

平成 31 年度長崎大学大学院工学研究科

博士前期課程 総合工学専攻一般入試

化学・物質工学コース 専門科目 A

無機化学

この分野の問題を選択する場合は左の枠内に○を付け、選択しない場合は×を付けること。

受験番号 _____

※用紙の 2 枚目以降には決して受験番号を記入しないこと。

この線の下には受験者は何も記入しないこと。

整理番号 _____

(無機化学の問題文は4ページ目以降にある。解答は、それぞれの問題用紙に記述すること。)

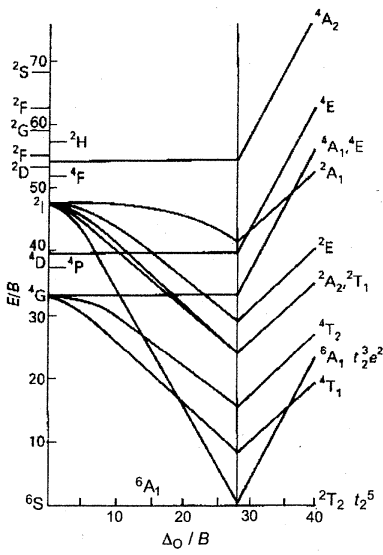
Periodic table of the elements and their relative atomic masses (adapted from IUPAC 1991 values)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 IA H 1.008 | 2 IIA He 4.003 | 3 IIIA Li 6.941 | 4 IIIA Be 9.012 | 5 IVA B 10.811 | 6 IVA C 12.011 | 7 VA N 14.007 | 8 VA O 15.999 | 9 VIA F 18.998 | 10 VIA Ne 20.180 | 11 VIA Na 22.990 | 12 VIA Mg 24.305 | 13 VIA Al 26.982 | 14 VIA Si 28.086 | 15 VIA P 30.974 | 16 VIA S 32.065 | 17 VIA Cl 35.453 | 18 VIA Ar 39.948 | 19 VIIA K 39.098 | 20 VIIA Ca 40.078 | 21 VIIA Sc 44.956 | 22 VIIA Ti 47.88 | 23 VIIA V 50.942 | 24 VIIA Cr 51.996 | 25 VIIA Mn 54.938 | 26 VIIA Fe 55.847 | 27 VIIA Co 58.933 | 28 VIIA Ni 58.693 | 29 VIIA Cu 63.546 | 30 VIIA Zn 65.39 | 31 VIIA Ga 68.723 | 32 VIIA Ge 72.61 | 33 VIIA As 74.922 | 34 VIIA Se 78.96 | 35 VIIA Br 79.904 | 36 VIIA Kr 83.80 | 37 VIIA Rb 85.468 | 38 VIIA Sr 87.62 | 39 VIIA Y 88.906 | 40 VIIA Zr 91.224 | 41 VIIA Nb 92.906 | 42 VIIA Mo 95.94 | 43 VIIA Tc (97.907) | 44 VIIA Ru 101.07 | 45 VIIA Rh 102.906 | 46 VIIA Pd 106.42 | 47 VIIA Ag 107.868 | 48 VIIA Cd 112.411 | 49 VIIA In 114.818 | 50 VIIA Sn 118.710 | 51 VIIA Sb 121.757 | 52 VIIA Te 127.60 | 53 VIIA I 126.904 | 54 VIIA Xe 131.29 | 55 VIIA Cs 132.905 | 56 VIIA Ba 137.327 | 57-71 VIIA La 138.906 | 72 VIIA Hf 178.49 | 73 VIIA Ta 180.948 | 74 VIIA W 183.84 | 75 VIIA Re 186.207 | 76 VIIA Os 190.23 | 77 VIIA Ir 192.22 | 78 VIIA Pt 195.08 | 79 VIIA Au 196.967 | 80 VIIA Hg 200.59 | 81 VIIA Tl 204.383 | 82 VIIA Pb 207.2 | 83 VIIA Bi 208.980 | 84 VIIA Po (208.982) | 85 VIIA At (208.987) | 86 VIIA Rn (222.018) | 87 VIIA Fr (223.020) | 88 VIIA Ra 226.025 | 89-103 VIIA Ac 227.028 | 104 VIIA Db (261.11) | 105 VIIA Jl (262.114) | 106 VIIA Fl (263.118) | 107 VIIA Bh (262.12) | 108 VIIA Hn (265) | 109 VIIA Mt (265) | 110 VIIA Ds (271) | 111 VIIA Rg (272) | 112 VIIA Uue (285) | 113 VIIA Uub (286) | 114 VIIA Uuq (289) | 115 VIIA Uup (290) | 116 VIIA Uuq (291) | 117 VIIA Uuh (293) | 118 VIIA Uuo (294) | 119 VIIA Uuq (296) | 120 VIIA Uuo (297) | 121 VIIA Uuq (299) | 122 