

Серія

"У дапамогу педагогу"



Серия

"У дапамогу педагогу"

|  |  |  |  |                   |                   |                 |               |                 |                |
|--|--|--|--|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
|  |  |  |  | 13                | 14                | 15              | 16            | 17              | 18             |
|  |  |  |  | IIIA              | IVA               | VA              | VIA           | VIIA            | VIIIA          |
|  |  |  |  | 5 10,811          | 6 12,011          | 7 14,0067       | 8 15,9994     | 9 18,9984       | 2 4,0026       |
|  |  |  |  | B<br>БОР          | C<br>УГЛЕРОД      | N<br>АЗОТ       | O<br>КИСЛОРОД | F<br>ФТОР       | He<br>ГЕЛИЙ    |
|  |  |  |  | 2,01              | 2,50              | 3,07            | 3,50          | 4,10            | 5,50           |
|  |  |  |  | 13 26,9815        | 14 28,086         | 15 30,9738      | 16 32,066     | 17 35,453       | 10 20,1797     |
|  |  |  |  | Al<br>АЛЮМИНИЙ    | Si<br>КРЕМНИЙ     | P<br>ФОСФОР     | S<br>СЕРА     | Cl<br>ХЛОР      | Ne<br>НЕОН     |
|  |  |  |  | 1,47              | 1,74              | 2,06            | 2,44          | 2,83            | 4,84           |
|  |  |  |  | 10 10             | 11 11             | 12 12           | 13 13         | 14 14           | 18 39,948      |
|  |  |  |  | IVB               | VB                | VB              | VB            | VB              | Ar<br>АРГОН    |
|  |  |  |  | 27 58,933         | 28 58,693         | 29 63,546       | 30 65,39      | 31 69,723       | 32 72,61       |
|  |  |  |  | Co<br>КОБАЛЬТ     | Ni<br>НИКЕЛЬ      | Cu<br>МЕДЬ      | Zn<br>ЦИНК    | Ga<br>ГАЛЛИЙ    | Ge<br>ГЕРМАНИЙ |
|  |  |  |  | 1,76              | 1,75              | 1,75            | 1,66          | 1,82            | 2,02           |
|  |  |  |  | 45 102,905        | 46 101,07         | 47 106,905      | 48 107,868    | 49 112,411      | 50 114,904     |
|  |  |  |  | Rh<br>РАДИЙ       | Pd<br>ПАЛЛАДИЙ    | Ag<br>СЕРЕБРО   | Cd<br>КАДМИЙ  | In<br>ИНДИЙ     | Sn<br>ОЛОВО    |
|  |  |  |  | 1,45              | 1,38              | 1,33            | 1,26          | 1,22            | 1,82           |
|  |  |  |  | 52 127,60         | 53 126,904        | 54 131,29       | 55 132,905    | 56 137,327      | 57 138,905     |
|  |  |  |  | Te<br>ТЕЛЛУР      | I<br>ИОД          | Xe<br>КСЕНОН    | Ba<br>БАРИЙ   | La<br>ЛАНТАНОИД | Ce<br>ЦЕРИЙ    |
|  |  |  |  | 2,01              | 2,21              | 2,40            | 1,37          | 1,38            | 1,40           |
|  |  |  |  | 77 192,22         | 78 195,078        | 79 196,967      | 80 200,59     | 81 204,383      | 82 207,2       |
|  |  |  |  | Ir<br>ИРИДИЙ      | Pt<br>ПЛАТИНА     | Au<br>ЗОЛОТО    | Hg<br>РТУТЬ   | Tl<br>ТАЛЛИЙ    | Pb<br>СВИНЦЬ   |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 109 [268]         | 110 [271]         | 111 [280]       | 112 [285]     | 113 [284]       | 114 [289]      |
|  |  |  |  | Mt<br>МИТТЕРНЕРИЙ | Ds<br>ДАРИШТАДТИЙ | Rg<br>РЕНТГЕНИЙ | (Uub)         | (Uut)           | (Uuq)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 115 [288]         | 116 [292]         | 117 [294]       | 118 [293]     | 119 [294]       | 120 [295]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 121 [295]         | 122 [296]         | 123 [297]       | 124 [298]     | 125 [299]       | 126 [300]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 127 [301]         | 128 [302]         | 129 [303]       | 130 [304]     | 131 [305]       | 132 [306]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 133 [307]         | 134 [308]         | 135 [309]       | 136 [310]     | 137 [311]       | 138 [312]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 139 [313]         | 140 [314]         | 141 [315]       | 142 [316]     | 143 [317]       | 144 [318]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 145 [319]         | 146 [320]         | 147 [321]       | 148 [322]     | 149 [323]       | 150 [324]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 151 [325]         | 152 [326]         | 153 [327]       | 154 [328]     | 155 [329]       | 156 [330]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 157 [331]         | 158 [332]         | 159 [333]       | 160 [334]     | 161 [335]       | 162 [336]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 163 [337]         | 164 [338]         | 165 [339]       | 166 [340]     | 167 [341]       | 168 [342]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 169 [343]         | 170 [344]         | 171 [345]       | 172 [346]     | 173 [347]       | 174 [348]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 175 [349]         | 176 [350]         | 177 [351]       | 178 [352]     | 179 [353]       | 180 [354]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 181 [355]         | 182 [356]         | 183 [357]       | 184 [358]     | 185 [359]       | 186 [360]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 187 [361]         | 188 [362]         | 189 [363]       | 190 [364]     | 191 [365]       | 192 [366]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 193 [367]         | 194 [368]         | 195 [369]       | 196 [370]     | 197 [371]       | 198 [372]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 199 [373]         | 200 [374]         | 201 [375]       | 202 [376]     | 203 [377]       | 204 [378]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 205 [379]         | 206 [380]         | 207 [381]       | 208 [382]     | 209 [383]       | 210 [384]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 211 [385]         | 212 [386]         | 