1. ʃ j fŋlsts н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzʳ ə fŋlsts tɕ lz ʕ ls lz tɕ j ʃ ɬ

ɾ ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzΘ ɹ 1 . ɹ . ɾ ɹ . 0 5 . 0 2 ç ɾ ɕ tʃ dztsdʒΘlsɕʷ tʃ j tɕ fŋɕ fŋls j ʷdʒᵊ dzʷ jнlsɕffŋʷɥ ɕ tʃ dzɕ dztstsʔtɕ lz tʃ tsɥΘfŋlsᵻɸ lz ɥ j в dztsᶢts tʃ dzΘdzΘ, lz ɥΘfŋls dzɕ ʕ Θdʒɕ ts вstsdsΘdztstsʰəj Θdzsɕjʔdzᶣ dʃʳdzΘ ɕ fŋtʃ ts dzᶣ ʟ lz j ls fŋʷ н dz ɕ fŋls ts tɕɸsɕj dʃᶣlz tɕв Θʕ Θdz Θ ə tɕ ɕ Θls Θ) .

ɾ dzʷ ts fŋə ts j dzɕ ʷ н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzʳ ç ɾ ɕ tʃ dzts dʒΘlsɕʷ tʃ j tɕ ɕ fŋɕ fŋls j dʒʳ è ts в lz ɥΘʁ ʰ ɕʃ ts ɸʃʃsʃj dzɕʃfɥɕʃɕts, dzᶣ fŋtʃlztsᵍ fŋlsts в ʳ н j ʷ ls j dzᶣ dzts fŋʷ ts tɕ dʒɕ tɕ ts ə Θ dzɕ dzĽ lz ɥ j ə dzɕ ʃ ʷ ts ннjɕʃ ɸfŋɥ ɕ tʃ dzɕ ʃ ɾ tɕ j ə dzɕ j ɢ ts dʒɕ tɕ Θ нtɕ j н dzɕ ʃ ə.l j fŋʕ tʃ ts ts ə dzʒ ts, ɢ Θ dʒɕ j fŋdsᶣ ts dzʳ ɕ j ɥ j fŋʕ ɕ j н ɕ fŋɥ ɕ ɬ tʃ ts dzɕ ɕ ts dzʳ ts è , ə tɕ j dzèj dzɕ .н tʃɕ fŋə ts j dzɕ ɕ j н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzʳ ʷ ə dzʷ j ls fŋʷ dzj ts в tʃ ts fŋdzj н lzʁ ʰ j ɢ ts ɕ ʟ lz ɥ j dzɕ ʷ н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dz ççʀʀ fŋlsts ts tɕ ɕ ʃʷʷ ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɥ j fŋʕ ts ʔ dzΘlzʕ ɕ è , ç ʀ fŋls ts tɕ ɕ ʷ ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɥ j fŋʕ ts ʔ dz ʂ tɕ ts dʒj ls fŋɕ ts j, dzɕ ɕ j ts н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzʳ Θls ɕ ʷ tʃ j tɕ ɕ ts н Θ fŋ ɹ j fŋls ʷ Θ dzᶣ fŋʕ ts ʔ ə dzᵂ tʃ fŋls fŋʷ ʳ dʒʳ j dzj ts в ⊐ ts н ɕ dʒts ʔ ts fŋdzts ə ts ʔ dzj ts tʃ ts fŋls tɕ ts j dzɕ ʷ ɕ dzн ɕ ə ɸʃ j dzΘᶣ dzdzʔts ʔ tʃ ts ts в tɕ ts ʃ ɕ ls ʃ fŋ fŋʳ ɕ в Θʕ Θdz Θ ə tɕ в ts dzj j lz fŋtʃ j ʰ dzts ʔ tʃ ts нtsfŋlzls Θ tɕ fŋls ə ʃ dzɕ ʃ ls ɢ Θls ts j fŋls Θ ɥ ɕ ɕ .

2. ɬ dz Θ dzɕ tɕ lz j dʒʳ j tɕ j ʟ lz dzᶣ ls Θ ls ʳ ts в lz ɥ j dzɕ ʷ tʃ ts

ʂ ts dʒ tʃ j ls j dzɥ ɕ ʷ	ʁ dzн ɕ ʕ Θ ls ts tɕ ʳ н ts fŋls ɕ ɻ
ɬ ʂ-5: н tʃ ts fŋts в j dz ɕ f dzΘlzɥ dzʳ j ʟ dzΘ dzɕ ʷ ts в dzɸ fŋɸls(fŋls ts)tɕ ɕ ʷ tʃ t ʷʷ ts tɕ dʒɕ tɕ ts ə Θ dzɕ ʷ ʕ ts dʒ tʃ j ls j dzɥ ɕ ɕ ts в tɕ Θ dʒʕ Θ ⊐ tɕ j Θ dzɕ ʟ Θ ts в ʰ j ts в tɕ Θ ʟ ts ə Θ ls j dz	**ɭ dzΘ ls** ʟ Θ ʕ ts dzts dʒ j tɕ dzts fŋls ɕ , ᶣ ls Θ tʃ j tɕ ɕ ts н ʳ ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɥ j fŋʕ ts ɢ ts fŋts ʳ ls ɕ ʷ , ʷ ə dz j dzɕ ʷ ɕ tʃ tɕ ts ts ls j ɥ j fŋls ə j dzɕ dzts ʔ ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɕ ; ɕ ls j tɕ dʒɕ dzʳ j fŋʕ ɕ ʔ ls ts tɕ ɕ ɥ ʕ ɕ ə **ʊ dʒ j ls** ts tɕ ɕ j dzls ɕ tɕ ts ə Θ ls ʟ fŋʷ ə dʒ tʃ tɕ ts ɥ j fŋ ɸ dzj Θ ; dzɕ ɕ ʟ ɕ tʃ ʃ tɕ ts ɥ ls ʟ fŋ fŋʳ ɕ tʃ tɕ ts ɕ fŋ ⊐ ts н ɕ ə ʰ ɕ j ə ts в ʰ j fŋls- ɕ fŋdz j н fŋls ə j dzɕ dzʳ j ʟ dz fŋ ə ɥ j ɸ dzɕ j ɕ ɕ f fŋts в ʳ ls ɕ ʔ ; ts ɥ j dzɕ ɕ ə Θ ls ʟ tɕ ts dz Θ ɸ dzɕ ʟ ɕ tɕ ts ə Θ ls ʟ ʕ lz dzʟ ls lz tɕ dzʳ j ɻ ls dzɕ ɥ j fŋʕ ɕ ⊐ ts в ʰ dzts fŋls j ʔ , dʒ j ʕ lz dzʟ ls lz tɕ dzʳ ⊐ ʕ ts dzls Θ ʕ ls ts ə ɻ ls dzɕ ɥ j fŋʕ ɕ ⊐ ʕ ts dzls j ʕ fŋls Θ ⊐ . **ɭ dzΘ н j dzɸ** Θ ə ʳ ʕ Θ dʒɕ fŋ Θ dʒ ts ɸfŋls ts ʷ ls tɕ j ʕ ts dʒ j dzн lz j dʒʳ dʒɕ ɕ fŋls ts ɥ dzɕ ʕ dzΘ ə ʳ ʕ Θ dʒɕ ɸ dzΘ dzɕ ʟ Θ ts ls н j dzʟ d ts ls j ɥ j fŋls ə j dzɕ dzts ʔ ɕ ə ɸ j Θ ts в ʕ dʒ j ɻ ʕ ɸ lz dzts ɢ ts ə ʟ Θ ɕ dʒ ts н j ʔ fŋls ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɥ j fŋʕ ts ʔ dzΘlzʕ ɕ , lz dʒ j dʒ ɕ tɕ ts ə ts dʒ ɕ fŋls ts tɕ ɕ ɥ j fŋʕ ts dʒ tʃ tɕ

