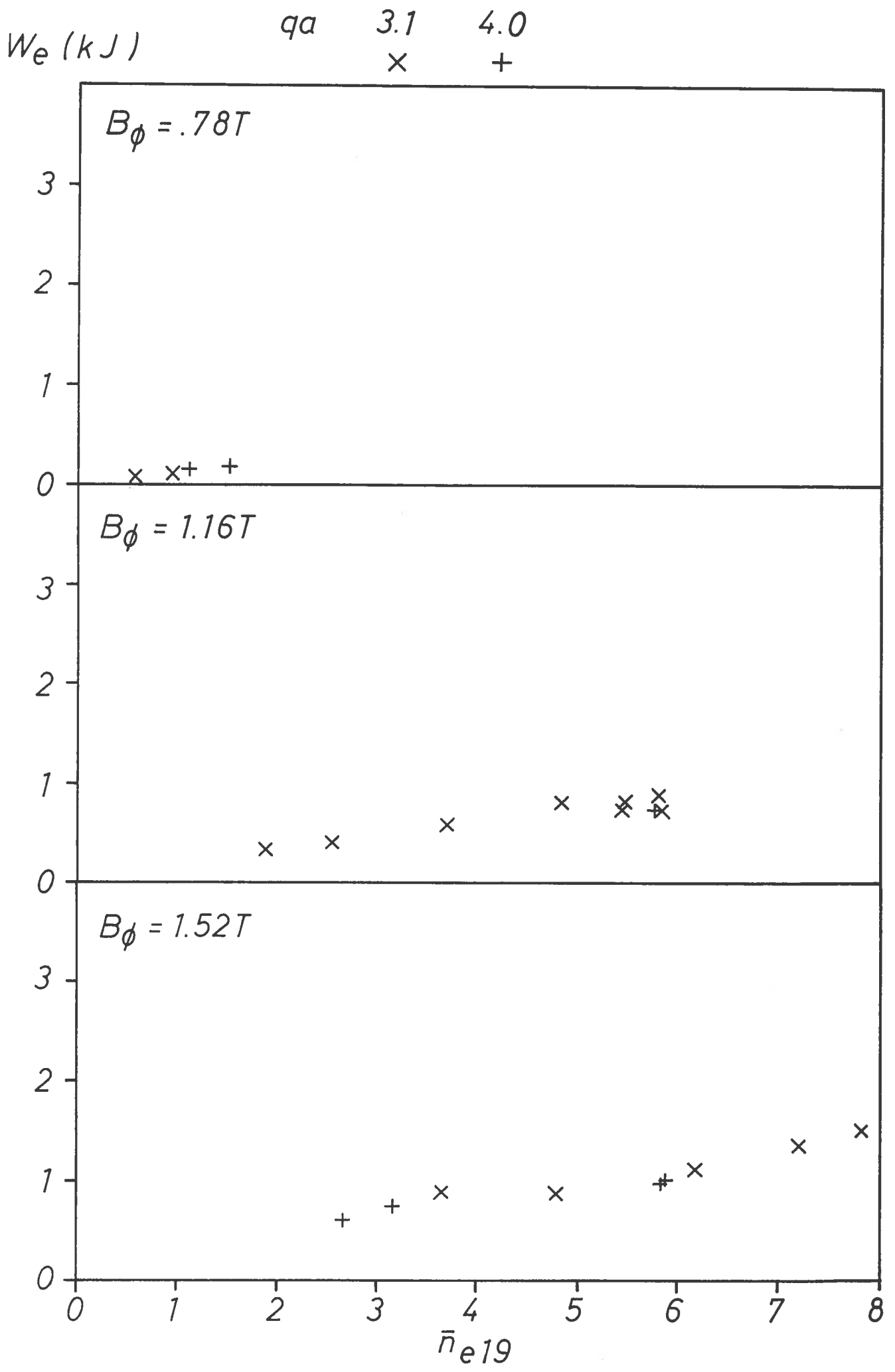


Figure 17