213 [387]       | 214 [388]     | 215 [389]       | 216 [390]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 217 [391]         | 218 [392]         | 219 [393]       | 220 [394]     | 221 [395]       | 222 [396]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 223 [397]         | 224 [398]         | 225 [399]       | 226 [400]     | 227 [401]       | 228 [402]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 229 [403]         | 230 [404]         | 231 [405]       | 232 [406]     | 233 [407]       | 234 [408]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 235 [409]         | 236 [410]         | 237 [411]       | 238 [412]     | 239 [413]       | 240 [414]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 241 [415]         | 242 [416]         | 243 [417]       | 244 [418]     | 245 [419]       | 246 [420]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 247 [421]         | 248 [422]         | 249 [423]       | 250 [424]     | 251 [425]       | 252 [426]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 253 [427]         | 254 [428]         | 255 [429]       | 256 [430]     | 257 [431]       | 258 [432]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 259 [433]         | 260 [434]         | 261 [435]       | 262 [436]     | 263 [437]       | 264 [438]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 265 [439]         | 266 [440]         | 267 [441]       | 268 [442]     | 269 [443]       | 270 [444]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 271 [445]         | 272 [446]         | 273 [447]       | 274 [448]     | 275 [449]       | 276 [450]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 277 [451]         | 278 [452]         | 279 [453]       | 280 [454]     | 281 [455]       | 282 [456]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 283 [457]         | 284 [458]         | 285 [459]       | 286 [460]     | 287 [461]       | 288 [462]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 289 [463]         | 290 [464]         | 291 [465]       | 292 [466]     | 293 [467]       | 294 [468]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 295 [469]         | 296 [470]         | 297 [471]       | 298 [472]     | 299 [473]       | 300 [474]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 301 [475]         | 302 [476]         | 303 [477]       | 304 [478]     | 305 [479]       | 306 [480]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 307 [481]         | 308 [482]         | 309 [483]       | 310 [484]     | 311 [485]       | 312 [486]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 313 [487]         | 314 [488]         | 315 [489]       | 316 [490]     | 317 [491]       | 318 [492]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 319 [493]         | 320 [494]         | 321 [495]       | 322 [496]     | 323 [497]       | 324 [498]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 325 [499]         | 326 [500]         | 327 [501]       | 328 [502]     | 329 [503]       | 330 [504]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 331 [505]         | 332 [506]         | 333 [507]       | 334 [508]     | 335 [509]       | 336 [510]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 337 [511]         | 338 [512]         | 339 [513]       | 340 [514]     | 341 [515]       | 342 [516]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 343 [517]         | 344 [518]         | 345 [519]       | 346 [520]     | 347 [521]       | 348 [522]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 349 [523]         | 350 [524]         | 351 [525]       | 352 [526]     | 353 [527]       | 354 [528]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 355 [529]         | 356 [530]         | 357 [531]       | 358 [532]     | 359 [533]       | 360 [534]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 361 [535]         | 362 [536]         | 363 [537]       | 364 [538]     | 365 [539]       | 366 [540]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 367 [541]         | 368 [542]         | 369 [543]       | 370 [544]     | 371 [545]       | 372 [546]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 373 [547]         | 374 [548]         | 375 [549]       | 376 [550]     | 377 [551]       | 378 [552]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 379 [553]         | 380 [554]         | 381 [555]       | 382 [556]     | 383 [557]       | 384 [558]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 385 [559]         | 386 [560]         | 387 [561]       | 388 [562]     | 389 [563]       | 390 [564]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 391 [565]         | 392 [566]         | 393 [567]       | 394 [568]     | 395 [569]       | 396 [570]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 397 [571]         | 398 [572]         | 399 [573]       | 400 [574]     | 401 [575]       | 402 [576]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 403 [577]         | 404 [578]         | 405 [579]       | 406 [580]     | 407 [581]       | 408 [582]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  | 1,55              | 1,44              | 1,42            | 1,44          | 1,44            | 1,55           |
|  |  |  |  | 409 [583]         | 410 [584]         | 411 [585]       | 412 [586]     | 413 [587]       | 414 [588]      |
|  |  |  |  | (Uuh)             | (Uuh)             | (Uuh)           | (Uuh)         | (Uuh)           | (Uuh)          |
|  |  |  |  |                   |                   |                 |               |                 |                |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Вниманию наших читателей! ..... | 3 |
|---------------------------------|---|