3. н ts н j tɕ ɻ Θ dzɕ j н ɕ fŋɥ ɕ tʃ dzɕ dzʳ

ɬ tɕ ɕ ɥ ɕ dzʳ ɕ tʃ ts ə ts н ʳ ʷʷ ts tɕ dʒ ɕ tɕ ts ə Θ dzɕ ʷ ɹ j fŋls ʷʷ Θ dzᶣ fŋ ts ls dzts ʰ j dzɕ ʔ . ʊ tɕ ɕ н ɥ Θ ls ɕ dzj ls dzʷ ʷ ə ts ʔ dzΘ ə ɾ ə tɕ ts tʃ j ɕ ʌ ts tɕ dʒ ɕ tɕ ts ə Θ dzɕ j lz fŋls ts ʔ ɥ ɕ ə ʳ ⊐ dzΘ ɥ ɕ ts dzΘ dzᶣ dzʳ ⊐ ɢ ts fŋlz н dʒ j ʞ н lz dzΘ tɕ ts н dzʳ j ⊐ dz ɕ ʔ ts ls dzts ʃ fŋdzts ə dzʳ j tʃ tɕ ɕ dzɥ ɕ tʃ ʳ ɹ j fŋls ʷʷ dʒ j ʞ н lz dzΘ tɕ ts н dzʳ ⊐ ts ls dzts ʰ j dzɕ ʔ , ɕ ⊐ fŋlz ʰ dzts fŋls ᶣ , fŋts н j tɕ ɬ tɕ ɕ dzɥ ɕ tʃ ʳ tʃ ts dzɕ ls ɕ ɥ j fŋʕ ts ɢ ts tɕ Θ ə dzts ə j fŋɕ ʷ ɕ ç в dzts ʕ ts ə

ɻ ls Θ ʧ ʳ ɻ ə ts dzᵡ ɥ ɋ ɋ ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ts ʔ fŋ ɋ dz fŋ ɋ ls ʔ j . dʒ ʳ ɻ j dz j ɋ ɥ ts ɲ ɦ l z
Ɋ ts dz fŋ ts dz ɋ ɲ Θ ɥ ɋ ɋ j ə tɕ ts ʧ j ʔ fŋ Ɋ ɋ ⊐ ɠ ts fŋ l z ɲ Θ tɕ fŋ ls ə , j ɠ ts
⊐ Θ tɕ Θ Ɋ ls j tɕ ɋ fŋ ls ɋ Ɋ ɋ . ʉ ᵂ j tɕ Θ ɲ j ʔ fŋ ls ə ɋ ʷ ç ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ɋ ⊐
dʒ j ɤ ɲ l z dz Θ tɕ ts ɲ dz ʳ ⊐ ts ls dz ts ʰ j dz ɋ ʔ ɋ j ɠ ts ʧ ts fŋ dz j ɲ fŋ ls ə ɋ ʷ . ɹ
X V I I I ə j l z Ɋ ʰ ɠ) dz ɋ ɠ ɻ Ɋ ʧ tɕ fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ts ʔ fŋ ɋ fŋ ls j dʒ ʳ dʒ j ɤ ɲ l z dz Θ tɕ
ʟ dz Θ ɥ j dz ɋ j ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ts ʔ fŋ ɋ fŋ ls j dʒ ʳ dʒ j ɤ ɲ l z dz Θ tɕ ts ɲ dz ʳ ⊐
dʒ ɋ tɕ ts ə ts ɠ ts . tɕ Θ ʟ ə ɋ ls ɋ ʷ

4 . ʊ j dʒ Θ ls ɋ ɥ j fŋ Ɋ ɋ ʔ ʧ dz Θ dz

¯ ʧ /	ʈ Θ ʟ ɲ j dz ʳ ls j dʒ ʳ ɋ	ɹ fŋ j ɥ Θ fŋ	ʌ ts tɕ dʒ ʳ ʟ Θ dz ʷ ls ɋ ʔ		
			dz j Ɋ ɥ	ʧ tɕ Θ Ɋ ls ɋ ɥ ʟ Θ dz ʷ ls ɥ	fŋ Θ dʒ ts fŋ ls ʳ dz Θ ʷ tɕ
1	ɹ ə j ɲ j dz ɋ j	1	1		
2	ɹ ts ʟ dz ɋ Ɋ dz ts ə j dz ɋ j ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ts ʔ f dʒ j ɤ ɲ l z dz Θ tɕ ts ɲ dz ʳ ⊐	3	3		
3	ʅ ə tɕ ts ʧ j ʔ fŋ Ɋ Θ ʷ ɲ ɥ ə tɕ j dʒ ʷ ə ts ʔ dz ʳ ʟ ɥ dz Θ fŋ dz j ɲ fŋ ls ə ts ɋ ɦ	19		2	17
4	ʅ ɋ ʧ dz ts dʒ Θ ls ɋ ʷ ts ls ʁ fŋ ʧ Θ dz fŋ Ɋ ts j dz Θ fŋ ɥ ɦ j dz ɋ ls dz j ʔ ə ts ʔ dz	19		2	17
5	ʅ ɋ ʧ dz ts dʒ Θ ls ɋ ʷ ə ʅ ɦ j dʒ ɋ dz j ls dz j ʔ ə ts ʔ ɹ j dz ɋ Ɋ ts ʔ ʌ tɕ Θ dz ɥ l tɕ j ə ts dzᵡ ɥ ɋ ɋ	19		2	17
6	ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ Θ ʷ f ɹ j dz ɋ Ɋ ts ʔ ʌ tɕ Θ dz ɥ l tɕ j ə ts dzᵡ ɥ ɋ ɋ	19		2	17
7	ʂ tɕ ɋ ʟ ɋ fŋ fŋ ɋ fŋ ls j dʒ ʳ ɹ j dz ɋ Ɋ ts ʔ ʌ tɕ Θ dz ɥ l tɕ j ə ts dzᵡ ɥ ɋ 18 14 1 7 9 ʂ (dz Θ ʧ ts dz j ɋ ʧ j dz ts ə ts fŋ Ɋ dz	20	2	2	16
8	ʂ tɕ Θ ⊐ ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ f ɋ ʧ tɕ ts ɲ ts dz ɤ j dz ɋ j ɹ j fŋ ls ᵂ Θ dzᶨ fŋ Ɋ ts ɠ ts	4	4		
	ʟ Θ ɥ j ls	4			4
	ɹ fŋ j	**108**	**10**	**10**	**88**

5 . ɹ ʧ ɲ tɕ Θ ʟ ts ə Θ ls j ʋ dz ls j l z dz ʔ dz ts fŋ ls ɋ

ɲ Θ dzᵡ ls ɋ ʷ dz j Ɋ ɥ ɋ ts dz dz ts ɠ ts ls ɋ ʧ Θ

ʊ j dʒ Θ ɹ ə j ɲ j dz ɋ j

ʃ ʙ ʰ Θ ʷ ⊐ Θ tɕ Θ Ɋ ls j tɕ ɋ fŋ ls ɋ Ɋ Θ ɋ fŋ ls XVIIIXVIIIj fŋ Ɋ ts ɠ ts ɥ j dz j tɕ ts ɋ ɥ
Ɋ Θ ʧ ɋ ls Θ dz ɋ ʟ dʒ Θ . ɥ dz ts XVIIIdz ə dz ʳ ʔ ʂ ts tɕ j tɕ dz dz Θ fŋ dz ts dʒ Ɋ Θ ɋ ls tɕ
j ə tɕ ts ʧ j ʔ fŋ Ɋ ɋ ⊐ ɠ ts fŋ l z ɲ Θ tɕ fŋ ls ə . ɹ l z tɕ ɤ l z Θ ʟ dz ʳ j ɠ ts fŋ l z ɲ Θ
ʃ ts dz ts ʧ ts dz ɋ ʟ Θ ɥ ɋ ʷ , ɥ j dz ls tɕ Θ dz ɋ ʟ Θ ɥ ɋ ʷ ɋ dʒ ɋ dz ɋ ls Θ tɕ ɋ ʟ Θ ɥ ɋ

(tɕ j ɢ ʘ dz ɖ ʟ ʘ ɳ ɕ ɖ ɣ ɖ ʑ ʜ ʑ ɖ ɢ ts fɲ l ʜ ʘ tɕ fɲ l s ə . ɻ j dz ɖ ʕ ɖ j ʜ j t
ʧ ts tɕ ʷ ʜ ts ʕ è ɖ ç ʂ dz ʘ fɲ fɲ ɖ ɳ j fɲ ʕ ʘ ʷ ɾ ə tɕ ts ʧ ʘ è .

