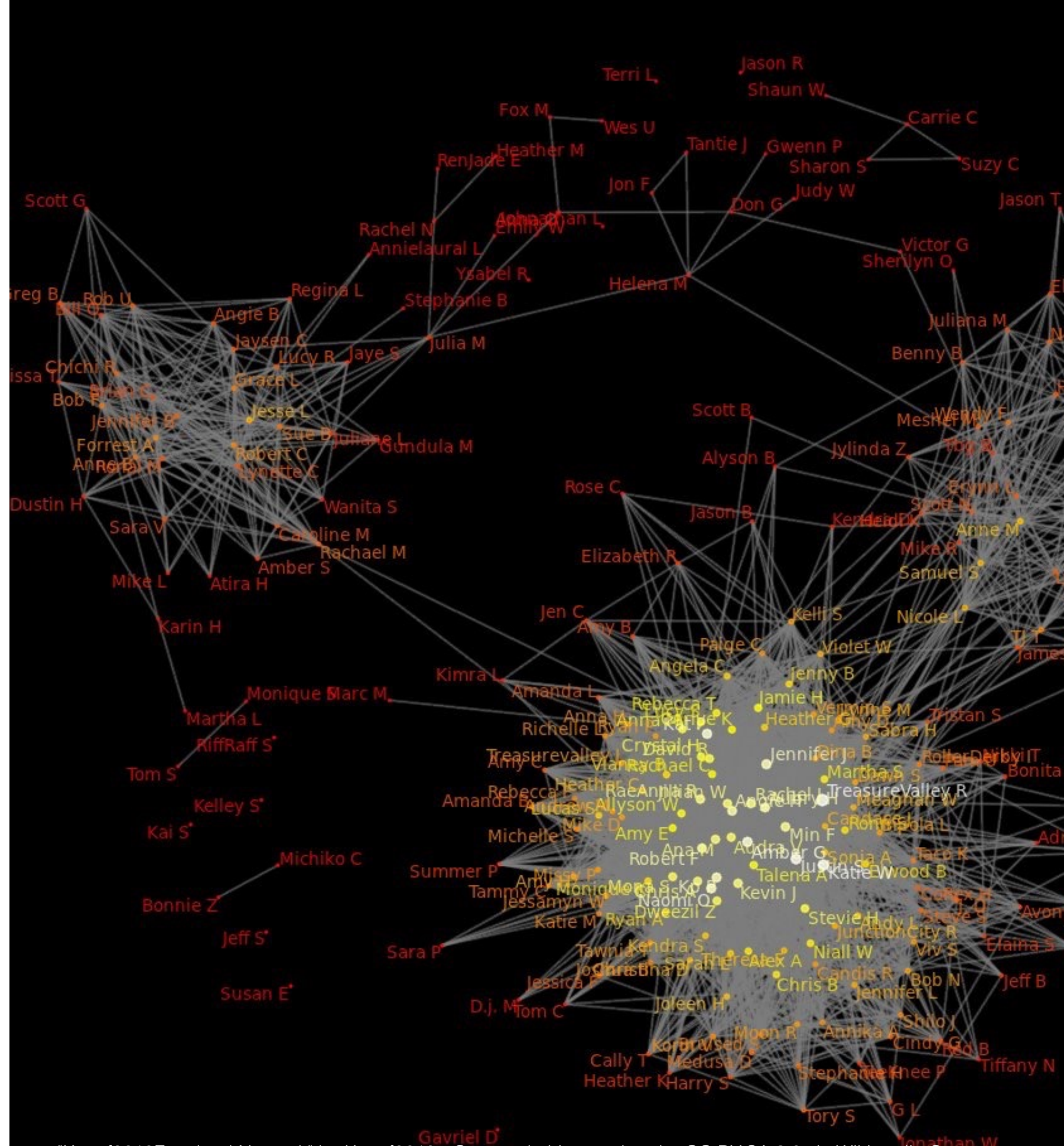


Confidence interval for the mean

How many
Facebook
friends do
your
Facebook
friends
have?



"Kencf0618FacebookNetwork" by Kencf0618 - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kencf0618FacebookNetwork.jpg#/media/File:Kencf0618FacebookNetwork.jpg>

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	232	152	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	126	213	314	104	238	322	211	403	136	114	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	260	304	247	442	125	228	116	130	94
143	192	118	85	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	232	152	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	126	213	314	104	238	322	211	403	136	114	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	260	304	247	442	125	228	116	130	94
143	192	118	85	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	232	152	151	103	82	173	160	154	106		
131	313	545	196	173	213	214	104	238	321	211	403	136	114	322	189	250	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	236	304	247	442	125	226	116	130	94
143	192	118	35	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	232	152	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	126	213	314	104	238	322	211	403	136	114	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	260	304	247	442	125	228	116	130	94
143	192	118	85	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	32	152	51	249	103	82	17	160	154	106
131	313	545	196	17	213	214	104	238	322	211	403	36	11	322	189	50	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	33	160	260	04	177	442	125	228	116	130	94
143	192	118	35	155	103	156	302	99	157	256	189	146	519	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

$$\bar{x} = 207.4$$

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	232	152	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	126	213	314	104	238	322	211	403	136	114	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	260	304	247	442	125	228	116	130	94
143	192	118	85	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