VIIA Uuo (301) | 123 VIIA Uuq (304) | 124 VIIA Uuo (307) | 125 VIIA Uuq (310) | 126 VIIA Uuo (312) | 127 VIIA Uuq (315) | 128 VIIA Uuo (318) | 129 VIIA Uuq (321) | 130 VIIA Uuo (324) | 131 VIIA Uuq (327) | 132 VIIA Uuo (330) | 133 VIIA Uuq (333) | 134 VIIA Uuo (336) | 135 VIIA Uuq (339) | 136 VIIA Uuo (342) | 137 VIIA Uuq (345) | 138 VIIA Uuo (348) | 139 VIIA Uuq (351) | 140 VIIA Uuo (354) | 141 VIIA Uuq (357) | 142 VIIA Uuo (360) | 143 VIIA Uuq (363) | 144 VIIA Uuo (366) | 145 VIIA Uuq (369) | 146 VIIA Uuo (372) | 147 VIIA Uuq (375) | 148 VIIA Uuo (378) | 149 VIIA Uuq (381) | 150 VIIA Uuo (384) | 151 VIIA Uuq (387) | 152 VIIA Uuo (390) | 153 VIIA Uuq (393) | 154 VIIA Uuo (396) | 155 VIIA Uuq (399) | 156 VIIA Uuo (402) | 157 VIIA Uuq (405) | 158 VIIA Uuo (408) | 159 VIIA Uuq (411) | 160 VIIA Uuo (414) | 161 VIIA Uuq (417) | 162 VIIA Uuo (420) | 163 VIIA Uuq (423) | 164 VIIA Uuo (426) | 165 VIIA Uuq (429) | 166 VIIA Uuo (432) | 167 VIIA Uuq (435) | 168 VIIA Uuo (438) | 169 VIIA Uuq (441) | 170 VIIA Uuo (444) | 171 VIIA Uuo (447) | 172 VIIA Uuo (450) | 173 VIIA Uuo (453) | 174 VIIA Uuo (456) | 175 VIIA Uuo (459) | 176 VIIA Uuo (462) | 177 VIIA Uuo (465) | 178 VIIA Uuo (468) | 179 VIIA Uuo (471) | 180 VIIA Uuo (474) | 181 VIIA Uuo (477) | 182 VIIA Uuo (480) | 183 VIIA Uuo (483) | 184 VIIA Uuo (486) | 185 VIIA Uuo (489) | 186 VIIA Uuo (492) | 187 VIIA Uuo (495) | 188 VIIA Uuo (498) | 189 VIIA Uuo (501) | 190 VIIA Uuo (504) | 191 VIIA Uuo (507) | 192 VIIA Uuo (510) | 193 VIIA Uuo (513) | 194 VIIA Uuo (516) | 195 VIIA Uuo (519) | 196 VIIA Uuo (522) | 197 VIIA Uuo (525) | 198 VIIA Uuo (528) | 199 VIIA Uuo (531) | 200 VIIA Uuo (534) | 201 VIIA Uuo (537) | 202 VIIA Uuo (540) | 203 VIIA Uuo (543) | 204 VIIA Uuo (546) | 205 VIIA Uuo (549) | 206 VIIA Uuo (552) | 207 VIIA Uuo (555) | 208 VIIA Uuo (558) | 209 VIIA Uuo (561) | 210 VIIA Uuo (564) | 211 VIIA Uuo (567) | 212 VIIA Uuo (570) | 213 VIIA Uuo (573) | 214 VIIA Uuo (576) | 215 VIIA Uuo (579) | 216 VIIA Uuo (582) | 217 VIIA Uuo (585) | 218 VIIA Uuo (588) | 219 VIIA Uuo (591) | 220 VIIA Uuo (594) | 221 VIIA Uuo (597) | 222 VIIA Uuo (600) | 223 VIIA Uuo (603) | 224 VIIA Uuo (606) | 225 VIIA Uuo (609) | 226 VIIA Uuo (612) | 227 VIIA Uuo (615) | 228 VIIA Uuo (618) | 229 VIIA Uuo (621) | 230 VIIA Uuo (624) | 231 VIIA Uuo (627) | 232 VIIA Uuo (630) | 233 VIIA Uuo (633) | 234 VIIA Uuo (636) | 235 VIIA Uuo (639) | 236 VIIA Uuo (642) | 237 VIIA Uuo (645) | 238 VIIA Uuo (648) | 239 VIIA Uuo (651) | 240 VIIA Uuo (654) | 241 VIIA Uuo (657) | 242 VIIA Uuo (660) | 243 VIIA Uuo (663) | 244 VIIA Uuo (666) | 245 VIIA Uuo (669) | 246 VIIA Uuo (672) | 247 VIIA Uuo (675) | 248 VIIA Uuo (678) | 249 VIIA Uuo (681) | 250 VIIA Uuo (684) | 251 VIIA Uuo (687) | 252 VIIA Uuo (690) | 253 VIIA Uuo (693) | 254 VIIA Uuo (696) | 255 VIIA Uuo (699) | 256 VIIA Uuo (702) | 257 VIIA Uuo (705) | 258 VIIA Uuo (708) | 259 VIIA Uuo (711) | 260 VIIA Uuo (714) | 261 VIIA Uuo (717) | 262 VIIA Uuo (720) | 263 VIIA Uuo (723) | 264 VIIA Uuo (726) | 265 VIIA Uuo (729) | 266 VIIA Uuo (732) | 267 VIIA Uuo (735) | 268 VIIA Uuo (738) | 269 VIIA Uuo (741) | 270 VIIA Uuo (744) | 271 VIIA Uuo (747) | 272 VIIA Uuo (750) | 273 VIIA Uuo (753) | 274 VIIA Uuo (756) | 275 VIIA Uuo (759) | 276 VIIA Uuo (762) | 277 VIIA Uuo (765) | 278 VIIA Uuo (768) | 279 VIIA Uuo (771) | 280 VIIA Uuo (774) | 281 VIIA Uuo (777) | 282 VIIA Uuo (780) | 283 VIIA Uuo (783) | 284 VIIA Uuo (786) | 285 VIIA Uuo (789) | 286 VIIA Uuo (792) | 287 VIIA Uuo (795) | 288 VIIA Uuo (798) | 289 VIIA Uuo (801) | 290 VIIA Uuo (804) | 291 VIIA Uuo (807) | 292 VIIA Uuo (810) | 293 VIIA Uuo (813) | 294 VIIA Uuo (816) | 295 VIIA Uuo (819) | 296 VIIA Uuo (822) | 297 VIIA Uuo (825) | 298 VIIA Uuo (828) | 299 VIIA Uuo (831) | 300 VIIA Uuo (834) | 301 VIIA Uuo (837) | 302 VIIA Uuo (840) | 303 VIIA Uuo (843) | 304 VIIA Uuo (846) | 305 VIIA Uuo (849) | 306 VIIA Uuo (852) | 307 VIIA Uuo (855) | 308 VIIA Uuo (858) | 309 VIIA Uuo (861) | 310 VIIA Uuo (864) | 311 VIIA Uuo (867) | 312 VIIA Uuo (870) | 313 VIIA Uuo (873) | 314 VIIA Uuo (876) | 315 VIIA Uuo (879) | 316 VIIA Uuo (882) | 317 VIIA Uuo (885) | 318 VIIA Uuo (888) | 319 VIIA Uuo (891) | 320 VIIA Uuo (894) | 321 VIIA Uuo (897) | 322 VIIA Uuo (900) | 323 VIIA Uuo (903) | 324 VIIA Uuo (906) | 325 VIIA Uuo (909) | 326 VIIA Uuo (912) | 327 VIIA Uuo (915) | 328 VIIA Uuo (918) | 329 VIIA Uuo (921) | 330 VIIA Uuo (924) | 331 VIIA Uuo (927) | 332 VIIA Uuo (930) | 333 VIIA Uuo (933) | 334 VIIA Uuo (936) | 335 VIIA Uuo (939) | 336 VIIA Uuo (942) | 337 VIIA Uuo (945) | 338 VIIA Uuo (948) | 339 VIIA Uuo (951) | 340 VIIA Uuo (954) | 