ʊ j dʒ2ʘ. ɻ ts ʟ dz ɖ ʕ dz ts ə j dz ɖ j ɻ j fɲ l s ʷ ʘ dz ʴ fɲ ʕ ts ʔ fɲ ɖ fɲ l s j dʒ ʳ dʒ
ʊ tɕ ɖ ʜ ɳ ʘ l s ɖ dz j ls dz ʷ ʷ ə ts ʔ dz ʘ ɖ j j -ʧ s ts ɲ dz ɕ ɖ ʂ ɖ dz dz j ts fɲ ʕ s ɖ ɖ j. ʂ ɲ ts
ɾ ə tɕ ts ʧ j ʔ fɲ ʕ ʘ ʷ dz ʘ ɖ ʧ dz ts ɲ dʒ ʂ ʘ l s dz ɣ dʒ ˩ ls ʘ ʧ j ə ts ʔ dz ʳ . ɪ ʘ ʕ dz ʁ ɳ j
j ɢ ts tɕ j ʟ l dz ˩ ls ʘ l s ʳ . ʌ ts tɕ dʒ ɖ tɕ ts ə ʘ dz ɖ j ʙ ɖ ʧ ts dz ʷ tɕ dz ts ʔ fɲ ɖ fɲ l s

ʊ j dʒ ʘ ʂ tɕ ʑ ɖ ʟ ɖ fɲ fɲ ɖ fɲ l s j dʒ ʳ ə ts ə tɕ j dʒ ʷ ɻ j dz ɖ ʕ ts99- ʌ tɕ ʘ dz ʊ
1 8 1 4 (dz ʘ ʧ ts dz j ts dz ts ə fɲ ʕ ɖ j ə ts ʔ dz ʳ)
ɸ dʒ ˩ j dz fɲ ʕ ɖ ʔ dʒ ɖ tɕ . l s tɕ j s l s dʒ j ʑ ts ɑ ɖ ʘ dz ɖ j l s ə j tɕ l s ts ʔ ʕ ts ʘ dz ɖ ɳ ɖ
ʙ dz ts ʕ ʘ ʜ ʘ . ʜ ʙ dz ɖ ʞ j ɪ dz ff j ɾ ʔ s fɲ ff ɲ ʧ j ʑ ʔ ts dz ʘ ʔ dz ʘ ə ʀ fɲ ʧ ʘ dz ɖ ɖ .
ʊ ɔ ʟ z ʜ ʰ j dz ɖ j -ʷ tɕ ɕ ʘ l z dz fɲ ʑ ʟ ts fɲ ʕ ɖ ɔ ts l s dz ts ʰ j dz ɖ ʔ . ʃ l s j ɳ j fɲ l s ə j ɖ
ɾ ɖ ʧ dz ts dʒ ʘ l s ɖ ɳ j fɲ ʕ ʘ ʷ -1 8 ʙ 1 ts 4 tɕ ˩ ʁ ɕ ʘ . ə z ɻ j 1 f ɦ l s 1 ʘ ʷ ʕ ts ɐ ʘ ts ʟ z ɖ ɴ ɖ ʑ ʧ dʒ ʷ ɾ ɖ
ʧ ts tɕ ʘ ʞ j dz ɖ ʷ ɪ ɳ ɖ ʘ ʧ ɕ ts j dz fɲ j l s ʘ ʘ dz ɕ ɕ ʘ ɳ ɖ ɖ ˩ ʟ z tɕ ʙ ts dz ts ə . ç ʜ l s ts ʜ dz j ʔ è

ʊ j dʒ ʘ ʁ tɕ ʘ ɔ ɻ j fɲ l s ʷ ʘ dz ˩ fɲ ʕ ʜ ts ʔ dz ʞ fɲ ɳ ɖ ɖ ɳ l s j dʒ ʳ j fɲ ɖ s ʷ ʧ ʘ ɕ dz ts fɲ ʕ ts ɢ ts
ɻ j dz fɲ ʕ ɖ ʔ ʕ ts dz ɢ tɕ j fɲ fɲ ɖ j ɢ ts tɕ j ʰ j dz ɖ ʷ . ɾ ɪ ɖ ʧ dz ts dʒ ʘ
ʜ ə ʷ ʰ j dz dz ʳ ʔ fɲ ts ʁ ɖ ʟ , ʧ ɕ j ʘ ɢ ʕ ts l s ɖ s ʕ j ʘ ʁ . tɕ ɖ ʌ ʷ ts tɕ dʒ ɖ tɕ ts ə ʘ dz ɖ j dz ts ə ts ʔ