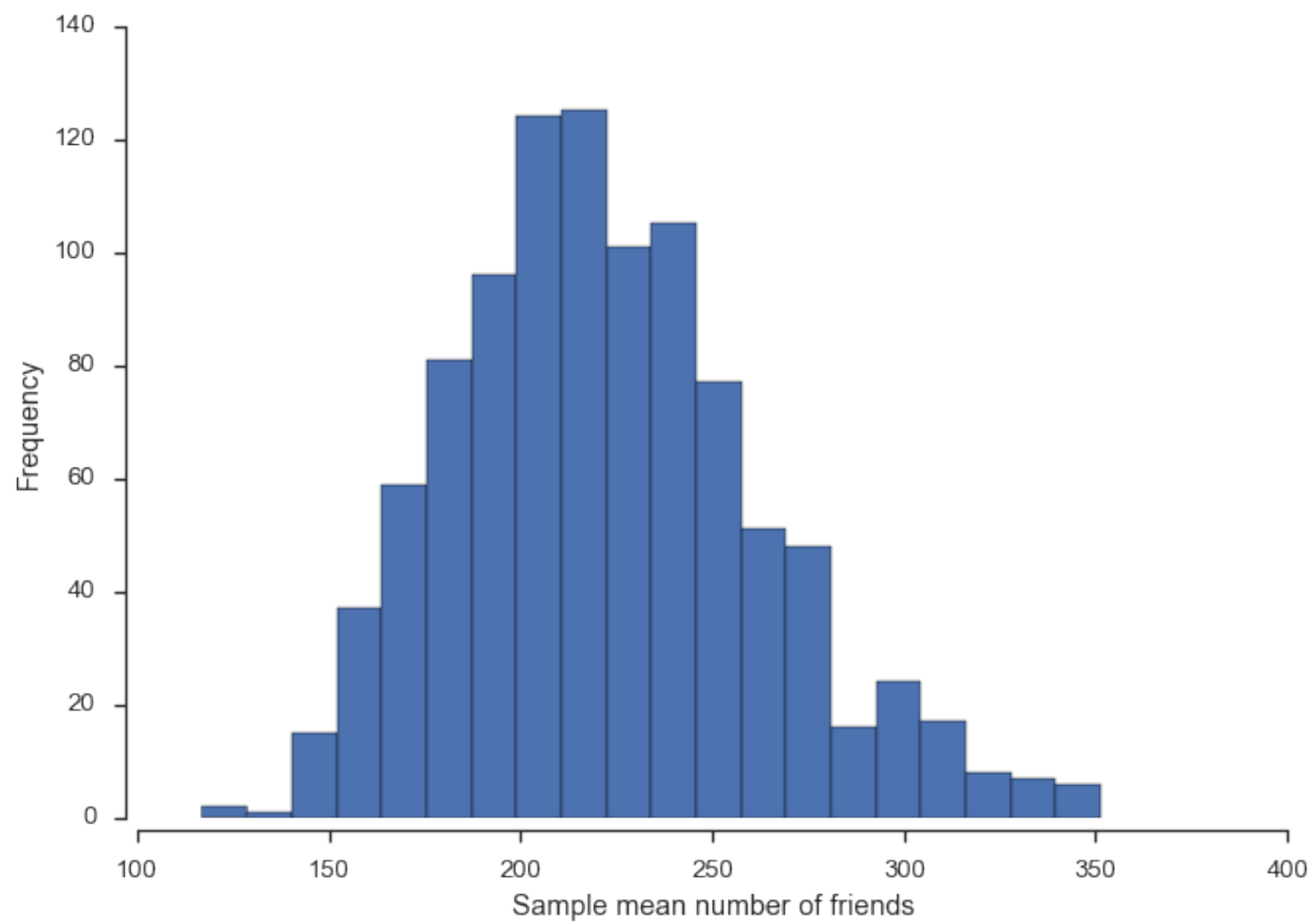
162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	32	152	51	249	103	82	17	160	154	106
131	313	545	196	17	213	214	104	238	322	211	42	136	114	22	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	33	160	260	104	247	42	125	228	116	130	94
143	192	118	35	155	103	156	302	99	157	256	189	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