341 VIIA Uuo (957) | 342 VIIA Uuo (960) | 343 VIIA Uuo (963) | 344 VIIA Uuo (966) | 345 VIIA Uuo (969) | 346 VIIA Uuo (972) | 347 VIIA Uuo (975) | 348 VIIA Uuo (978) | 349 VIIA Uuo (981) | 350 VIIA Uuo (984) | 351 VIIA Uuo (987) | 352 VIIA Uuo (990) | 353 VIIA Uuo (993) | 354 VIIA Uuo (996) | 355 VIIA Uuo (999) | 356 VIIA Uuo (1002) | 357 VIIA Uuo (1005) | 358 VIIA Uuo (1008) | 359 VIIA Uuo (1011) | 360 VIIA Uuo (1014) | 361 VIIA Uuo (1017) | 362 VIIA Uuo (1020) | 363 VIIA Uuo (1023) | 364 VIIA Uuo (1026) | 365 VIIA Uuo (1029) | 366 VIIA Uuo (1032) | 367 VIIA Uuo (1035) | 368 VIIA Uuo (1038) | 369 VIIA Uuo (1041) | 370 VIIA Uuo (1044) | 371 VIIA Uuo (1047) | 372 VIIA Uuo (1050) | 373 VIIA Uuo (1053) | 374 VIIA Uuo (1056) | 375 VIIA Uuo (1059) | 376 VIIA Uuo (1062) | 377 VIIA Uuo (1065) | 378 VIIA Uuo (1068) | 379 VIIA Uuo (1071) | 380 VIIA Uuo (1074) | 381 VIIA Uuo (1077) | 382 VIIA Uuo (1080) | 383 VIIA Uuo (1083) | 384 VIIA Uuo (1086) | 385 VIIA Uuo (1089) | 386 VIIA Uuo (1092) | 387 VIIA Uuo (1095) | 388 VIIA Uuo (1098) | 389 VIIA Uuo (1101) | 390 VIIA Uuo (1104) | 391 VIIA Uuo (1107) | 392 VIIA Uuo (1110) | 393 VIIA Uuo (1113) | 394 VIIA Uuo (1116) | 395 VIIA Uuo (1119) | 396 VIIA Uuo (1122) | 397 VIIA Uuo (1125) | 398 VIIA Uuo (1128) | 399 VIIA Uuo (1131) | 400 VIIA Uuo (1134) | 401 VIIA Uuo (1137) | 402 VIIA Uuo (1140) | 403 VIIA Uuo (1143) | 404 VIIA Uuo (1146) | 405 VIIA Uuo (1149) | 406 VIIA Uuo (1152) | 407 VIIA Uuo (1155) | 408 VIIA Uuo (1158) | 409 VIIA Uuo (1161) | 410 VIIA Uuo (1164) | 411 VIIA Uuo (1167) | 412 VIIA Uuo (1170) | 413 VIIA Uuo (1173) | 414 VIIA Uuo (1176) | 415 VIIA Uuo (1179) | 416 VIIA Uuo (1182) | 417 VIIA Uuo (1185) | 418 VIIA Uuo (1188) | 419 VIIA Uuo (1191) | 420 VIIA Uuo (1194) | 421 VIIA Uuo (1197) | 422 VIIA Uuo (1200) | 423 VIIA Uuo (1203) | 424 VIIA Uuo (1206) | 425 VIIA Uuo (1209) | 426 VIIA Uuo (1212) | 427 VIIA Uuo (1215) | 428 VIIA Uuo (1218) | 429 VIIA Uuo (1221) | 430 VIIA Uuo (1224) | 431 VIIA Uuo (1227) | 432 VIIA Uuo (1230) | 433 VIIA Uuo (1233) | 434 VIIA Uuo (1236) | 435 VIIA Uuo (1239) | 436 VIIA Uuo (1242) | 437 VIIA Uuo (1245) | 438 VIIA Uuo (1248) | 439 VIIA Uuo (1251) | 440 VIIA Uuo (1254) | 441 VIIA Uuo (1257) | 442 VIIA Uuo (1260) | 443 VIIA Uuo (1263) | 444 VIIA Uuo (1266) | 445 VIIA Uuo (1269) | 