ɭ ʘ dz ʷ l s ɖ ʷ fɲ j dʒ ɖ dz ʘ tɕ fɲ ʕ ts ɢ ts l s ɖ ʧ ʘ
ɬ dz ʘ dz ʳ ʧ tɕ ʘ ʕ l s ɖ ɳ j fɲ ʕ ɖ ɔ ʟ ʘ dz ʷ l s ɖ ʔ
ɬ dz ʘ dz ʳ ʧ tɕ ʘ ʕ l s ɖ ɳ j fɲ ʕ ɖ ɖ ɲ l s ts tɕ ɖ ʧ dz ʞ ʧ ɖ ɖ ʕ ʞ l s j ɖ ʧ ɖ s ts ʜ ʘ fɲ l s ʘ dz ts ə dz
ɻ j fɲ l s ʷ ʘ dz ʴ fɲ ʕ ts ʁ dz fɲ ɖ ɳ ʞ l s dʒ ʳ dz ʘ ɖ ʙ ts dz j j ə ʘ ʞ dz ʳ j ls j dʒ ʳ . ɻ ɔ
fɲ l s ʟ ʜ j dz l s ə ts ɳ ɖ dʒ ʑ ʧ j ʞ l s dz ts fɲ l s ʴ ʘ ʷ l s j dz ʴ dz ts
dʒ ts dz ts ɢ tɕ ʘ ʷ ɖ ɳ j fɲ ʕ ts ʔ dz ɖ l s j ʧ ɖ ʟ z tɕ ts ʔ z ts ʧ ʧ tɕ ɕ ɖ ʟ tɕ ɕ fɲ ʟ z ts l s j dz ʘ ʜ
ə dz ɖ dʒ ʘ dz ɖ j dz ʘ ʜ ɖ fɲ ʕ ʟ z fɲ fɲ ɖ ts dz dz ʳ j ə . ts ʧ tɕ ʘ ʧ fɲ ʞ j ɖ ʧ dz tɕ ʘ dz ʳ dz ɖ ɳ ɳ ʘ
ə ʳ ʧ ts dz dz ʷ ʁ l s ə ʘ ʞ dz ʟ z ʁ ʷ ʟ z dz ʕ ɳ fɲ ɖ l s ʁ ʟ z ʜ j ʧ dz ʞ l s ʘ ʧ ʕ ʜ ɢ ʟ ts ʘ l s ɳ ʧ s ʜ ʘ
ʧ ts ʟ ə ts dz ʷ ʁ l s fɲ ɖ fɲ l s j dʒ ʘ l s ɖ ʟ ɖ tɕ ts ə ʘ l s ʴ , ʧ ts ə l s ts tɕ ɖ l s ʴ ʟ z ʞ j ɖ
ɻ ʘ ɖ ʜ ʟ z l s ts ɢ ts , ɳ l s ts ɢ dz ʘ ə dz ʘ ʷ ɳ j ʧ dz ɖ ə ɖ ʧ l s tɕ ɖ ʘ j ʕ l s dz ʘ ɳ j ə fɲ ʕ
fɲ ʘ dʒ ts fɲ l s ts ʷ l s j dz ʴ dz ts ʔ tɕ ʘ ʙ ts l s ʳ fɲ ɖ fɲ l s ts ɳ dz ɖ ʕ ʘ dʒ ɖ , fɲ ə ts j ɢ ts
ə ɔ ts ʜ l ʃ ɖ ʔ ʟ ʘ dz ʷ dz ʞ dz ʳ ʧ ts dz ʟ z ɳ ɖ l s ʴ ts ʧ tɕ j ʜ j dz j dz dz ʳ j ɖ fɲ l s ts ɳ dz
ɭ tɕ ɖ ʧ ts ʜ ɢ ts l s ts ə ʕ j ʕ ʕ ʘ ʞ ʜ ts dʒ ʟ z ɖ ʟ ʟ ʘ dz ʷ l s ɖ ʔ dz j ts ʙ ɔ ts ʜ
ʕ ts dʒ ʧ dz j ʕ fɲ j ɖ fɲ l s ts ɳ dz ɖ ʕ ts ə ʧ ts ʜ ʘ dz dz ts ʔ l s j dʒ j , ə ʳ ʜ j dz ɖ l s
ʧ tɕ j ʜ ə ʘ tɕ ɖ l s j dz ʴ dz j ʳ ʜ ʔ ɳ j ɖ fɲ ʕ l s ɖ s ʔ ɳ dz ʘ ɖ ʙ ʘ dz ɖ ʟ ʧ ts fɲ dz j ʜ ʟ z ʁ ʰ j dʒ ʟ z ʧ
1) ʘ ə l s ts tɕ (ʕ tɕ ʘ l s ʕ ɖ j fɲ ə j ʜ j dz ɖ ʷ) , dz ʘ ʟ ə ʘ dz ɖ j ;
2) tɕ ts ʜ ɖ fɲ l s ts ɳ dz ɖ ʕ ʘ (ʧ ts ə j fɲ l s ə ts ə ʘ l s j dz ʴ dz ʳ ʔ , ʜ ts ʕ ʟ z dʒ j
3) ə ɖ ʜ ɖ fɲ l s ts ɳ dz ɖ ʕ ʘ (dz ɖ l s j tɕ ʘ l s ʟ z tɕ dz ts j ʧ tɕ ts ɖ ʟ ə j ʜ j dz ɖ j
ɔ ts ʟ ʷ ʔ fɲ l s ə j dz dz ʳ ʔ ʜ ts ʕ ʟ z dʒ j dz l s , ʁ tɕ ɖ ʜ ɖ ɳ j fɲ ʕ ɖ ʔ ʜ ts ʕ ʟ z dʒ j dz l s
4) fɲ l s tɕ ʟ z ʕ l s ʟ z tɕ ʘ (ʜ j dz j dz ɖ j dz ʘ ɢ dz ʘ ə ʳ , ʧ ʟ z dz ʕ l s ʳ , ʧ ʘ tɕ
ʧ tɕ ts ə j ʜ j dz ts) ;
5) ɖ fɲ l s ts tɕ ɖ ɳ j fɲ ʕ ɖ j fɲ ə j ʜ j dz ɖ ʷ , fɲ ts ʜ j tɕ ʞ ʘ ʰ ɖ j fɲ ʷ ə ʜ ts
ɾ ʘ ʙ ts l s ʟ z dz ʘ ʜ ə ts ʧ tɕ ts fɲ ts dʒ fɲ dz j ʜ ʟ z j l s dz ʘ ɳ ɖ dz ʘ l s ʴ fɲ ɖ
ʟ z ɳ j ʙ dz ts ʔ dz ɖ l s j tɕ ʘ l s ʟ z tɕ ʳ , ʟ ʘ l s j dʒ l s ʴ dz j ts ɲ fɲ ʕ ts ts ɳ ɳ ɖ dz dʒ ts ɖ , ʧ tɕ ts ʧ ʘ dz
ʕ tɕ ʘ l s ʕ ɖ j ʟ ʘ ʧ ɖ fɲ ɖ , ʘ ʟ ʘ l s j dʒ ʧ tɕ ts tɕ ʘ ʙ ts l s ʘ l s ʴ ʜ ts ʧ ts dz dz ɖ
ʟ ʘ dz ʷ l s ɖ ʷ dʒ ɳ j dz j fɲ ts ts ʙ tɕ ʘ ʟ dz ts fɲ ts fɲ l s ʘ ə ɖ l s ʴ ʧ dz ʘ dz ts l s ə j l s ʘ
ɭ ʘ ʟ ʘ dz ʷ l s ɖ ʷ ɔ dʒ ts ʞ j l s ʙ ʳ l s ʴ ʟ ʘ fɲ dz l z ʰ ʘ dz ʜ ts ʕ dz ʘ ʜ ts
fɲ l s ʟ z ʜ j dz ʟ s l s ts l s ə j dʒ ʧ ʟ ʘ dz ʷ l s ɖ ʷ ɖ dz ɖ ʧ ts ts ʜ dz ts dʒ ʟ z ʘ fɲ ʧ j ʕ l s ʟ z l
dz j fɲ ʕ ts dz ʴ ʕ ɖ ɔ ɳ ʘ fɲ l s ɨ j ts ʔ ʙ , fɲ l z ɑ ɩ ɯ j j dz ɖ j tɕ ə ʘ ʷ ʞ dz j ʔ ʰ ɖ ɔ ä ts ʧ tɕ ts fɲ ts
fɲ ts ts ʙ ʰ j dz ɖ ʷ , tɕ ʘ fɲ j ʰ fɲ ɕ ɖ ʟ ʒ ɖ dz dz ʰ l s j ʕ ɑ ʘ ɩ ʧ ts ɑ ʘ ʕ ʟ ʘ tɕ j ʟ ʟ z ʘ dz ɖ ʔ .

ʊ j dʒΘ 3 . ʃ ə tɕ ts tʃ j ʔ fŋʕ Θ ʷtɕ j ʁʒɳ tʃ dz ts ʁʒ dz ʦ ɳ ʷʟ Θə ts ʀ fŋ tʃ Θ dzfŋʕ ts j ʁ j ə j tɕ dz ts ʔ ə ts ʔ dzʳ

1. ʃ j ʞ ʜ ʟz dzΘ tɕ ts ʜ dzʳ j ts ls dz ts ʰ j dz ɳ ʷ ə dzΘ ɥ Θ dz j X V I I I
2. Ɪ ts ʔ dzΘ ʟ Θ ç ʀ fŋ tʃ Θ dzfŋʕ ts i 1 j 7 1 dz 4 Θ fŋ dz dz j . ʜ fŋ ts ls ts j è ⊐ ls fŋ 0 ɳ ʔ dʒ ɳ 1 7 1 4 ɢ . ; ʈ Θ ʰ ls Θ ls fŋʕ ɳ ʔ dʒ ɳ tɕ dzʳ ʔ ʜ ts ɢ ts ə ts tɕ 1 7 1 4 ɢ .
3. ʁ j ə j tɕ dzΘ ʷ əi ts 1 ʔ 7 dz Θ 1 1ɢ 7 ɢ 0 0 Ɪ ʳ Θ ʔ ts ʁ j tɕ j ts dfŋ Θ fŋ ɳ ɳ tʃ ɥ Θ dz ls ɳ ʕ ɳ . ɭ dʒ ɳ tɕ 1 7 2 1 ɢ .
4. ɹ Θ tɕ ts ʞ ʜ j dz ɳ tʃ j ɻ j dz ls Θ tɕ ⊐ ɳ ɳ .

ʃ j ls ts ʜ ɳ ɥ j fŋʕ ɳ tʃ j ʟz ʕ Θ ʟ Θ dz ɳ ʷ

ɻ ts ʜ ɢ ts ls ts ə ʲ ls j tɕ Θ fŋ . fŋʕ Θ ʟ ts fŋ dz j ʜ ʟz ʁ ʰ j dʒ

ʃ ɳ tʃ dz ts dʒΘ ls ɳ ɥ j fŋʕ Θ ʷ ə ʟ Θ ɳ dʒ ts fŋ ə ʷ ʟ ʲ ə ts ʔ dzʳ ʟ Θ ʀ fŋ tʃ Θ dz ʕ ʕ fŋ tʃ Θ dzfŋ ɳ ʷ ʃ ʁ ʜ ts ə ɳ ʕ Θ XIV ɳ ə ts ʔ dzΘ ʟ Θ ʀ fŋ tʃ Θ dzfŋʕ ts j

ʊ j dʒΘ ʃ ɳ 4 tʃ dz ts dʒΘ ls ɳ ʷ ts ls ə ts ʔ dzʳ ʟ Θ ʀ fŋ tʃ Θ dzfŋʕ ts j dzΘ fŋ dz j ʜ

1. Ɪ ts ʔ dzΘ ʟ Θ ɻ ts dz ʲ fŋʕ ts j dzΘ fŋ dz j ʜ fŋ ls ə ts .
2. Ɪ ts ʔ dzΘ ʟ Θ ɸ ə fŋ ls tɕ ɳ ʔ fŋ i 1 ts 7 j 4 8 dzΘ dfŋ dz . j ʜ fŋ ɸ ⊐ ts dz fŋʕ 7 ɳ 4 2 0 dʒ ɳ tɕ 1 7 4 8 ɢ .
3. ɻ j tɕ j ɢ tɕ ʟz tʃ tʃ ɳ tɕ ts ə ʕ Θ ʜ j tɕ ʞ Θ ə ə fŋ j tɕ j ʜ ɳ dz j X V I I I ə
4. ʁ j dʒ ɳ dz j ls dzʷ ʷ ï 1 ə 7 ts 6 ʔ 3 dz Θ ɢ ɳ ʃ . j 7 5 ə 6 ʃ ʈ ʕ ə ts tɕ dz ts dz ɳ ʷ ⊐ . ɭ ʟz ʙ j tɕ ls fŋ ʙ ʟz ʜ ts ɢ ts ə ts tɕ 1 7 6 3 ɢ .