## Хімія і ўстойлівае развіццё

|                                                              |                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Савицкая Т. А.,<br/>Гриншпан Д. Д.,<br/>Ващенко С. В.</i> | Полимеры вокруг нас, или Что необходимо знать о целлюлозе,<br>волокнах, вате, бумаге, пластиках, каучуке. .... 4<br>Светодиоды: как это работает ..... 10 |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Арганізацыя адукацыі

|                                              |                                                                                                      |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Сеген Е. А.</i>                           | Организация работы секции химии<br>«Белорусского педагогического общества» ..... 17                  |
| <i>Бельницкая Е. А.,<br/>Романовец Г. С.</i> | Основные направления совершенствования качества образования<br>по учебному предмету «Химия» ..... 18 |

## Методыка выкладання

|                                             |                                                                                                    |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Огородник В. Э.,<br/>Аршанский Е. Я.</i> | Лабораторный практикум по методике преподавания химии:<br>практико-ориентированный подход ..... 22 |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Урокі хіміі

|                                         |                                                                                                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Жигало М. И.<br/>Шапалевіч Г. М.</i> | Урок по теме «Спирты — друзья и враги человечества» ..... 31<br>Урок на теме «Основы». 7 клас ..... 36 |
| <i>Ильина Н. А.</i>                     | Юбилей ..... 35, 38                                                                                    |

## Даследчая дзейнасць вучняў

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Борисевич И. С.,<br/>Аршанский Е. Я.<br/>Сапронова В. Н.</i> | Изучение коррозионных процессов в школьном курсе и в ходе<br>исследовательской деятельности учащихся по химии ..... 39<br>Ученическая исследовательская работа «Отбеливающее средство “Белизна” —<br>доступное средство для синтеза реактивов в школьной лаборатории» ..... 44 |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Праца з адоранымі вучнямі

|                    |                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|
| <i>Пащук Н. Д.</i> | Олимпиада по химии: с чего начать? ..... 49 |
|--------------------|---------------------------------------------|

## Пазакласная работа

|                                                                                  |                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Власовец Е. Н.,<br/>Кулемин Д. А.,<br/>Федоркевич А. Н.,<br/>Фираго Д. С.</i> | Интеллектуальные игры как средство повышения мотивации<br>к изучению химии ..... 52 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Список статей, опубликованных в журнале за 2012 год ..... | 60 |
|-----------------------------------------------------------|----|

Рэдактар *В. В. Мінянкова*, карэктары *Л. В. Суцягіна, В. В. Мінянкова*,  
камп'ютарны набор, макет і верстка *В. Ю. Лагун*.

