2023/24 学年第二学期大学物理复习题

(如无特殊说明，题中各物理量均为国际单位制)

I. 单选题

1. 某质点在t时刻的位矢为$\vec{r}=t^2\vec{\imath}+(2t+1)\vec{\jmath}$，则该质点在前 3s 内的位移大小和第 3s 末的速度大小分别为[　　].

A. $\sqrt{130}$m, 8m/s

B. $3\sqrt{13}$m，$2\sqrt{10}$m/s

C. $\sqrt{130}$m，$2\sqrt{10}$m/s

D. $3\sqrt{13}$m, 8m/s

2. 某质点的运动方程为$x=6+3t-5t^3$，则该质点作[　　].

A. 匀加速直线运动，加速度沿x轴正方向

B. 匀加速直线运动，加速度沿x轴负方向

C. 变加速直线运动，加速度沿x轴正方向

D. 变加速直线运动，加速度沿x轴负方向

3. 某运动质点的位矢记为$\vec{r}=x\vec{\imath}+y\vec{\jmath}$，路程记为$s$，则以下对其速度大小的四种表述，即:

(1)$\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$

(2)$\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$

(3)$\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$

(4)$\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2}$

其中正确的是[　　].

A. 只有(1)(2)

B. 只有(2)

C. 只有(2)(3)

D. 只有(3)(4)

4. 质量为0.5kg的质点作平面运动，其运动方程为$x=2t^2$，$y=t^2+3t+1$，则该质点

所受合外力的大小为[　　].

A. 1N

B. $\sqrt{3}$N

C. $\sqrt{5}$N

D. $\sqrt{7}$N

5. 一质点的运动方程为$x = 8t - 2t^2$，则在$t\ = 1$s到$t\ = 3$s的时间内该质点运动的路程为[　　].

A. 0

B. 4m

C. 6m

D. 8m

6. 对于运动的质点，下列情况不可能的是[　　].

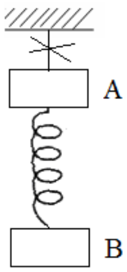
A. 具有恒定的速率，但有变化的速度

B. 具有恒定的速度，但有变化的速率

C. 加速度为零而速度不为零

D. 加速度不为零而速度为零

7. 如图所示，质量相同的物块 A 和 B 用轻弹簧相连后再用细线悬挂着，两物块均保持静止. 若突然将细线剪断，则在该瞬间[　　].



A. A 和 B 的加速度均为g

B. A 和 B 的加速度均为零

C. A 的加速度为零，B 的加速度为$2g$

D. A 的加速度为$2g$，B 的加速度为零

8. 下列说法正确的是[　　].

A. 质点受到几个力作用时，一定产生加速度

B. 质点运动的速率不变时，它所受到的合外力不一定为零

C. 质点运动速度大，它所受到的合外力也一定大

D. 质点运动的方向与合外力的方向一定相同

9. 一质量为 50kg 的人站在电梯中的磅秤上. 取$g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$，当电梯以$2\,\mathrm{m/s^2}$的加速度匀加速上升时，磅秤的示数为[　　].

A. 490N　　B. 390N

C. 590N　　D. 100N

10. 一质点做半径为4m的圆周运动，其线速度大小为$v = 2t$，则该质点在$t = 2\mathrm{s}$时的加速度大小为[　　].

A. $2\mathrm{m/s^2}$　　B. $4\mathrm{m/s^2}$

C. $2\sqrt{5}\mathrm{m/s^2}$　　D. 无法确定

11. 一质点从静止出发作半径为 3m 的圆周运动，若该质点的切向加速度大小为$3\mathrm{m/s^2}$不变，则法向加速度变为$12\mathrm{m/s^2}$需要的时间为[　　].

A. 1s　　B. 2s

C. 3s　　D. 4s

12. 一段路面水平的公路，转弯处轨道半径为R，汽车轮胎与路面间的摩擦因数为μ，要使汽车不至于发生侧向打滑，则汽车在该处的行驶速率[　　].

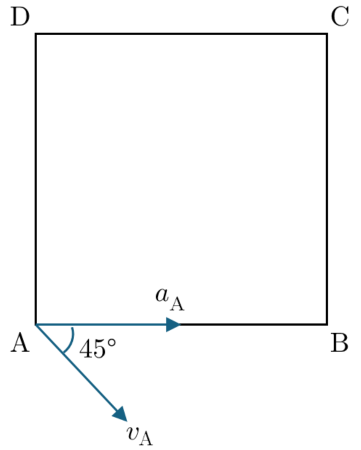
A. 不得小于$\sqrt{\mu g R}$

B. 必须等于$\sqrt{\mu g R}$

C. 不得大于$\sqrt{\mu g R}$

D. 还应由汽车质量决定

13. 已知正方形板 ABCD 作定轴转动，转轴垂直于板面，A 点的速度$v_{\mathrm{A}}=5\mathrm{cm/s}$，加速度$a_{\mathrm{A}}=5\sqrt{2}\mathrm{cm/s^2}$，两者方向如图所示. 则该板转轴到 A 点的距离为[　　].



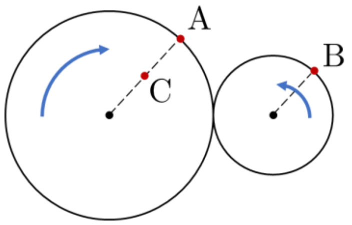
A. 5cm

B. $5\sqrt{2}$cm

C. 10cm

D. $10\sqrt{2}$cm

14. 如图所示的齿轮传动装置中，A 和 B 两点分别位于大小齿轮的边缘，C 点位于大齿轮半径的中点. 已知大齿轮半径是小齿轮的 2 倍，则 ABC 三点的线速度比值和角速度比值分别为[　　].



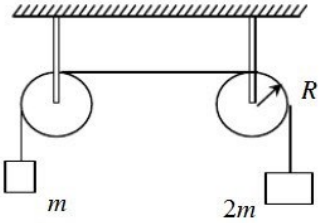
A. 2:2:1, 1:2:1

B. 1:2:1, 2:2:1

C. 2:1:2, 1:2:1

D. 2:2:1, 2:1:2

15. 一根轻绳跨过两个质量均为m, 半径均为R的匀质圆盘状定滑轮. 绳子的两端分别挂着质量为m和$2m$的重物, 绳子与滑轮之间无相对滑动, 滑轮轴光滑. 将系统由静止释放, 则两滑轮之间绳的张力为[　　].