446 VIIA Uuo (1272) | 447 VIIA Uuo (1275) | 448 VIIA Uuo (1278) | 449 VIIA Uuo (1281) | 450 VIIA Uuo (1284) | 451 VIIA Uuo (1287) | 452 VIIA Uuo (1290) | 453 VIIA Uuo (1293) | 454 VIIA Uuo (1296) | 455 VIIA Uuo (1299) | 456 VIIA Uuo (1302) | 457 VIIA Uuo (1305) | 458 VIIA Uuo (1308) | 459 VIIA Uuo (1311) | 460 VIIA Uuo (1314) | 461 VIIA Uuo (1317) | 462 VIIA Uuo (1320) | 463 VIIA Uuo (1323) | 464 VIIA Uuo (1326) | 465 VIIA Uuo (1329) | 466 VIIA Uuo (1332) | 467 VIIA Uuo (1335) | 468 VIIA Uuo (1338) | 469 VIIA Uuo (1341) | 470 VIIA Uuo (1344) | 471 VIIA Uuo (1347) | 472 VIIA Uuo (1350) | 473 VIIA Uuo (1353) | 474 VIIA Uuo (1356) | 475 VIIA Uuo (1359) | 476 VIIA Uuo (1362) | 477 VIIA Uuo (1365) | 478 VIIA Uuo (1368) | 479 VIIA Uuo (1371) | 480 VIIA Uuo (1374) | 481 VIIA Uuo (1377) | 482 VIIA Uuo (1380) | 483 VIIA Uuo (1383) | 484 VIIA Uuo (1386) | 485 VIIA Uuo (1389) | 486 VIIA Uuo (1392) | 487 VIIA Uuo (1395) | 488 VIIA Uuo (1398) | 489 VIIA Uuo (1401) | 490 VIIA Uuo (1404) | 491 VIIA Uuo (1407) | 492 VIIA Uuo (1410) | 493 VIIA Uuo (1413) | 494 VIIA Uuo (1416) | 495 VIIA Uuo (1419) | 496 VIIA Uuo (1422) | 497 VIIA Uuo (1425) | 498 VIIA Uuo (1428) | 499 VIIA Uuo (1431) | 500 VIIA Uuo (1434) | 501 VIIA Uuo (1437) | 502 VIIA Uuo (1440) | 503 VIIA Uuo (1443) | 504 VIIA Uuo (1446) | 505 VIIA Uuo (1449) | 506 VIIA Uuo (1452) | 507 VIIA Uuo (1455) | 508 VIIA Uuo (1458) | 509 VIIA Uuo (1461) | 510 VIIA Uuo (1464) | 511 VIIA Uuo (1467) | 512 VIIA Uuo (1470) | 513 VIIA Uuo (1473) | 514 VIIA Uuo (1476) | 515 VIIA Uuo (1479) | 516 VIIA Uuo (1482) | 517 VIIA Uuo (1485) | 518 VIIA Uuo (1488) | 519 VIIA Uuo (1491) | 520 VIIA Uuo (1494) | 521 VIIA Uuo (1497) | 522 VIIA Uuo (1500) | 523 VIIA Uuo (1503) | 524 VIIA Uuo (1506) | 525 VIIA Uuo (1509) | 526 VIIA Uuo (1512) | 527 VIIA Uuo (1515) | 528 VIIA Uuo (1518) | 529 VIIA Uuo (1521) | 530 VIIA Uuo (1524) | 531 VIIA Uuo (1527) | 532 VIIA Uuo (1530) | 533 VIIA Uuo (1533) | 534 VIIA Uuo (1536) | 535 VIIA Uuo (1539) | 536 VIIA Uuo (1542) | 537 VIIA Uuo (1545) | 538 VIIA Uuo (1548) | 539 VIIA Uuo (1551) | 540 VIIA Uuo (1554) | 541 VIIA Uuo (1557) | 542 VIIA Uuo (1560) | 543 VIIA Uuo (1563) | 544 VIIA Uuo (1566) | 545 VIIA Uuo (1569) | 546 VIIA Uuo (1572) | 547 VIIA Uuo (1 |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|