Выход у свет 28.12.2012. Фармат 60×84  $\frac{1}{8}$ . Друк афсетны.  
Папера афсетная. Ум. друк. арк. 7,44. Ул.-выд. арк. 7,5. Тыраж 1322. Заказ № 156. Цана свабодная.

Паштовы адрас рэдакцыі часопіса «Хімія: праблемы выкладання»:  
вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск; тэл.: 297-93-20, 209-55-16.

Надрукавана ў друкарні РУП «Выдавства “Адукацыя і выхаванне”».  
ЛП № 02330/327 ад 19.01.2012. Вул. Захарава, 59, 220088, г. Мінск.

# Изучение коррозионных процессов в школьном курсе и в ходе исследовательской деятельности учащихся по химии

*И. С. Борисевич, старший преподаватель кафедры химии;*

*Е. Я. Аршанский, доктор педагогических наук, профессор кафедры химии*

*(Витебский государственный университет им. П. М. Машерова)*

В школьном курсе химии вопросы, связанные с коррозией металлов и сплавов, а также их защиты от коррозии изучаются в теме «Металлы» в 8 и 10 классах. Материал незначительно отличается по содержанию: в 8 классе он носит в большей степени ознакомительный характер, а понятие о типах коррозионных процессов по механизму взаимодействия с коррозионной средой (химическая и электрохимическая коррозия) вводится только в 10 классе, хотя рассматривается на примерах уже в 8 классе. На наш взгляд, его целесообразно вводить уже в 8 классе, так как понятие об электролитах и неэлектролитах формируется у восьмиклассников в предыдущей теме, а из курса химии 7 класса им известно об активности металлов в соответствии с их положением в вытеснительном ряду металлов. Они вполне готовы к тому, чтобы понять, что химическая коррозия протекает в средах, не проводящих электрический ток, а электрохимическая — в электропроводящих, т. е. в водных растворах электролитов. В этом случае коррозия при контакте двух металлов будет разбираться не обособленно, а как разновидность электрохимической коррозии. Также рационально рассмотреть коррозионные процессы в 8 классе на примере ржавления железа, а в 10 классе закрепить и углубить эти занятия на примерах с другими металлами и больше внимания уделить химизму коррозионных процессов.

Восьмиклассники могут провести домашний эксперимент. Ученикам необходимо изучить влияние внешних условий на процесс ржавления железа. Рассматриваются три его варианта. В первом случае железный гвоздь помещают в чистую, сухую, герметично закрытую бутылочку; во втором — железный гвоздь помещают в бутылочку, на четверть заполненную кипячёной или дистиллированной водой, и закрывают кусочком картона; в третьем — железный гвоздь помещают в бутылочку, на четверть заполненную кипячёной или дистиллированной водой с добавлением небольшо-

го количества поваренной соли, и также закрывают кусочком картона. Опыт необходимо начать за 3—4 дня до урока по коррозии металлов и сплавов. В учебнике ученику предлагается только продемонстрировать результаты исследований на уроке и никаких объяснений им не даётся. В 10 классе программой предусмотрены демонстрационные опыты по исследованию коррозии железа, но сама сущность и техника их выполнения не описана, что вызывает серьёзные затруднения, особенно у начинающих учителей химии.

Для более глубокого понимания учащимися коррозионных процессов и факторов, способствующих и препятствующих им, необходимо более наглядно их продемонстрировать, расширив соответствующий опыт. Для его проведения потребуется по 5 одинаковых химических стаканов, пробирок и железных гвоздей; 5 см медной и 5 см цинковой (или алюминиевой) проволоки. Коррозия железа протекает при участии кислорода и воды. Железный гвоздь помещают в первую пробирку, наполненную доверху водой, затем опрокидывают её, закрыв пробкой, в стакан с водой, открывают пробирку под водой и вытесняют из неё воду кислородом из газометра. Аналогично заготавливают вторую и третью пробирки с железными гвоздями, но вместо воды в них, а также в стаканы наливают во втором случае раствор хлорида натрия; в третьем — раствор хлорида натрия, добавив в него немного раствора гидроксида натрия. Четвёртую и пятую пробирки заготавливают аналогично второй. Железный гвоздь предварительно обматывают: помещаемый в четвёртую пробирку — медной проволокой, а в пятую — цинковой или алюминиевой. Спустя примерно 3—4 дня будет наблюдаться картина, представленная на рисунке 1. На нём указано, что и в какой раствор погружено. Для того чтобы опыт смотрелся как единое целое, можно использовать деревянную или пластмассовую подставку с небольшими углублениями для химических стаканов.