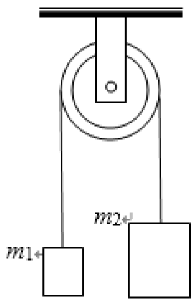
A. $2mg$

B. $\frac{2}{3}mg$

C. $\frac{5}{4}mg$

D. $\frac{11}{8}mg$

16. 如图所示, 跨过定滑轮的细绳的两端各悬挂一个物体, 它们的质量分别为m_1和m_2, 且$m_1 < m_2$. 若定滑轮的质量不能忽略, 则两边细绳的拉力为[　　].



A. 左边和右边细绳的拉力相等

B. 左边细绳的拉力大于右边细绳的拉力

C. 左边细绳的拉力小于右边细绳的拉力

D. 具体大小要看定滑轮的转动方向

17. 玻璃杯从同一高度落下, 掉在石头上比掉在草地上容易碎, 这是由于[　　].

A. 玻璃杯掉在石头上的动量较大

B. 玻璃杯掉在石头上受到的冲量较大

C. 玻璃杯在掉在石头上时的动量变化较大

D. 玻璃杯在掉在石头上时的动量变化较快

18. 质量为 0.1kg 的小球以 10m/s 的水平速度撞到竖直墙壁后被反向弹回，弹回速度为 7m/s，撞击时间为 0.05s，设小球撞墙前的速度方向为正方向，则小球受到的平均冲力为[　　].

A. 6N　　B. －6N

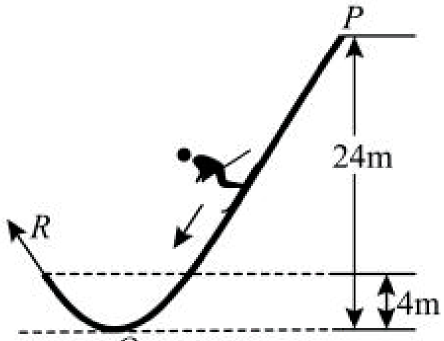
C. 34N　　D. －34N

19. 质点受到变力$F(t)=1+4t+6t^2$的作用，则该质点在前 2s 内受到的冲量为[　　].

A. 28N·s　　B. 32N·s

C. 26N·s　　D. 66N·s

20. 如图所示，滑雪滑道PQR，质量60kg的滑雪者从顶端P由静止滑下，从末端R滑出时速度18m/s，滑行过程中其姿势保持不变，P端相对滑道最低点Q高度24m，R端相对Q点高度4m. 则从P到R滑行过程中，该滑雪者克服阻力做功和重力做功的比值约为[　　].



A. 0.1　　B. 0.2

C. 0.5　　D. 1.0

21. 在光滑的桌面上开一个小孔, 把系在细绳一端质量为m的小球置于桌面上, 绳的另一端穿过小孔执于手中并拉紧. 设开始时小球在水平桌面上以半径为r_1做匀速圆周运动, 角速度为ω_1. 现手拉细绳使小球运动的轨道半径缩小为r_2, 角速度变为ω_2, 则小球原来的动能与后来的动能之比为[　　].

A. $\frac{r_1}{r_2}$　　　　B. $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

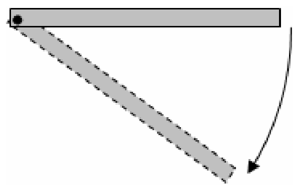
C. $\frac{r_2}{r_1}$　　　　D. $\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

22. 花样滑冰运动员在做原地旋转的动作, 开始时两臂伸开, 其转动惯量为J_0, 角速度为ω_0, 然后将两臂并拢, 使其转动惯量变为$2J_0/3$, 此时其转动动能为[　　].

A. $\frac{1}{2}J_0{\omega_0}^2$　　　　B. $\frac{1}{3}J_0{\omega_0}^2$

C. $\frac{3}{4}J_0{\omega_0}^2$　　　　D. $\frac{1}{4}J_0{\omega_0}^2$

23. 如图所示, 将一细棒水平放置, 一光滑水平轴垂直地通过细棒的一个端点, 现将细棒拉至水平位置然后松开, 则细棒在转到竖直位置的过程中其角速度和角加速度的变化分别是[　　].



A. 角速度和角加速度都越来越大

B. 角速度和角加速度都越来越小

C. 角速度越来越大, 角加速度越来越小

D. 角速度越来越小, 角加速度越来越大.

24. 一质点作匀速圆周运动, 该质点所受合外力大小为F, 合外力对该质点做功为W, 则有[　　].

A. $F=0, W\neq 0$

B. $F=0, W=0$

C. $F\neq 0, W=0$

D. $F\neq 0, W\neq 0$

25. 一质点作半径为R的匀速圆周运动，该质点所受合外力大小为F. 那么在一个周期T内，合外力做功和合外力的冲量分别是[　　].

A. 0, 0

B. 0, FT

C. $2\pi FR$, 0

D. $2\pi FR$, FT

26. 一颗速率为 700m/s 的子弹，打穿一块木板后速率减小为 500m/s. 若让它继续穿过与第一块木板完全相同的另一块木板，则子弹的速率减小为[　　].

A. 300m/s

B. 200m/s

C. 100m/s

D. 0

27. 如图所示, ABC 是固定在轻杆上的三个质点，质量分别为m，$2m$和$3m$. 过 O 点的转轴与细杆垂直，若 AB = BC = CO = l, 则该系统的转动惯量为[　　].

A. $40ml^2$

B. $20ml^2$

C. $10ml^2$

D. $14ml^2$

28. 一颗卫星沿椭圆轨道绕地球旋转，若卫星在远地点和近地点的角动量与动能分别为L_{A}，E_{kA}和L_{B}, E_{kB}. 则有[　　].

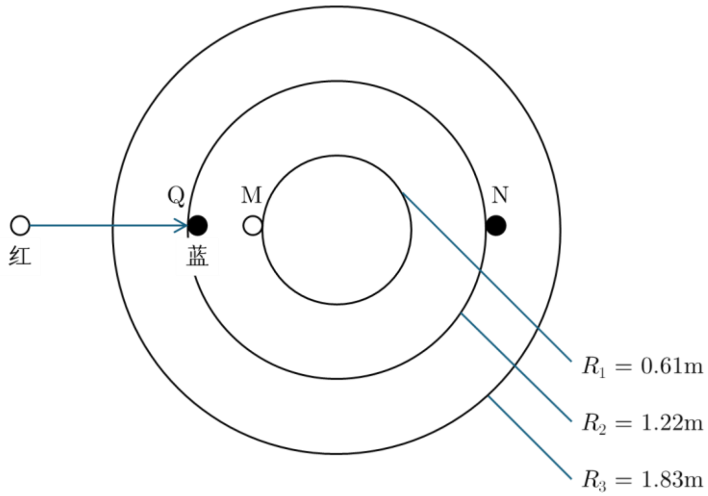
A. $L_{\mathrm{B}}>L_{\mathrm{A}}$，$E_{\mathrm{kB}}>E_{\mathrm{kA}}$

B. $L_{\mathrm{B}}>L_{\mathrm{A}}$，$E_{\mathrm{kB}}=E_{\mathrm{kA}}$

C. $L_{\mathrm{B}}=L_{\mathrm{A}}$，$E_{\mathrm{kB}}>E_{\mathrm{kA}}$

D. $L_{\mathrm{B}}=L_{\mathrm{A}}$，$E_{\mathrm{kB}}=E_{\mathrm{kA}}$

29. 如图所示，冰壶运动中的大本营可表示为三个半径分别为0.61m，1.22m和1.83m的同心圆环. 在某次冰壶训练中，蓝壶静止在大本营Q处，质量相等的红壶与蓝壶发生正碰，若最终两者分别停在M和N处，则下列说法正确的是[　　].