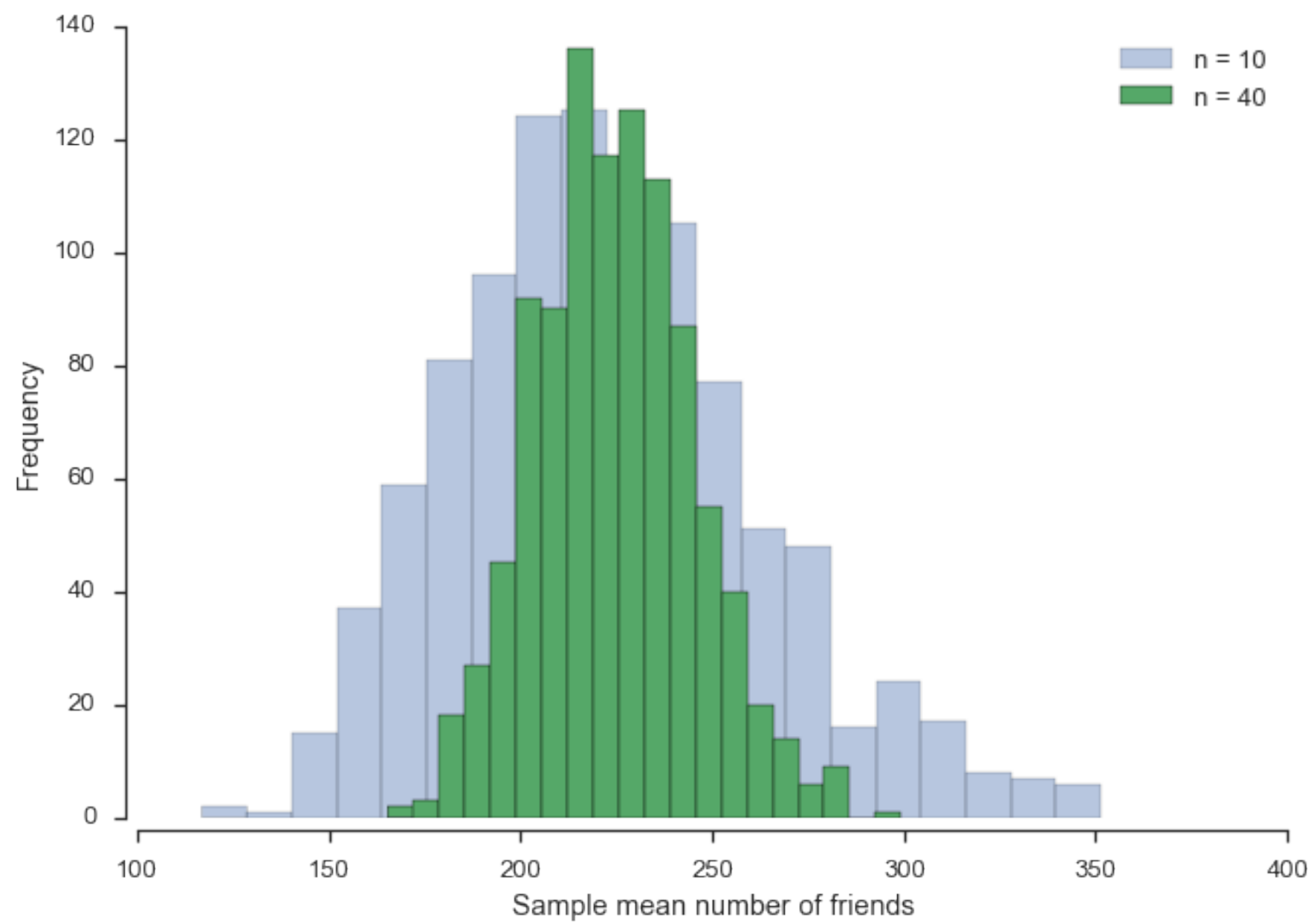
$$\bar{x} = 230.4$$

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	232	152	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	126	213	314	104	238	322	211	403	136	114	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	133	160	260	304	247	442	125	228	116	130	94
143	192	118	85	155	103	156	302	99	197	256	185	146	319	280	408	253	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

162	119	139	311	249	167	136	205	319	98	79	169	315	243	173	130	166	197	125	162
148	96	261	167	277	208	201	162	114	216	247	552	182	188	247	319	238	103	251	112
289	102	114	358	151	238	438	222	174	154	48	236	109	83	132	330	187	199	545	461
128	233	126	578	197	81	446	218	133	233	161	409	457	193	134	329	509	365	349	167
143	125	140	138	65	198	204	199	193	94	219	329	174	521	107	112	343	173	231	120
163	122	231	187	124	272	312	346	117	587	172	83	144	441	186	386	249	366	242	236
117	324	315	105	83	339	218	173	103	144	69	274	147	540	263	214	81	191	106	253
151	184	110	253	103	187	627	122	210	136	152	247	330	182	256	126	125	239	125	228
277	297	194	121	201	278	215	102	164	126	32	52	151	249	103	82	172	160	154	106
131	313	545	196	127	213	214	104	238	322	211	403	136	11	322	189	150	235	126	151
686	132	786	358	296	442	152	80	585	73	160	260	14	177	442	125	128	116	130	94
143	192	118	35	155	103	156	302	99	157	256	159	146	519	280	408	233	164	188	203
175	245	109	181	108	65	925	235	237	309	559	189	271	540	177	199	155	91	89	205
215	99	226	184	557	163	116	567	61	234	514	327	184	295	221	414	344	415	147	303
131	488	152	226	112	300	111	204	252	92	116	183	97	122	311	207	224	157	283	342
156	160	175	184	70	98	253	272	207	85	145	116	409	420	77	166	110	260	108	91
142	635	229	299	294	233	262	240	325	239	448	102	169	201	84	339	230	167	504	110
63	169	375	180	116	177	182	485	233	232	294	236	131	354	73	197	242	165	211	113
175	454	134	145	263	185	283	142	159	203	202	98	328	363	281	131	194	288	99	112
170	150	162	335	206	115	137	371	142	246	185	196	371	244	177	451	355	159	139	112