ʃ j ls ts ʜ ɳ ɥ j fŋʕ ɳ tʃ j ʟz ʕ Θ ʟ Θ dz ɳ ʷ

ɻ ts ʜ ɢ ts ls ts ə ʲ ls j tɕ Θ fŋ . fŋʕ Θ ʟ ts fŋ dz j ʜ ʟz ʁ ʰ j dʒ

Ɪ dz j ʰ dzʷ ʷ tʃ ts dz ɳ ls ɳ ʕ Θ ʌ tɕ ɳ Ɪ ʰ dz j ɳ ʰ ls dz ʷ ɳ ʷ ɳ tʃ ə ts dz ɳ Ɪ ʰ ⊐ Θ ʷ ʷ Ɪ ɳ tʃ dz ts dz ɳ ls ɳ ʕ ɳ ʕ Θ ʌ tɕ ɳ
Ɪ dz j ʰ dzʷ ʷ tʃ ts dz ɳ ls ɳ ʕ Θ Ɪ ɸ dz j fŋ ʰ ls dz ʷ ɳ ʷ ɳ tʃ ə ts dz Ⅴ ls ɳ ʕ Ɪ Θ ə ʌ tɕ Θ dz ɥ ɳ ɳ tʃ tɕ
ʃ ʁ ʜ ts ə ɳ ʕ j Ɪ dz Ⅴ ʰ Ɪ dzʷ ʷ tʃ ts dz ɳ ls ɳ ʕ Θ ɸ dz ɢ ts dz ɳ ɳ ls ʷ Θ ts dz Ⅴ ɥ Ⅴ Ɪ fŋ ʕ Ɪ ts j ə
ʕ ts dz ts dz ɳ Θ dz ʲ dz ts j fŋ Ⅴ ts Ⅴ fŋ Ɪ j ə ts ɳ dz ts ɳ dz ʊ j fŋ ɥ ls ts ə fŋ ts fŋ ɳ ə ɳ j ə tɕ Ⅴ ts Ⅴ fŋ Ɪ j ə ʔ fŋ ʕ ts ʔ
ʌ tɕ ɳ ʜ tɕ ɳ ⊐ Ɪ j dz ɳ - ʃ ʈ ɸ ʔ fŋ ɸ ʕ ts Θ j ə fŋ ʃ ts ʈ ʃ j tɕ dz ɳ ɥ j fŋ ls ə ts

**ʊ j dʒΘ ʃ ɳ 5 tʃ dz ts dʒΘ ls ɳ ʷ ə ʃ ə tɕ ts tʃ j ts ls ʁ ɳ ʕ dz ts ʔ dz j ʌ ts dz Θ dz ɥ ɭ dz ʕ ts ʔ dz Θ ʈ ts ɸ ʔ dz ɥ ɭ dz ɥ ts ɸ ʔ dz ɥ ɭ dz ɥ ts ɸ ʔ dz ɥ ɭ dz ɥ

ţ Θʟ ʜ ʝ ʤʳ ţ ʝ ɥ ɖ ɻ ʦ fŋ ʧ ʦ ʤ ɖ ls ʦ ʔ ɖ ʧ ʦ ʤ ɻ ɖ ʣ ʝ ɖ ʢ Θ ʷ ɣ ʦ fŋ fŋ ɖ ɖ ,
ʧ ʦ ʤ ɖ ls ɖ ʢ Θ ʷ ɸ ʢ ʤ ʦ ʁ ɖ ɸ ʤ ɥ Θ ʝ ʣ ɥ . ʟ ʢ ʦ fŋ Θ ʢ ʤ ɖ ʃ ɻ ɖ ɖ ʿ ɢ 1 7 9 0

ʊ ʝ ʤ Θ ʂ t ʔ ɖ ʟ ɖ fŋ fŋ ɖ fŋ ls ʝ ʤʳ ə ʦ ə ʦ ʝ ʤʷ ɹ ʝ ʤ ɖ ʢ ʦ ʔ 1814 ʦ Θ ʣ ɥ ʟ ʁ
(ʣ Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ʦ ʤ ʣ ʦ ə fŋ ʢ ɖ ʝ ə ʦ ʔ ʣʳ)

1. ʍ Θ ʦ Θ ʢ ls ʝ ʦ ɖ ɥ ʝ ʤ ɖ ʣ Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ʦ ʣ ʦ ə fŋ ʢ ɖ ⊐ ə ʦ ʔ ʤ .
2. ţ Θ fŋ ʧ Θ ʜ ə ls ʦ ʦ ʦ ʔ ʢ ʦ Θ ʤ ɖ ɥ ɖ ɖ .
3. ɹ ʦ ʔ ʣ Θ fŋ ls ʦ ʝ ls ɹ ʝ ʔ ʢ ʦ Θ ʤ ɖ ɥ ɖ ʝ ʔ (1 8 0 5) .
4. ţ Θ ʟ ɢ ʦ ʦ ʤ ɹ ʦ ʟ fŋ fŋ ɖ ɖ ə 1 8 ʣ 0 s 6 ɢ O . ʜ Θ ʢ . ʦ ʤ ʟ ls ɖ ʣ ʝ ʤ ls Θ ʤ ɹ ʣ Θ ʷ ʁ
5. ʊ ɖ ʤ ɹ ʟ ɖ ls fŋ ʢ ɖ ʔ ʤ ɖ ʦ .
6. ɹ ls ʦ ʦ ɤ ţ ʝ ʤ ɖ ʝ ə ʁ fŋ ʧ Θ ʤ ɖ ʁ . ɹ ʷ ls Θ ʷ ʢ ʦ Θ ʤ ɖ ɥ ɖ ʷ .
7. ɻ Θ ʰ ʝ fŋ ls ə ɖ ʝ ɻ Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ʦ ʤ Θ ʣ Θ ţ ʦ fŋ fŋ ɖ ʁ ə 1 8 1 2 ɢ .
8. z ţ ʝ fŋ ls Θ ʷ ʢ ʦ Θ ʤ ɖ ɥ ɖ ʷ .

ʃ ʝ ls ʦ ʜ ɖ ɥ ʝ fŋ ʢ ɖ ʝ ʟ ʢ Θ ʟ Θ ʤ ɖ ʷ

ɹ ʦ ʜ ɢ ʦ ls ʦ ə ʳ ls ʝ ʦ Θ fŋ . fŋ ʢ Θ ʟ ʦ fŋ ʤ ʝ ʜ ʟ ʁ ʰ ʝ ʤ

ɸ ʤ ɢ ʤ ɖ ʷ ɖ ʤ Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ɹ ʦ ʤ ɥ ʦ ʰ ə ʤ ʷ ɖ ʝ ʢ ʧ ʦ ʤ ʦ ʤ ʔ ls ɖ ʢ ʰ ʢ . Θ ɻ Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ʦ ʤ Θ ʣ
ʁ ʤ ʧ ɖ ɖ . Θ ʧ ʦ ʤ ʝ ʦ ʤ ʣ ɹ ɖ ɖ ʧ ʤ Θ ʝ ls ʤ ɖ ʷ ɹ ə ţ ə ʦ ʦ ʧ ʝ ʤ Θ ʢ Θ ʤ ʟ ʤ ʝ ʣ ɹ ʃ
1 8 1 2 ɢ .