A. 碰后两壶所受摩擦力的冲量相同

B. 红壶碰前速度约为碰后速度的 3 倍

C. 碰后蓝壶速度约为红壶速度的 4 倍

D. 碰撞过程两壶组成的系统机械能守恒

30. 一轻弹簧从其原长开始，第一次被拉伸l长度，在此基础上第二次被拉伸l长度，然后第三次再被拉伸l长度，则第三次拉伸和第二次拉伸过程中，弹簧弹力做功的比值为[　　].

A. $\frac{5}{3}$

B. $\frac{5}{2}$

C. $\frac{4}{3}$

D. $\frac{3}{2}$

31. 一点电荷放置在一闭合曲面内，现在闭合曲面外放置另一点电荷，则以下说法正确的是[　　].

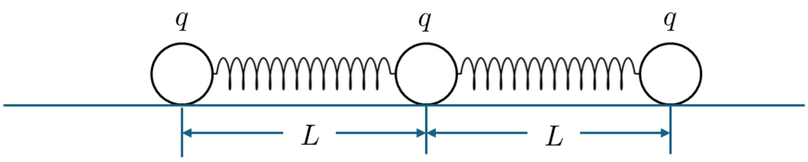
A. 曲面的电通量不变，曲面上各点的电场强度不变

B. 曲面的电通量变化，曲面上各点的电场强度不变

C. 曲面的电通量不变, 曲面上各点的电场强度变化

D. 曲面的电通量变化, 曲面上各点的电场强度变化

32. 如图所示, 3 个带正电荷q的相同小球置于光滑绝缘水平面上, 分别由劲度系数均为K的轻质弹簧绝缘连接. 当 3 个小球处于静止状态时每根弹簧长度均为L. 已知静电力常量为k, 且不考虑弹簧自身的静电感应, 则每根弹簧的原长为[　　].



A. $L+\frac{kq^2}{2KL^2}$

B. $L-\frac{kq^2}{2KL^2}$

C. $L-\frac{3kq^2}{2KL^2}$

D. $L-\frac{5kq^2}{4KL^2}$

33. 在正六边形的顶角上相间放置电量相等的正负点电荷, 则在正六边形的中心处[　　].

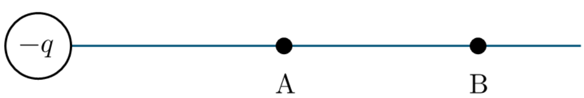
A. 电场强度为零, 电势也为零

B. 电场强度为零, 电势不为零

C. 电场强度不为零, 电势为零

D. 电场强度不为零, 电势也不为零

34. 如图所示, 负点电荷$-q$产生的电场中有 A 和 B 两点, 下面说法正确的是[　　].



A. 点 B 场强的大小比点 A 的小, 电势比点 A 的高

B. 点 B 场强的大小比点 A 的小, 电势比点 A 的低

C. 点 B 场强的大小比点 A 的大, 电势比点 A 的高

D. 点 B 场强的大小比点 A 的大, 电势比点 A 的低

35. 设两个点电荷电量分别为$+Q$和$-Q$，相距为r，则两者连线的中点处的场强大小和电势分别为[　　].

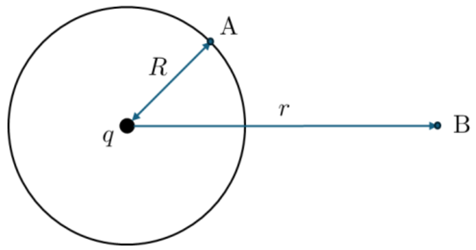
A. 0, 0

B. $\frac{2Q}{\pi\varepsilon_0 r^2}$, 0

C. $\frac{2Q}{\pi\varepsilon_0 r^2}, \frac{Q}{\pi\varepsilon_0 r}$

D. 0, $\frac{Q}{\pi\varepsilon_0 r}$

36. 如图所示，在点电荷q产生的电场中选取以q为中心，R为半径的球面上一点 A 作为电势零点，则与点电荷q距离为r的 B 点的电势为[　　].



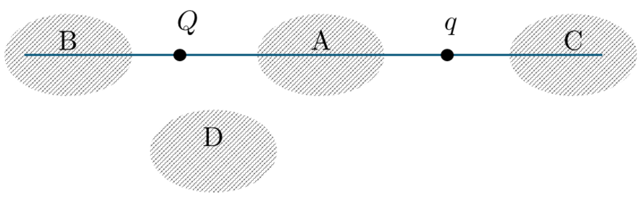
A. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

B. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 (r-R)}$

C. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$

D. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{r}\right)$

37. 如图所示，Q和q是两个点电荷，两者一正一负且$|Q|>q$，则图中可能包含场强为零的位置的区域是 [　　].



A. A 区域

B. B 区域

C. C区域

D. D 区域

38. 在真空中，有一半径为R的均匀带电细圆环，带电量为q，其圆心处的场强大小为[　　].

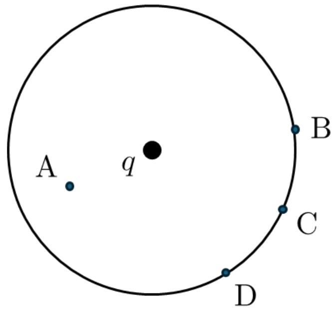
A. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$

B. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

C. 0

D. $\frac{q}{\varepsilon_0 R}$

39. 如图所示，一电量为q的点电荷位于圆心处, A 是圆内一点, BCD 为同一圆周上的三点. 现将一检验电荷从 A 点分别移到 BCD 三点，则[　　].