$$\bar{x} = 257.2$$





Variability of sample
mean decreases when
sample size increases

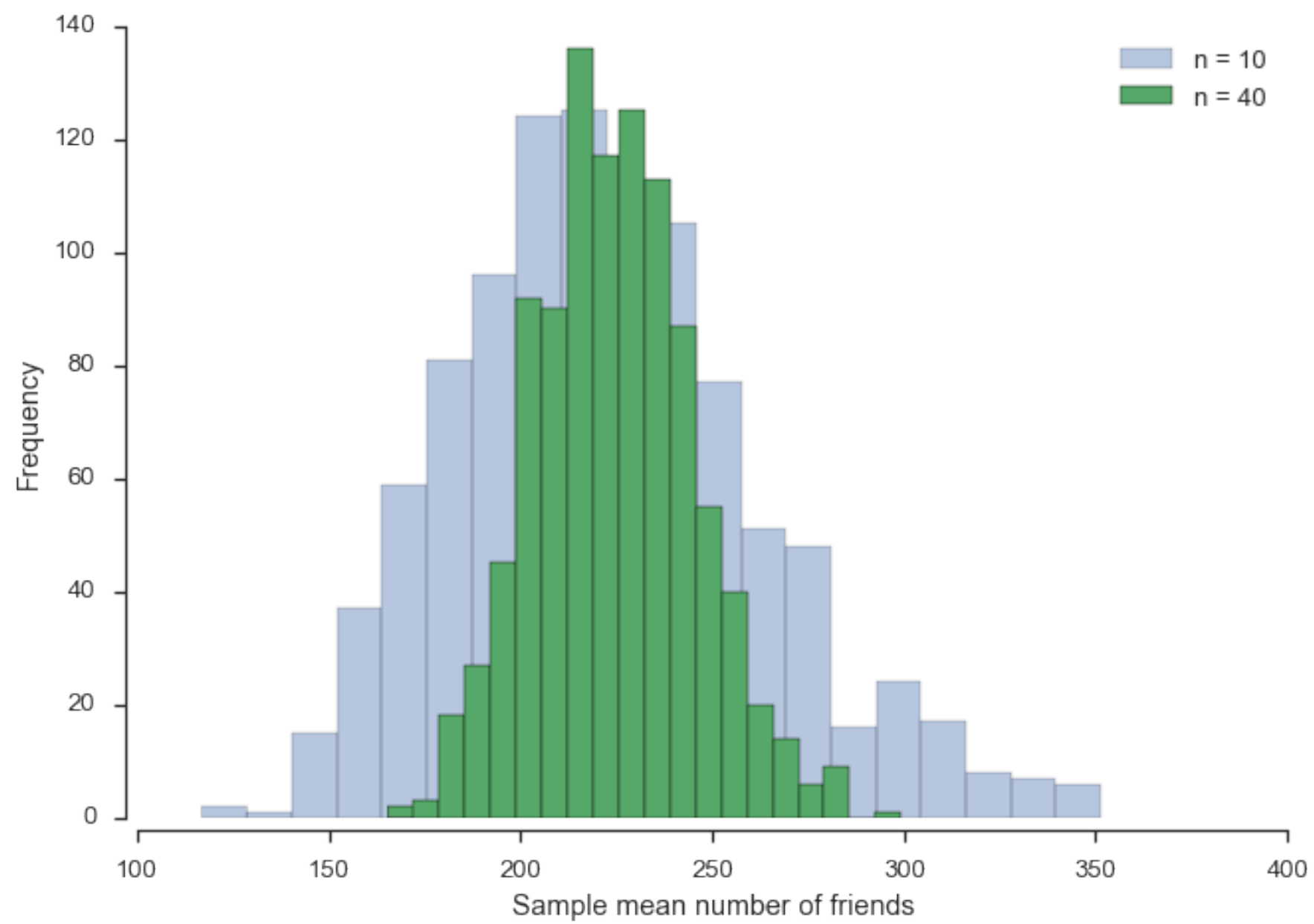
$$E(\bar{X}) = \mu$$

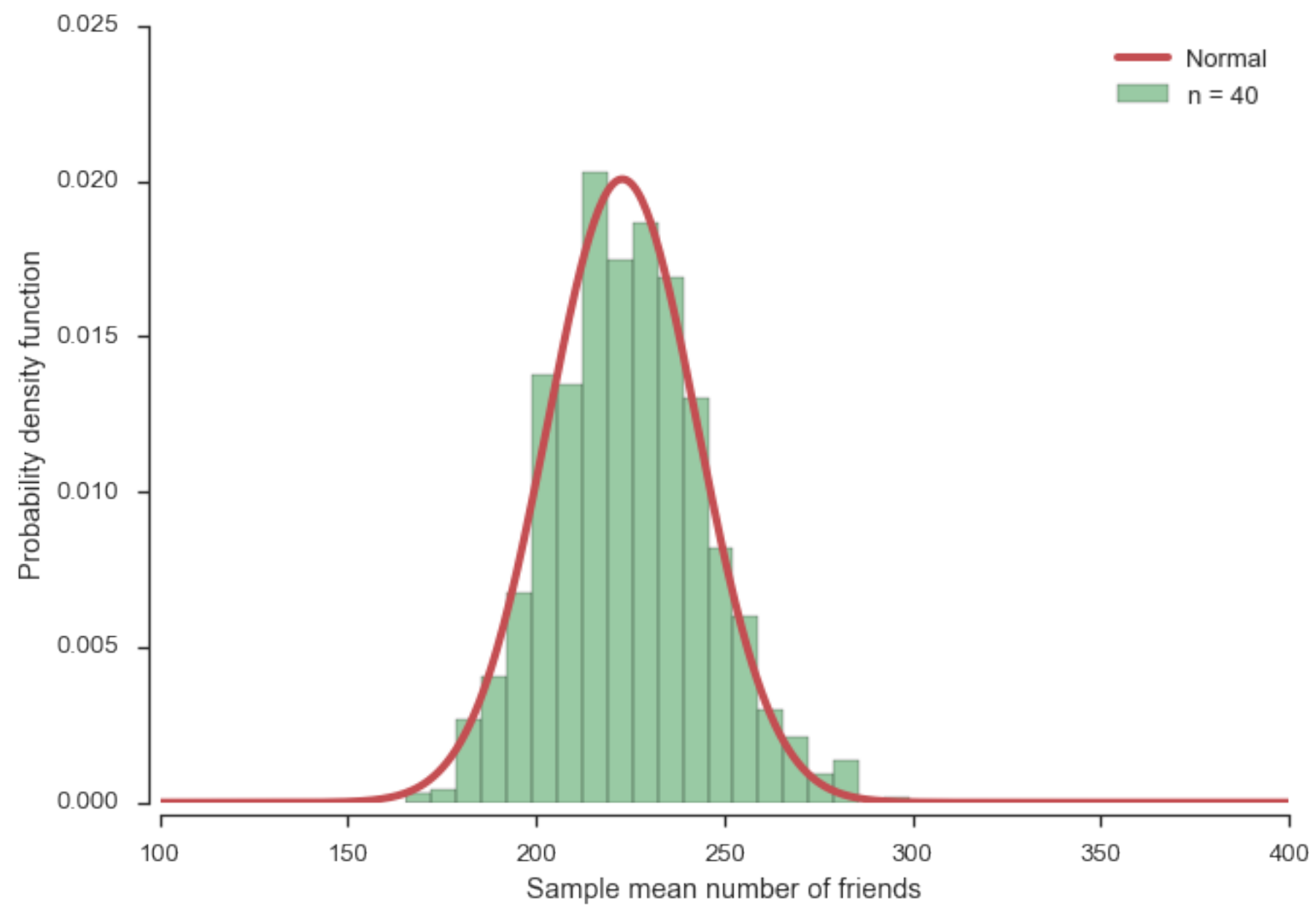
$$\sqrt{\text{Var}(\bar{X})} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$E(\bar{X}) = \mu$$