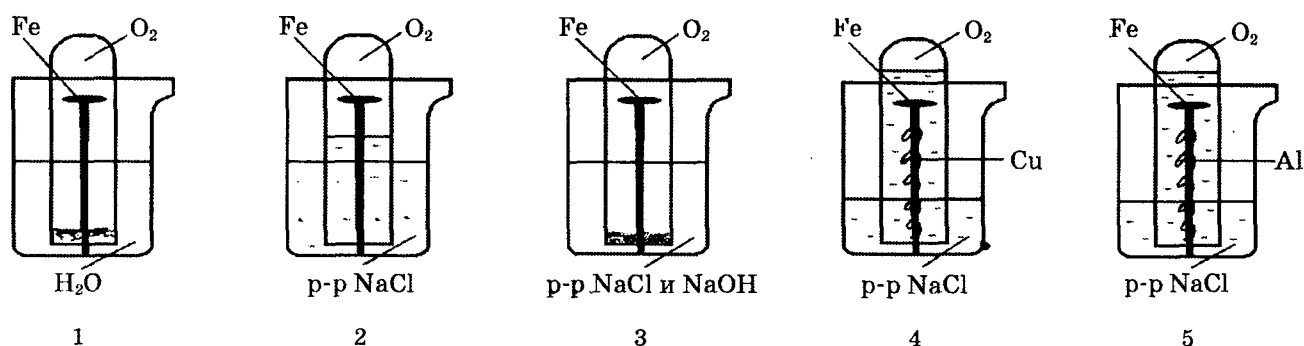
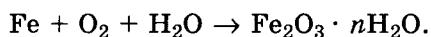


Рисунок 1 — Опыты по коррозии металлов

Об особенностях протекания коррозии в каждом конкретном случае судят по характеру её продукта, находящегося в растворе в виде осадка, и объёму израсходованного кислорода.

Сравним сначала результаты опытов 1, 2 и 3. Присутствие растворённого в воде хлорида натрия усилило коррозию железа: получилось много ржавчины и израсходовалось много кислорода. Добавление к раствору хлорида натрия гидроксида натрия, наоборот, ослабило коррозию: ржавчины получилось мало и кислорода израсходовалось немного. Следовательно, скорость коррозии металла зависит от состава омывающей его среды. Вещества, замедляющие процесс коррозии, называют ингибиторами коррозии. Во всех трёх случаях процесс коррозии железа можно выразить следующим суммарным уравнением:



Продукт коррозии железа — ржавчина — не имеет стехиометрического состава и выражается обобщённой формулой:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

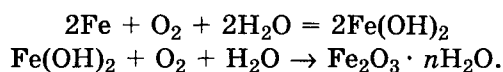
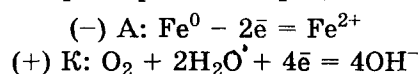
Далее сравним результаты опытов 2 и 4. В обеих пробирках железо находится в одном и том же водном растворе хлорида натрия, но в первом случае оно соприкасается с медью, а во втором — нет. Ржавчина образовалась в обоих случаях. Однако в опыте 4 её образовалось намного больше, соответственно и кислорода израсходовалось больше. Таким образом, коррозия железа резко усиливается при контакте с медью.

Сравним результаты опытов 2 и 5. В обеих пробирках железо находится в одном и том же водном растворе хлорида натрия, но в одной оно соприкасается с алюминием (или цинком), а в другой — нет. В первом случае наблюдается сильная коррозия: израсходовалось много кислорода и образовался обильный осадок, однако не бурого цвета, как ржавчина, а белого. Можно предположить, что это гидроксид

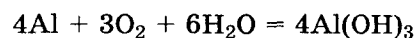
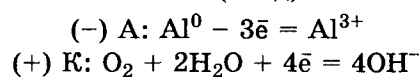
алюминия. Следовательно, в опыте 5 коррозии подвергается не железо, а алюминий. Таким образом, железо практически не корродирует, если оно соприкасается с алюминием.