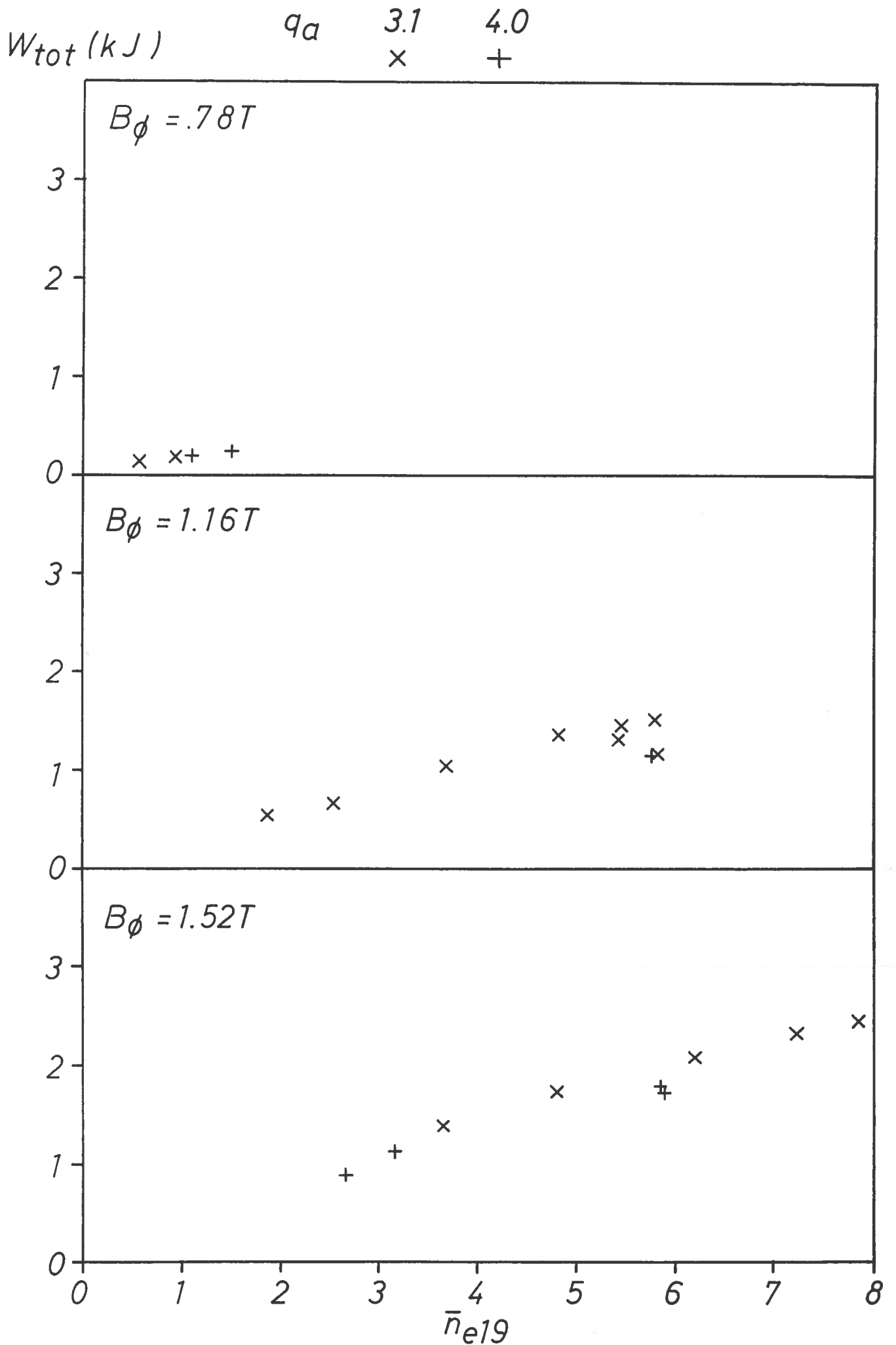


Figure 19

