ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ,
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ И
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Задаци за републичко такмичење из физике
ученика средњих школа
школске 2000/2001. године
IV разред

Теоријски задаци

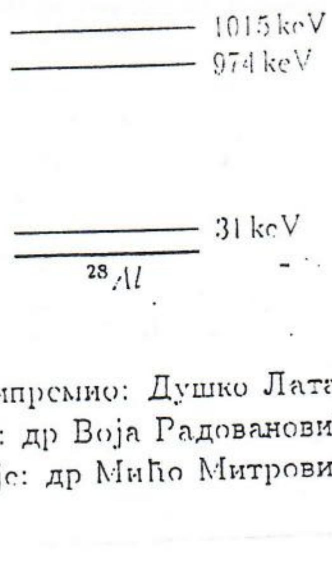
1. Писац научне фантастике Р. А. Хајнлајн описао је сателит којег је назвао "небеска удица". Овај сателит је заправо дугачко уже, постављено у орбиту на Екватору, поравнато са радијусом из центра Земље. Уже се креће тако што лебди у простору изнад фиксне тачке на Екватору. Доњи слободни крај ужета налази се непосредно изнад површине Земље. Претпостављајући да је маса ужета равномерно распоређена по његовој дужини, наћи колика је дужина ужета. (15 п.)

2. Претпоставити да се облак састоји од честица водене паре у ваздуху (униформно распоређених, у миру) и размотрити вертикално падање капи кише кроз њега. Кишне капи сматрати куглицама воде, знатно већим од честица водене паре. Када се кап кише судари са честицама паре, долази до њиховог спајања, при чему се облик капи не мења. Показати да ће након довољно дугог времена капи кише падати константним убрзањем. Наћи то убрзање, ако је убрзање Земљине теже у облаку константно и једнако g. (25 п.)

3. Дате су две честице 1 и 2, једнаких маса мировања $m_1 = m_2 = M$. Честица 2 мирује, док честица 1 налеће на њу, са непознатим импулсом. Зна се само да при њиховом судару, који је апсолутно нееластичан, настаје нова честица 3, са масом kM ($k > 2$).

   а) Израчунати енергију и импулс честице 1. (10 п.)

   б) Наћи брзину система центра импулса честица 1 и 2, као и импулс честице 3 у односу на њега. (5 п.)



4. Танка алуминијумска мета (^{27}Al) бомбардована је снопом ..оноенергетских деутерона кинетичке енергије 2 MeV добије..их из Ван де Графовог акцелератора. Протони расејани под ..глом од 90° у односу на упадни правац снопа анализирани ..у енергетски магнетским спектрометром. На слици су прика..ане енергије три ексцитирана нивоа ^{28}Al. Одредити кинетичке ..нергије које имају четири групе протона ако се зна да је Q ..редност реакције $Q = 6.179$ MeV. (При израчунавању бројних ..редности користити апроксимацију $M_j(Z, A) = A \cdot$ ajm) (20 п.)

Задатке припремио: Душко Латас

Рецензент: др Воја Радовановић

Председник комисије: др Мићо Митровић

Експериментални задатак

Увод:

У јонизациону комору се доводи $\alpha-$радиоактивни гас ^{220}Rn. Алфа-честице које настају приликом распада радона врше јонизацију ваздуха јонизационе коморе и дају јонизациону струју, која се чита на амперметру. Током времена, долази до смањења броја честица радона, тако да се смањује и број $\alpha-$честица, а сразмерно са њиховим бројем и јонизациона струја.

Поступак у раду:

Када се у комору упумпа радон, струја на амперметру је већа од 90 mA. Причекамо неко време да струја опадне на 80 mA и тај тренутак назовемо почетним. Сваких 10 секунди бележимо показивање амперметра (12 мерења). Поступак се понавља пет пута.

Мерни инструменти:

Време се мери аналогним хронометром, чији је најмањи подеок 0.2 s. Струја се мери аналогним уређајем, класе $K = 1.5$. Амперметар има 100 подеока.

Мерење:

Прва четири мерења су извршена на опсегу 100 mA, а остала на опсегу 50 mA.

Резултати мерења:

t(s)	I_1(mA)	I_2(mA)	I_3(mA)	I_4(mA)	I_5(mA)
0.0	80	80	80	80	80
10.0	70	71	70	72	71
20.0	59	58	61	63	62
30.0	54	50	54	51	51
40.0	46.5	47.5	47.0	49.0	45.0
50.0	43.5	41.0	44.0	42.5	42.0
60.0	38.5	40.0	38.5	39.0	38.0
70.0	33.0	33.5	32.5	34.0	32.0
80.0	29.5	29.0	29.5	29.0	30.0
90.0	26.0	26.5	26.5	26.5	27.0
100.0	26.0	26.0	26.0	25.5	26.0
110.0	25.0	25.0	26.0	26.0	25.0

Задатак:

На основу података из табеле одредити период полураспада радона. (25 п.)