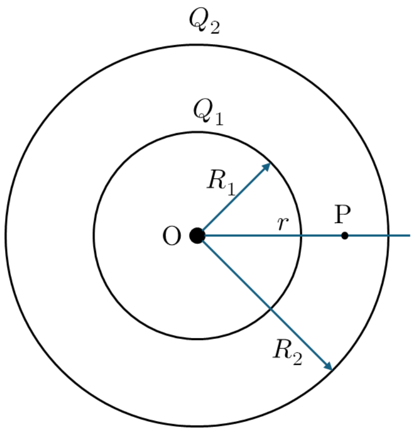
A. 从 A 到 B，电场力做功最大

B. 从 A 到 C，电场力做功最大

C. 从 A 到 D，电场力做功最大

D. 从 A 到圆周上各点，电场力做功一样

40. 如图所示，两个同心的均匀带电球面，内球面半径为R_1，带电量Q_1，外球面半径为R_2，带电量为Q_2. 取无穷远处为零势能点，则在两个球面之间距中心为r处的 P 点的电势为[　　].



A. $\frac{Q_1+Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$

B. $\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$

C. $\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$

D. $\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$

41. 边长为a的正立方体几何中心有一个电量为q的点电荷，则通过该正方体任意一面的电通量为[　　].

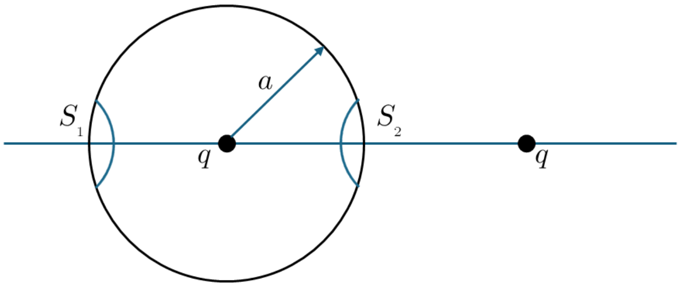
A. $\frac{q}{\varepsilon_0}$

B. $\frac{q}{6\varepsilon_0}$

C. $\frac{q}{12\varepsilon_0}$

D. $\frac{q}{24\varepsilon_0}$

42. 如图所示，有两个点电荷电量都是$+q$，相距为$2a$. 今以左边的点电荷所在处为球心，以a为半径作一球形高斯面. 在球面上取两块相等的小面积S_1和S_2. 记通过S_1和S_2的电通量分别为Φ_1和Φ_2，通过整个球面的电通量为Φ，则[ ].



A. $\Phi_1 > \Phi_2$，$\Phi = q/\varepsilon_0$

B. $\Phi_1 = \Phi_2$，$\Phi = q/\varepsilon_0$

C. $\Phi_1 < \Phi_2$，$\Phi = q/\varepsilon_0$

D. $\Phi_1 < \Phi_2$，$\Phi = 2q/\varepsilon_0$

43. 两块无限大的均匀带电平面相互平行且电荷面密度分别为$+\sigma$和$-\sigma$，则两平面之间和两平面之外的电场强度大小分别为[ ].

A. $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$, $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$

B. $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$, 0

C. $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, 0

D. $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

44. 平行板电容器充电后切断电源，再增大两极板间距离，则以下物理量中增大的是[ ].

A. 电容器的电容

B. 电容器两极板间电压

C. 电容器带电量

D. 电容器两极板间电场强度

45. 三个电容器串联接入电路. 若三者的电容比值为 1:2:3，则三者存储的电场能量之比为[ ].

A. 1:2:3

B. 3:2:1

C. 6:3:2

D. 1:1:1

II．计算题

1．物体在t时刻的位矢为$\vec{r}=3t\vec{i}+(t^2-t+1)\vec{j}$．求:

(1)物体在$t=0$时刻的位矢;

(2)物体在前 3s 和第 3s 内的位移大小;

(3)物体在第 3s 末速度和加速度的大小.

2．一质点沿x轴运动，加速度与时间的关系为$a=-2t$．若$t=0\mathrm{s}$时$x_0=3\mathrm{m}$，$v_0=1\mathrm{m/s}$．求:

(1)t时刻质点的速度和位置;

(2)速度为零时质点的位置和加速度;

(3)从开始($t=0$)到速度为零这段时间内质点的位移大小.

3．一质点沿x轴运动，其速度与位置的关系为$v=-2x$．若$t=0\mathrm{s}$时质点在$x_0=3\mathrm{m}$处，求在t时刻质点的位置，速度和加速度.

4．一飞轮初始转速为 1200r/min，因受制动而均匀减速，经 30s 停止转动，求:

(1)飞轮的角加速度;

(2)制动开始 9s 时飞轮的角速度;

(3)飞轮在停止前转过的圈数.

5．飞轮绕定轴转动，其角坐标与时间的关系为$\theta=2t^2+4t+3$．求:

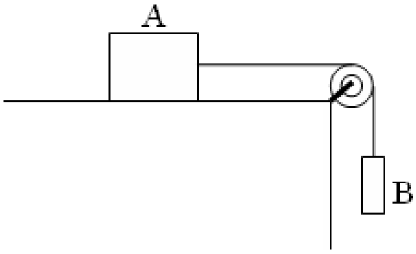
(1)$t=1\mathrm{s}$时的角速度和角加速度;

(2)$t=1\mathrm{s}$时距转轴$r=0.2\mathrm{m}$处一质点的线速度，切向加速度和法向加速度.

6. 如图所示，质量分别为$m_{\mathrm{A}}=8\mathrm{kg}$和$m_{\mathrm{B}}=2\mathrm{kg}$的两个物体，用一根细绳通过一定滑轮相连接，物体 A 与水平桌面间的动摩擦因数为$\mu=0.1$上，质量分布均匀的圆柱形定滑轮质量为$m=0.5\mathrm{kg}$，半径为$R=5\mathrm{cm}$. 假设细绳与滑轮间的摩擦都忽略不计(取$g=9.8\mathrm{m/s^2}$)，求

(1)画出受力分析图;

(2)求物体运动的加速度和物体对细绳的拉力.

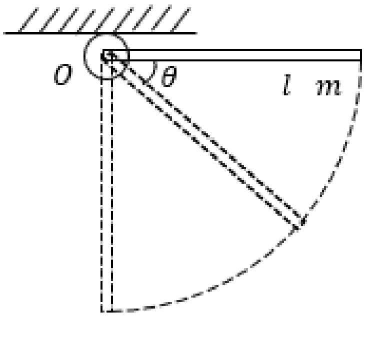


7. 如图所示，现有一根长为l，质量为m的均匀细棒，一光滑水平转轴垂直地穿过细棒的一个端点，现将细棒拉至水平位置，然后松开，使细棒自由下落，忽略空气阻力，求:

(1)细棒绕该定轴转动的转动惯量J;

(2)细棒在转至与水平面呈θ角时的角加速度α;

(3)细棒在转至与水平面呈θ角时的角速度ω.