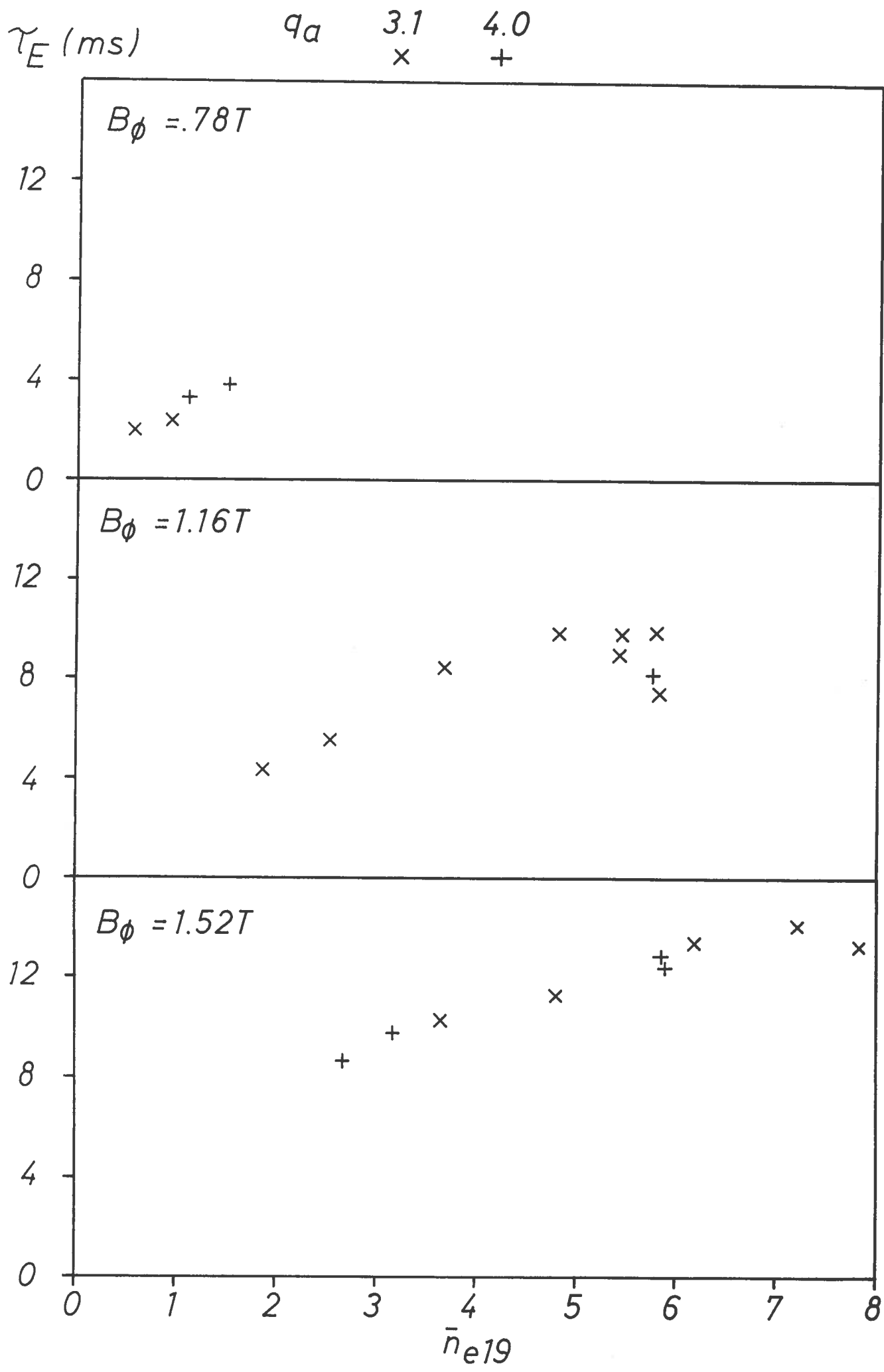


Figure 20