$$\sqrt{\text{Var}(\bar{X})} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Standard
error (SE) 



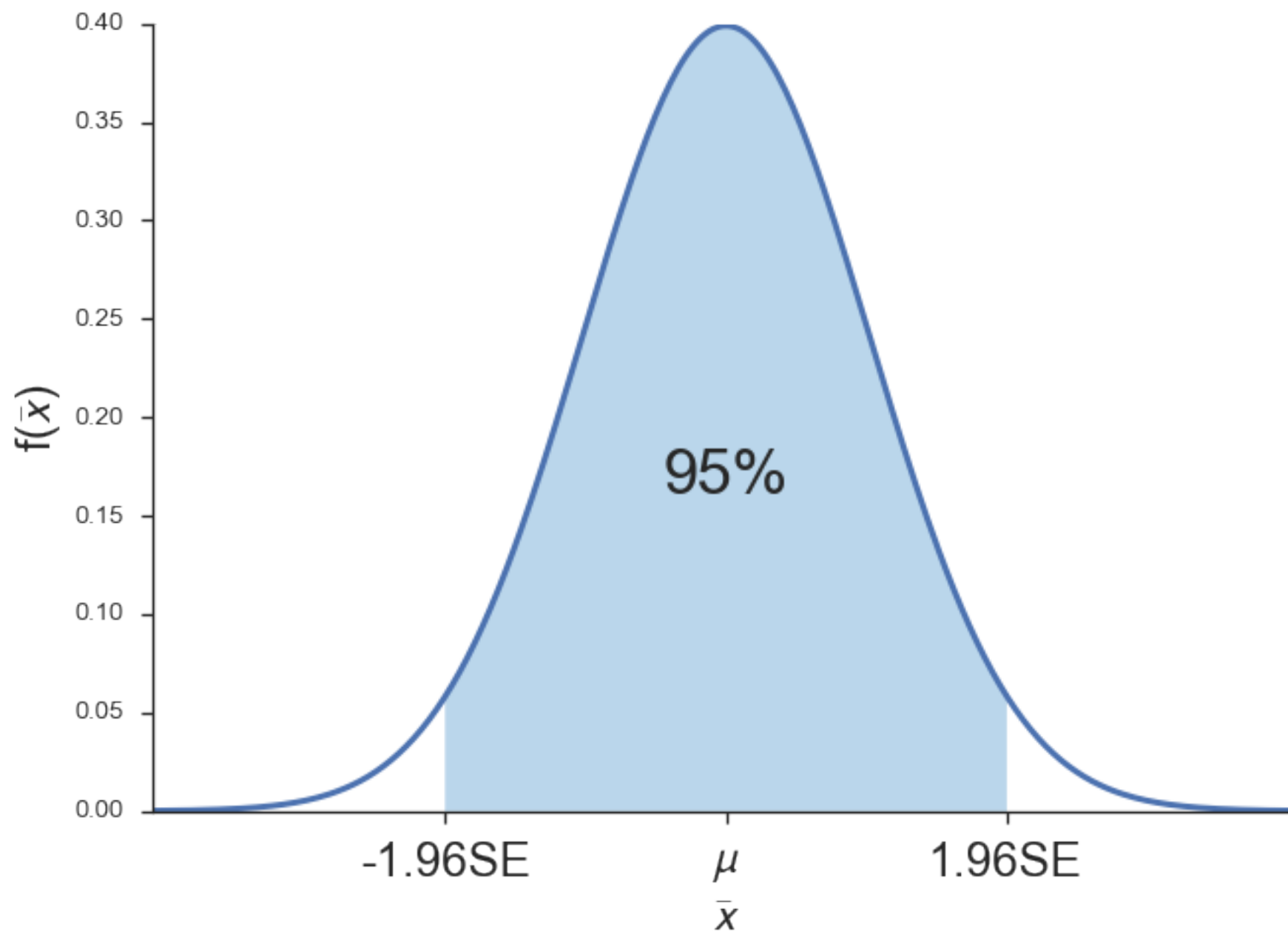


Central Limit Theorem

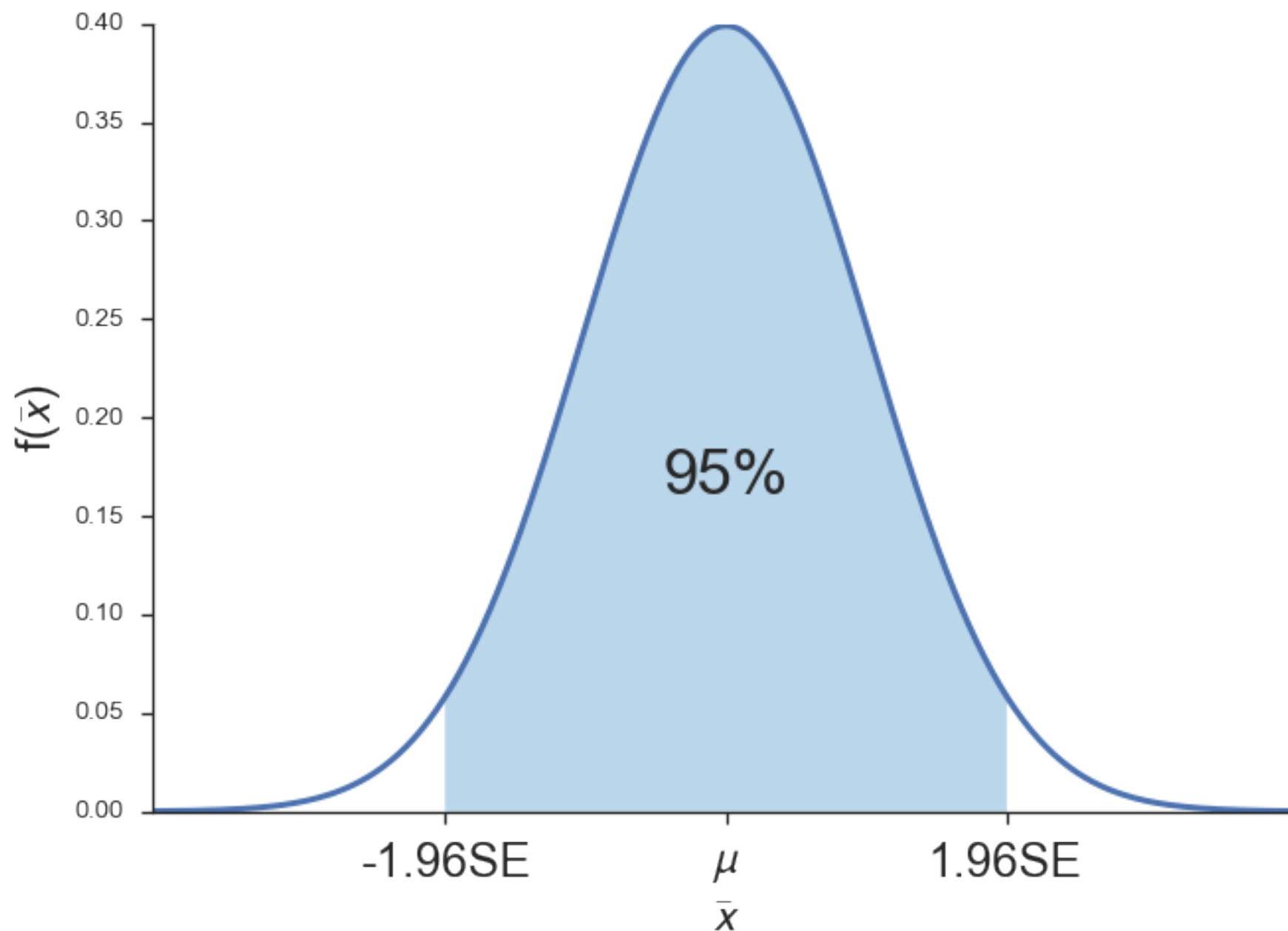
Population with mean μ and standard deviation σ