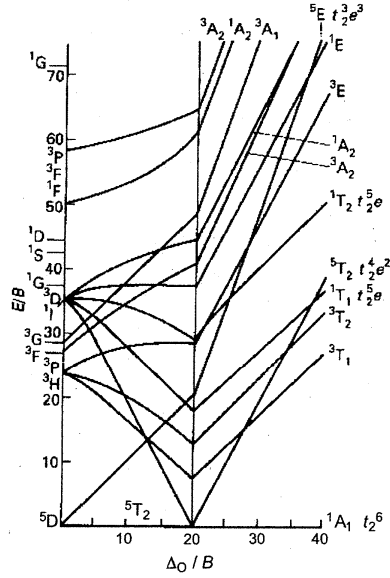
(無機化学の問題文は4ページ目以降にある。解答は、それぞれの問題用紙に記述すること。)

田辺-菅野ダイアグラム

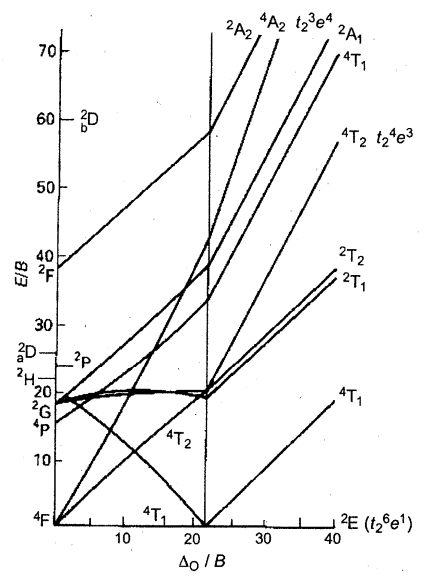
d^5 with $C = 4.477B$



d^6 with $C = 4.8B$



d^7 with $C = 4.633B$



問1. 以下の問に答えよ。

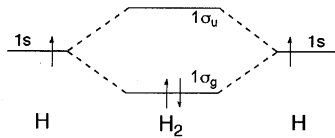
【1-A】7つの結晶系のうち、正方晶について、軸 (a, b, c) の長さの関係、軸のなす角度 (α, β, γ) の関係を説明せよ。また、対応する2種類 (単純, 体心) のブラベー格子を格子点の位置を明記して図示せよ。