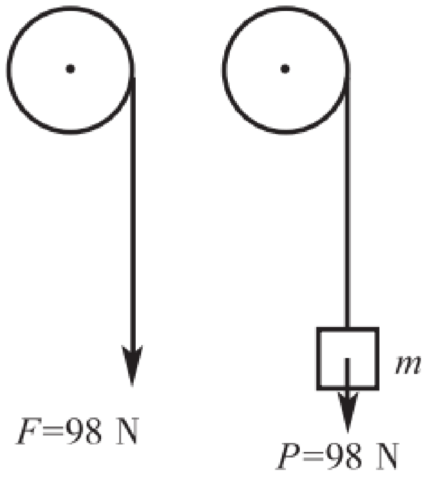


8. 一轻绳绕于半径$r=0.2\mathrm{m}$的飞轮边缘，现以恒力$F=98\mathrm{N}$拉绳的一端，使飞轮由静止开始加速转动，如图所示. 已知飞轮的转动惯量$J=0.5\mathrm{kg}\bullet\mathrm{m}^2$，飞轮与轴承之间的摩擦不计，求:

(1)飞轮的角加速度;

(2)绳子下拉 5m 时飞轮的角速度和动能;

(3)如将重量$P=98\text{N}$的物体挂在绳端，计算绳子拉下 5m 时飞轮获得的动能，该动能和重力对物体所做的功是否相等？为什么？



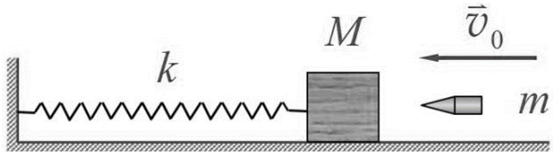
9. 质量为m子弹由枪口射出，当子弹在枪筒内被加速时，它所受的合外力F与时间t的关系为$F=n-kt$，式中n和k均为正常量. 若设子弹到达枪口处，所受的合外力刚好为零. 求:

(1)子弹走完枪筒全长所需的时间;

(2)子弹所受的冲量;

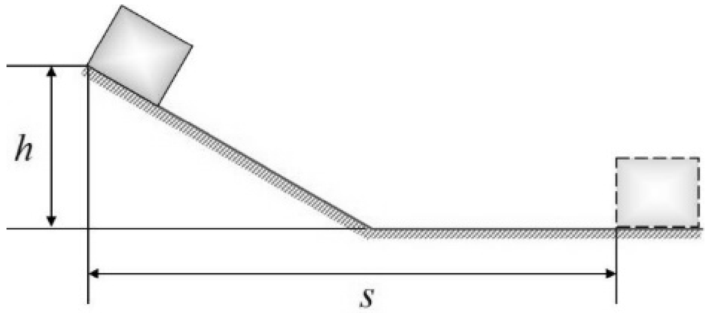
(3)子弹射出枪口的速度大小.

10. 如图所示，光滑的水平地面上放置一质量为$M=5.99\text{kg}$的木块，一劲度系数为$k=600\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$的弹簧一端固定，一端与木块相联. 一质量为$m=0.01\text{kg}$的子弹以初速度$v_0$水平射入木块后与木块一起运动，并将弹簧压缩了2cm，求v_0的大小.



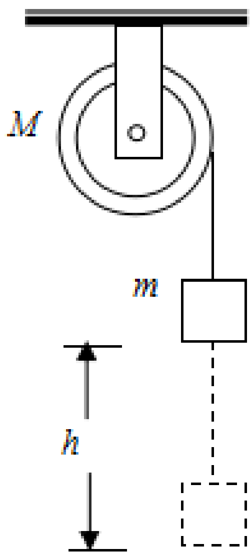
11. 如图所示，物体从高为h的斜面顶端自静止开始滑下，最后停在与起点的水平距离

为s的水平地面上．若物体与斜面和与地面间的摩擦系数为μ，证明：$\mu=\frac{h}{s}$.



12. 有一个均匀细棒，质量为m，长为l，平放在滑动摩擦系数为μ的水平桌面上，一端固定，在外力推动下，绕此固定端在桌面上以角速度ω_0转动．撤掉外力后，直到细棒转动停止需要经过多长时间？(不考虑轴上的摩擦)

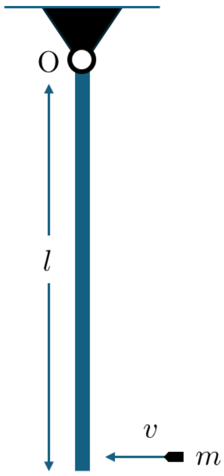
13. 如图所示，一质量为M，半径为R的分布均匀定滑轮可绕一光滑的水平轴转动，细绳的一端绕在滑轮边缘上，另一端悬挂质量为m的物体，问物体由静止下落高度为h时，其速度的大小为多少？



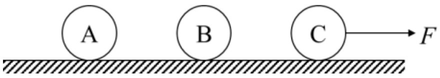
14. 一细杆长$l=50\text{cm}$，可绕上端的光滑固定轴 O 在垂直平面内转动，相对于 O 轴的转动惯量$J=5\text{kg}\cdot\text{m}^2$．原来杆静止并自然下垂，若在杆的下端水平射入质量$m=0.01\text{kg}$，速率为$v=400\text{m/s}$的子弹并陷入杆内．求：

(1)子弹相对于固定轴 O 的动量矩;

(2)子弹射入杆内时杆获得的角速度;



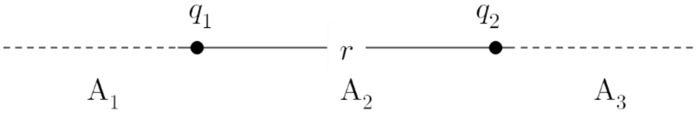
15. 如图所示，质量均为m的带电小球 A，B，C 放置在光滑绝缘水平面上，相邻小球间距均为L. 已知小球 A 的电量为$q_A=+10q$，小球 B 的电量为$q_B=+q$. 现对 C 施加一水平向右的恒力F. 若要使三球能始终保持间距L向右运动，求外力F的大小.



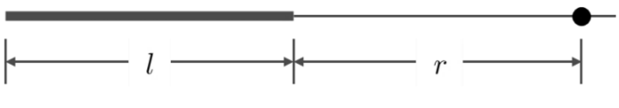
16. 真空中两个场源电荷q_1和q_2都可看成为点电荷，$q_1=-4q_2$，相距为$r=20\mathrm{cm}$. 如图所示，q_1和q_2连线及其延长线被分为A_1，A_2和A_3三个区域，求:

(1)分析三个区域中哪个可能出现合场强为零的情况，并说明理由;

(2)求出合场强为零的具体位置.



