

Úlohy 1. kola 36. ročníku fyzikální olympiády

Kategorie A

1. Kruhový prstenec o poloměru R zhotovený z tenkého drátu je umístěn ve vodorovné rovině. Na prstenci je rovnoměrně rozložen kladný náboj Q . Částice s kladným nábojem q se pohybuje po svislé přímce procházející středem prstence.
 - (a) Jak závisí velikost výsledné elektrické síly, která působí na částici, na vzdálenosti h částice od roviny prstence? Ve které vzdálenosti je maximální?
 - (b) Může se částice vznášet v rovnovážné poloze ve výšce $h = R$ nad rovinou prstence? Odůvodněte. Jaká je v tomto případě její hmotnost?

Řešte nejprve obecně, pak určete hmotnost částice pro hodnoty $Q = 1 \mu\text{C}$, $q = 10 \text{ nC}$, $R = 10 \text{ cm}$, $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$. Aerostatický vztlak zanedbáváme, relativní permitivitu vzduchu položte rovnu 1.

2. Centrovaná optická soustava je tvořena dvěma stejnými tenkými čočkami, jejichž středy jsou ve vzájemné vzdálenosti 5,0 cm. Předmět vysoký 10,0 mm umístěný ve vzdálenosti 3,0 cm před první čočkou je celou soustavou zobrazen ve vzdálenosti 6,0 cm za druhou čočkou.
 - (a) Jaká je ohnisková vzdálenost čoček?
 - (b) Jaké jsou vlastnosti obrazu?
 - (c) Nakreslete celou situaci a vyznačte chod některých světelných paprsků.
3. V elektrickém obvodu je zařazen generátor harmonického střídavého napětí o frekvenci f . K němu je sériově zapojen kondenzátor o kapacitě C a cívka, jejíž indukčnost se dá měnit pohybem jádra. Odpor (rezistanci) cívky lze zanedbat. Efektivní hodnota svorkového napětí nezatíženého generátoru je U ; generátor má vnitřní odpor R_i .
 - (a) Určete indukčnost L_1 cívky při které nastane rezonance a obvodem bude procházet maximální proud.
 - (b) Určete, jaké napětí U_{Lrc} bude při rezonanci na cívce.
 - (c) Určete indukčnost L_2 , při které bude na cívce maximální efektivní hodnota napětí U_{Lmax} .
 - (d) Určete U_{Lmax} .

- (e) Nakreslete grafy závislosti efektivní hodnoty napětí U_L na cívce a proudu I , který prochází obvodem, na indukčnosti cívky L .
- (f) Jaké se změní výsledky v části b), jestliže vinutí cívky má odpor R' ?

Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: $U = 2,0 \text{ V}$, $f = 200 \text{ Hz}$,
 $R_i = 50 \Omega$, $C = 4,0 \mu\text{F}$, $R' = 2,5 \Omega$.

4. Uzavřená válcová nádoba s vodorovným dnem o poloměru R a výšce H byla naplněna vodou do výše $h_0 = H/4$ a potom uvedena okolo svislé osy souměrnosti do otáčivého pohybu, jehož frekvence se velmi pomalu zvětšuje.

- (a) Jaký tvar zaujme hladina vody? Odpověď zdůvodněte.
- (b) Při které frekvenci otáčení f_1 se hladina dotkne dna?
- (c) Jak závisí výška okraje hladiny na frekvenci, jestliže $f < f_1$?
- (d) Jak závisí výška okraje hladiny na frekvenci, jestliže $f > f_1$?
- (e) Při které frekvenci f_2 dosáhne okraj hladiny výšky H ?
- (f) Závislost výšky okraje hladiny na frekvenci znázorněte graficky.

5. Hmotný bod o klidové hmotnosti m_0 , který byl v klidu a na který působí stálá síla F , se pohybuje rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem, dokud dosažená rychlost je mnohem menší než rychlost světla ve vakuu.

- (a) Odvoďte relativistické vztahy vyjadřující závislost rychlosti a dráhy na čase, které platí i při velkých rychlostech.
- (b) Přesvědčte se, že při malých rychlostech vedou relativistické vztahy ke stejným výsledkům jako vzorce klasické fyziky.
- (c) Sestrojte grafy rychlosti a dráhy elektronu s nulovou počáteční rychlostí, který ve vakuu v homogenním elektrickém poli o intenzitě $|\mathbf{E}| = 1,00 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ proletěl dráhu $L = 2 \text{ m}$.

6. Praktická úloha

Teorie

Při dostatečně malých proudových hustotách a teplotách v intervalu 250 K až 350 K je závislost napětí přechodu PN diody, zapojené v propustném směru, na teplotě a na procházejícím proudu vyjádřena vztahem

$$U = U_0 - AT + BT \ln\{I\}, \quad (1)$$

kde U_0 , A , B jsou konstanty dané materiálem a provedením přechodu PN, $\{I\}$ je číselná hodnota proudu a T je absolutní teplota. Je-li proud konstantní, napětí s rostoucí teplotou lineárně klesá.

