

Για $r = \infty$ προκύπτει $U = 0$, γεγονός που επιβεβαιώνει την εκλογή $C = 0$. Επομένως, η θέση αυτή αποτελεί τη θέση αναφοράς της δυναμικής ενέργειας. Παρατηρούμε ότι η δυναμική ενέργεια είναι αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να καταβάλουμε έργο για να απομακρύνουμε τις μάζες σε άπειρη απόσταση. Το διάγραμμα της δυναμικής ενέργειας παριστάνεται στο Σχ. 4-10.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 4-4.

Υπολογίστε την αρχική ταχύτητα με την οποία πρέπει να εκτοξευτεί ένα σώμα μάζας m , για να διαφύγει από το πεδίο βαρύτητας της γης.

Λύση

Για να διαφύγει το σώμα από το πεδίο βαρύτητας της γης, θα πρέπει η δυναμική του ενέργεια να καταστεί μηδενική και η ταχύτητά του η ελάχιστη δυνατή. Εφόσον λοιπόν η τελική δυναμική του ενέργεια είναι μηδέν (δηλαδή $U(r)=0$ για $r = \infty$) και η τελική κινητική του ενέργεια τουλάχιστον μηδέν, τότε σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας θα πρέπει και η ολική ενέργεια να είναι μηδέν σ' όλη τη διάρκεια της κίνησης, αν φυσικά αγνοήσουμε ενεργειακές μετατροπές σε θερμότητα κατά την κίνηση του σώματος στην ατμόσφαιρα της γης. Έτσι θα ισχύει η σχέση:

$$\frac{1}{2} m v_o^2 - G \frac{mM}{R} = 0$$

όπου: v_o η ταχύτητα εκτόξευσης του σώματος από την επιφάνεια της γης, M η μάζα της γης και R η ακτίνα της γης. Άρα η ταχύτητα εκτόξευσης του σώματος από την επιφάνεια της γης είναι

$$v_o = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της γης, σύμφωνα με την Εξ.(3-12), είναι:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

οπότε:

$$v_o = \sqrt{2gR}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ και $R = 6400 \text{ km}$, βρίσκουμε $v_0 = 11,2 \text{ km/s}$. Η ταχύτητα αυτή είναι γνωστή ως **ταχύτητα διαφυγής**. Η ταχύτητα διαφυγής είναι η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει ένα σώμα για να διαφύγει από οποιοδήποτε πεδίο βαρύτητας. Εάν η ταχύτητα ενός σώματος είναι μικρότερη από την ταχύτητα διαφυγής, η κινητική του ενέργεια είναι μικρότερη από την απόλυτη τιμή της δυναμικής του ενέργειας και έτσι η ολική του ενέργεια είναι αρνητική. Έτσι, σώματα που είναι βαρυντικώς δέσμια μεταξύ τους έχουν αρνητική ολική ενέργεια.

4.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στις ενεργειακές μετατροπές πολλές μορφές ενέργειας καταλήγουν σε μια υποβαθμισμένη μορφή ενέργειας που ονομάζεται **θερμική ενέργεια** ή **θερμότητα**. Η θερμότητα, όπως θα δούμε στη συνέχεια, είναι μια μορφή ενέργειας που υπόκειται σε πρόσθετους περιορισμούς για τη μεταφορά της από ένα σώμα σ' ένα άλλο.

4.2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Θα μελετήσουμε την αρχή διατήρησης της ενέργειας σε κλειστά σύνολα πολλών σωματιών, που αποτελούν ένα **σύστημα**. Κάθε τέτοιο σύστημα μπορεί να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον του με μεταφορά ενέργειας οποιασδήποτε μορφής, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της ενεργειακής του κατάστασης. Η ενεργειακή κατάσταση ενός συστήματος μπορεί να περιγραφεί με μεταβλητές, που εκφράζουν το μέσο όρο της ενεργειακής κατάστασης των επιμέρους μερών του συστήματος. Οι μεταβλητές αυτές αναφέρονται στη συμπεριφορά του συστήματος και ονομάζονται **μακροσκοπικές** ή **θερμοδυναμικές μεταβλητές** του συστήματος. Για παράδειγμα, για καθορισμένη μάζα αερίου, που αποτελεί ένα μακροσκοπικό σύστημα, η γνώση της πίεσης P και του όγκου V καθορίζει το ενεργειακό του περιεχόμενο. Πράγματι στα πραγματικά αέρια, σε αρκετά χαμηλές πιέσεις, ισχύει η παρακάτω καταστατική εξίσωση, που προκύπτει πειραματικά:

$$P V = \text{σταθ.} \quad (4.25)$$

όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή. Η εξίσωση αυτή συνδέει τις μακροσκοπικές μεταβλητές της πίεσης και του όγκου και μάς επιτρέπει να διακρίνουμε ένα σύστημα από ένα άλλο. Ταυτόχρονα, επειδή το γινόμενο PV έχει διαστάσεις ενέργειας (εκφράζεται σε Joules), καθορίζει και την ενεργειακή κατάσταση του συστήματος. Η Εξ.(4.25) μας επιτρέπει να ορίσουμε μια θερμομετρική κλίμακα, για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Η κλίμακα αυτή