17. 如图所示，有一长为l的带电量为q的细棒，电荷均匀分布. 分别求其延长线上距端点为r处的电场强度和电势.



18. 在真空中有一均匀带电细圆环，半径为R，带电量为Q. 若取无限远处电势为零，求其轴线上距圆心为x处的电场强度和电势.

19. 已知半径为R的均匀带电球体电量为$q(q>0)$，求:

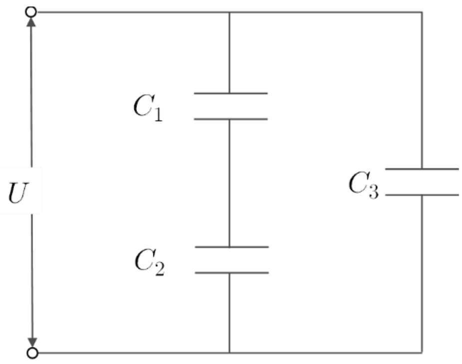
(1)空间中的电场强度分布;

(2)空间中电势分布.

20. 如图所示，$C_1=10\mu\mathrm{F}$，$C_2=5\mu\mathrm{F}$，$C_3=4\mu\mathrm{F}$，$U=100\mathrm{V}$. 求:

(1)这三个混联电容器的等效电容;

(2)三个电容器上的电压和电量.



21. 某平行板电容器两极板间距为d.

(1)若插入一块厚为$d/3$的金属大平板(此板与两极板平行)，其电容变为原来的多少倍?

(2)若插入一块厚为$d/3$且相对介电常数为ε_{r}的电介质，其电容变为原来的多少倍?

参考答案

I. 选择题

(01-05)BDDCB

(06-10)BDBCC

(11-15)BCAAD

(16-20)CDDCB

(21-25)DCCCA

(26-30)CBCBA

(31-35)CDAAB

(36-40)CCCDC

(41-45)BACBC

II. 计算题

1. 解:

(1)$\vec{r}(0)=\vec{j}$.

(2)$\vec{r}(0)=\vec{j},\vec{r}(2)=6\vec{i}+3\vec{j},\ \vec{r}(3)=9\vec{i}+7\vec{j}$.

前 3s 位移 $\Delta\vec{r}=\vec{r}(3)-\vec{r}(0)=9\vec{i}+6\vec{j},\ |\Delta\vec{r}|=\sqrt{9^2+6^2}=\sqrt{117}(\mathrm{m})$.

第 3s 位移$\Delta\vec{r}=\vec{r}(3)-\vec{r}(2)=3\vec{i}+4\vec{j},\ |\Delta\vec{r}|=\sqrt{3^2+4^2}=5(\mathrm{m})$.

(3)$\vec{v}=\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}=3\vec{i}+(2t-1)\vec{j},\ \vec{a}=\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}=2\vec{j}$.

$\vec{v}(3)=\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}=3\vec{i}+5\vec{j},\ |\vec{v}(3)|=\sqrt{3^2+5^2}=\sqrt{34}(\mathrm{m/s})$.

$\vec{a}(3)=2\vec{j},\ |\vec{a}(3)|=2(\mathrm{m/s^2})$.

2. 解:

$(1)v=\int a\mathrm{d}t=\int(-2t)\mathrm{d}t=C-t^2$, $t=0\mathrm{s}$时$v_0=1\mathrm{m/s}$

可得$v(t)=1-t^2$.

$x=\int v\mathrm{d}t=\int(1-t^2)\mathrm{d}t=C+t-\frac{1}{3}t^3$, $t=0\mathrm{s}$时$x_0=3\mathrm{m}$

可得$x(t)=3+t-\frac{1}{3}t^3$.

$(2)v(t)=1-t^2=0$, $t=1\mathrm{s}$. 则有

$a(1)=-2t=-2\mathrm{m/s^2}$,

$x(1)=3+1-\frac{1}{3}=\frac{11}{3}\mathrm{m}$.

$(3)\Delta x=x(1)-x(0)=\frac{11}{3}-3=\frac{2}{3}(\mathrm{m})$.

3. 解:

根据$v=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=-2x$, 可知$\frac{\mathrm{d}x}{x}=-2\mathrm{d}t$

对方程两边求定积分$\int_3^x\frac{\mathrm{d}x}{x}=\int_0^t-2\mathrm{d}t$

则有$\ln(\frac{x}{3})=-2t$, $x=3e^{-2t}$, $v=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=-6e^{-2t}$, $a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=12e^{-2t}$.

4. 解:

初始角速度$\omega_0=\frac{2\pi n}{60}=40\pi(\mathrm{rad/s})$

(1)角加速度$\beta=\frac{\omega-\omega_0}{t}=\frac{0-40\pi}{30}=-\frac{4\pi}{3}(\mathrm{rad/s^2})$

(2)$t\ =9\mathrm{s}$时, 飞轮的角速度$\omega_t=\omega_0+\beta t=40\pi+\left(-\frac{4\pi}{3}\right)\times 9=28\pi(\mathrm{rad/s})$

(3)总角位移两种求解方法

方法一: $\Delta\theta=\omega_0 t+\frac{1}{2}\beta t^2=40\pi\times 30-\frac{2\pi}{3}\times 30^2=600\pi(\mathrm{rad})$

方法二: $\Delta\theta=\frac{\omega^2-\omega_0^2}{2\beta}=\frac{0-(40\pi)^2}{-\frac{8}{3}\pi}=600\pi(\mathrm{rad})$

转过的圈数$N=\frac{\theta}{2\pi}=300(r)$.

5. 解:

(1)角速度$\omega=\frac{d\theta}{dt}=4t+4$，角加速度$\alpha=\frac{d\omega}{dt}=4$

$t=1\mathrm{s}$时，$\omega(1)=4+4=8(\mathrm{rad/s})$，$\alpha(1)=4(\mathrm{rad/s^2})$

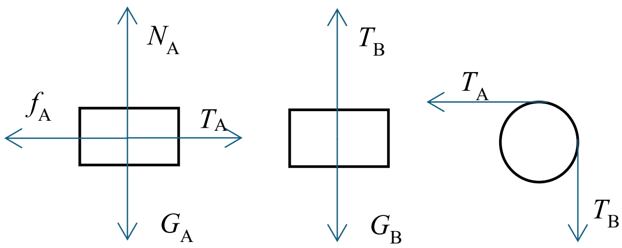
(2)线速度$v=R\omega=0.2\times 8=1.6(\mathrm{m/s})$

切向加速度$a_{\mathrm{t}}=R\alpha=0.2\times 4=0.8(\mathrm{m/s^2})$

法向加速度$a_{\mathrm{n}}=R\omega^2=0.2\times 8\times 8=12.8(\mathrm{m/s^2})$

6. 解:

(1)取隔离体进行受力分析，画出每个物体的受力图并标示出来



(2)对于 A 物体，向右为正方向，列方程有：$T_{\mathrm{A}}-f_{\mathrm{A}}=m_{\mathrm{A}}a$，其中$f_{\mathrm{A}}=\mu m_{\mathrm{A}}g$.