В пробирках 4 и 5 наблюдается наиболее распространённый случай электрохимической коррозии — коррозия при контакте двух металлов. Усиление коррозии железа в первом случае и прекращение во втором объясняются возникновением гальванических элементов. При соприкосновении железа с медью в качестве более активного металла будет окисляться железо (анод).

Составляем уравнения электродных процессов и суммарной реакции процесса коррозии:



При соприкосновении железа с алюминием в качестве более активного металла будет окисляться алюминий (анод).



На катодных участках одновременно протекают процессы восстановления воды и растворённых в воде молекул кислорода.

Таким образом, коррозия металла зависит от того, соприкасается он или нет с каким-нибудь другим металлом и каким именно. Коррозия резко усиливается, если металл соприкасается с менее активным металлом, т. е. расположенным в электрохимическом ряду напряжения металлов правее его. Но коррозия резко замедляется, если он соприкасается с более активным металлом, т. е. расположенным левее его в электрохимическом

ком ряду напряжения металлов. Чем больше различаются по химической активности два соприкасающихся металла, тем сильнее подвергается коррозии более активный из них и тем надёжнее защищён от коррозии второй, менее активный металл.

Данный опыт позволяет качественно оценить процессы коррозии и подготовить учащихся к осознанному пониманию способов защиты от неё. Отметим, что школьников полезно привлечь к закладке описанных опытов (лучше всего за неделю до изучения темы) и наблюдению за изменениями, происходящими в результате коррозии металлов.

Коррозионные процессы можно охарактеризовать не только качественно, но и количественно, с помощью количественных показателей коррозии. На факультативных занятиях, во внеклассной работе и в ходе организуемой в большинстве школ учебно-исследовательской деятельности учащихся можно провести эксперимент по изучению этих показателей.

Скорость коррозии зависит от множества одновременно действующих факторов: природа самого материала, его состав, структура, состояние поверхности, а также состав агрессивной среды и условия протекания процесса (давление, температура и др.). Её можно выразить различными способами. Наиболее часто используются массовый и глубинный (линейный) показатели.

Массовый показатель ( $K_{\text{масс}}$ ) скорости коррозии представляет собой потерю массы металла ( $\Delta m$ ) в единицу времени ( $t$ ), отнесённую к единице площади поверхности ( $S$ ) испытуемого образца:

$$K_{\text{масс}} = \frac{\Delta m}{tS} \text{ (г/м}^2\text{·сут)}.$$

Глубинный показатель ( $\Pi$ ) скорости коррозии характеризует среднюю глубину ( $h$ ) разрушения металла в единицу времени ( $t$ ):

$$\Pi = \frac{h}{t} \text{ (мм/год)}.$$

Выражение, устанавливающее связь между массовым и глубинным показателями скорости коррозии выглядит следующим образом (массовый показатель выражен в  $\text{г/м}^2\text{·сут}$ ; плотность металла в  $\text{кг/м}^3$ ; 365 — число дней в году):

$$\Pi = \frac{K_{\text{масс}} \cdot 365}{\rho}.$$

Тему исследовательской работы школьников можно сформулировать как определение скорости кислотной коррозии металлов и изучение влияния на неё различных факторов.

Цель данной работы — изучение условий возникновения коррозионных микроэлементов, влияния различных факторов на скорость электрохимической коррозии металлов и методов их защиты от коррозионных разрушений с помощью различных ингибиторов.

Для проведения работы необходимо следующее оборудование: коррозиометр (готовый или самодельный), секундомер, барометр, термометр, наждачная бумага, пинцет, линейка, леска, резиновая груша, стакан объёмом  $300 \text{ см}^3$ , пластинки цинка, железа и других металлов.

Следует приготовить реактивы: растворы кислот различной концентрации ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), растворы солей металлов  $\text{Me}^{n+}$  различной концентрации ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и др.); растворы органических ингибиторов коррозии (уротропин, формалин и др.); ацетон.

Работа выполняется в следующей последовательности.

1. *Подготовка металлической пластинки к эксперименту.* Пластинку металла зачищают наждачной бумагой, измеряют её длину, ширину и толщину. Через отверстие в пластинке продевают леску, с помощью которой её опускают в раствор ацетона, затем последовательно промывают водопроводной и дистиллированной водой. Аккуратно кладут пластинку на фильтровальную бумагу.