【1-B】立方最密充填構造の単位格子を、各層 (A, B と C 層) 面に存在する原子が区別できるように異なる表記方法を用いて図示せよ。ただし、図を見やすくするために、原子と原子が接するように描く必要は無く、単位格子中の格子点の位置と層の種類がわかるように工夫して描くこと。

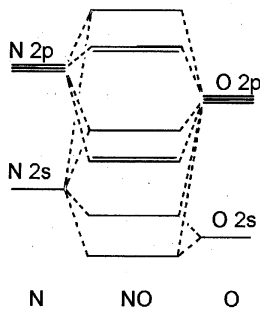
【1-C】同一半径 r の球 (剛体球) で、立方最密充填構造の単位格子を形成した場合、単位格子中の四面体間隙の位置をすべて図示せよ。また、この四面体間隙にちょうど入る球の半径 r_b を、 r を用いて表せ。なお、 r の係数の有効数字は3桁で答えよ。

問2. 次の4種類の二原子からなる化学種 O_2^+ (1), BN (2), NO^+ (3), N_2 (4) に関する以下の間に答えよ。

【2-A】水素分子のエネルギー準位図にならって，化学種 1~4 のエネルギー準位図を作成し，最も安定な電子配置を図中にそれぞれ記入せよ。また，その準位図の各軌道に，対称性を示す適切な略称を記せ。ただし， NO の分子軌道エネルギー準位図は下図のようになり， BN (2) も類似した準位図になるものとする。



水素分子のエネルギー準位図と
最も安定な電子配置



NO の分子軌道エネルギー準位図

【2-B】化学種 1~4 の不対電子数と結合次数を記せ。

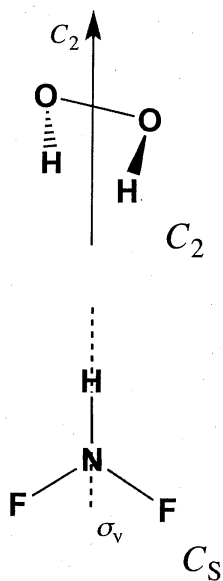
問3. PCl_5 (1), I_3^- (2), XeF_4 (3) に関する以下の間に答えよ。解答スペースが不足する場合は、この用紙の裏面にも記述してよい。

【3-A】1つの分子またはイオンにおいて、エネルギーが最も低いルイス構造は、原子上の形式電荷が最も少なく、電気陰性度の大きい原子に負の形式電荷が、電気陰性度の小さい原子に正の形式電荷が割り当てられるような構造である。1~3の分子またはイオンについて、最もエネルギーが低いと考えられるルイス構造を記せ。

【3-B】1~3の分子またはイオンの立体構造（八面体形、平面四角形など）を、原子価殻電子対反発モデル（VSEPRモデル）から推定せよ。また、その理由も簡潔に記せ。

【3-C】1~3の分子またはイオンの立体構造を図示し、例にならってその図に対称要素を書き込め。また、1~3が属する点群として適切なものを別紙に掲げた指標表の中から選び、シェーンフリースの記号（例えば C_2 ）で答えよ。

例



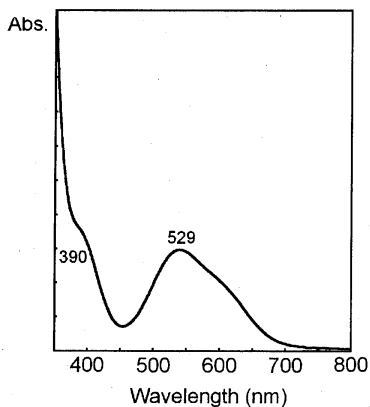
問4. $\text{CoCl}_3(\text{en})_2$ および $\text{CoCl}_3(\text{en})_3$ の組成を持つ六配位八面体型錯体に関する以下の間に答えよ。なお、en はエチレンジアミンの略号を表す。

【4-A】 $\text{CoCl}_3(\text{en})_2$ (**1**) では2種類の幾何異性体 **A**, **B** が存在し、さらに異性体 **B** には光学異性体が存在する。また、 $\text{CoCl}_3(\text{en})_3$ (**2**) には光学異性体のみが存在する。化合物 **1** および **2** の名称（日本語または英語）と化学式を記せ。また、**1** および **2** のすべての異性体の構造を描き、それぞれの異性体を区別する名称または記号を記せ。