Задатак припремио: Душко Латас

Рецензент: мр Ђорђе Спасојевић

Председник комисије: др Мићо Митровић

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ,
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ И
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Решења задатака за републичко такмичење из физике
ученика средњих школа
школске 2000/2001. године
IV разред

1. Да би сателит остао у орбити, потребно је да се центрифугална сила његовог
орбиталног кретања изједначи са гравитационом силом, која на њега делује
$\int_R^{R+l} r\omega^2\lambda dr = \int_R^{R+l} \frac{GM}{r^2}\lambda dr$, где је λ маса јединице дужине ужета, а l је његова
дужина. Након интеграљења добија се $\frac{2GM}{\omega^2} = R(R+l)(2R+l)$. Решавајући ову
квадратну једначину по l, добија се да је њено позитивно решење тражена
дужина $l = \frac{1}{2}\left(-3R + \sqrt{R^2 + 8gR/\omega^2}\right)$.

2. Нека је ρ масена густина капи кише, а λ масена густина облака. Означимо
са $r(t)$, $M(t)$ и $v(t)$ радијус, масу и брзину капи кише респективно. Маса капи
је $M = 4\pi r^3\rho/3$, па је $\dot{M} = 4\pi r^2\dot{r}\rho = 3M\frac{\dot{r}}{r}$. Други израз за $\dot{M}$ се добија као
промена масе капи M у јединици времена услед проласка кроз облак $\dot{M} = \sigma v$,
где је $\sigma = \lambda\pi r^2$ ефикасни пресек за "лепљење" честица облака за кап кише.
Стога је $\dot{M} = \pi r^2 v\lambda$. Други Њутнов закон примењен на кап кише даје трећу
једначину $Mg = \frac{d}{dt}(Mv) = \dot{M}v + M\dot{v}$. Сад имамо три једначине у којима су
непознате функције r, M и v. Наш задатак је да нађемо $\dot{v}$ за велико t. Из
прве две једначине се добија да је $v = \frac{4\rho}{\lambda}\dot{r} \Rightarrow \dot{v} = \frac{4\rho}{\lambda}\ddot{r}$, па Други Њутнов закон
постаје $Mg = \left(3M\frac{\dot{r}}{r}\right)\left(\frac{4\rho}{\lambda}\dot{r}\right) + M\left(\frac{4\rho}{\lambda}\ddot{r}\right)$, или након сређивања $\frac{g\lambda}{\rho}r = 12\dot{r}^2 + 4r\ddot{r}$.
Претпоставимо да је за велике t: $r \propto t^n$. Лева страна последње једначине
се за далека времена понаша као t^n, а десна као t^{2n-2}, из чега закључујемо
да је $r \propto t^2$, тј. да је убрзање капи константно. Дакле, у касним временима
је $\ddot{r} = kg$, $\dot{r} = kgt$, $r = \frac{1}{2}kgt^2$, где је k фактор који се одређује из претходне
једначине и који износи $k = \lambda/28\rho$, тако да је тражено убрзање капи за велико
t једнако $\dot{v} = \frac{g}{7}$.

3. Користећи законе одржања енергије $E_1 + Mc^2 = E_3$ и импулса $p = p'$, као и
везу између енергије и имулса за честицу 1: $(E_1/c)^2 - p^2 = M^2c^2$ и за честицу
3: $(E_3/c)^2 - p'^2 = k^2M^2c^2$ добија се да је $E_1 = \frac{k^2-2}{2}Mc^2$. Импулс прве честице се
лако налази $p_1 = Mck\sqrt{(k/2)^2 - 1}$. У систему центра импулса (СЦИ) укупан
вектор импулса је нула. Брзина СЦИ је $u = \frac{p_1c^2}{E_1+E_2} = \frac{c}{k}\sqrt{k^2-4}$. Јасно је да су
енергија и импулс честице 3 у СЦИ $E_3^{SCI} = kMc$ и $\vec{p}_3^{SCI} = \vec{0}$.

4. Из закона одржања енергије и импулса добијају се следеће три једначинс:
$Q - \varepsilon_i = T_{28} + T_p - T_d$, $\sqrt{2m_dT_d} = \sqrt{2m_{28}T_{28}}\cos\varphi$ и $0 = \sqrt{2m_pT_p} - \sqrt{2m_{28}T_{28}}\sin\varphi$, где
индекс 28 означава изотоп ^{28}Al, p – протон, d – деутеријум, а ε_i је енергија
ексцитације i–тог нивоа ^{28}Al. Из горњих једначина добија се да је $Q - \varepsilon_i =$
$T_p^i(1 + m_p/m_{28}) - T_d(1 - m_d/m_{28})$ из чега се налазе кинетичке енергије протона
$T_p^0 = 7,76\,\mathrm{MeV}$, $T_p^1 = 7,73\,\mathrm{MeV}$, $T_p^2 = 6,82\,\mathrm{MeV}$ и $T_p^3 = 6,78\,\mathrm{MeV}$.