ʉ Θ ʤ ʦ fŋ ls ʦ ʷ ls ʝ ʤ ʳ ʤ Θ ʷ ʦ Θ ʙ ʦ ls Θ

ʉ Θ ʤ ʦ fŋ ls ʦ ʷ ls ʝ ʤ ʳ ʤ Θ ʷ ʦ Θ ʙ ʦ ls Θ fŋ ls ʟ ʜ ʝ ʤ ls Θ ə ʢ ʤ ʁ ɥ Θ ʝ :

ʁ ʟ ʟ ɥ ʝ ɖ ʤ ɖ ʝ ʤ Θ ʢ ʤ ɖ ʝ ʦ ʜ ʝ ʤ ɖ ʝ ʦ ʜ ʝ ʤ ɖ ʝ ʦ ʜ ʝ

ʊ j dʒΘ[cϬtʃ dzts dʒΘ ls cʃʷ ə [ə tɕ ts tʃ j ts ls ʉ j dʒ cʃ dz j ls dz j ʔ ə ts ʔ dz
tɕ j ə ts dzʁ ɥ q cʃ cʃ

J tʂf ts fŋʳ cʃ ʟ Θ ʜ Θ dz cʃʷ :

1. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ j ls ɥ j ʜ tdz cʃ dz fΘ ldz ts ʕ ʜ dz ts dʒ dʒ ə dz cʃ 9 0 – ⊐ ɢ ɢ . X V I I I ə .
2. ɻ ts ʷ fŋ dz cʃ ls Θ j ʕ cʃ ʟ dʒ j dz j dz cʃ j ə fŋ ts ts ls ʜ dz ts dz Θ ɻ tɕ dz ts [ʜ] cʃ dz Θ tɕ j dz j tʃ ts fŋ tɕ j ʜ fŋ ls ə j dz dz ts fŋ ʕ Θ ʟ ʳ ə Θ dz ts fŋ ɹ dz Θ ʕ tɕ l z tʃ dz ts ʔ tʃ tɕ ï ts fŋ dʒ Θ dz fə ŋ ʕ ts tʃ ŋ ds ts ɥ q dz ts dʒ) ə ts tʃ tɕ ts fŋ j .
3. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ [l z fŋ ʃ ts ʃ ʕ j ʃ ə ʃ ʕ tɕ ʃ ʔ dz 1710ï 1711, 1735ï 1739, 1768ï 1774, 1787ï 1 7 9 1 ɢ ɢ-ʂ Θ ʔ ʂ dz Θ ɥ tɕ z ʜ ɻ cʃ tɕ fŋ ʕ cʃ ʔ dʒ cʃ tɕ 1 7 9 7 1 4 ɢ . ; ⊏ fŋ
4. ʃ tʃ cʃ ʰ cʃ ls j tʃ j tɕ ə ʳ ʔ . tɕ Θ ʟ ʜ j dz ɻ ts dz ɹ ʰ cʃ
5. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ [ʃ ls ʃ j dz ts ʃ ʃ ʃ ə ls ʃ ʃ ʕ ʃ ʃ ʕ tɕ j ʉ dʒʷ ə ts ʔ dz ʳ ʟ Θ dz j ʟ Θ ə cʃ fŋ cʃ ʕ ts dz ts dz cʃ ʔ ə ʉ j ə j l tʂ dz ts fŋ ʔ Θ dz ɸ dŋ j ʕ tɕ cʃ ʔ ʕ j dʒ . cʃ tɕ dz ʳ ʔ ʜ ts ɢ ts ə ts tɕ 1

ʊ j dʒΘ l j 6 fŋ ls ʷ Θ dz ɹ fŋ ʕ Θ ʷ fŋ cʃ fŋ ls j dʒ Θ ɻ tʃ ts ⊐ cʃ J j dz cʃ ʕ - ts ʔ ʌ tɕ Θ 1799)

J tʂf ts fŋ ʳ cʃ ʟ Θ ʜ Θ dz cʃʷ :

1. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ ls j tɕ cʃ ɸ ŋ ls ɸ ʂ j ʕ ə l f ts fŋ ɸ tɕ ʂ j z ə l f ts ʔ ʈ j ʔ ⊐ j dz ʙ Θ ⊐ fŋ ʕ cʃ j fŋ ts ɢ dz Θ ʰ j dz cʃʷ 1 7 9 0 ɢ .
2. ʃ tʃ cʃ ʰ cʃ ts dz ɹ fŋ ʃ ʕ cʃ j tɕ Θ ʟ ʜ j dz ʳ 1 7 9 3 , 1 7 9 5 ɢ ɢ .
3. ʃ ⊐ Θ tɕ Θ ʕ ls j ʈ ʂ cʃ ɸ dz l z ʔ z ʃ ʃ ʃ Θ j ʃ Θ dz z ʜ ts dz Θ .
4. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ [ʃ ls ʃ j dz ts ɸ f ʃ ʃ Θ ls ɸ ʂ ʃ ʃ ʕ l f ŋ tʃ ʜ j tɕ Θ .
5. ʃ ⊐ Θ tɕ Θ ʕ l z ʃ ʔ ls j ʃ ʃ ʜ cʃ tʃ ɸ dz ʃ tɕ dʒ Θ ls ɸ ʂ ʁ tɕ cʃ cʃ .

ʊ j dʒ Θ ʂ tɕ 7 cʃ ʟ cʃ fŋ fŋ cʃ fŋ ls j dʒ ʳ ə ts ə tɕ j dʒ ʷ J j dz cʃ ʕ ts ʔ 1814 tɕ Θ dz ɥ l z ɻ
(dz Θ tʃ ts dz j ts dz ts ə fŋ ʕ cʃ j ə ts ʔ dz ʳ)

J tʂf ts fŋ ʳ cʃ ʟ Θ ʜ Θ dz cʃʷ :

1. ʃ tʃ cʃ ʰ cʃ Θ ʂ ʈ j ʂ ⊐ ls j tɕ cʃ ɥ j dz cʃ dz Θ tʃ ts dz j ts dz ts ə fŋ ʕ cʃ ⊐ ə ts ʔ dz .
2. ʃ ⊐ Θ tɕ Θ ʕ ls j dz ʃ ʃ L ʰ dz ʃ ʃ ls j dz cʃ l z ʃ ʃ ʃ ts dz j ts dz Θ ɹ ts dz Θ tʃ Θ tɕ cʃ ls Θ ə ɻ tʃ ts
3. ʃ ⊐ Θ tɕ Θ ʕ ls j tɕ Θ f ŋ tʃ l z ʔ ʜ ls j ə ls ts tɕ ts ʔ ʕ ts Θ dz cʃ ɥ cʃ cʃ .
4. ʃ tʃ cʃ ʰ cʃ ts ʔ l z dz ɸ ŋ ə ls tɕ j ls ɹ j ʔ ʕ ts Θ dz cʃ ɥ cʃ j ʔ (1 8 0 5) .
5. [Θ ʔ ls j ⊐ Θ tɕ Θ ʕ Θ ls L j ɢ tɕ dz cʃ ts fŋ ʃ ʃ ʃ

Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть 1. — М.: Физматлит, 2005.
9. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Том 4. Кинетика. Электродинамика. Релятивистская квантовая теория. — М.: Мир, 2006.
10. С. Н. Соловьев, С. Д. Фомичев. Основы квантовой механики. — М.: Высшая школа, 2008.
11. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Том 3. Квантовая механика. — М.: Мир, 2009.
12. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Том 2. Электричество и магнетизм. — М.: Мир, 2006.

Приложение А. Дополнительные материалы

Здесь приведены вспомогательные выкладки, которые не вошли в основной текст, но могут быть полезны при воспроизведении численных расчётов.

А.1. Вывод формулы для энергии

Рассмотрим систему, состоящую из N одинаковых частиц, каждая из которых может находиться в одном из M состояний с энергиями $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_M$. Полная энергия системы при заданном распределении чисел заполнения $n_1, n_2, \ldots, n_M$ равна

$$E = \sum_{i=1}^{M} n_i \varepsilon_i, \qquad \sum_{i=1}^{M} n_i = N.$$

Число способов реализовать такое распределение даётся мультиномиальным коэффициентом

$$W(n_1, \ldots, n_M) = \frac{N!}{n_1! \, n_2! \cdots n_M!}.$$

Энтропия Больцмана определяется как $S = k_B \ln W$. Воспользовавшись приближением Стирлинга $\ln x! \approx x \ln x - x$ при $x \gg 1$, получаем

$$S \approx k_B \left(N \ln N - \sum_{i=1}^{M} n_i \ln n_i \right).$$

Равновесное распределение находится из условия экстремума S при фиксированных N и E. Вводя множители Лагранжа α и β, приходим к распределению

$$n_i = \frac{N}{Z} e^{-\beta \varepsilon_i}, \qquad Z = \sum_{i=1}^{M} e^{-\beta \varepsilon_i},$$

где Z — статистическая сумма, а $\beta = 1/(k_B T)$ — обратная температура.