Zobrazíme-li závislost napětí na teplotě v nějakém intervalu $\langle T_1, T_2 \rangle$ při různých hodnotách konstantního proudu volených v intervalu $\langle I_1, I_2 \rangle$, dostaneme soustavu lineárních grafů, omezených čtyřúhelníkem EFGH (obr. .1). Konstanty U_0 , A , B můžeme určit, známe-li hodnoty veličin I a T odpovídající bodům E, F, G. Dostaneme soustavu lineárních rovnic

$$\begin{aligned} U_0 - A T_1 + B T_1 \ln\{I_1\} &= U_E, \\ U_0 - A T_2 + B T_2 \ln\{I_1\} &= U_F, \\ U_0 - A T_2 + B T_2 \ln\{I_2\} &= U_G. \end{aligned} \quad (2)$$

Jejím řešením dostáváme

$$B = \frac{U_G - U_F}{T_2(\ln\{I_2\} - \ln\{I_1\})} = \frac{U_G - U_F}{T_2 \frac{\{I_2\}}{\{I_1\}}}, \quad (3)$$

$$A = \frac{U_E - U_F}{T_2 - T_1} + B \ln\{I_1\}, \quad (4)$$

$$U_0 = U_E + A T_1 - B T_1 \ln\{I_1\}. \quad (5)$$

Úkol:

- Řešením soustavy (2) odvoďte vztahy (3), (4), (5).
- Určete závislost napětí mezi svorkami usměrňovací diody KY 708 (případně jiné diody obdobného typu) na teplotě z intervalu $t_1 = 0^\circ\text{C}$ až $t_2 = 70^\circ\text{C}$ (zvolte alespoň pět teplot) při čtyřech různých hodnotách konstantního proudu v intervalu $I_1 = 10\ \mu\text{A}$ až $I_2 = 10\ \text{mA}$. Získané výsledky zobrazte graficky podle obr. A1.
- Z naměřených hodnot stanovte konstanty U_0 , A , B ve vztahu (1).
- Dosazením hodnot $T = T_1$, $I = I_1$ do vztahu (1) vypočtete napětí odpovídající bodu H v obr. A1 a vypočtenou hodnotu porovnejte s hodnotou naměřenou.
- Pro každou z teplot, při kterých jste měřili, sestrojte do společného grafu voltampérovou charakteristiku diody.

Pomůcky: napájecí zdroj, dioda KY 708, termoska, teploměr, voltmetr, miliampérmetr, potenciometry.

Poznámky k provedení úlohy: Diodu KZ 708 vložíme do izolační trubičky (vhodné je např. pouzdro od středoobsahové kuličkové psací vložky 4444) a spolu s teploměrem zasuneme do termosky s vodou. Měříme v zapojení podle obr. A2, kde použijeme digitální voltmetr s velkým vstupním odporem (např. PU 510) a pokud možno i digitální miliampérmetr. Naměřené hodnoty zapisujeme do tabulky. Postupujeme po sloupcích, měříme tedy při

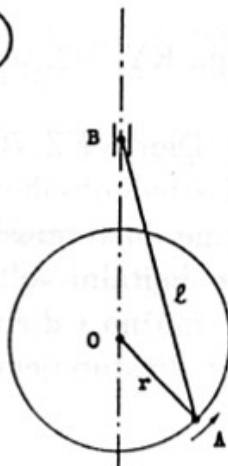
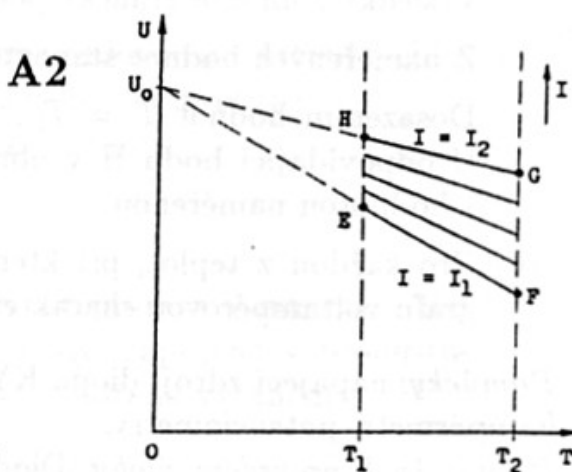
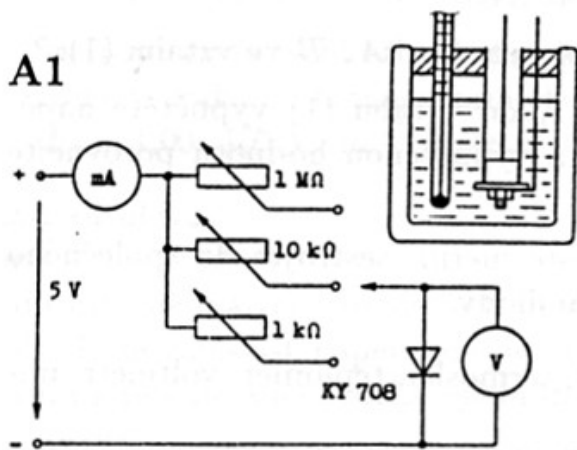
1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 26

		$t/^{\circ}\text{C}$					
I/mA							U/V
		T/K					

- Řešte obecně a pro hodnoty $r = 5.0 \text{ cm}$, $l = 12.0 \text{ cm}$, $f = 10.0 \text{ s}^{-1}$.
Rovnici, ke které dojdete v části c) řešte jen numericky pro dané hodnoty.

Rovnici, ke které dojdete v části c) řešte jen numericky pro dané hodnoty.

Rovnici, ke které dojdete v části c) řešte jen numericky pro dané hodnoty.



A3