Експериментални задатак

Грешка за време се може узети између 0.3 и 0.5 s и та грешка је већа од најмањег подеока на хронометру (због субјективног доприноса). С друге стране, грешка која се чини при мерењу струје је $\Delta I_m = \Delta I_o + \Delta I_i$, где су ΔI_o – грешка очитавања са инструмента и износи пола подеока док је $\Delta I_i = \frac{K}{100}$ OPSEG – грешка изградње. K је класа уређаја и износи 1.5. Након четвртог мерења мења се опсег, тако да је за прва четири мерења $\Delta I_m^{(1)} = 2\,\mathrm{mA}$, а у осталим мерењима је грешка мерења струје $\Delta I_m^{(2)} = 1\,\mathrm{mA}$.

Закон радиоактивног распада је $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$, где је $\lambda = \ln 2/T_{1/2}$ константа радиоактивног распада, N број честица у тренутку t, а N_0 број честица на почетку мерења. Јонизациона струја $I(t)$ је сразмерна са бројем честица $N(t)$, па је $I(t) = I_0 \exp(-\lambda t)$. Линеаризација овог израза се врши логаритмовањем: $\ln I = -\lambda t + \ln I_0$.

У циљу одређивања величине I_s прво налазимо средњу вредност I_s серије од пет мерења струје за дато време t. Грешка за струју ΔI се добија заокруживањем (навише) на једну цифру величине $\max\{\Delta I_m, \delta I\}$, где је ΔI_m грешка мерења, а $\delta I = \max|I_s - I_i|$ максимална разлика појединачног мерења I_i и средње вредности струје I_s. Вредност I налазимо заокруживањем I_s на основу нађене грешке ΔI. Након тога, налазимо грешку $\Delta(\ln I) = \frac{\Delta I}{I}$. Нађени подаци су дати у табели.

t(s)	I_1(mA)	I_2(mA)	I_3(mA)	I_4(mA)	I_5(mA)	I_s(mA)	ΔI(mA)	I(mA)	$\ln I$	$\Delta(\ln I)$
0.0	80	80	80	80	80	80	2	80	4.38	0.03
10.0	70	71	70	72	71	70.8	2	71	4.26	0.03
20.0	59	58	61	63	62	60.6	3	61	4.11	0.05
30.0	54	50	54	51	51	52	2	52	3.95	0.04
40.0	46.5	47.5	47.0	49.0	45.0	47	2	47	3.85	0.05
50.0	43.5	41.0	44.0	42.5	42.0	42.6	2	43	3.76	0.05
60.0	38.5	40.0	38.5	39.0	38.0	38.8	2	39	3.66	0.06
70.0	33.0	33.5	32.5	34.0	32.0	33	1	33	3.50	0.04
80.0	29.5	29.0	29.5	29.0	30.0	29.4	1	29	3.37	0.04
90.0	26.0	26.5	26.5	26.5	27.0	26.5	1	26	3.26	0.04
100.0	26.0	26.0	26.0	25.5	26.0	25.9	1	26	3.26	0.04
110.0	25.0	25.0	26.0	26.0	25.0	25.4	1	25	3.22	0.04

На основу прве и последње две колоне цртамо график $\ln I = f(t)$.

Анализом тачака графика видимо да се последње две тачке не уклапају у линеарну зависност између $\ln I$ и t. Наиме, извор је слаб, па је утицај фона при крају мерења незанемарив. Зато се ове тачке одбацују. Кроз преостале тачке провучемо најбољу праву. Две тачке те праве су $A(5\,\mathrm{s}, 4.31)$ и $B(85\,\mathrm{s}, 3.31)$ из чега се добија да је негативни коефицијент правца, односно константа распада

$$\lambda = (12.5 \pm 1.1) \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}^{-1},$$

па је тражено време полураспада

$$T_{1/2} = (55 \pm 5)\,\mathrm{s}.$$

При овоме, релативне грешке су рачунате по формули

$$\delta = \frac{\Delta T_{1/2}}{T_{1/2}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta t_A + \Delta t_B}{|t_A - t_B|} + \frac{\Delta(\ln I_A) + \Delta(\ln I_B)}{|\ln I_A - \ln I_B|} = 0.0825,$$

$\Delta T_{1/2} = \delta \cdot$

где је за грешку $\Delta(\ln I_A)$ узета већа од грешака две оближње експерименталне тачке (и аналогно за $\Delta(\ln I_B)$).

У табели времена полураспада може се наћи да је за радон $T_{1/2} = 55.6\,\mathrm{s}$.

ЗАВИСНОСТ ПРИРОДНОГ ЛОГАРИТМА ЈОНИЗАЦИОНЕ СТРУЈЕ ОД ВРЕМЕНА