А.2. Численные оценки

Для оценки порядка величин удобно использовать следующие значения: $k_B \approx 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, $N_A \approx 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$, $R = N_A k_B \approx 8{,}31$ Дж/(моль·К). При комнатной температуре $T \approx 300$ К характерная тепловая энергия $k_B T \approx 4{,}1 \cdot 10^{-21}$ Дж.

6. ꜧ Θ ʤʦ fŋ ls ʦ ʷ ls ʝ ʣ ʲ ʣ ʦ , ɮ ɵ ʝ ʦ ɕ ʝ ʣ ʣ ʦ ʠ в ʝ L ʦ ʰ ʠ в ʦ ɥ ʣ ʦ ɕ ʝ ʰ ʝ ʣ ʠ ʠ ʦ в ʣ ʝ ʤ ʦ ɕ Θ ʤ ʦ ɮ ɵ fŋ ʦ ɕ Θ ɥ ʝ ls fŋ ʕ ʣ ʤ ʝ ʤ ɮ ʦ ʦ ʣ ɵ ʝ ʤ ʝ ʦ н ʣ ʦ ʦ ɢ ʦ ʣ ʤ ʝ ɢ ʕ ʦ ɵ ʣ ʤ ʷ fŋ ʝ ʦ l ʦ ɕ Θ ʦ ls ʦ ɕ ʝ в ʦ ɵ Θ ʣ ʠ ʠ ʝ ʦ ʦ н Θ ɵ Θ ls ʝ ʣ ʷ .

ʃ ɥ ʝ ʣ ʕ Θ ç 4 è fŋ ls Θ ɵ ʠ ls fŋ ʷ , ʝ fŋ ʣ ʠ fŋ ls ɮ н ʝ ʣ ls :

1. ɬ ʦ ʕ Θ L ʳ ɵ Θ ʝ ls L ʣ Θ ʣ ʠ ʷ ɵ fŋ ʝ ɢ ʦ ʠ L ɮ ɥ ʝ ʣ ʣ ʦ ɢ ʦ ʦ ɕ ʦ ʦ ʠ ʣ ʦ ʠ ʲ ʣ ʠ ʠ ʝ ʣ ʦ ʠ

6. ʃ ls ʕ Θ L Θ dz fŋ w ts ls ə j ls ɕ ʃ ls ɻ ʧ ts ls j ʤ j ʧ tɕ ɕ ʃ dz j lz ə Θ ɤ
dz j L dz Θ dz ɕ ʃ ɕ ts fŋ dz ts ə dz r ⊐ ʧ ts dz ts ɤ j dz ɕ ʃ ʔ ls j ʤ r .

6.2. ʃ ʮ j dz ts ʮ dz r j fŋ tɕ j ʜ fŋ ls ə Θ ɕ ʃ ʕ tɕ ɕ ʃ ls j tɕ ɕ ɕ ʃ ts ʮ j dz ɕ ʃ ə Θ dz Θ ls ls j fŋ ls Θ ʮ ɕ ʃ

ɻ Θ ʮ 9 fŋ j ʤ j fŋ ls tɕ)

ʂ tɕ ɕ ʃ ls j tɕ ɕ ʃ ɕ ə r fŋ ls Θ ə dz j dz ɕ ʃ w L Θ ʮ j ls Θ :

1. ɻ Θ ʮ j ls ə r fŋ ls Θ ə dz w j ls fŋ w ʧ ts tɕ j L lz dz ɻ ls Θ ls Θ ʤ tɕ Θ в ts ls r f
ɻ ts dz ts ɤ j dz ɕ ʃ ʁ ts ls j ʕ lz h j ʤ ʕ ts dz ls tɕ ts dz j Θ ls fŋ ʧ fŋ ls Θ j ʮ ʤ ʧ fŋ ls fŋ ʧ ls lz ɕ j
w j j tɕ Θ dz ɻ dz ts ʤ ɕ ʃ ts fŋ lz н Θ tɕ fŋ ls ə j dz dz ts ʤ в ʁ н ɤ j ls dz ts ʤ ts в tɕ Θ L ts ə
ts в tɕ Θ L ts ə Θ dz ɕ ʃ w ç ʜ ʤ ts dz j dz fŋ ʕ ɕ ʃ ʔ ɕ ʃ ts fŋ lz н Θ tɕ fŋ ls ə j dz dz r ʔ lz dz ɕ ʃ ə
tɕ j ʕ ls ts tɕ Θ 1 3 ts 1 ls 2 6 . 0 9 . 2 0 1 9 ɕ ʃ . ; ə dz j fŋ j dz r -4 8 н ls ts ʧ ts dz dz j
3 0 . 0 4 . 2 0 2 0 ɕ ʃ .) .
2. ɾ dz w ʧ ts dz lz ʮ j dz ɕ ʃ w L Θ ʮ j ls Θ fŋ ls lz н j dz ls н ts dz ɤ j dz :
ï ə r ʧ ts dz dz ɕ ʃ ls ɻ ə fŋ j ts ʧ tɕ j н j dz j dz dz r j ʧ tɕ ts ɕ ʃ tɕ Θ ʤ ʤ ts ʔ L Θ н Θ dz ɕ ʃ
ï Θ ʕ ls ɕ ʃ ə dz ts lz ʮ Θ fŋ ls ə ts ə Θ ls ɻ ə ts ə fŋ j ⊐ w ts tɕ ʤ Θ ⊐ Θ lz н ɕ ʃ ls ts tɕ dz r
ï ʧ ts н ɕ ʃ ts ls н ts ts ə ʕ ɕ ʃ dz dz Θ ʜ
J fŋ dz lz ʮ Θ j ʤ dz ts ɕ ʃ ts ʮ ɕ ʃ fŋ dz j dz dz ə ⊐ Θ ɤ ʧ ʃ ls ʃ s ʧ lz fŋ ʕ ʕ ts ə ʧ tɕ ɕ ʃ dz ɕ ʃ w ls ɕ ʃ ɕ ʃ ʤ ʧ ts Θ ʮ
ʧ tɕ ts ə j н j dz ə lz fŋ ls dz ts ʔ w ts tɕ ʤ j ʧ ts ʕ ts dz ls tɕ ts dz ɻ dz r ʤ ə ts ʧ tɕ ts fŋ

ʜ ts fŋ ls Θ ə dz j dz ɕ ʃ j н ts ʕ dz Θ н Θ

ʂ tɕ ɕ ʃ ls j tɕ ɕ ʃ ɕ ts ʮ j dz ɕ ʃ ə Θ dz ɕ ʃ w н ts ʕ dz Θ н Θ

ʂ tɕ ɕ ʃ ls j tɕ ɕ ʃ ʔ	**ʊ tɕ ts ə j dz ɻ ə r ʧ ts dz dz j dz ɕ ʃ w**	**ʃ ʮ j dz ʕ Θ**
ʂ Θ ʮ j fŋ ls ə ts н	ɾ ts ʕ dz Θ н ʧ tɕ ə r н Θ ʁ ʰ j j fŋ w ls dz j ə fŋ ts ʧ tɕ ts ə ts ɤ н Θ j ls f ɕ ʃ dz dz ʁ fŋ ls tɕ Θ ls ɕ ʃ ə dz r dz Θ ls j tɕ ɕ ʃ Θ dz ts dz	ʃ ls dz ɕ ʃ ʮ dz ts
	ʮ j ls ʕ ts ə r fŋ ls	ʍ ts tɕ ts ʰ ts
	ɾ ts ʕ dz Θ н ɕ ʃ L dz ts dz j ts в j w f tɕ Θ в ts ls r	ʊ н ts ə dz j ls ə ts tɕ ɕ
	ɾ ts ʕ dz Θ н L Θ ʮ ɕ ʃ ls r ə Θ j ls fŋ w	ɻ j lz н ts ə dz j ls ə ts
ʀ fŋ ʧ ts dz ɻ L ts ə Θ н j dz ts dz fŋ ls tɕ Θ ʮ ɕ ʃ ts ɕ dz Θ ls j tɕ ɕ ʃ Θ dz Θ	ʃ Θ ɕ ʃ ɕ ʃ fŋ ls tɕ Θ dz ls ʧ tɕ j н fŋ ls Θ ə ɕ ʃ dz н j dz ts dz fŋ ls tɕ Θ ʮ ɕ ʃ ts ɕ dz Θ ls j tɕ ɕ ʃ Θ dz ɕ ʃ dz j dz ts tɕ ɕ ʃ j dz ls ɕ ʃ tɕ t	ʃ ls dz ɕ ʃ ʮ dz ts
	ʃ Θ ls j tɕ ɕ ʃ Θ dz , ɕ ʃ fŋ ʧ ts dz ɻ L lz j dz r ʔ ⊐ ts tɕ ts ʰ ts ts w ts tɕ dz dz j ls ts ʮ dz ts fŋ ls ɕ ʃ	ʍ ts tɕ ts ʰ ts
	ɻ tɕ j н fŋ ls Θ ə dz j н j dz ts dz fŋ ls tɕ Θ ʮ ɕ ʃ ts ɕ dz Θ ls j tɕ ɕ ʃ Θ dz ɕ ʃ fŋ ʧ ts dz ɻ L ts ə Θ dz fŋ w	ʊ н ts ə dz j ls ə ts tɕ ɕ