For n large enough,

$$\bar{X} \text{ is } N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

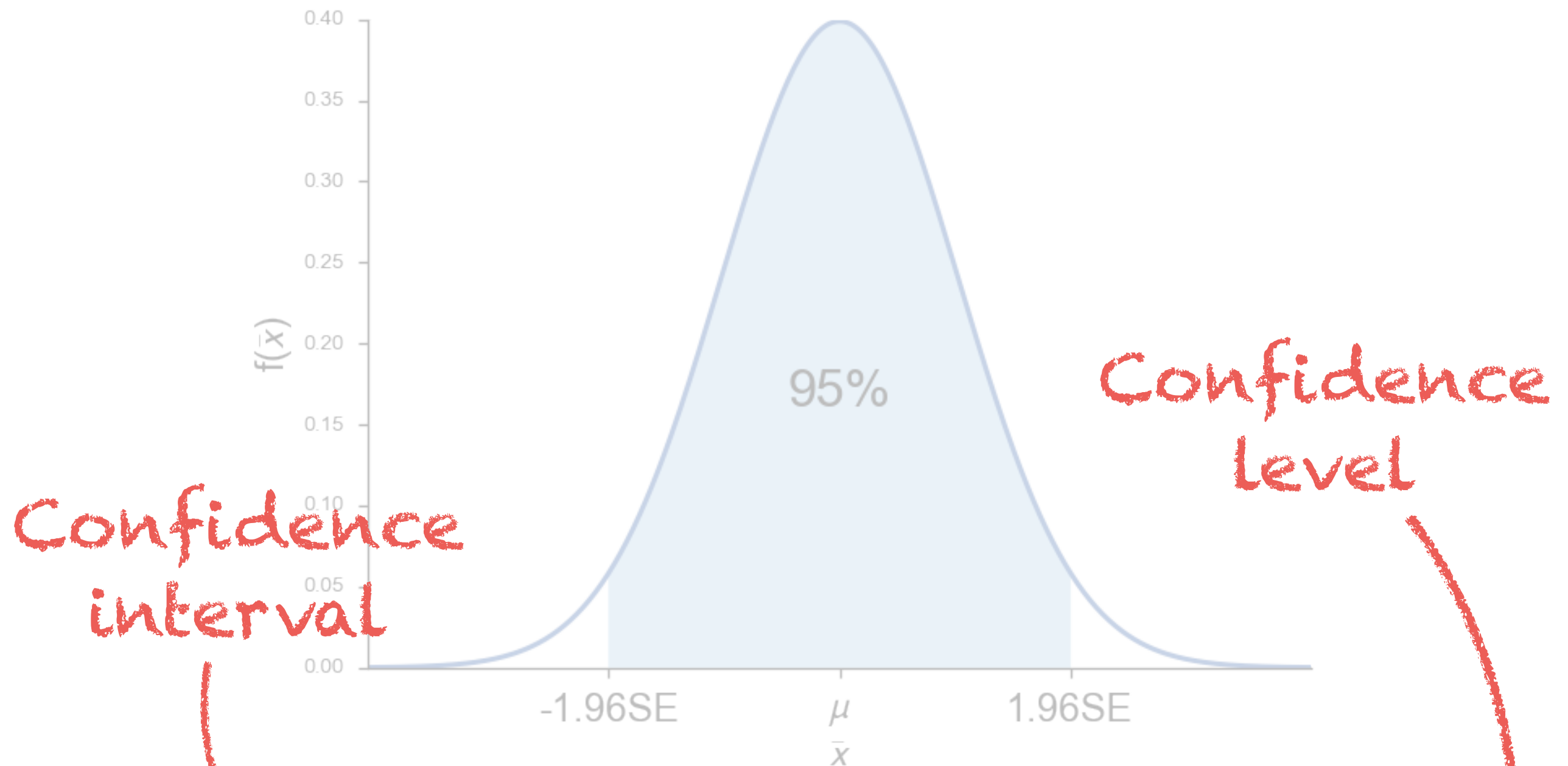


$$P(\mu - 1.96 SE < \bar{X} < \mu + 1.96 SE) = 0.95$$



$$P(\mu - 1.96 SE < \bar{X} < \mu + 1.96 SE) = 0.95$$

$$P(\bar{X} - 1.96 SE < \mu < \bar{X} + 1.96 SE) = 0.95$$



$$P(\mu - 1.96 SE < \bar{X} < \mu + 1.96 SE) = 0.95$$

$$P(\bar{X} - 1.96 SE < \mu < \bar{X} + 1.96 SE) = 0.95$$

92	194	229	441	245	96
126	297	272	235	110	244
408	175	354	231	109	371
454	184	136	304	322	177
145	327	226	80	94	315
448	94	102	159	201	315
98	186	206	438		

92	194	229	441	245	96
126	297	272	235	110	244
408	175	354	231	109	371
454	184	136	304	322	177
145	327	226	80	94	315
448	94	102	159	201	315
98	186	206	438		

Sample size: $n = 40$

Population std. dev.: $\sigma = 126$

Confidence level: 95%

92	194	229	441	245	96
126	297	272	235	110	244
408	175	354	231	109	371
454	184	136	304	322	177
145	327	226	80	94	315
448	94	102	159	201	315
98	186	206	438		

