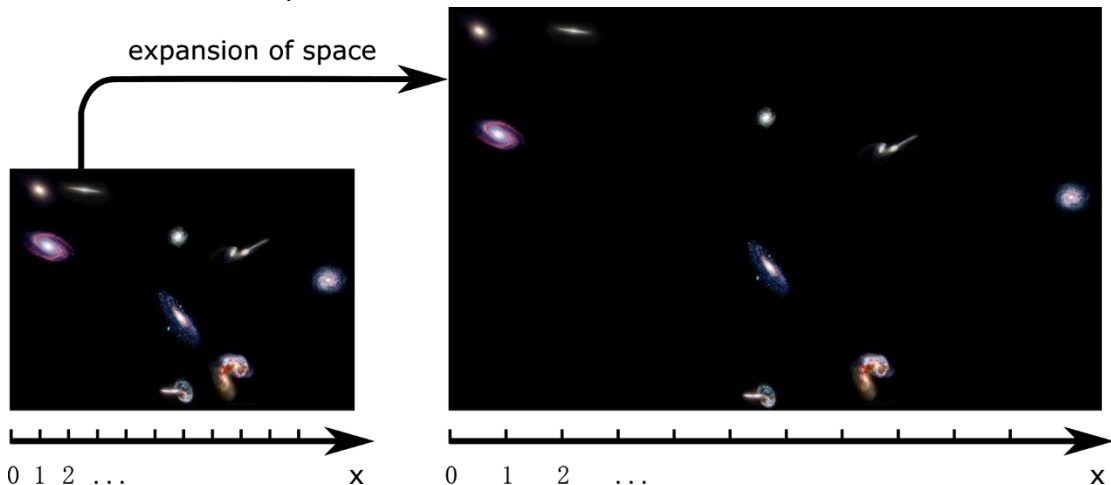


ការរីករាងនៃចក្រវាឡ

(ពិន្ទុ : 20)

យោងតាមការសិក្សាភូស្វទ្ធិយើងដឹងថា ចក្រវាឡរីករាងអាស្រ័យពេល។ នៅពេលដែល លំហនៃចក្រវាឡរីករាង ចំងាយរវាងអង្គធាតុនៅក្នុងចក្រវាឡក៏ឃ្លាតឆ្ងាយពីគ្នាដែរ។ វាមានការ ងាយស្រួលក្នុងការប្រើប្រព័ន្ធកូអរដោនេធៀប “comoving” មួយ $\vec{r} = (x, y, z)$ ដើម្បីតាងអោយ ចំនុចទាំងឡាយនៅក្នុងចក្រវាឡ ដែលក្នុងនោះ ចំងាយកូអរដោនេ $\Delta r = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ រវាងអង្គធាតុពីរ មិនប្រែប្រួល។ (លំហាត់នេះ យើងសន្មត់ ថា គ្មានកំលាំងណាដែលធ្វើអោយអង្គធាតុនៅក្នុងចក្រវាឡផ្លាស់ទីក្រៅអំពីកំលាំងរីករាង របស់ចក្រវាឡនោះទេ)។ លក្ខខណ្ឌក្នុងលំហាត់នេះត្រូវបានបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម (ក្នុងរូបនេះ គឺជាការរីករាងពីរវិមាត្រ តែក្នុងលំហការរីករាងគឺមានបីវិមាត្រ)។



ទ្រឹស្តីទំនើបនៃភូស្វទ្ធិបង្កើតឡើងយោងតាម Einstein's general relativity។ ប៉ុន្តែ នៅក្រោម លក្ខខណ្ឌសមស្របមួយ ច្បាប់ទំនាញសកលរបស់ Newton ក៏អាចបង្កើតទ្រឹស្តីនេះបានដែរ។ សំនួរខាងក្រោមនេះយើងនឹងធ្វើការតាមច្បាប់ទំនាញសកលរបស់ Newton។

ដើម្បីវាស់ចំងាយ ប៉ារ៉ាម៉ែត្រមេគុណចំងាយ $a(t)$ ហៅថា “scale factor” ត្រូវបានប្រើ ដែលក្នុង នោះ ចំងាយ Δr_p រវាងចំនុច \vec{r}_1 និង \vec{r}_2 គឺ

$$\Delta r_p = a(t)\Delta r,$$

ការរីករាងចក្រវាឡបញ្ជាក់ថា $a(t)$ ក៏កើនឡើងជាអនុគមន៍នៃពេលដែរ។ ដោយទំហំចក្រវាឡ ធំណាស់ធៀបទៅនឹងកាឡាក់ស៊ី និងបណ្តុំរបស់វា ដូចនេះ ចក្រវាឡគឺជាលំហរាងកសណ្ឋាន មួយ។ ដោយយើងសន្មត់ថា ចក្រវាឡបំពេញទៅដោយផង់រាងស្មើសាច់។ ដោយមានផង់ជា ច្រើននៅក្នុងចក្រវាឡ ដូចនេះ យើងសម្មត់ថា ចក្រវាឡគឺបំពេញដោយសន្ទនីយ៍ជាប់គ្នា ហើយចំនួនផង់នៅក្នុងចក្រវាឡត្រូវបានរក្សា។