对于 B 物体，向下为正方向，列方程有：$m_{\mathrm{B}}g-T_{\mathrm{B}}=m_{\mathrm{B}}a$

对于定滑轮，顺时针为正方向，列方程有：$(T_{\mathrm{B}}-T_{\mathrm{A}})R=J\alpha$

其中$J=\frac{1}{2}mR^2$，同时$a=R\alpha$

代入数据求出$a=1.15(\mathrm{m/s^2})$，$T_{\mathrm{A}}=17.0(\mathrm{N})$，$T_{\mathrm{B}}=17.3(\mathrm{N})$

7. 解:

(1)$J=\frac{1}{3}ml^2$

(2)由刚体定轴转动定律：$mg\frac{l}{2}\cos\theta=J\alpha$

解得$\alpha=\frac{3g\cos\theta}{2l}$

(3)杆转过θ角的过程，由动能定理：$mg\frac{l}{2}\sin\theta=\frac{1}{2}J\omega^2-0$

解得$\omega=\sqrt{\frac{3g\sin\theta}{l}}$

8. 解:

(1)根据刚体定轴转动定律: $\alpha=\frac{M}{J}=\frac{98\times0.2}{0.5}=39.2(\mathrm{rad/s^2})$

(2)绳子下拉 5m 则合外力做功: $W=Fs=98\times5=490(\mathrm{J})$

飞轮初始静止, 设绳子下拉 5m 后飞轮角速度为ω, 据动能定理可得: $W=\frac{1}{2}J\omega^2-0$

解出$\omega=14\sqrt{10}(\mathrm{rad/s})$.

(3)此时系统满足机械能守恒, 物体减少的重力势能(重力做的功)转化为了物体的动能和飞轮的动能, 即: $mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}J\omega^2$

因此飞轮动能和重力做功不相等. 设物体速度为v, 飞轮角速度为$\omega=\frac{v}{r},m=\frac{P}{g}$, 代入相关数据后, 求解出飞轮动能$E_{\mathrm{k}}=\frac{1}{2}J\omega^2\approx272.2(\mathrm{J})$.

9. 解:

(1)子弹到枪口时合力$F=0$, 可以直接算出时间$t=\frac{n}{k}$

(2)子弹受到的冲量$I=\int_{t_1}^{t_2}Fdt=\int_0^{\frac{n}{k}}(n-kt)dt=(nt-\frac{1}{2}kt^2)|_0^{\frac{n}{k}}=\frac{n^2}{2k}$

(3)子弹初始速度为 0, 射出枪口的速度大小为v

根据动量定理: $p_2-p_1=mv-0=I=\frac{n^2}{2k}$, 解得$v=\frac{n^2}{2km}$

10. 解:

子弹打入木块的过程, 子弹和木块组成的系统动量守恒: $mv_0=(m+M)v$

子弹和木块一起压缩弹簧的过程, 整个系统机械能守恒: $\frac{1}{2}(m+M)v^2=\frac{1}{2}kx^2$

解得$v_0=120(\mathrm{m/s})$

11. 解:

水平阶段位移大小为$l = s - \frac{h}{\tan\theta}$

假设斜面倾角为θ, 对整个运动过程用动能定理: $W = \Delta E_k$

即: $mgh - \mu mg\cos\theta \cdot \frac{h}{\sin\theta} - \mu mg(s - \frac{h}{\tan\theta}) = 0 - 0$

证得$\mu = \frac{h}{s}$

12. 解:

由题意, 质量线密度$\lambda = \frac{m}{l}$, 则摩擦力矩为$M = \int_0^l \mu g\lambda x \mathrm{d}x = \frac{\mu mgl}{2}$

根据定轴转动定律: $M = J\alpha$, 其中$J = \frac{1}{3}ml^2$

可得$\alpha = \frac{M}{J} = \frac{3\mu g}{2l}$, 因此$\Delta t = \frac{\omega_0}{\alpha} = \frac{2l\omega_0}{3\mu g}$

13. 解:

把圆轮和物块看成一个系统, 在整个过程中, 绳子拉力对系统做的总功为 0, 仅物块重力做功, 根据动能定理: $\frac{1}{2}J\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mgh$

其中$J = \frac{1}{2}MR^2$, 再由运动关系$v = \omega R$, 可以解得 $v = \sqrt{\frac{4mgh}{M+2m}}$

14. 解:

(1)子弹对固定轴 O 的动量矩$L = J_1\omega_0$, 其中J_1表示子弹对固定轴 O 的转动惯量, $\omega_0 = \frac{v}{l}$表示子弹对固定轴 O 的角速度, 可得$L = J_1\omega_0 = 0.01 \times 0.5 \times 0.5 \times \frac{400}{0.5} = 2(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2/\mathrm{s})$

(2)把子弹和杆看成一个系统, 当子弹射入杆后以共同的速度ω绕固定轴 O 转动, 在这个过程中合外力矩为零, 系统的角动量守恒: $J_1\omega_0 = J_1\omega + J_2\omega$

求得$\omega = \frac{J_1\omega_0}{J_1+J_2} = \frac{2}{5+0.01\times0.5\times0.5} = \frac{2}{5+0.0025} \approx 0.4(\mathrm{rad/s})$

15. 解:

设小球 C 的电量为q_{C}, 三小球的加速度为a

三小球保持相同间距运动，则$F=3ma$

对小球 A，受力分析列方程：$F_{\mathrm{CA}}-F_{\mathrm{BA}}=ma$

对小球 B，受力分析列方程：$F_{\mathrm{CB}}+F_{\mathrm{AB}}=ma$

已知$F_{\mathrm{CA}}=k\frac{q_{\mathrm{A}}q_{\mathrm{C}}}{(2L)^2}$，$F_{\mathrm{AB}}=F_{\mathrm{BA}}=k\frac{q_{\mathrm{A}}q_{\mathrm{B}}}{L^2}$，$q_{\mathrm{A}}=10q$，$q_{\mathrm{B}}=q$

联立可得

16. 解：

(1)设q_1为正电荷，如图所示，场强为零的点只能在q_2的右侧，即A_3区域.