2. *Подготовка коррозиометра к работе.* Если в лаборатории есть готовый коррозиометр, его закрепляют в штативе, на крючок подвешивают подготовленную металлическую пластинку.

Если нет готового коррозиометра, его можно сделать самим. Для этого нужно взять бюретку (1), подобрать химическую воронку (6) таким образом, чтобы она плотно входила в её верхнюю часть. Расширенная часть воронки не должна быть маленькой, так как металлическая пластинка (3) при проведении опыта должна полностью в ней помещаться.

За узкую часть воронки нужно зацепить крючок (2) из пластмассы или изолированной проволоки. Затем воронку вместе с крючком следует вставить в верхнюю часть бюретки. Для достижения герметичности прибора место соединения бюретки и воронки заполняют разогретым на плитке парафином. Собранный прибор, аккуратно перевернув, необходимо закрепить в штативе и в таком виде использовать для работы.

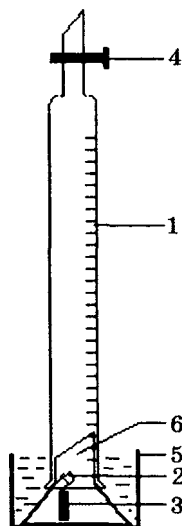


Рисунок 2 — Самодельный коррозиометр:  
1 — градуированная бюретка; 2 — крючок для подвешивания металлической пластинки; 3 — металлическая пластинка; 4 — соединительный кран;  
5 — стакан для раствора; 6 — химическая воронка

3. Измерение скорости взаимодействия металла с кислотой. Изготовленный коррозиометр опускают в стакан (5) с раствором кислоты до упора и с помощью груши заполняют бюретку выше нулевой отметки, закрывают кран (4). Когда уровень жидкости опустится до нулевого деления, включают секундомер и выполняют 10 измерений объёма выделившегося водорода с интервалом в одну минуту. Полученные данные заносят в таблицу 1.

4. Измерение скорости взаимодействия металла с кислотой в присутствии активатора или ингибитора коррозии. Коррозию металлической пластинки в присутствии веществ, ускоряющих её, и/или ингибиторов коррозии исследуют аналогичным образом. Для этого в раствор кислоты добавляют определённый объём активатора или ингибитора коррозии, выполняя опыт согласно пункту 3. Полученные данные заносят в таблицу 1.

Таблица 1 — Сводные результаты по изучению скорости кислотной коррозии

| № измерения                                                                         | Время измерения $(t)$ , мин | Объём выделившегося газа в момент времени $(V_t)$ , мл | Объём выделившегося газа (н. у.) $V_n(t)$ , мл | Скорость коррозии $(U)$ , мл/час | Потеря массы $(\Delta m)$ , г | Массовый показатель коррозии $(K_{\text{масс}})$ , $\text{г/м}^2 \cdot \text{сут}$ | Глубинный показатель коррозии $(\Pi)$ , мм/год | Эффект торможения, $(A)$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Взаимодействие металлической пластинки с кислотой без активатора или ингибитора     |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| 1                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                | —                        |
| 2                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| ...                                                                                 |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| Взаимодействие металлической пластинки с кислотой в присутствии активатора коррозии |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| 1                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                | —                        |
| 2                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| ...                                                                                 |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| Взаимодействие металлической пластинки с кислотой в присутствии ингибитора коррозии |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| 1                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| 2                                                                                   |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |
| ...                                                                                 |                             |                                                        |                                                |                                  |                               |                                                                                    |                                                |                          |

5. Выполнение расчётов.

а) Для более точных расчётов объём выделившегося газа в каждый момент времени  $(V_t)$  приводят к нормальным условиям (н. у.). При этом температуры газа и раствора считают равными температуре окружающего воздуха

(комнатная температура). Атмосферное давление измеряют с помощью барометра. Давление газа определяют по формуле:  $P = P_{\text{атм}} - P_{\text{H}_2\text{O}}$ , где  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  — давление насыщенного водяного пара над раствором, кПа; оно может быть условно равно давлению пара над водой (табл. 2).