【4-B】 気相中における遷移金属原子の自由イオンの d 軌道は5重に縮退しているが、遷移金属イオンが八面体配位子場に置かれると、d 軌道は配位子場分裂を生じる。低スピン錯体 **2** の d 電子配置、配位子場安定化エネルギー (LFSE) の大きさ（絶対値）および有効磁気モーメント (μ_{eff}) の推定値を例にならって記せ。

例： 電子配置： t_{2g}^1 ； LFSE = $0.4 \Delta_o$ ； $\mu_{\text{eff}} = \sqrt{3} \mu_B$

【4-C】 化合物 **1** の幾何異性体 **B** の紫外可視吸収スペクトルを図に示す。吸収スペクトルを帰属する際、異性体 **B** は低スピンの正八面体型錯体に近似される。別紙に掲げた指標表と田辺-菅野ダイアグラムを参考にして、異性体 **B** の紫外可視吸収スペクトルの2つの遷移 ($\lambda_{\text{max}} = 390 \text{ nm}$, 529 nm ; スピン許容) を帰属せよ。なお、解答には、指標表と田辺-菅野ダイアグラムから読み取った情報を記すとともに、これらの情報をもとにして異性体 **B** の基底電子配置と基底項を導く過程を記述せよ。



異性体 **B** の紫外可視吸収スペクトル

問5. 以下の問に答えよ。

【5-A】以下の金属錯体について、それぞれの構造式を描き、中心金属が18電子則にしたがっているかどうかを、計算の過程を示して説明せよ。また、中心金属の形式酸化数を答えよ。

| (a) $[\text{MnCl}(\text{CO})_5]$ | (b) $\text{trans}-[\text{Pd}(\text{Ph})_2(\text{PPh}_3)_2]$ | (c) $[\text{Ni}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta^3\text{-C}_3\text{H}_5)]$ |
|----------------------------------|---|---|
| 形式酸化数 構造式 | 形式酸化数 構造式 | 形式酸化数 構造式 |
| 計算の過程 | 計算の過程 | 計算の過程 |

【5-B】 i) 平面型白金錯体 $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ に NH_3 を1当量加え錯体 **A** を得た。錯体 **A** にさらに1当量の NH_3 を反応させたところ、シス錯体 **B** を得た。錯体 **B** の構造式を描け。
 ii) $\text{trans}-[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{py})_2]^{2+}$ (py = ピリジン) に Cl^- を1当量ずつ順次反応させたところ、 $\text{trans}-[\text{PtCl}_2(\text{py})_2]$ が生成した。以上の結果から、3つの配位子(NH_3 , Cl^- , py)のトランス効果の大きさの順を、不等号を用いて示せ。

i) 錯体Bの構造式

ii) トランス効果の大きさの順

問6. 金属とオレフィンの結合様式は、Dewar-Chatt-Duncansonモデルで説明される。このモデルを説明する下記文中の 欄に、適切な語句を下記の選択肢から選び記入せよ。また、この結合様式を図で示せ。

オレフィンの (ア) 結合の電子密度が金属原子の空の軌道に供与されて (イ) 結合を形成する。この相互作用と同時に、金属原子の満たされた (ウ) 軌道の電子密度がオレフィンの空の (エ) 軌道へ逆供与されることにより (オ) 結合を生じる。

選択肢 : s, p, d, σ , π , δ , σ^* , π^* , δ^*

(ア) : _____
 (イ) : _____
 (ウ) : _____
 (エ) : _____
 (オ) : _____

結合様式を図

問7. 分子内の C-H 結合の酸化的付加反応は、シクロメタル化反応として知られている。ルテニウム錯体 $[\text{Ru}(\text{PMe}_3)_4]$ がシクロメタル化した生成物の構造式を描け。