Sample size: $n = 40$

Population std. dev.: $\sigma = 126$

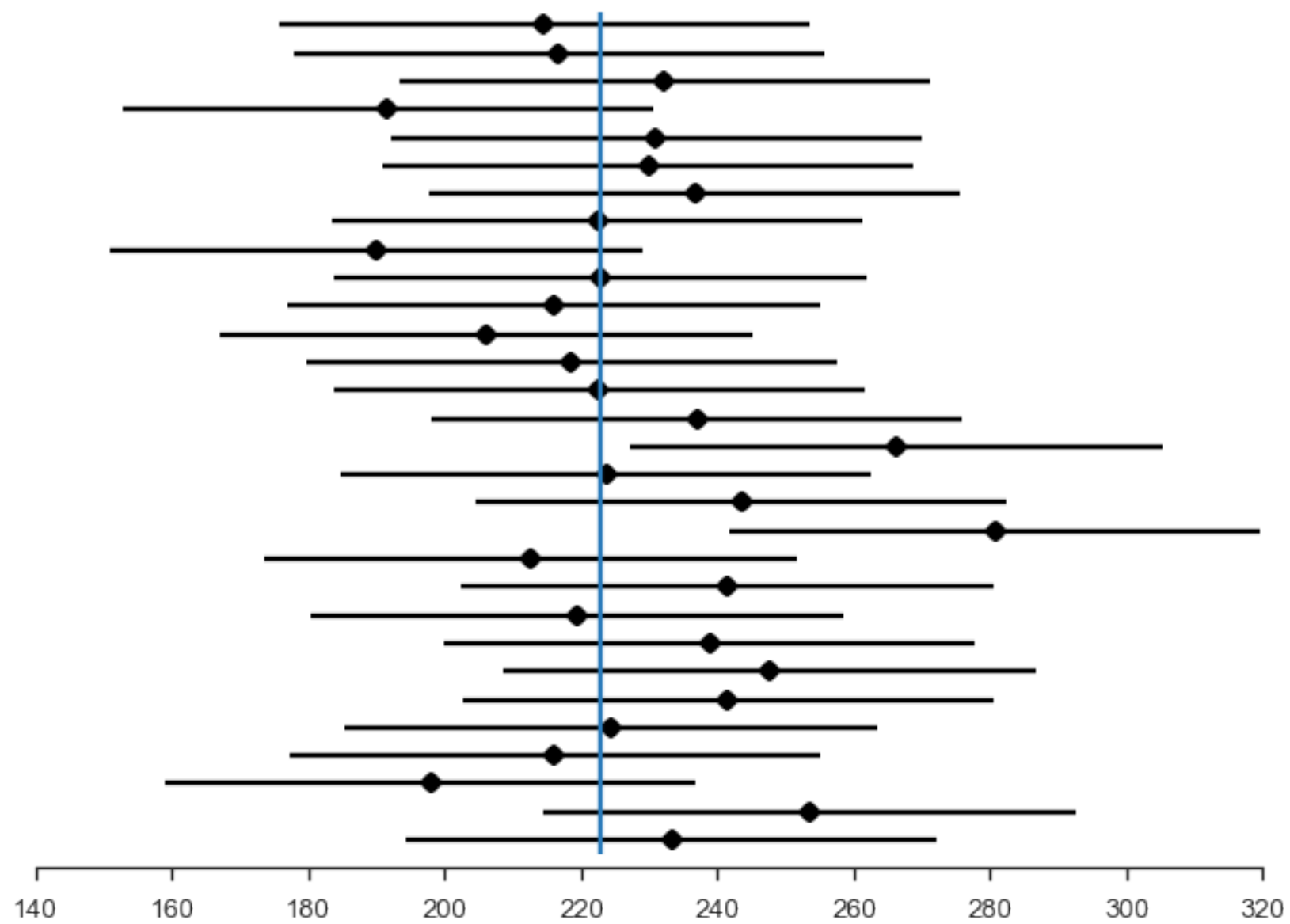
Confidence level: 95%

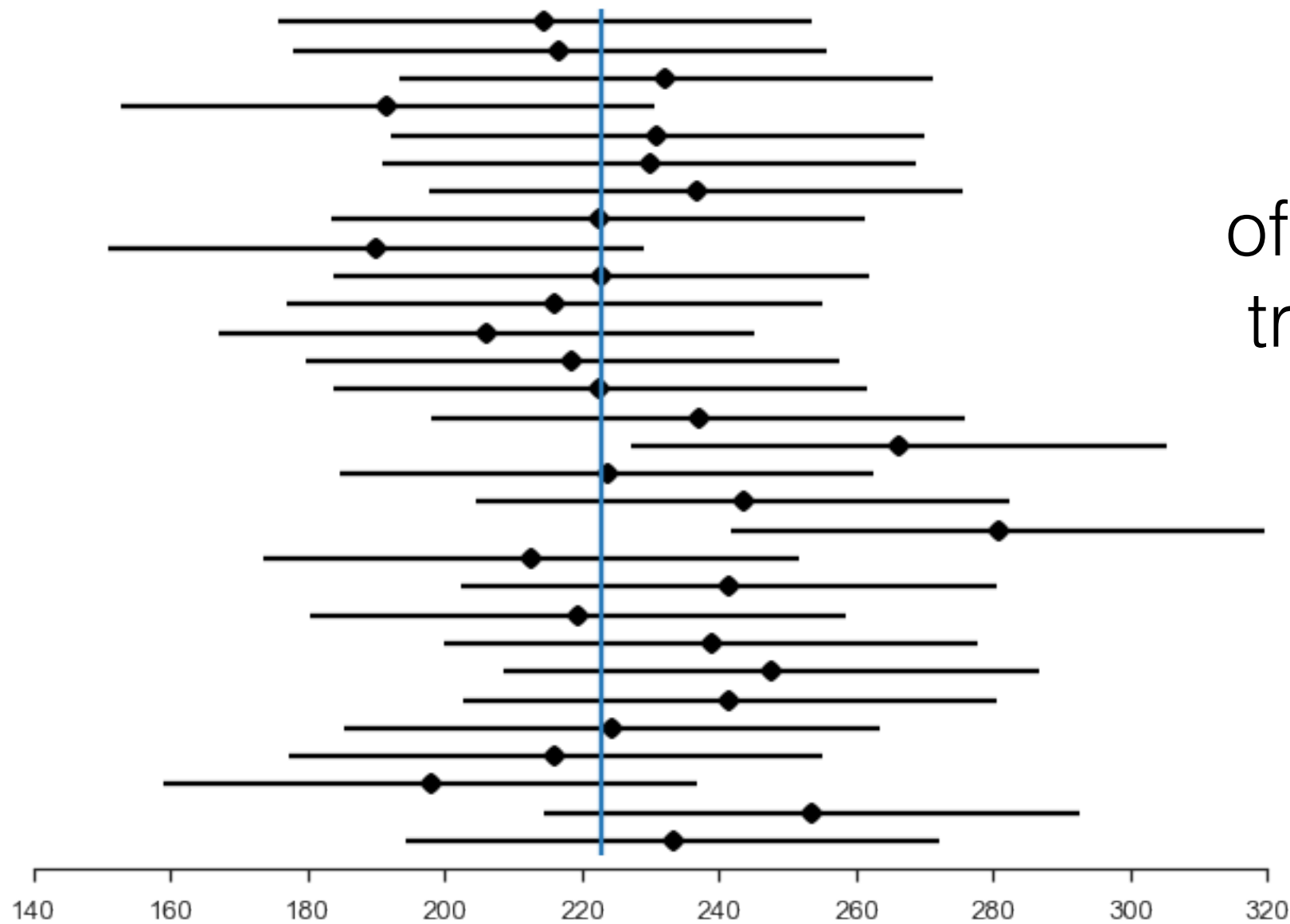
Sample mean: $\bar{x} = 231$

Standard error: $SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 19.9$

95% Confidence interval:

[192, 270]





$28/30 = 93\%$
of intervals contain the
true population mean

What if the standard
deviation of the population is
unknown?

What if the standard deviation of the population is unknown?

Use the standard deviation of the sample as an approximation