具体说明：A_1区两个场源电荷q_1和q_2产生的电场方向相反，但q_1产生的电场强于q_2产生的电场，不可能抵消．A_2区两个场源电荷q_1和q_2产生的电场方向相同，也不可能抵消. A_3区两个场源电荷q_1和q_2产生的电场方向相反，且有可能大小相等，可能出现合场强为零的情况.

(2)设场强为零的点在q_2右侧且距其为x，则$E_1=k\frac{q_1}{(r+x)^2}$，$E_2=k\frac{q_2}{x^2}$

合场强为零时E_1和E_2等大且反向，即：$k\frac{4q_2}{(r+x)^2}=k\frac{q_2}{x^2}$

解得$x=20\mathrm{cm}$ (负值解舍去).

17. 解：

(1)取长度为$\mathrm{d}l$的电荷元$\mathrm{d}q=\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l$

$\mathrm{d}q$在x处产生的场强大小为$\mathrm{d}E=k\frac{\mathrm{d}q}{r^2}=k\frac{\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l}{R^2+x^2}$

仅考虑沿轴线方向分量$\mathrm{d}E_x=\mathrm{d}E\cos\theta=k\frac{\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l}{R^2+x^2}\bullet\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}$

总场强大小为$E=\int\mathrm{d}E_x=\int k\frac{\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l}{R^2+x^2}\bullet\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}=\frac{kQx}{(R^2+x^2)^{3/2}}$

(2)电势是标量，圆环各点在圆心处的电势是相互叠加的

可求得$\mathrm{d}q$在x处的电势$\mathrm{d}U=k\frac{\mathrm{d}q}{\sqrt{R^2+x^2}}=k\frac{\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l}{\sqrt{R^2+x^2}}$

该点的总电势$U=\int k\frac{\frac{Q}{2\pi R}\mathrm{d}l}{\sqrt{R^2+x^2}}=\frac{kQ}{\sqrt{R^2+x^2}}$

18. 解:

以该点为原点建立x坐标，向左为正，在任意位置x处，选取一电荷元$\mathrm{d}q$，其长度为$\mathrm{d}x$，它们的关系为满足$\mathrm{d}q=\frac{q}{l}\mathrm{d}x$

电荷元在该点的电场强度为$\mathrm{d}E=k\frac{\mathrm{d}q}{x^2}=\frac{kq}{x^2l}\mathrm{d}x$

所以该点的电场强度为$E=\int_r^{r+l}\frac{kq}{x^2l}\mathrm{d}x=\frac{kq}{l}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{l+r}\right)=\frac{kq}{r(r+l)}$

电荷元在该点的电势为$\mathrm{d}U=k\frac{\mathrm{d}q}{x}=\frac{kq}{xl}\mathrm{d}x$

所以该点的电势为$U=\int_r^{r+l}\frac{kq}{xl}\mathrm{d}x=\frac{kq}{l}\ln(\frac{l+r}{r})$

19. 解:

分析电场线为发散射线，具有球对称特征，因此取高斯面为球面，半径为r，分两种情况讨论

(1)当$r<R$时，高斯面在球体内部，它所包围的电量是球体总电量的一部分，根据高斯定理: $\Phi_e=\oint_S\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=4\pi r^2E_1=\frac{1}{\varepsilon_0}\left(\frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^3}\right)\frac{4}{3}\pi r^3$

解得球体内任意一点的电场强度为$E_1=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qr}{R^3}=k\frac{qr}{R^3}$

当$r>R$时，高斯面在球体外部，它所包围的电量就是球体的总电量，根据高斯定理:

$\Phi_e=\oint_S\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=4\pi r^2E_2=\frac{1}{\varepsilon_0}q$

解得球体外任意一点的电场强度为$E_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}=k\frac{q}{r^2}$

(2)球体外电势$U_2=\int_r^\infty E_2\mathrm{d}r=\int_r^\infty k\frac{q}{r^2}\mathrm{d}r=k\frac{q}{r}$

球体内电势$U_1=\int_r^R E_1\mathrm{d}r+\int_R^\infty E_2\mathrm{d}r=\int_r^R k\frac{qr}{R^3}\mathrm{d}r+\int_R^\infty k\frac{q}{r}\mathrm{d}r=k\frac{3q}{2R}-k\frac{qr^2}{2R^3}$

20. 解:

(1) C_1和C_2串联，则等效电容$C_{12}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{10\times5}{15}=\frac{10}{3}\mu\mathrm{F}$

C_{12}和C_3并联，则等效电容$C=C_{12}+C_3=\frac{10}{3}+4=\frac{22}{3}\mu\mathrm{F}$

(2)$U_{12}=U_3=U=100(\mathrm{V})$

可得$Q_1=Q_2=Q_{12}=C_{12}U_{12}=\frac{10}{3}\times10^{-6}\times100=\frac{10}{3}\times10^{-4}(\mathrm{C})$

且$Q_3=C_3U_3=4\times10^{-6}\times100=4\times10^{-4}(\mathrm{C})$

由$Q_1=Q_2$得$C_1U_1=C_2U_2$，即$\frac{U_1}{U_2}=\frac{C_2}{C_1}=\frac{1}{2}$

$U_1+U_2=100(\mathrm{V})$，所以 $U_1=33.3(\mathrm{V})$，$U_2=66.7(\mathrm{V})$

21. 解: 根据平板间电容公式, 原电容为$C_0=\frac{\varepsilon_0S}{d}$

(1)当插入金属大平板时, 可看成是两个电容器的串联, 一个间距为x, 另一个间距为$(2d/3-x)$，则有$C_1=\frac{\varepsilon_0S}{x}$，$C_2=\frac{\varepsilon_0S}{2d/3-x}$

所以得到新的电容$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{\varepsilon_0S}{2d/3}=\frac{3}{2}C_0$

(2)当插入的是电介质时，可看成是三个电容器的串联，一个间距为x，一个间距为$(2d/3-x)$，还有一个间距则为$d/3$，且相对介电常数为ε_r，有$C_1=\frac{\varepsilon_0S}{x}$，$C_2=\frac{\varepsilon_0S}{2d/3-x}$，$C_3=\frac{\varepsilon_\mathrm{r}\varepsilon_0S}{d/3}$

根据电容的串联关系: $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}=\frac{2\varepsilon_\mathrm{r}+1}{3\varepsilon_\mathrm{r}}\frac{d}{\varepsilon_0S}$

可得$C=\frac{3\varepsilon_\mathrm{r}}{2\varepsilon_\mathrm{r}+1}\frac{\varepsilon_0S}{d}=\left(\frac{3\varepsilon_\mathrm{r}}{2\varepsilon_\mathrm{r}+1}\right)C_0$