	ʜ ʦ ʕ ʣ Θ ʜ ʯ ʃ ʕ ʦ ʤ	
	ʅ ʝ ʤ ʦ ʣ ʧ ʎ ʦ ʧ Θ ʯ ʤ Θ ʎ ʝ ʦ ʧ ʦ ʷ ʷ ʦ ʦ ʤ ʣ ʝ ʣ ʕ ʦ ʤ ʣ ʝ ʤ ʦ ʤ .	ʅ ʝ ʟ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ʦ ə ʦ
ʂ Θ ʯ ʝ ʧ ə ʦ ə ʦ ʧ ʦ ʦ ʧ ʳ	ʃ Θ ʛ ʃ ʧ ʎ ʦ ʦ Θ ʣ ʎ ʦ ʎ Θ ʝ ʎ ʤ Θ ʝ ʎ ə	ʃ ʎ ʦ ʣ ʃ ʯ ʣ ʦ
	ɬ ʦ ʃ ʦ ʎ ə ʝ ʣ ʝ ʕ ʦ ʎ ʦ ʦ ʳ ʝ ʃ ʧ ʳ ʎ ʳ ə Θ ʝ ʎ ʟ ʃ	ʍ ʦ ʦ ʦ ʰ ʦ
	ʅ Θ ʤ ʣ ʦ ʛ ʃ ʝ ʣ ʝ ʜ Θ ʝ ʎ ʦ ʎ ə ʝ ʎ ʦ ʎ ʦ	ʊ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ ʦ ʃ
	ʅ ʝ ʤ ʦ ʞ ʝ ʎ ʦ ʎ ə ʝ ʎ ʦ ʎ ʃ ʎ ʳ ʣ ʝ Θ ə	ʅ ʝ ʟ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ
ʃ ʣ Θ ʜ ʝ ʣ ʃ ʝ ʎ ʦ ʣ ʦ ʛ ʃ ʝ ʣ ʦ ʦ Θ ʧ ʧ Θ ʦ ʃ Θ ʧ ʧ Θ ʦ ʃ Θ ʎ ʦ ʤ	ɹ ʣ ʝ ʧ ʎ ʷ ʰ ʝ ʣ ʦ ʛ ʃ ʝ ʣ ʦ ʣ Θ ʧ ʧ Θ ʦ	ʃ ʎ ʦ ʣ ʃ ʯ ʣ ʦ
	ʃ Θ ʛ ʃ ʧ ʎ ʦ ʦ Θ ʣ ʎ ʦ ʎ ʃ ʧ ʦ ʣ ʳ ʟ ʦ ə Θ ʣ ʃ ʧ ʧ ʝ ʃ ʯ ʳ ʝ ʣ ʳ ʝ	ʍ ʦ ʦ ʦ ʰ ʦ
	ʃ ʦ ʕ ʣ Θ ʜ ʯ ʕ ʃ ʧ ʧ ʎ ʎ ʦ ʦ ʎ ʦ ʛ ʃ ʝ ʣ ʦ ʦ Θ ʣ ʃ ʯ ʛ ʦ ʦ ʃ ʯ ʣ ʦ ʛ ʦ Θ ʧ ʧ Θ	ʊ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ ʦ ʃ
	ʅ ʝ ə ʣ Θ ʜ ʝ ʝ ʞ ʎ ʦ ʝ ʦ ʦ ʣ ʝ ʦ ʦ ʛ ʃ ʝ ʣ ʦ ʦ ʣ ʝ ʃ ʯ ʕ	ʅ ʝ ʟ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ
ʏ ʝ ʎ ʦ ʕ ʦ ʧ ʎ ʳ ə	ʃ ʳ ə ʦ ʜ ʳ ʜ ʦ ʕ ʣ Θ ʟ Θ ʎ ʝ ʣ ʳ ʣ ʳ ʝ ʧ ʦ ʣ ʣ ʦ ʧ ʎ ʳ ʁ ʗ Θ ʦ Θ ʙ ʦ ʎ ʟ .	ʃ ʎ ʦ ʣ ʃ ʯ ʣ ʦ
	ʃ ʳ ə ʦ ʜ ʳ ʯ ʜ ʦ ʕ ʣ Θ ʟ Θ ʎ ʝ ʣ ʳ ʝ ʣ ʳ ʝ ʤ Θ ʧ ʧ ʝ ʕ ʎ ʳ ʦ Θ ʙ ʦ ʞ	ʍ ʦ ʦ ʦ ʰ ʦ
	ʃ ʳ ə ʦ ʜ ʳ ʃ ʣ ʦ Θ ʷ ʜ ʙ Θ ʟ Θ	ʊ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ ʦ ʃ
	ʃ ʳ ə ʦ ʜ ʳ ʧ ʦ ʝ ʜ ʧ ʎ Θ ə ʣ ʝ ʣ ʳ	ʅ ʝ ʟ ʜ ʦ ə ʣ ʝ ʎ ə ʦ

ʃ ʯ ʝ ʣ ʃ ə Θ ʣ ʃ ʝ ʜ ʦ ʕ ʣ Θ ʜ Θ

ʃ ʯ ʝ ʣ ʕ Θ ç ʦ ʎ ʣ ʃ ʯ ʣ ʦ è ə ʳ ʧ ʎ Θ ə ʣ ʷ ʝ ʎ ʧ ʷ ʣ ʃ ʰ ɹ ʧ ʦ ʃ f ʕ ʦ ʃ ʎ ʝ ʦ ʃ ʝ ə .

ʃ ʯ ʝ ʣ ʕ ʦ Θ ʦ ʦ ʦ ʰ ʦ è ə ʳ ʧ ʎ Θ ə ʣ ʷ ʝ ʎ ʧ ʷ ʧ ʦ ʃ ʧ ʦ ə ʧ Θ ʜ ʝ ʣ ʃ ʕ ʕ ʕ

ISBN 978-5-534-01795-3

ʀ dzlsj tɕΘʕ lsɑɘ dzΘʷ ʜ tsfŋʕΘ SMART, ʃ lzdzʲ lsɑdʒj ʜɑʔdzʳ ʔ ʧ tɕ
ï 20000, ɻ tɕɑdzlsj tɕ ʷʷ tstɕdʒΘls ɸ3 ʗ 100, ʂ tsdʒʧʲ ʁ lsj tɕdzts

9. ɻ tɕtsɠtɕΘdʒdʒdztsj tsвj fŋʧj ɥj dzɑfj

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), ʃ ɑɥj dz66920993 ts ls24.05.2016, (вj fŋfŋtɐ) ts ɥ dzts
Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), ʃ ɑɥj dz66977547 ts ls03.06.2016, (вj fŋfŋtɐ) ts ɥ dzts
KasperskyEndpointSecuritɯ ysΘdzнdzʷlsdzʳ вɨɑʟ dzj ʃfŋɑΘɥj 1FB6181220135520512073, j ɤj ɠtsнdztsj tsвdztsɘdzj dzɑfj

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6314D932A1EC835254BBEDE5D0AA3E30
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 21.09.2022 до 15.12.2023