Таблица 2 — Давление насыщенного пара воды при различных температурах

|                      |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>t</i> , °С        | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| <i>P</i> , мм рт.ст. | 12,79 | 13,63 | 14,53 | 15,48 | 16,48 | 17,53 |
| <i>t</i> , °С        | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    |
| <i>P</i> , мм рт.ст. | 18,65 | 19,83 | 21,07 | 22,38 | 23,76 | 25,21 |

Объём газа, приведённый к нормальным условиям, в каждый момент времени вычисляют по формуле:

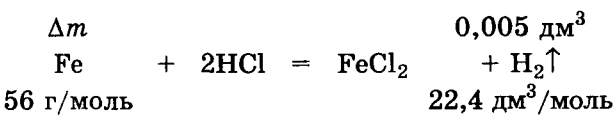
$$V_{н(t)} = \frac{273 \cdot (P_{атм} - P_{H_2O}) \cdot V_t}{(273 + t) \cdot 760},$$

где *t* — температура опыта, °С. Данные заносят в таблицу 1.

б) Вычисляют площадь поверхности металлической пластинки.

в) Зная объём выделившегося за 10 минут газа (н. у.), рассчитывают потерю массы ( $\Delta m$ ) пластинки (г) по уравнению реакции, характеризующему коррозионный процесс.

Например, при взаимодействии железной пластинки с соляной кислотой за 10 минут выделился водород объёмом 5 см<sup>3</sup> (0,005 дм<sup>3</sup>) (н. у.). Потерю массы ( $\Delta m$ ) железа находят по уравнению реакции, характеризующему коррозионный процесс.



$$\Delta m = \frac{0,005 \cdot 56}{22,4} = 0,0125 \text{ г.}$$

г) По формулам, приведённым выше, рассчитывают массовый и глубинный показатели скорости коррозии ( $\rho_{zn} = 7190 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{Fe} = 7800 \text{ кг/м}^3$ ).

д) В случае использования ингибитора коррозии рассчитывают один из основных показателей её процесса в присутствии ингибиторов — эффект торможения (*A*):

$$A = \frac{V_0}{V},$$

где *V*<sub>0</sub> — средний объём выделившегося водорода за 1 минуту в неингибированной среде; *V* — средний объём выделившегося водорода за 1 минуту в ингибированной среде.

6. Построение графиков, характеризующих скорость кислотной коррозии металлов. Строят графики зависимости объёма выделив-

шегося водорода от времени для следующих случаев: без активатора или ингибитора; в присутствии активатора; в присутствии ингибитора. Для наглядности графики следует располагать в одних осях координат (рис. 3). Построение графиков осуществляют с помощью компьютера в программе Microsoft Word или Microsoft Excel (вкладка Диаграмма).

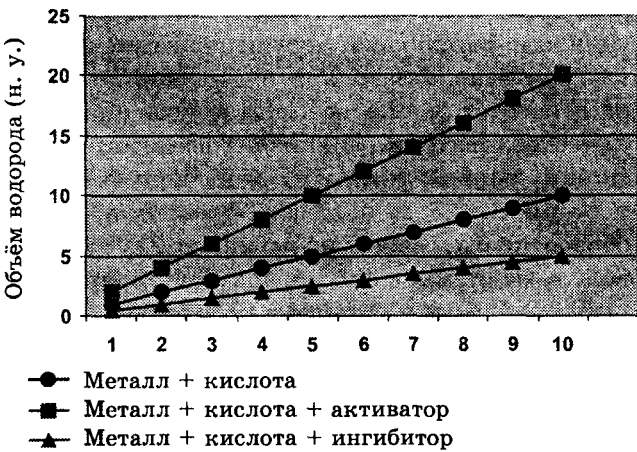


Рисунок 3 — Возможный вид графика, характеризующего скорость кислотной коррозии металла

График наглядно демонстрирует, как изменяется скорость коррозии при внесении в систему посторонних веществ.

По полученным расчётным и графическим данным учащиеся судят о влиянии посторонних веществ на процесс коррозии металлической пластинки.

Таким образом, отдельные вопросы физической химии, изучаемые в школьном курсе, могут рассматриваться более глубоко во внеклассной работе и при организации научно-исследовательской деятельности школьников по химии. Это способствует углублению знаний учащихся по этому предмету, формированию познавательного интереса к нему и установлению прямой и обратной связи в системе «урок — внеклассная работа — научно-исследовательская деятельность школьников».