បច្ចុប្បន្ននេះ ក្នុងចក្រវាឡពេលពេញទៅដោយសមាសធាតុក្នុងទ្រឹស្តីមិនធៀប (non-relativistic matter) ដែលថាមពលស៊ីនេទិចអាចចោលបានធៀបទៅនឹងថាមពលនៃម៉ាស់របស់វា។ តាង $\rho_m(t)$ ជាដង់ស៊ីតេថាមពល(ថាមពលក្នុងមួយខ្នាតមាឌ, ក្នុងនោះ ថាមពលទាំងស្រុងជាថាមពលម៉ាស់ចំពោះ non-relativistic matter និងថាមពលទំនាញសកលមិនរាប់បញ្ចូល) នៃ non-relativistic matter នៅខណៈពេល t ។ យើងតាង t_0 ជាពេលបច្ចុប្បន្ន។

A	សរសេរកន្សោមរបស់ $\rho_m(t)$ នៅខណៈពេល t ជាអនុគមន៍នៃ $a(t)$, $a(t_0)$ និង $\rho_m(t_0)$ ។	2 points
---	--	----------

បន្ថែមទៅលើទ្រឹស្តីមិនធៀបនៃសមាសធាតុ ក៏មានការបន្សាយភាគល្អិតគ្មានម៉ាស់នៅក្នុងចក្រវាឡ ដូចជាផ្ទុក។ ជំហានរលករបស់ភាគល្អិតគ្មានម៉ាស់កើនឡើងតាមការរីកមាឌចក្រវាឡតាមកន្សោម $\lambda_p \propto a(t)$ ។ ដង់ស៊ីតេថាមពលនៃការបន្សាយគឺ $\rho_r(t)$ ។

B	សរសេរកន្សោម $\rho_r(t)$ នៅខណៈពេល t ជាអនុគមន៍នៃ $a(t)$, $a(t_0)$ និង $\rho_r(t_0)$ ។	2 points
---	--	----------

ពិនិត្យក្នុងករណី របាយណ៍នៃផ្ទុកមិនមានអន្តរកម្មនឹងគ្នា នៅក្នុងលក្ខខណ្ឌលំនឹងកំដៅ។ នៅក្នុងលក្ខខណ្ឌនេះ, ស៊ីតុណ្ហភាពរបស់វត្ថុក្នុងអាស្រ័យនឹងពេលកំនត់ដោយ $T(t) \propto [a(t)]^\gamma$ ។

C	គណនាតម្លៃ γ ជាលេខ។	2 points
---	---------------------------	----------

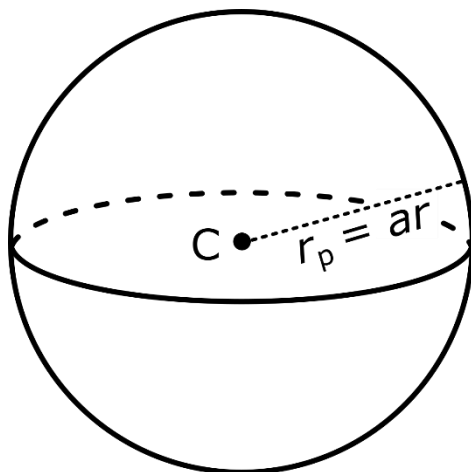
ពិនិត្យក្នុងករណីទែរម៉ូឌីណាមិចនៃភាគល្អិតមិនរងអន្តរកម្មមួយប្រភេទ X។ សំគាល់៖ ការរីកមាឌរបស់លំហគឺមានរយៈពេលយឺតគ្រប់គ្រាន់ដែល អង់ត្រូពីរបស់ X ថេរ ធៀបនឹងពេល t ។ តាងដង់ស៊ីតេថាមពលរបស់ X គឺ $\rho_X(t)$ ដែលរួមបញ្ចូលទាំងថាមពលម៉ាស់ និងថាមពលក្នុង។ តាងសំពាធដោយ $p_X(t)$ ។

D	សរសេរកន្សោម $d\rho_X(t)/dt$ ជាអនុគមន៍នៃ $a(t)$, $da(t)/dt$, $\rho_X(t)$, និង $p_X(t)$ ។	4 points
---	--	----------

សិក្សាលើផ្កាយ S មួយ។ នៅខណៈបច្ចុប្បន្ន t_0 ផ្កាយមានចំងាយ $r_p = a(t_0)r$ ពីយើង ដែល r គឺជាចំងាយថេរ (a comoving distance)។ ក្នុងករណីនេះយើងអាច មិនគិតអំពីចលនាផ្សេងៗ គឺយើងឧបមាថាផ្កាយ និងយើង ផ្លាស់ទីតាមការរីកនៃចក្រវាឡតែមួយគត់។
 ផ្កាយបានបន្សាយថាមពលក្រោមទំរង់ជាពន្លឺ នូវអនុភាពផ្សាយ P_e ដែលពន្លឺដាលចេញស្មើសាច់គ្រប់ទិស។ យើងប្រើតេលេទស្ស័យដើម្បីសង្កេតមើលពន្លឺផ្កាយ។
 សន្មតថាតេលេទស្ស័យអាចសង្កេតមើលគ្រប់ប្រេកង់នៃពន្លឺ និងមានប្រសិទ្ធភាព ១០០%។ ក្រឡាផ្ទៃរបស់ឡង់ទីនៃតេលេទស្ស័យស្មើ A ។

E	ចូរសរសេរកន្សោម អនុភាពទទួលបាន P_r ពីផ្កាយ ដោយតេលេទស្ស័យជាអនុគមន៍នៃ, r, A, P_e , មេគុណ $a(t_e)$ នៅខណៈពេល t_e និងមេគុណ $a(t_0)$ នៅខណៈពេលបច្ចុប្បន្ន។	4 points
---	---	----------

ប្រសិនបើមិនមានកំលាំងទំនាញ ល្បឿននៃការរីករបស់ចក្រវាឡគួរតែមានតំលៃថេរ។ យោងតាមច្បាប់ញូតុន យើងអាចយល់បានថា គ្មានអំពើនៃកំលាំង នោះអង្គធាតុ ផ្លាស់ទីចេញពីគ្នាដោយល្បឿនថេរ ដូចនេះ $da(t)/dt$ មានតំលៃថេរអាស្រ័យទៅតាមលក្ខខណ្ឌដើមប៉ុណ្ណោះ។
 ឥឡូវយើងពិនិត្យដែនទំនាញរបស់ញូតុនមានឥទ្ធិពលទៅលើមេគុណ $a(t)$ នៅក្នុងចក្រវាឡ ត្រូវបានបំពេញទៅដោយសមាសធាតុតាមទ្រឹស្តីមិនជៀបស្មើសាច់គ្រប់ទិស។



យោងតាមរូបខាងលើ យើងសន្មតថា C គឺជាផ្ចិតនៃចក្រវាឡ ។ (ការសន្មតនេះ គឺយើងអាចដកច្បាប់ Einstein's general relativity ចេញពីលំហាត់នេះ)។ យើងសិក្សាសមាសធាតុនៅក្នុងសំបកស្តើងរបស់ស្វ៊ីផ្ចិត C និងកាំ r (comoving distance)។ រំលឹក៖ comoving distance មានតំលៃថេរ មិនអាស្រ័យពេល។

F	ប្រើចលនានៃសំបកស្វីដើម្បីរកទំនាក់ទំនងរវាង $da(t)/dt$, $a(t)$ និងដង់ស៊ីតេនៃថាមពលម៉ាស់ $\rho(t)$ ។ (ចំលើយចុងក្រោយ ប្រសិនបើអ្នករកឃើញតំលៃថេរអាស្រ័យនឹងលក្ខខណ្ឌដើមសូមរក្សាកន្សោមរបស់វាដដែល)	5 points
G	យោងតាមកន្សោមរកឃើញក្នុងផ្នែក (F) តើការរីកនៃចក្រវាឡ (a) ស្ទុះ រឺ (b) មិនស្ទុះ? ជ្រើសរើស (a) រឺ (b) ។	1 points

សំរាប់ព័ត៌មានរបស់អ្នក ប្រភេទថ្មីនៃ ថាមពលនៃចក្រវាឡរបស់យើងត្រូវបានរកឃើញ នៅក្នុង ១៩៩៨។
រកគំរូឃើញនេះជាការផ្លាស់ប្តូរសេចក្តីសន្និដ្ឋានក្នុងផ្នែក (G)។